

# ALAN

Volumen 43. N° 4. Diciembre 1.993

**A R C H I V O S**

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

**L A T I N O A M E R I C A N O S**

**Continuación de Archivos Venezolanos de Nutrición**

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



*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 aquellos 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**

Apartado 62.778. Chacao.  
Avenida Francisco de Miranda  
Caracas 1060. Venezuela, S.A.  
Fax (58-2) 284.85.43

**ENTIDADES PATROCINANTES**

- **Fundación CAVENDES**  
Caracas, Venezuela
- **Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)**  
Guatemala, Guatemala C.A.
- **KELLOGG'S América Latina**
- **Protein Technologies International**  
Caracas, Venezuela
- **CONICIT. Venezuela**
-  **PRODUCTOS ROCHE. América Latina**
- **Fundación POLAR**

# Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Official Publication of the  
Latin American Society of Nutrition

---

VOL 43

DECEMBER 1993

Nº4

---

## Contents

	Pages
<b>EDITORIAL</b> .....	276
<b>RESEARCH PAPERS</b>	
<b>Human Nutrition</b>	
<b>A metabolic unit for studies on human nutrition.</b> Claudia P. Sánchez Castillo and Philip T. James.....	277
<b>Animal Nutrition</b>	
<b>Minimal time required for detecting differences between soy and gelatin using uric acid excretion and purine enzymes as indicators of protein quality in chickens.</b> Patricia Vit, Anna M. Cioccia, Odoardo Brito and Patricio Hevia.....	286
<b>Effects of Bermuda grass (<i>Cynodon dactylon</i> cv. <i>Coast cross</i>) and rice-hulls on growth performance of 30 days-old weaned rabbits.</b> Martín Gierus, Joao B.T. Rocha, Marson B. Warpechowski and Romeo E. Riegel. ....	294
<b>Food Science</b>	
<b>The tortilla making properties of two improved maicillo cultivar from Honduras.</b> S.O. Serna-Saldivar, M.H. Gómez, F. Gómez, D. Meckenstock, C. Cossette and L.W. Rooney.....	299

<b>Nutritional evaluation of sweet potato cultivars (<i>Ipomoea batata</i>) used in bread as partial substitute of wheat flour. Haydeé Cárdenas, Juan Kalinowski, Zózimo Huamán and Gregory Scott.....</b>	<b>304</b>
<b>Elaboration of instant corn flour by hydrothermal process. I.</b> Fernando Martínez B. and Ahmed A. El-Dahs.....	<b>310</b>
<b>Chemical characteristics and uses of instant corn flour. II.</b> Fernando Martínez B. and Ahmed A. El-Dahs.....	<b>316</b>
<b>Effect of addition of instant corn flour in rheological characteristics of wheat flour and breadmaking. III.</b> Fernando Martínez B. and Ahmed A. El-Dahs.....	<b>321</b>
<b>NOTES.....</b>	<b>327</b>
<b>NEW BOOKS.....</b>	<b>328</b>
<b>GENERAL INDEX OF VOLUMEN 43, 1993.....</b>	<b>330</b>
<b>AUTHOR INDEX.....</b>	<b>333</b>
<b>SUBJECT INDEX.....</b>	<b>338</b>

# Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Organo Oficial de la  
Sociedad Latinoamericana de Nutrición

---

VOL 43

DICIEMBRE 1993

Nº 4

---

## Contenido

	Páginas
<b>EDITORIAL</b> .....	276
<b>TRABAJOS DE INVESTIGACION</b>	
<b>Nutrición Humana</b>	
<b>A metabolic unit for studies on human nutrition.</b> Claudia P. Sánchez Castillo and Philip T. James.....	277
<b>Nutrición Animal</b>	
<b>Tiempo mínimo para detectar calidad proteica usando indicadores del catabolismo proteico en pollos.</b> Patricia Vit, Anna M. Cioccia, Odoardo Brito y Patricio Hevia.....	286
<b>Effects of Bermuda grass (<i>Cynodon dactylon</i> cv. <i>Coast cross</i>) and rice-hulls on growth performance of 30 days-old weaned rabbits.</b> Martin Gierus, Joao B.T. Rocha, Marson B. Warpechowski and Romeo E. Riegel. ....	294
<b>Ciencias de Alimentos</b>	
<b>The tortilla making properties of two improved maicillo cultivar from Honduras.</b> S.O. Serna-Saldivar, M.H. Gómez, F. Gómez, D. Meckenstock, C. Cossette and L.W. Rooney.....	299

<b>Evaluación nutricional de cultivares nativos de camote (<i>Ipomoea batata L. Lam</i>) para su utilización en la forma de rallado como sustituto parcial de trigo en panificación. Haydeé Cárdenas, Juan Kalinowski, Zózimo Huamán y Gregory Scott.....</b>	<b>304</b>
<b>Elaboración de harina instantánea de maíz por proceso hidrotérmico I.</b> Fernando Martínez B. y Ahmed A. El-Dahs.....	<b>310</b>
<b>Características químicas y usos de harinas instantánea de maíz II.</b> Fernando Martínez B. y Ahmed A. El-Dahs.....	<b>316</b>
<b>Efecto de la adición de harina instantánea de maíz en las características reológicas de la harina de trigo y elaboración de pan III.</b> Fernando Martínez B. y Ahmed A. El-Dahs.....	<b>321</b>
<b>NOTAS.....</b>	<b>327</b>
<b>NUEVOS LIBROS.....</b>	<b>328</b>
<b>INDICE GENERAL DEL VOLUMEN 43, 1993.....</b>	<b>330</b>
<b>INDICE POR AUTORES .....</b>	<b>333</b>
<b>INDICE POR MATERIA .....</b>	<b>338</b>

under controlled conditions so that when one factor is changed i.e. the introduction of a substance such as lithium, a very small effect can be picked up (e.g., the increased excretion by sweat) (11) (Table 1). It is then possible to establish clear evidence of individual variations in the dietary responsiveness. Human nutrition studies can also be used to develop marker techniques, as in the case of the lithium-marker technique for transferring to an epidemiological setting. This technique was used to assess the different sources of salt in the diet (15-17). In a «hotel suite» form of metabolic unit it is possible to run several types of nutritional studies:

TABLE 1  
THE LITHIUM LOSSES IN SWEAT IN FIVE  
VOLUNTEERS WHO RECEIVED LITHIUM  
LABELLED COOKING AND TABLE SALT IN TWO  
PERIODS DURING A METABOLIC STUDY (11).

Subject	NG	RT	JP	JW	RG	
			( $\mu\text{Mol}$ )			
Periods (days)						Group Mean $\pm$ SD
2	3.2	1.7	1.9	1.0	0.5	1.7 $\pm$ 1.0
3*	6.9	18.3	2.4	6.3	2.9	7.6 $\pm$ 6.2
4	2.3	1.6	2.7	3.5	1.5	2.3 $\pm$ 0.8
5**	8.0	11.6	15.3	7.1	4.2	9.0 $\pm$ 4.7
6	1.6	1.8	2.5	1.5	1.5	1.8 $\pm$ 0.4

\* Ad libitum lithium labelled table salt

\*\* Controlled lithium labelled cooking salt

#### a. Residential detailed balance studies.

Detailed balance studies e.g. on trace elements require people to live in the Unit and eat their meals so that the collection of urine, faeces and sometime sweat can be supervised. Some studies are so dependent on total compliance e.g. studies on overweight and obese people that it is best to have these people confined to the hotel facility unless they go out for controlled exercise under scrutiny. This is the most rigorous control and is a good way to start learning how to use these units because it teaches staff the importance of absolute control over subjects behaviour, and ensuring their complete compliance.

In energy balance studies more effort is often required from the subjects as well as from the investigator since volunteers may need to live in a calorimeter chamber within the metabolic unit for long periods of time and this can cause apprehension or anxiety. This is minimised by bringing the subject to live in the Unit several days before he goes in the calorimeter. Such a study on the factors involved in controlling energy balance was described by Dallosso and James (18,19).

They used indirect calorimeters which were built within a 6-bedroomed Metabolic Unit. This enabled strict control of the subject's diet for periods of weeks and also allowed the subjects to make complete faecal and urine collections.

The detailed control of metabolic studies can lead, however, to surprising problems. Thus a colleague decided it was unreasonable to ban a volunteer from having his girlfriend to stay for an occasional night during a very long study. Unfortunately fasting blood samples taken the next morning showed marked increases in plasma glycerol and free fatty acids, presumably in response to the excess lipolysis induced by increased sympathetic activity. This problem therefore increased the difficulty of recruiting subjects for prolonged studies on lipid metabolism.

#### b. Partially Residential studies.

Other studies can readily be conducted with subjects living a normal working and social life. They can go to work and to carefully assessed social events. They then regard the Unit as a temporary home. An example of such a study is that undertaken by Bingham et al. (2) where adult men were used to evaluate 4-amino-benzoic acid (PABA) as a marker for the completeness of urine collections and a no-absorbable marker for faecal collections (21) to establish the relationship between urinary, faecal and extrarenal losses of nitrogen under conditions of varying N intake. These healthy volunteers had to eat their normal diet for 28 days. During this time all urine and faecal specimens were collected and skin losses of nitrogen were measured directly on two occasions in each subject. To avoid changes in dietary habits and lifestyle on moving from home to the Metabolic Unit, and possible alterations in nitrogen balance, the subjects were given rigidly controlled diets based on their normal pattern of food.

#### c. Free living studies.

Controlled diet studied. A third type of study involves free living volunteers. Volunteers are supplied with all their food in cool picnic bags which is either collected by them from the Metabolic Unit or is delivered to their homes by the investigator. This type of study is easier for the subject and can be more readily undertake when only blood samples or other simple tests are needed. An example of this is a dietary oil study where different kinds of oil are fed to free living volunteers and only a blood sample is needed to provide the necessary information (22).

#### Ethical committee and adequate sampling.

The ethical aspects of nutritional research involving human subjects are extremely important. The value, the procedures involved, the duration, and potential hazards of the projects should be provided in detail by the researcher to an Ethical Committee whose job it is to evaluate any potential hazards for the volunteers. A routine general medical examination is also required before volunteers are accepted

because it is surprising how often relevant disorders are picked up in those who volunteer. It is no good doing studies on the dietary aspects of thrombosis in individuals who regularly use aspirin. Other drug use can cause problems, such as the use of contraceptive pills; additionally smoking has a profound effect on energy balance, vitamin E and C metabolism as well as inducing a range of metabolic abnormalities. Young men also often consume surprisingly high amounts of alcohol which then affects the hepatic metabolism of many nutrients, hormones and drugs. A sophisticated assessment of the volunteer is therefore essential.

### Running a metabolic unit.

Metabolic studies involve a great deal of care since they require type careful preparation of a specially designed constant diet and often complete collections of urine and faeces and perhaps sweat, with the proper demarcation of the faecal collections, in relation to the dietary periods to which the collections correspond (23). Each collection and form of analysis needs strict quality control measures at every step if high standards are to be attained.

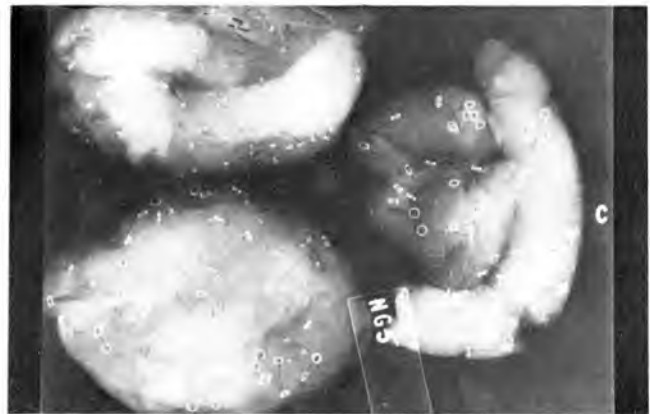
These metabolic units (11, 12) therefore usually consist of a metabolic kitchen, a volunteers' dining room, toilets, showers, a homogenising room for sample processing, an x-ray area and often, calorimeters. The kitchen is equipped with all those utensils needed for the preparation and cooking of meals; scales, an homogeniser, short-term storage refrigerators and large cold (-4°C) and freezer (-20°C) rooms for long-term food storage. This last need is vital so that bulk purchases of food can be used to minimise the nutrient variability in the tightly controlled diets. Entry to the kitchen should be limited to the researcher, nutritionist and assistants so that volunteers and others do not interfere with the preparation of the meals.

It is useful to have the dining room next to the kitchen furnished with the usual table and chairs. Shelves are needed for cutlery, plates, glasses, cups, salt cellars etc., and five small fridges are useful for keeping the daily diets of those participating. Each fridge can be labelled with the name of the volunteer and the containers with food for the individual clearly marked with an individual color code and with the date on which it is to be consumed. Food can be provided either hot from the kitchen or for later heating by the subjects in a microwave oven. Deionised water for drinking is kept in plastic jars with lids and can be heated in a kettle kept especially for this purpose. Although these arrangements seem very restrictive it is important to have a room which is attractively furnished to provide a domestic rather than an experimental atmosphere. For residential and partially residential studies, the bedrooms also should be as comfortable as possible with the volunteers receiving all the laundry facilities i.e. bed linen, towels and a dressing-gown which they would expect in a good hotel. For the management of sweat collections it is useful to have an area with a washing and

drying machine for dealing with the clothes used for collecting sweat losses. The water running through the ashing machine has to be deionised.

Toilets and showers are provided for the use of the volunteers and a specially designed collecting frame is kept on the toilet seat for the collection of faeces. An area opposite to the toilets is usually kept with sterile bottles and plastic bags for the collection of urine samples. Space is also needed for homogenisation and aliquoting the urine and faecal specimens. It is useful to ventilate the room by means of an extractor fan. Scales, homogeniser, deionise water and toilet for the discarding of unneeded specimens are also useful. An area with X-ray equipment is also needed so that the number and type of faecal markers in each stool specimen can be counted on the X-ray plate (Fig. 1).

**FIGURA 1**  
**Inert faecal markers in a stool specimen**  
**on the X-ray plate**



A living room is also a valuable for the volunteers so that they can relax while reading or watching television. This facility improves the atmosphere and makes participants feel at home. Our experience suggest that if this room is not provided then volunteers tend to use their own bedrooms during the day and become detached and dissatisfied with the whole procedure. This then reduces their commitment to the study.

### Volunteers.

Volunteers are usually recruited by advertising in Colleges, Libraries, the Medical School and a University Center. When these routes fail, newspaper advertising is used as a last resort. A list of former volunteers can also be used, since many of them are willing to take part in new experiments if they have been treated well in earlier studies. Subjects are contacted by post or telephone. The fact that they will be provided with accomodation, food and a small financial reward at the end of the study makes this an attractive proposition, especially for students or unemployed individuals. Reliable subjects are

## Editorial

Con este Número 4 del Volumen 43 que corresponde a 1993, **ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION, ALAN** completa el segundo Volumen editado totalmente en Caracas. Con 51 trabajos publicados, este Volumen distribuye las especialidades de la siguiente manera: Nutrición Humana 9, Nutrición Animal 2, Bioquímica Nutricional 5, Vigilancia Nutricional 3, Ciencias de Alimentos 21 y Latin Food, Composición de Alimentos 5. A esto hay que sumarle 3 Editoriales y 3 Artículos Generales. Sin contar los Editoriales, la Sección Ciencia de Alimentos sigue teniendo mayor peso con un 44% de los manuscritos publicados.

En el Editorial del N° 2, Volumen 42, se anota que en el período 1967-1991, la especialidad representaba algo más de un 50% de los artículos y a continuación se señala: «Esta distribución de las áreas de interés parece que no ha obedecido a políticas editoriales explícitas, sino que reflejan el cambiante interés de los autores que desean publicar en ALAN». Dependerá de los propios investigadores, de la calidad de los trabajos y de la amplitud misma de la revista, la inclinación que tomen estos aspectos.

En cuanto a la procedencia de los trabajos por países, se tiene el siguiente cuadro, en el cual se aprecia -y nos complace señalarlo- la participación de 2 países fuera del Hemisferio Americano:

Argentina	5	Francia	1
Brasil	8	Guatemala	4
Costa Rica	2	Honduras	1
Cuba	1	México	3
Chile	5	Perú	5
España	2	Venezuela	13
Estados Unidos	1		

Insistimos una vez más que la vida, puntualidad y excelencia de ALAN, depende en gran parte de la rapidez con que los Revisores puedan atender los manuscritos sometidos a revisión y en cuanto a los autores, de la inmediata devolución al Comité Editorial, de su trabajo corregido, al lado de los comentarios sobre las apreciaciones de los Arbitros. Por su parte el Editor deberá actuar con no menos prontitud para enviar la notificación de aceptación de su trabajo, documento solicitado insistentemente - y con razón- por los autores. Se trata de una cadena de eficiencia armónica en la cual todos estamos llamados a colaborar.

José Félix Chávez Pérez  
Editor Asociado

## A metabolic unit for studies on human nutrition

*Claudia P. Sánchez-Castillo<sup>1</sup> and W. Philip T. James<sup>2</sup>*

**SUMMARY.** In clinical nutrition we are used to dealing with the clinical management of patients, but of equal or greater importance is the study of how nutrition affects the development of diseases or modifies its manifestations. This field is complex and links physiological studies of nutrition to the epidemiological analyses which form the basis of thinking in public health in Mexico today. Thus a number of studies have investigated the nutritional risk factors leading to the development of diseases such as heart disease and cancer (1-10). This epidemiological research requires the difficult task of accurately assessing the food consumption of individuals: with poor methodologies the chances of erroneous results are very high. This has implications for both group and individual comparison. Physiological studies on the effects of highly controlled changes in food intake on risk factors then allows the epidemiology to be interpreted in metabolic terms. In this paper we illustrate some of the benefits of metabolic studies and some of the requirements for this successful conduct.

**RESUMEN.** Una unidad metabólica para estudios de nutrición en humanos. En nutrición clínica estamos acostumbrados al manejo clínico de pacientes pero de igual importancia es el estudio de como la nutrición afecta el desarrollo de enfermedades y como modifica sus manifestaciones. Este campo es complejo y vincula los estudios fisiológicos de nutrición con los análisis epidemiológicos. Esto conforma las bases del pensamiento en salud pública en el México de hoy. Así, varios estudios han investigado los factores nutricionales de riesgo que conllevan al desarrollo de enfermedades tales como la cardiovascular y el cáncer. La investigación epidemiológica requiere de la difícil labor de valorar con precisión el consumo de alimentos en individuos: las probabilidades de obtener resultados erróneos si se utilizan metodologías inapropiadas es muy alto. Esto tiene implicaciones tanto para la comparación de grupos de personas así como de individuos. Los estudios fisiológicos en donde se observan los efectos en los factores de riesgo con dietas modificadas y altamente controladas, permiten la interpretación de la epidemiología en términos metabólicos. En este artículo ilustramos algunos de los beneficios que se obtiene con estudios metabólicos de nutrición así como algunos de los requisitos necesarios para lograr el éxito de los mismos.

### CLINICAL VERSUS HUMAN NUTRITION STUDIES

Metabolic Units have traditionally been used, as the name implies, for metabolic studies of patients at a hospital. These types of metabolic units are very expensive to run since sick patients require highly qualified nursing care day and night as well as expensive equipment. Studies on human nutrition, however, do not have to be necessarily undertaken with sick patients and so they can be much cheaper. Less expensive metabolic units can be run by only a qualified nutritionist and a cook. Such Metabolic Units function as a type of «hotel suite» where rooms and meals are provided free of charge to

those «healthy» persons who are interested in participating in studies of human nutrition (11-14). The nutritionist needs to be trained however to understand the significance of meticulous attention to detail at every stage of the study, i.e. the preparation of foods, and when collecting urine, faeces and sweat. The importance of having reliable subjects is also vital, since even the drinking of a single glass of water or eating small food items not included in the metabolic dieta often ruins the study. Usually unrecognized however is the value of undertaking meticulous studies on only a small number of individuals. Only eight subjects, are needed to attain statistical as well as biological significant changes provided very tight control of the experiment is achieved. When we are looking for the impact of diets, studying the effect of dietary change on the same individual is much better than studying two groups on different diets, as happens in some forms of epidemiology e.g. a case control study. In a metabolic study everybody is

1 Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán. Subdirección de Nutrición Experimental y Ciencias de los Alimentos.  
2 The Rowet Research Institute Aberdeen G.B.

essential for success. One of the principal determinants of a successful study is whether or not the researcher develops a close and pleasant relationship with the participants. The volunteers' anxieties and problems need to be resolved early and with a good relationship it is also possible to detect unintentional errors that arise during the experiment. Total supervision on a minute by minute basis is out of the question so there is a need to encourage the volunteers to perform well and to state quickly that a mistake has been made, e.g. incomplete collections, or a failure to eat the diets; only then can allowances be made or variations in the protocol be developed. A subject who admits to taking a drug or other food is usually immediately disqualified from the study and sent home.

### Problems in the Design of Experimental Diet.

Contrary to popular believe the most difficult aspect of the work is in the design of the diets. A poorly designed diet leads to confusing interpretations of the data and the waste of the study. The planning of metabolic diets also requires a great deal of care because of the many sources of error that can arise in the selection, preparation and consumption of a nutritionally balanced diet (23,24) which takes into account the various interactions of minerals and vitamins.

Many factors need to be considered. Diets, must be sufficiently attractive and, if possible, similar to the volunteers's normal diet unless a prolonged preliminary feeding period is planned. A standard policy has developed over the last 20 years of providing a 3 day rotating menu to allow volunteers to cope with 6-12 week studies. A tighter dietary design with a 2 days rotating menu may be required in studies dealing with mineral balances to reduce the variation but volunteers become bored quickly with this regime. Occasionally one ends up with liquid formulae or similar diets. These used to be a standard method on studies on lipid metabolism but are now recognized to be flawed without an appropriate intake of non-starch polysaccharides (fibre) to retain as near normal as possible the colonic metabolism of food residues, endogenous intestinal secretions and steroidal recycling.

Day to day variations in the composition of the food used is a problem as emphasised by Gephart and Dubois as long ago as 1915 (25). This problem has been described by Reifstein, Albright and Wells in 1945 (26) who noted that the mineral content of the same foodstuffs fluctuates from time to time depending on such factors as the soil, climate and the method of preservation of the food. This aspect is particularly important as the length of the experiment increases. The variation in the nutritional content of foodstuffs from day to day is a random error and cannot be avoided. Random errors, for example, for sodium will increase when natural foods such as milk and cream or processed foods are incorporated in the menus. However the fluctuation in, for example, the sodium content of raw vegetables is not a problem because it would not account for a big variation in the diets given their naturally low

Na content. Thus the sodium content of vegetables will represent only a very small proportion of the total intake. This may not be true however if one is studying vitamin C metabolism

Isaksson and Sjogren (27) reported that the greatest problem in controlling dietary intake is caused by day to day variation in the composition of the food used. They analysed a number of nutrients in standard diets and found that the variation was particularly great in the case of sodium. The diets used by Isaksson for the statistical calculations excluded most processed foods and only occasionally contained items such as boiled ham, canned mushrooms and canned green beans which they considered as one probable cause for a relatively «great» variation in the sodium content of diets. Greater variations occurs with the use of many processed foods. Isaksson and Sjogren did not include table or cooking salt in their analyses but found that the variation in the sodium content of their foods amounted to 6.3%.

Bassett and Van Alstine (28) determined the minerals ingested by human subjects during a long balance experiment with a series of twenty «identical» diets. They obtained a coefficient of variation (CV) of 2.3% for sodium in 10 low calcium diets and of 3.2 % in ten high calcium diets.

### Practical steps to limit variability in intake.

Fluctuations in dietary sodium can be reduced if some of the products are purchased in advance in amounts large enough to last the whole trial. Manufactured foods may, for example, be obtained from the same commercial batch (29). Selecting as many similar foods as possible for the different rotating menus will also help to reduce the variation in the composition of the so-called «constant diet». The selected foods must also be easy to handle because so many weighings are involved (Table 2)

The simpler the diet, the less error is introduced; simple diets may, however, be unpalatable and this can jeopardise a long-term balance study because subjects may refuse food or eat additional unscheduled food; good cooking and attractive menus are therefore important and the diet must fulfil the energy requirements of the individuals so that hunger is not an additional factor leading to inappropriate extra foods being eaten. A strict weight control should also be achieved. In Fig 2 the changes in body weight during a metabolic study are shown. Subject RT had an increase of 6% in body weight. However the energy requirements for this study were calculated using the 1973 WHO energy requirements (3) which does not take account of differences between and within individuals in their basal metabolic rates (BMR) and differences due to daily variation in BMR. In the UK, metabolic units were developed by James in Cambridge and Aberdeen where a new approach was introduced to calculate energy intake based on the individually measured basal metabolic rate (BMR) of volunteers (31). This value of BMR multiplied by a factor (PAL) e.g. 1.4-1.7 which depends particularly on their physical

activity for the study allows one to overcome a major complication of weight gain or weight loss. Weight change during a nutritional study can alter the whole interpretation of the study so is best avoided. For this particular study dealing with the recovery of mineral components the weight gain did not affect the interpretation of the data..

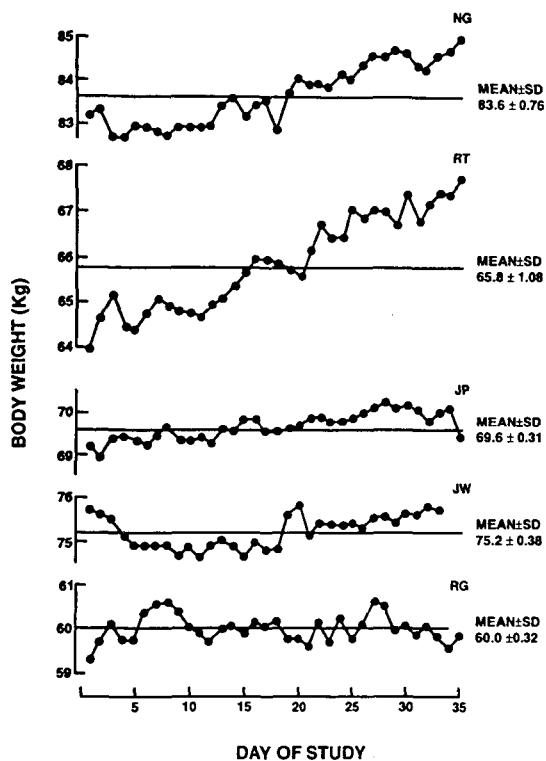
TABLE 2  
COMPARISON OF THE FOOD AND AMOUNTS  
GIVEN IN TWO ROTATING MENUS (11)

Basal Diet Day 1		Basal Diet Day 2	
Food	(g)	Food	(g)
Runner Beans	100	Carrots	80
Tomato	60	Tomato	100
Chicken Soup (canned & strained)	180	Mushroom Soup (canned & strained)	175
Roast Pork	80	Roast Beef	100
Roast turkey	100	Roast Lamb	80
Tinned Apricots (drained of juice)	100	Tinned Peaches (drained of juice)	100

Identical for  
both diets (g)

Egg	50
Milk	50
Cornflakes	28
Anchor Butter	45
Wholemeal bread	200
Milk	350
Sugar	20
Marmalade	30
Colfee	6
Lettuce	30
Cucumber	30
Mayonnaise	15
Fresh Apple	100
Jam Tart	90
Gravy	60
Boiled Potato	200
Double cream	20

FIGURE 2  
Changes in body weight during a  
metabolic study (11)



Minimum losses of food in dishes.

In metabolic balance studies, systematic errors in what has been termed «invisible returns», i.e. unmeasured amounts of nutrients, give rise to large cumulative errors. Isaksson and Sjogren (32) found that the «invisible returns» of sodium on trays, pots and pans of 25 patients receiving normal diets amounted to about 2.7 mmol with a range from 0.2 to 6.3 mmol Na. With trained staff returns were of the order of 0.5 mmol sodium, ranging from 0.1 to 0.8 mmol Na in 4 subjects (33). Other studies have found losses of 4.2±1.2 mmol Na in four individuals and 2.5±0.9 in subjects under metabolic ward conditions depending on whether they cleaned the pots and pans with or without a flexible spatula (32). Since these invisible returns are usually assumed to have been eaten and with total urine and faecal collections being hard to achieve there is a bias towards obtaining a positive balance for the nutrient which in fact is misleading. This is why a meticulous approach is essential and where faecal and urine markers for complete recovery are important This point is particularly relevant in N-balance studies. Unmeasured N in dishes, toilet paper and miscellaneous losses can yield erroneous results.

### Testing the diet.

Once the dietitian and principal investigator have worked out the diet to suit the protocol a pilot study is advisable to ensure that the diet is palatable, edible and practical. Available ingredients should be used (it is no good choosing unavailable foods, for example, seasonal foods such as mangos for use in December). Once the diet is tasted by a panel and analyzed, it should be presented to potential volunteers so that they can make their comments. If there are foods which they dislike then changes can be made if then are slight. Particular food fads should however be identified before the diets are planned and all the volunteers should receive the same diet. It is not sensible to cater for individual needs because this changes the composition of each individual's diet and negates the point of feeding a group of volunteers a standard diet. Once all these factors have been dealt with the diet can be prepared in bulk.

### Urine collections.

All the polypropylene items including both those to be given to the volunteers and those to be used in the sampling procedure have to be cleaned thoroughly, especially when minerals are to be studied. An example of cleaning procedure for the analysis of lithium and sodium has been described elsewhere (11). Once the material had been cleaned jugs and funnels are kept inside plastic bags to prevent contamination before use. The rest of the material is carefully stored and cylinders for measuring the urinary volumen covered with plastic film». The subjects will be asked every day if any problem had arisen during the last 24 hours so that an immediate correction can be made. The 24 hour urine bottles will be collected from the subject, usually soon after completion on each day. Careful techniques reduces sample contamination and errors (11).

Obtaining a full twenty-four hour urine collection although apparently easy to fulfil, is in practice very difficult. Most volunteers although committed to being very careful, are not used to the procedures needed for urine collection, not to carrying the materials needed. A special bag is given to the volunteers containing urine bottles with a preservative. A polypropylene funnel and a jug is often needed to help people, especially women, to collect their urine completely. A notebook is also useful to remind them of the details of the study and additional plastic bags or tissues are included to keep the bottles clean. Unintended errors arise: e.g. a failure to empty the bladder completely, the loss of a urine sample to the toilet due to distraction, loss of a sample by accidental spilling of urine, or the loss or removal of bottles by others at home. Some volunteers are also very shy when people notice that they are carrying around bags for collecting urine. The loss of a urine sample to the toilet because of forgetfulness can be prevented by giving volunteers a safety pin which they attach to their underpants as a reminder to collect their urine. Unforseen

factors are surprisingly common e.g. a volunteer who left his apparatus in the car while shopping only to find the bag stolen by a thief who broke the window and took the bag.

Care must be taken to give precise instructions to the volunteers both by verbal explanation and by means of a written instruction guide. They are asked to write the precise time when they start and finish the collection and any other features of the day relating to the collection. They will also be asked to write if any sudden excess exercise had to be undertaken: profuse sweating alters catabolite excretion in urine. Cleaning instructions for the apparatus, i.e. funnels and jugs, have to be provided to limit contamination and volunteers have to be warned that preservative solution, which may be concentrated acid, is contained in the bottles. Each volunteer has to be monitored carefully so that difficulties are identified early and so that they can be encouraged to continue to the end of the experiment. Completeness of the collections has to be assessed both by a urinary marker (see below) and by the subject's assessment once they have been encouraged to be as frank as possible about any urinary losses.

### Completeness of urine collections.

Creatinine has been traditionally used to estimate lean body or muscle mass. It is assumed that body pool sizes, rates of creatinine excretion and conversion of creatinine to creatine are reasonably constant from day to day in individuals, although there are studies proving the opposite. Based on these assumptions the completeness of 24h urine collections have been assessed by measuring the constancy of 24h urinary creatinine. This constancy however has been questioned (34,35). Individual daily variation in continuous collections have been found to range from 1 to 36% (33). It is well know that loss of creatine from the creatinine pool depends upon the acid base status and ingested meat certainly leads to an appreciable increase in creatinine output (36-38); since urinary creatinine output is dependent on dietary intake and the range for normal 24h excretion is large it is difficult to use it to detect anything other than gross errors in urine collections. Creatinine excretion is also influenced by level of excersice, menstrual cycle, hydration level and disease.

In choosing an alternative to creatinine an exogenous biological marker, para-aminobenzoic acid (PABA), that can be given by mouth with meals has been developed under rigorous controlled conditions in a metabolic unit and has been proved a safe marker of the completeness of 24h urine collections (39). The principles for choosing this substance were that it was a harmless substance with no toxic or pharmacological effects and that it is completely absorbed from the gastrointestinal tract and excreted in the urine either in its original form or as metabolites which can be measured in urine. When eight volunteers living in a calorimeter where complete urine collections could be guaranteed were given varying doses of PABA the urine excretion of PABA and its

metabolites and oral dose were directly related ( $r=1.000$ ). The marker was also tested in 33 reliable free living individuals who ate their normal diet and took 80 mg PABA with meals (240 mg/day). Mean urinary recovery over the 24h period was  $223\pm 9$  mg or  $93\pm 4\%$  of the administered marker. The range in individual recovery from minimum to maximum was 15% compared with 75% for creatinine excretion per kg fat free mass. Detailed explanations of the studies are given elsewhere (20).

### Faecal Collections.

The first thing the investigator must be aware of is the difficulties involved in the collection of faecal samples. This will impose an additional strain on the volunteer especially if the study is partially residential or free living where collections of faeces have to be made away from the Unit; the subjects then need to carry a specially designed collecting frame with a plastic bag to place on the toilet seat to help them collect their faeces. Faecal samples may need to be carried around sealed in an air tight box or in a cooled container.

The same unforeseen factors apply to faecal collections. A colleague after an enormous effort in collecting faecal samples from individuals had them stolen from the boot of his car: they could not be recovered even after an announcement in the newspapers of a reward for their return.

Metabolic balance studies require accurate information on the output of faecal constituents and this accuracy can only be achieved if the faecal collections are complete. Account of faeces lost in toilet paper need to be considered.

A number of inert markers have been used to check on faecal collections but we must remember to choose one that comes to the criteria for an «ideal» intestinal marker: it should be inert, nontoxic, completely unabsorbed, non-metabolised, easily measured, have no appreciable bulk and mix well with intestinal contents (21). The marker needs to allow faecal material from one period or several periods to be clearly identified while maintaining a continuous flow of marker. Barium sulphate, copper thiocyanate, polyethylene glycol, chromium sesquioxide, are well established markers and widely used but are tedious to measure. Other markers such as carmine and similar dyes have been traditionally used for the demarcation of faeces. These are, however, not acceptable any more since the use of single doses of marker leads to inaccuracies. Carmine does not mix well with faeces and cannot distinguish partial collections of faecal material from a complete collection, not can it differentiate between periods. The tail-off of the carmine marker is also a problem and no correction factor for faeces belonging to other periods or to irregular bowel movement is possible. Thus carmine allows only a very inaccurate or crude measurement of the components under study and does not give any information on other physiological variables such as transit time.

The need for accurate measures of elemental faecal excretion to understand better the physiological behaviour of

the intestine and the factors involved in the development of colon cancer led scientists to develop more accurate methods for detecting very small changes in the behaviour of the gut. Radio-opaque barium impregnated plastic pellets (Portex Ltd) of different shapes (cylindrical, cube etc.) have been developed and have a series of advantages as outlined by Branch and Cummings (21): they are easier to measure with an X-ray machine, the handling of specimens is reduced to a minimum, marker determination by radiography does not destroy the specimens and allows individual stool by stool analyses to be done with the result that a mean transit time (a measure of passage of food through the gut) for the marker can be calculated (40) throughout the study. Several different types of marker can be made. This enables different pellets to be given in different weeks or in separate parts of a dietary study. Faecal material from each part of the study can therefore be clearly identified while maintaining a continuous flow of marker to differentiate dietary periods. Samples containing 96% or more of one type of marker are used to make pools for each dietary period. An example of marker recovery is shown in 5 volunteers involved in a study of sodium and lithium balance where different type of pellets were given in the different periods of the study (Table 3) (41).

TABLE 3  
AVERAGE FAECAL OUTPUT AND MARKER RECOVERIES

Subject	Mean $\pm$ SD*	R5	Cubes	R1	R2	%
NG	201 $\pm$ 66	95	98	100	58**	88
RT	148 $\pm$ 59	98	99	100	98	99
JP	106 $\pm$ 50	98	95	94	99	97
JW	162 $\pm$ 65	96	99	100	96	98
RG	178 $\pm$ 73	100	100	99	98	99

\* Mean  $\pm$  SD of the whole metabolic study (11)

\*\* This subject stopped faecal collections on the last day of the diet so subsequent excreted markers were not collected.

The correction of variability in output of faecal collections is essential for some types of study. Studies on calcium metabolism need to correct for variability in output because small changes in calcium balance are sought (20).

A Marker Correction Factor (MCF) for faeces belonging to other periods can be made based on the ratio between the number of markers ingested over the period and the number of markers excreted over the same time (as counted by X-ray). The mean daily faecal weight is multiplied by the MCF to get a «marker-corrected mean daily faecal weight. The stability of colonic function in subjects is aided by having a high NSP intake which smooths any irregularities in transit time. If people are on low fibre diets then their faecal output may become very variable and corrections are needed.

### Collection of sweat.

Sweat collection is a very laborious task (11,20). The technique involves the use of special clothes with a closely fitting two-piece set of underwear, tennis shoes, cotton socks and towels. Special containers are used for the cleaning and extraction of elements from the clothes and for washing the skin. These include plastic bath tubs with lids, 10 litre plastic bottles, plastic buckets, polypropylene measuring cylinders and plastic gloves.

The cleaning of the clothes is of paramount importance since some of the elements under study e.g. sodium and lithium may differ widely both in their concentration when occurring naturally and when used experimentally. Either contamination or poor extraction of the elements from the clothes will lead to misinterpretation and erroneous values for elemental balance.

All the clothes and materials for the collection and extraction of sweat need to be thoroughly cleaned with dilute nitric acid and deionised water. This cleaning procedure is repeated for each collection. All the plastic material are washed for a few minutes with concentrated nitric acid. Further extractions of the elements are then performed with diluted nitric acid. The washings have to be tested in the spectrophotometer to make sure that the extractions have been complete. Both the preparation of clothing and instructions to volunteers for the collection of sweat can be based on the methods used by Dahl, Stall and Cotzias (42) for quantitating skin losses of electrolytes. For example on the day of the collection subject can be provided with a 10 litre container of «warm» deionised water with a plastic tube attached to the tap. Subjects are directed to wash their whole skin surface with soap and water, shampoo their hair and thoroughly rinse it. Afterwards they rinse their bodies with deionised water. No lotions, deodorants, soap or other toilet preparations that could contaminate the body can be applied from then on. Then they dry themselves with special towels and immediately put on the underwear, socks, tennis shoes and their regular clothing and went about their daily routine. Only the shoes are removed at night and special precautions can also be taken with the bed clothes (20).

At the end of the 24 hours, the clothes are removed and deposited in plastic bags. Again the volunteers shower with deionised water which is now collected into an acid washed bath. After thorough mixing, washing samples are taken for *element determinations*. The extraction of sweat from clothes is conducted in the same manner as the system used for cleaning. Checks made to the washings ensure that complete extraction was achieved. The detailed description of the nature of the task has been explained elsewhere (11).

### CONCLUSIONS

This overview has been set out to illustrate the simple point that human nutrition studies which assess the impact of diet on metabolism can be performed relatively inexpensively but demand a rigour and understanding of meticulous procedures which most doctors and nutritionists rarely recognize. The design of diets with checking on the collection of duplicate diets, urine, faeces and sweat is extremely demanding but if conducted properly it is possible to show small but statistically significant changes relating to relevant changes in the diet using groups of only 8 volunteers. These highly controlled studies have been neglected because it has not been appreciated that inaccurate dietary design with poor collection procedures in early metabolic studies introduced error which limited the ability of investigators to assess the role of diet do the pathophysiology of disease.

#### Acknowledgments:

Our thanks are due to the Ministry of Health in Mexico (Department of International Relations), the Scottish Office Agriculture and Fisheries Department and the British Council for their support. We are also grateful to Mrs. Jean James for the assistance provided for the completion of this manuscript.

### REFERENCES

1. Jensen O.M, R MacLennan & J Wahrendorf. Diet, bowel function, faecal characteristics and large bowel cancer in Denmark and Finland. *Nutr. Cancer*, 4:5-19, 1982.
2. Englyst H.N, S.A. Bingham, H.S. Wiggins, DAT Southgate, r. Seppanen, P. Helms, V. Anderson, KC Day, R. Choolun, E. Collinson & J.H. Cummings. Non-starch polysaccharide consumption in four Scandinavian populations. *Nutr. Cancer*, 4:50-60, 1982.
3. Ziegler R.G. A review of epidemiologic evidence that carotenoids reduce the risk cancer. *J. Nutr.*, 119:116-122, 1989.
4. Hirayama T. Epidemiology of prostate cancer with special reference to the role of diet. *Natl. Cancer Inst Monogr*, 53:149-155, 1979.
5. Hirayama T. A large scale cohort study on cancer risks by diet-with special reference to the risk reducing effects of green-yellow vegetable consumption. In: *Diet, Nutrition and cancer. Proceedings of the 16th International Symposium of the Princess Takamatsu Cancer Research Fund, Tokyo, 1985*, edited by Hayashi, Y., Nagao, M. Sugimura, T., Takayama, S., Tomatis, L., et al. Tokyo, Japan Scientific Societies Press, pp:41-53. 1986.
6. Trichopoulos D.G. Ouranos, N.E. Day, A. Tzonou, O. Manousos, et al. Diet and cancer of the stomach: a case control study in Greece. *Int. J. Cancer*, 36:291-297, 1985.
7. Keys A. Seven Counties: a multivariate analysis of death and coronary heart disease. Harvard University Press, Cambridge Mass 1980.
8. Kushi L.H., R.A. Lew, F.J. Stare, et al. Diet and 20-year mortality from coronary heart disease. The Ireland-Boston diet-heart study. *N.Eng. J. Med.*, 312(13):811-818, 1985.

9. Ulbricht TLV & DTA Southgate. Coronary heart disease: seven dietary factors. Review article. *Lancet* 338:985-992, 1991.
10. Duthie G.G., KWJ Wahle & WPT James. Oxidants, antioxidants and cardiovascular disease. *Nutr. Res. Rev.*, 2:51-62, 1989.
11. Sánchez-Castillo C.P. The Sources of Salt in the British Diet. PhD. Dissertation. The University of Cambridge (England), 1984.
12. Peace H. Metabolic responses to dietary fat fed at different energy levels in group of post menopausal women. M. Sc. Thesis. University of Aberdeen, 1987.
13. Davidson L. An assessment of heart rate monitoring for the estimation of free-living energy expenditure in man. M.Sc. Thesis. University of Aberdeen, 1992.
14. Love J. Genetic influence on body composition, fat distribution and basal metabolic rate in women. M. Sc. Thesis. University of Aberdeen, 1989.
15. Sánchez-Castillo C.P., J. Seidell & WPT James. The potential use of lithium as a marker for the assessment of the sources of dietary salt: cooking studies and physiological experiments in men. *Clin Sci* 72:81-86, 1987.
16. Sánchez-Castillo C.P., S. Warrender, T. Whitehead & WPT James. An assessment of the sources of dietary salt in a British population. *Clin Sci*, 72:95-102, 1987.
17. James WPT, A. Ralph & C.P. Sánchez-Castillo. The Dominance of Salt in Manufactured Foods in the Sodium Intake of Affluent Societies. *Lancet*, 1:426-429, 1987.
18. Dalloso H.M. & WPT James. Whole-body calorimetry studies in adult men. 1. The effect of fat over-feeding on 24h energy expenditure. *Brit. J. Nutr.*, 52:49-64, 1984.
19. Dalloso H.M. & WPT James. Whole-body calorimetry studies in adult men. 2. The interaction of exercise and over-feeding on the thermic effect of a meal. *Brit J Nutr.*, 52:65-72, 1984.
20. Bingham S.A. The use of urinary metabolites as an independent marker for the assessment of dietary protein intake in individuals. PhD Dissertation. University of London, 1983.
21. Branch W.J. & J.H. Cummings. Comparison of radio-opaque pellets and chromium sesquioxide as inert markers in studies requiring accurate faecal collections. *Gut*, 19, 371-376, 1978.
22. Wahle WJK, G.G. Duthie, H. Peace, S. Mutalib, P. Whiting & I.A. Nevison. Comparison of the effects of dietary palm oil and hydrogenated rape and soya oil on indices of cardiovascular risk in healthy men: An Interim Report. The Rowett Research Institute, 1991.
23. Isaksson B. A critical evaluation of metabolic balance technique. Fourth European Symposium on Calcified Tissues. Leiden. Noordringhaan Zee, pp:59-62, 1966.
24. Reifenstein, E.C. F. Albright & S.L. Wells. The accumulation, interpretation and presentation of data pertaining to metabolic balances, notably those of calcium, phosphorus and nitrogen. *J. Clin Endocrinol.* 5:367-395, 1945.
25. Gephart F.C. & E.F. Du Bois. The organization of a small metabolism ward. *Arch. Int. med.* 15:829-834, 1915.
26. Reifenstein E.C., F. Albright & S.L. Wells. The accumulation, interpretation and presentation of data pertaining to metabolic balances, notably those of calcium, phosphorus and nitrogen. *J. Clin. Endocrinol.* 5:367-395, 1945.
27. Isaksson B. & B. Sjogren. On the concept «constant diet» in metabolic balance studies. *Nutr. Dieta.* 7:175-185, 1965b.
28. Bassett S.H. & H.E. Van Alstine. Mineral exchanges of man IV. Variations in the mineral content of diets with a constant raw weight formula. *J. Nutr.* 9:175-189, 1935.
29. Gutman A.B. & M. Low. On the approximation of the calculated to determined calcium content of human dietaries. *J. Nutr.* 18:257-263, 1939.
30. Report of a Joint FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. Energy and protein requirements. FAO Food and Nutrition Series N°7, FAO Nutrition Meetings Report Series N°52, WHO Technical Report Series N° 522, Rome, 1973.
31. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Energy and protein requirements. Technical Report Series 724. World Health Organization, Geneva, 1985.
32. Isaksson B. & B. Sjogren. Metaboliska studier vid osteoporos. *Nordisk Medicin.* 14:616-619, 1964.
33. Isaksson B. & B. Sjogren. Errors inherent in metabolic balance studies. Proc. 2nd International Congress of Endocrinology, London. International Congress, Series N° 83, Part 11. Amsterdam. Excerpta Medica Foundation, pp:1041-1049, 1965a.
34. Forbes G.B. & G.J. Bruining. Urinary creatinine excretion and lean body mass. *Am J Clin Nut.*, 29, 1359-1366, 1976.
35. Jackson S. Creatinine in urine as an index of urinary excretion rate. *Health Physics* 12, 843-850, 1966.
36. Bleiler R.E. & H.P. Schedl. Creatinine excretion: variability and relationships to diet and body size. *J. Lab & Clin. Med* 59(6):945-955, 1962.
37. Lykken G.I., R.A. Jacob, J.M. Munoz & H.H. Sanstead. A mathematical model of creatinine metabolism in normal males. *Am. J. clin. Nutr.* 33:2674-2685, 1980.
38. Mongia S.P., H.S. Sharma & C.R. Vyas. Effect of different dietary protein intake on urinary creatinine excretion in adults. *The Ind. J. Nutr. Dietet.* 12:206-210, 1975.
39. Bingham S. & J.H. Cummings. The use of 4-aminobenzoic acid as a marker to validate the completeness of 24h urine collections in man. *Clin. Sci.*, 64:629-635, 1983.
40. Cumming J.H., DJA Jenkins & H.S. Wiggings. Measurement of the mean transit time of dietary residue through the human gut. *Gut*, 17:210-218, 1976.
41. Sánchez-Castillo C.P., W.J. Branch & WPT James. A test of the validity of the lithium-marker technique for monitoring dietary sources of salt in man. *Clin. Sci.*, 72:87-94, 1987.
42. Dahl L.K., B.G. Stall & G.C. Cotzias. Metabolic effects of marked sodium restriction in hypertensive patients: skin electrolyte losses. *J. Clin. Invest.* 34:462-470, 1953.

Recibido: 28-12-1992

Aceptado: 17-12-1993

La Tabla 3 también muestra que la enzima nucleósido fosforilasa expresada por gramo de hígado respondió diferente a la xantina deshidrogenasa. Así, esta enzima aumentó progresivamente a medida que transcurría el experimento en los dos tipos de pollos y que este aumento fue de magnitud similar y alcanzó significancia estadística sólo después de quince días de iniciado el experimento. Por último, la Tabla 3 muestra que en contraste con las actividades enzimáticas recién descritas, la concentración de ácido úrico en la excreta, fue siempre mayor en los pollos que se cambiaron a la dieta de gelatina y que esta diferencia se detectó a partir del primer día del experimento y se mantuvo elevada durante todo el período estudiado.

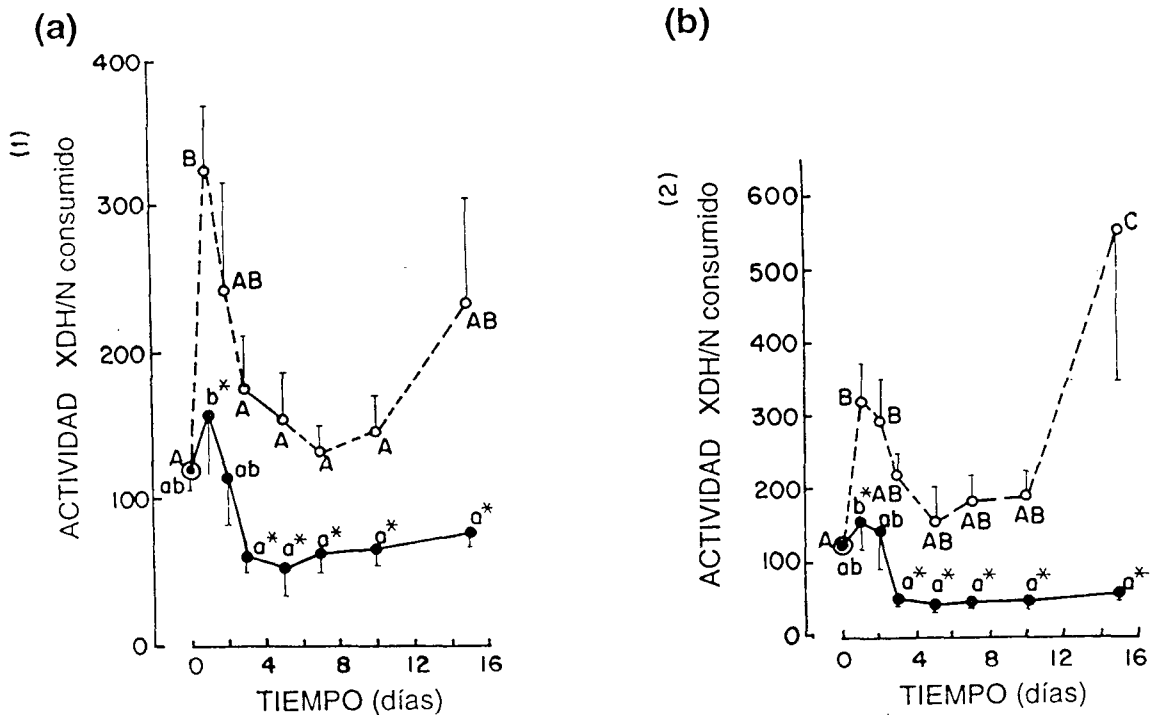
La Figura 1a. muestra la actividad de la xantina deshidrogenasa corregida por el consumo de nitrógeno promedio de los 15 días que duró el experimento. Esta expresión que refleja la cantidad de esta enzima que está disponible en el hígado para manipular un gramo del nitrógeno que ingresa en la dieta indicó que, los pollos en la dieta de gelatina disponían de más actividad de esta enzima que los en la dieta de soya. Así, los pollos que se cambiaron a la dieta de gelatina aumentaron la actividad de esta enzima en 2.72 veces al primer

día del cambio de dieta para luego disminuir a valores aun elevados pero cercanos a los observados antes de iniciar el experimento. Una situación similar se observó en los pollos que permanecieron en la dieta de soya sin embargo, en este caso la inducción inicial fue menor (1.32 veces), no alcanzó significancia estadística y luego disminuyó y se mantuvo siempre por debajo de los valores basales.

Sin embargo, más importante que las variaciones recién descritas, la Figura 1a y 1b, indican que la actividad de la xantina deshidrogenasa corregida por el consumo de nitrógeno, medida en los pollos que consumieron gelatina fue siempre mayor que la observada en los pollos que permanecieron en la dieta de soya. Así, al primer día del experimento, los pollos de la dieta con gelatina tenían 2.06 veces más de esta enzima disponible en el hígado que los pollos en la dieta de soya y esta diferencia fue de 2.10, 3.04, 2.96, 2.10, 2.18 y 3.04 en los días 2, 3, 5, 7, 10 y 15 del experimento respectivamente y una situación similar se observó (Fig 1b) si en lugar de usar el consumo promedio de los quince días de experimentación, se usa el consumo de nitrógeno registrado el día anterior a la determinación de la actividad enzimática.

FIGURA 1

El gráfico de la izquierda (a) muestra la actividad de la xantina deshidrogenasa hepática XHD ( $\mu$  moles NADH/g hígado-hr/g nitrógeno consumido) corregida por el consumo de nitrógeno promedio de los 15 días que duró el experimento. El gráfico de la derecha (b) muestra la actividad de la misma enzima pero corregida por el consumo de nitrógeno correspondiente al día anterior al indicado en el eje x. En ambas figuras los símbolos representan la media de cinco pollos que consumieron soya (●) o gelatina (○) durante 0, 1, 2, 3, 5, 7, 10 y 15 días. Las líneas verticales sobre los símbolos representan el error standard de la media. Medias con letras diferentes son diferentes de acuerdo con la prueba de los rangos múltiples de Duncan, las mayúsculas (A-C) sirven para comparar medias dentro del grupo de pollos alimentados con gelatina y las minúsculas dentro del grupo de pollos alimentados con soya. Los asteriscos (\*) indican diferencias significativas entre el grupo de soya y el de gelatina para un mismo tiempo de observación.



## Tiempo mínimo para detectar calidad proteica usando indicadores del catabolismo proteico en pollos

*Patricia Vit*<sup>1</sup>, *Anna M. Cioccia*<sup>2</sup>, *Odoardo Brito*<sup>3</sup> y *Patricio Hevia*<sup>4</sup>  
Laboratorio de Nutrición, Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela

**RESUMEN.** Estudios anteriores indicaron que en pollos tanto la actividad hepática de las enzimas xantina deshidrogenasa y nucleósido fosforilasa así como la excreción de ácido úrico pueden servir como indicadores de la calidad de la proteína consumida en tiempos muy cortos. Sin embargo, en esos estudios a pesar de que el tiempo de exposición a la dieta a evaluar fue corto, los tiempos de acondicionamiento de los animales fueron largos. De acuerdo con esto, el propósito de este estudio fue establecer si la eliminación del tiempo necesario para aislar los animales afectaba la utilidad de estos parámetros bioquímicos para determinar calidad proteica. Para ello 76 pollos mantenidos en grupos de 6 pollos/jaula, se alimentaron con una dieta de soya (control) durante 5 días. Al finalizar este acondicionamiento todos los pollos se colocaron en jaulas individuales (1 pollo/jaula), la mitad de ellos permaneció en la misma dieta de soya y la otra mitad recibió una dieta con gelatina. Luego se determinó la actividad hepática de las enzimas púricas y la excreción de ácido úrico después de 1, 2, 3, 5, 7, 10 y 15 días. Los resultados indicaron que la separación repentina de los pollos (de 6 pollos/jaula a 1 pollo/jaula) estuvo asociada con una disminución temporal en el crecimiento y un aumento en la actividad de estas enzimas, así como en la excreción de ácido úrico en todos los pollos. Estos efectos iniciales se disiparon rápidamente, pero las actividades de las enzimas púricas así como la excreción de ácido úrico corregidos por el consumo proteico fueron notablemente mayores en los pollos que consumieron gelatina a partir del primer día de experimentación, indicando que la diferencia en la calidad de las proteínas usadas aquí, modificaron las actividades de estas enzimas, así como la producción de ácido úrico en un tiempo muy corto. Estos resultados señalan que esta modificación del protocolo de aislamiento reduce substancialmente el tiempo de experimentación, sin afectar la capacidad de este método en detectar diferencias de calidad proteica.

**SUMMARY.** Minimal time required for detecting differences between soy and gelatin using uric acid excretion and purine enzymes as indicators of protein quality in chickens. Previous studies shown that in chickens the hepatic activities of the purine enzymes Xanthine Dehydrogenase and Nucleoside Phosphorylase and the uric acid excretion can predict the quality of the protein consumed in a very short time. In these studies even though the experimental time was short, the time used for the conditioning of the chickens was long and included five days with six chickens per cage and then five to six days for progressively changing the chickens to individual cages in order to avoid the stress associated with the isolation of the animals. Thus the purpose of this study was to determine the minimal time required to detect differences in these parameters after feeding a soy-met and a gelatin diet and eliminating completely the time required for the isolation of the chickens. Thus, 76 one day old Warren male chickens were placed in groups of six on a soy-met powdered diet during five days and on day six all the chicken were placed in individual cages and one half was offered the same diet while the rest received a gelatin diet. Then on day 1, 2, 3, 5, 7, 10 and 15 after the diet change five chickens on each diet were sacrificed and the activity of the liver purine enzymes as well as the uric acid excreted were determined. The results showed that the abrupt isolation of the animals was associated with a transient reduction in growth and in an increment in the activity of both enzymes and in the excretion of uric acid which was more evident when these parameters were expressed as a function of the nitrogen consumed. These effects of the isolation dissipated in approximately three days but regardless of this effect, the activities of the enzymes and the excretion of uric acid corrected by the nitrogen consumed were substantially higher in the gelatin fed animals than in the soy-met fed animals from the first day after diet change and continued elevated throughout the experiment, indicating that the quality of the protein consumed affected both the purine enzymes and the uric acid excretion in a very short time. In general these results show that the abrupt isolation of the chickens caused a transient induction in the production of uric acid and also in the purine enzymes involved in its synthesis. This induction however did not interfere with the use of these parameters in the prediction of protein quality since it happened both in the chickens fed soy-met and also in those fed gelatin. These results confirmed that these methods are appropriated for determining protein quality in a very short time and also that the conditioning period can be substantially reduced.

1. Profesora. Facultad de Farmacia. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
2. Profesora Asociado. Laboratorio de Nutrición. Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela.
3. Profesor Titular. Laboratorio de Nutrición. Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela.
4. Autor para correspondencia y Profesor Titular. Laboratorio de Nutrición. Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.

## INTRODUCCION

Los métodos empleados para medir la calidad de las proteínas son muy variados, sin embargo los más importantes son los métodos químicos que se basan exclusivamente en la determinación de los aminoácidos de la proteína problema y los métodos biológicos que establecen el efecto de esta proteína en el crecimiento o en la retención de nitrógeno en animales de experimentación (1). De estos, los métodos biológicos como el PER (relación de eficiencia proteica), el NPR (relación proteica neta), el NPU (utilización proteica neta) y el BV (valor biológico), tradicionalmente se han considerado como los de mayor significancia particularmente en la evaluación de la calidad de nuevas proteínas porque en contraste con los métodos químicos permiten detectar la presencia de posibles factores tóxicos, así como la digestibilidad y la disponibilidad de los aminoácidos presentes en la proteína evaluada (2). Sin embargo, a este tipo de ensayos se los critica por su larga duración, puesto que requieren de 8 a 28 días de experimentación para producir resultados y porque los requerimientos aminoacídicos de los animales de experimentación no corresponden exactamente con los del humano (3-4).

Por estas razones, recientemente la FAO/WHO (5) de acuerdo con el Codex Committee on Vegetable Proteins (6) recomendó el cómputo químico corregido por la digestibilidad como el método más apropiado para determinar la calidad proteica. Sin embargo, a pesar de estos nuevos conceptos, aún son válidos los argumentos de Andersons (7), que indican que la industria de alimentos requiere de tres tipos de métodos para evaluar calidad proteica: Un método de referencia que puede ser costoso y largo, un segundo método suficientemente corto y económico para ser utilizado en la formulación de nuevos productos y en la búsqueda de nuevas proteínas y finalmente un método que pueda ser utilizado para control de calidad en la producción diaria también de corta duración.

De acuerdo con esto, nosotros hemos estudiado una técnica rápida para evaluar calidad proteica por un método bioquímico que mide algunos indicadores del catabolismo proteico en pollos. La idea que sustenta esta proposición se basa en los trabajos de Hevia y Clifford en 1978 (8), quienes mostraron que en los pollos tanto la excreción del ácido úrico como la actividad de las enzimas púricas hepáticas aumentan cuando se incrementa la necesidad de catabolizar la proteína dietaria, como en el caso de pollos que consumen un exceso de proteína o dietas con proteínas de baja calidad (8-9).

Este método ya ha demostrado su efectividad en la predicción de la calidad de proteínas naturales o aisladas, mezclas de aminoácidos y proteínas dañadas térmicamente o fortificadas con sus aminoácidos limitantes (10-13). En todos estos casos, los resultados de este método correlacionaron alta y negativamente con la calidad de los mismos productos medidos en la forma tradicional (PER, NPR, NPU) en pollos o ratas. Sin embargo, estos resultados en su gran mayoría se han obtenido

con períodos de alimentación de 15 días (10-13) o en períodos más cortos de alimentación (10,12) pero con períodos de acondicionamiento de los animales bastantes largos.

Como el tiempo de manipulación de los animales, independientemente de si se trata del período de alimentación de la dieta problema o del acondicionamiento son críticos en la búsqueda de ensayos de corta duración para determinar calidad proteica, el propósito de este estudio fue establecer el tiempo mínimo necesario para que cambios en la calidad de la proteína consumida afecten significativamente la actividad de las enzimas xantina deshidrogenasa (EC 1.2.1.37) y nucleósido fosforilasa (EC 2.4.2.1) hepáticas, así como en la excreción de ácido úrico en pollos en crecimiento sometidos a tiempos de acondicionamiento cortos.

Para ello, pollos de un día de nacidos, mantenidos en grupos de seis por jaula se alimentaron con una dieta de soya enriquecida con metionina por cinco días. Luego todos los pollos se cambiaron a jaulas individuales y la mitad se mantuvo en la misma dieta usada durante el acondicionamiento mientras que la otra mitad recibió una dieta en que la soya se reemplazó por gelatina y se determinó la actividad enzimática y la excreción de ácido úrico después de 1,2,3,5,7,10 y 15 días del cambio de dieta. Este protocolo difiere del usado en los estudios precedentes (10, 12), en cuanto a que el cambio de dieta se realiza con la aislación total al día 1 del experimento, mientras que en los anteriores, la aislación individual se alcanzó progresivamente antes del cambio de dieta, requiriendo seis días para la aislación total.

## MATERIALES Y METODOS

Se adquirieron 76 pollos machos Warren en una incubadora local, y se acondicionaron en grupos de seis pollos por jaula durante cinco días, con una dieta control a base de soya fortificada con metionina (Tabla 1). Al finalizar este período, todos los pollos, que en promedio pesaron  $54.9 \pm 1.8$  g, se separaron y se mantuvieron aislados en jaulas individuales por el resto del experimento. Este protocolo fue diferente al usado en experimentos anteriores (10,12) en que los pollos se aislaban progresivamente con el fin de evitar el stress causado por la separación brusca en un proceso que tardaba al menos cinco o seis días adicionales. Una vez que los pollos estuvieron aislados, la mitad de ellos permaneció en la misma dieta de soya usada durante el acondicionamiento y a la otra mitad se le ofreció una dieta idéntica, pero en la que la soya se reemplazó por gelatina y se eliminó la metionina (Tabla 1). Estas dos dietas fueron ofrecidas a los pollos durante un tiempo que varió entre 1 y 15 días manteniendo un registro diario de su peso así como del alimento consumido. Durante todo el experimento el alimento y el agua se ofrecieron ad libitum.

TABLA 1  
COMPOSICION DE LA DIETA BASAL 1

Ingredientes	Concentración (g/100g seco)
Proteína <sup>2</sup>	20.00
L-Metionina <sup>2</sup>	0.46
Aceite de maíz	5.00
Celulosa	3.00
Mezcla mineral <sup>1</sup>	3.50
Mezcla vitamínica <sup>1</sup>	2.00
CaHPO <sub>4</sub> x H <sub>2</sub> O	3.60
Almidón de maíz	62.44

1. Preparada de acuerdo a Peterson et al 1971. (14)
2. Aislado de soya o gelatina
3. Se incluyó sólo en la dieta con soya.

Con el fin de estudiar las variaciones en la actividad hepática de la xantina deshidrogenasa y de la nucleósido fosforilasa a media que transcurría el tiempo de experimentación, se sacrificaron cinco pollos en cada dieta a las de 1,2,3,5,7,10 y 15 días después del cambio de dieta. A estos pollos se les disectó el hígado los cuales se congelaron en nitrógeno líquido y se mantuvieron congelados (-18° C) hasta su análisis. Además se sacrificó un grupo de seis pollos antes del cambio de dieta con el fin de conocer los niveles de estas enzimas antes del aislamiento de los animales y a los resultados de este grupo se los designó como día cero del experimento. La actividad de la xantina deshidrogenasa se determinó según la técnica descrita por Tramper y Angelino (15) y la nucleósido fosforilasa según la descripción de Hevia et al (16). Con el fin de establecer las variaciones en la excreción de ácido úrico con el tiempo de experimentación y la dieta consumida, se colectaron las excretas completas de cada pollo durante las 24 horas que precedieron a cada período experimental (1,2,3,5,7,10 y 15 días) y además del grupo de pollos al que no se aisló ni se le cambió la dieta. A la excreción de ácido úrico de este último grupo se la designó como la excreción del día cero del experimento. Todas las excretas colectadas se secaron a 80°C y al momento del análisis el ácido úrico se extrajo 3 veces con carbonato de litio (68 mM) hirviendo y luego se lo determinó con el método de Liddle et al (17).

Como tanto la actividad de las dos enzimas púricas hepáticas como la concentración de ácido úrico en las excretas depende de la cantidad de nitrógeno catabolizado y este depende tanto de la calidad como de la cantidad de nitrógeno y alimento consumido (9,18), los resultados obtenidos se corrigieron por el nitrógeno consumido ya que el consumo de alimento fue muy diferente entre los pollos que consumieron soya y los que consumieron gelatina.

Los resultados se analizaron estadísticamente como sigue.

Para establecer el efecto del tiempo los resultados obtenidos con la soya o con la gelatina se sometieron a análisis de varianza de una vía y las medias se compararon usando el método de los rangos múltiples de Zunchan (19). Luego para comparar entre las dos proteínas en cada período experimental se aplicó una prueba de t student (20). En todos los casos, el nivel de confianza se fijó al 5%.

## RESULTADOS

La Tabla 2 muestra que los pollos que se cambiaron de soya a gelatina perdieron peso a partir del primer día del cambio de dieta, mientras que los pollos que se mantuvieron en la dieta de soya aumentaron progresivamente de peso de manera que al final del experimento habían crecido 105.8 g o en promedio 7.05 g/día. Esta velocidad promedio de crecimiento contrasta con la velocidad de crecimiento calculada para el primer día del experimento, que alcanzó a sólo 1.8 g/día mientras que en los días siguientes los pollos en la dieta de soya crecieron entre 5.0 y 7.1 g/día. Una situación similar se detectó en el caso de los pollos que se cambiaron a gelatina ya que en este grupo, la mayor pérdida de peso se observó también al primer día del cambio (-5.0 g/día) mientras que en los días siguientes esta pérdida fue substancialmente menor y varía entre -0.54 y -1.4 g/día.

La Tabla 2 también muestra que tanto los pollos que permanecieron en la dieta de soya como los que se cambiaron a gelatina aumentaron su consumo de alimento a medida que transcurría el ensayo. Sin embargo, en el caso de los primeros el consumo aumentó 28 veces y estuvo asociado con un aumento substancial de peso, mientras que en los segundos el aumento en consumo fue de sólo 16 veces y estuvo asociado con una pérdida de peso. Además, el consumo de los pollos en la dieta con gelatina fue siempre menor que el de los que consumían soya. Así, durante los primeros tres días del ensayo estos pollos consumieron sólo la mitad del alimento que consumían los pollos en la dieta de soya mientras que en los últimos días su consumo fue solo el 32% del medido en los pollos en la dieta de soya.

La Tabla 2 también muestra que los pollos en la dieta de soya aumentaron progresivamente su nitrógeno corporal de manera que después de quince días lo había cuadruplicado, mientras que los pollos en la dieta de gelatina mantuvieron su reserva corporal constante.

La Tabla 3 muestra que al primer día del experimento la actividad de la xantina deshidrogenasa por gramo de hígado aumentó tanto en los pollos que recibieron la dieta de soya como la de gelatina, pero que este aumento fue más notable y significativo desde el punto de vista estadístico en el caso de los pollos que se cambiaron a gelatina. Luego, a partir de este día, la actividad de esta enzima no fue muy diferente a la medida antes de iniciar el experimento, ni en los pollos que recibieron soya ni en lo que recibieron gelatina.

TABLA 2  
CRECIMIENTO, CONSUMO DE ALIMENTO Y NITROGENO CORPORAL EN POLLOS ALIMENTADOS CON SOYA O GELATINA DURANTE 0, 1, 3, 5, 7, 10 Y 15 DIAS

TIEMPO (días)		0	1	2	3	5	7	10	15
CRECIMIENTO (g)	Soya	0,00	1.8±1.7 <sup>ab</sup>	11.6±0.8 <sup>b</sup>	15.0±0.9 <sup>bc</sup>	30.6±1.4 <sup>c</sup>	47.5±2.5 <sup>d</sup>	72.1±5.4 <sup>e</sup>	105.8±3.5 <sup>f</sup>
	Gelatina	0,00	-5.0±1.2 <sup>A</sup>	-2.9±0.6 <sup>B*</sup>	-2.2±0.6 <sup>B*</sup>	-5.3±0.6 <sup>BC*</sup>	-6.6±0.9 <sup>BC*</sup>	-6.9±1.6 <sup>C*</sup>	-8.1±1.3 <sup>C*</sup>
CONSUMO (g)	Soya	7.27±0.62 <sup>a</sup>	6.87±1.86 <sup>a</sup>	17.66±1.04 <sup>ab</sup>	28.08±1.15 <sup>b</sup>	52.67±2.46 <sup>c</sup>	80.18±4.45 <sup>d</sup>	124.55±7.27 <sup>e</sup>	195.50±2.09 <sup>f</sup>
	Gelatina	7.27±0.63 <sup>A</sup>	3.92±0.67 <sup>A*</sup>	8.78±0.90 <sup>A*</sup>	14.73±1.94 <sup>B*</sup>	18.52±0.62 <sup>BC*</sup>	27.53±1.88 <sup>C*</sup>	45.53±6.48 <sup>D*</sup>	63.07±9.04 <sup>E*</sup>
NITROGENO CORPORAL (g)	Soya	1.11±0.03 <sup>a</sup>	1.08±0.05 <sup>a</sup>	1.37±0.04 <sup>a</sup>	1.61±0.03 <sup>b</sup>	2.11±0.07 <sup>c</sup>	2.46±0.12 <sup>d</sup>	3.15±0.20 <sup>e</sup>	4.03±0.16 <sup>f</sup>
	Gelatina	1.11±0.03 <sup>A</sup>	1.04±0.05 <sup>A</sup>	1.19±0.03 <sup>A*</sup>	1.15±0.04 <sup>A*</sup>	1.16±0.03 <sup>A*</sup>	1.16±0.03 <sup>A*</sup>	1.11±0.05 <sup>A*</sup>	1.02±0.06 <sup>A*</sup>

La tabla muestra la media ± error standard de 5 pollos. Las medias que no comparten igual letra en la misma horizontal son significativamente diferentes al 5% y los \* representan diferencias significativas entre la soya y la gelatina al 5%

TABLA 3  
ACTIVIDAD HEPATICA DE LAS ENZIMAS XANTINA DESHIDROGENASA (XDH) Y NUCLEOSIDO FOSFORILASA (NP) Y EXCRECION DE ACIDO URICO (AU) EN POLLOS ALIMENTADOS CON SOYA O GELATINA DURANTE 0, 1, 3, 5, 7, 10 Y 15 DIAS

TIEMPO (días)		0	1	2	3	5	7	10	15
XDH Hepática	Soya	30.2±2.3 <sup>abc</sup>	43.6±7.1 <sup>c</sup>	36.4±7.3 <sup>bc</sup>	20.3±3.2 <sup>a</sup>	20.0±5.7 <sup>a</sup>	25.6±4.1 <sup>ab</sup>	30.3±3.1 <sup>abc</sup>	38.0±3.85 <sup>bc</sup>
	Gelatina	30.2±2.3 <sup>ABC</sup>	50.1±7.8 <sup>D</sup>	30.7±4.2 <sup>C</sup>	31.4±5.8 <sup>C</sup>	19.4±3.5 <sup>A</sup>	17.3±1.6 <sup>A</sup>	22.0±4.1 <sup>AB</sup>	28.1±7.1 <sup>BC</sup>
NP Hepática	Soya	57.2±4.3 <sup>a</sup>	52.2±9.9 <sup>a</sup>	64.3±10.8 <sup>a</sup>	55.3±11.2 <sup>a</sup>	48.9±10.1 <sup>a</sup>	71.5±12.3 <sup>ab</sup>	72.1±4.4 <sup>ab</sup>	90.7±8.6 <sup>b</sup>
	Gelatina	57.2±4.3 <sup>A</sup>	65.1±10.3 <sup>A</sup>	66.2±6.8 <sup>A</sup>	79.1±13.6 <sup>A</sup>	76.7±7.6 <sup>A</sup>	79.4±7.2 <sup>A</sup>	92.1±12.5 <sup>AB</sup>	109.6±12.6 <sup>A</sup>
AU (mg/g excretas)	Soya	1.57±0.12 <sup>a</sup>	1.98±0.23 <sup>a</sup>	1.83±0.22 <sup>a*</sup>	1.99±0.33 <sup>a</sup>	1.92±0.16 <sup>a</sup>	2.02±0.21 <sup>a</sup>	2.12±0.24 <sup>a</sup>	1.65±0.15 <sup>a</sup>
	Gelatina	1.57±0.12 <sup>A</sup>	2.84±0.10 <sup>CD*</sup>	2.82±0.32 <sup>CD*</sup>	3.56±0.21 <sup>E*</sup>	2.96±0.17 <sup>CD*</sup>	2.98±0.22 <sup>CD*</sup>	2.64±0.20 <sup>BC*</sup>	2.17±0.32 <sup>B*</sup>

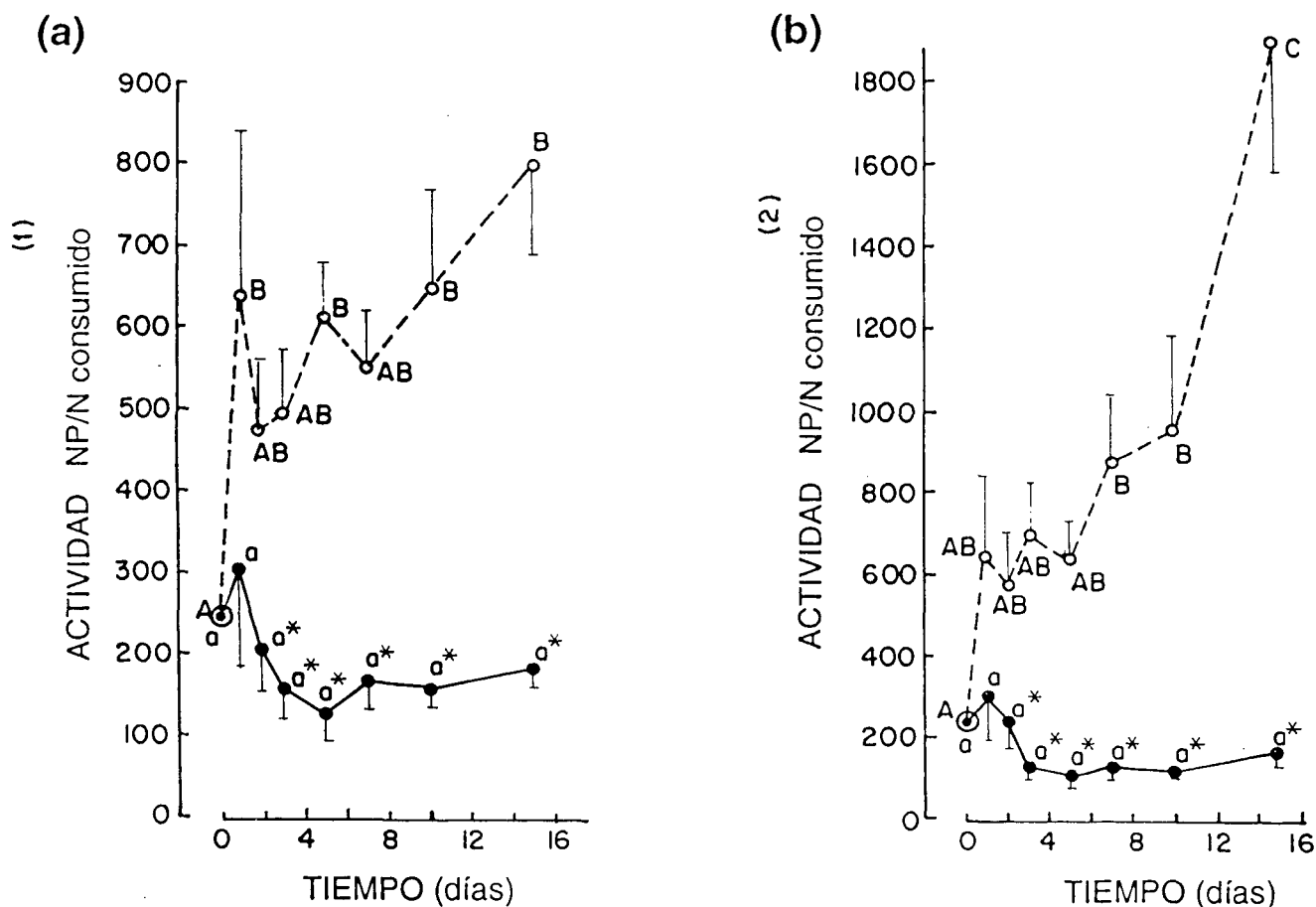
La tabla muestra la media ± error standard de 5 pollos. La actividad de la xantina deshidrogenasa (XDH) está expresada en μ moles NADH/g hígado-hora y la actividad de la nucleósido fosforilasa (NP) está expresada en μ moles ácido úrico/g hígado-hora. Las medias que no comparten igual letra en la misma horizontal son significativamente diferentes al 5% y los \* representan diferencias entre la soya y la gelatina al 5%.

La Figura 2a, muestra los cambios registrados en la actividad de la nucleósido fosforilasa corregida por el consumo de nitrógeno en los mismos pollos e indica que la situación fue muy similar a la descrita en el caso de la xantina deshidrogenasa. Así, se detectó un aumento en esta actividad tanto en los pollos que recibieron soya como en los que recibieron gelatina, pero este aumento fue mucho más notable en los últimos. Además, la actividad medida en los grupos que recibieron gelatina fue

siempre mucho mayor que en los grupos que recibieron soya y esta diferencia fue de 2.12, 2.34, 3.11, 4.8, 3.26, 4.11 y 4.35 veces en los días 1, 2, 3, 7, 10 y 15 del estudio respectivamente. En el caso de esta enzima tal como se indicó por la anterior, esta diferencia entre la soya y la gelatina también se observó si en lugar del consumo promedio de los 15 días se usa el consumo de nitrógeno registrado el día anterior a la determinación de la actividad enzimática (Figura 2b).

FIGURA 2

El gráfico de la izquierda (a) muestra la actividad de la nucleósido fosforilasa hepática NP ( $\mu$  moles ácido úrico/g hígado-hr/g nitrógeno consumido) corregida por el consumo de nitrógeno promedio de los 15 días que duró el experimento. El gráfico de la derecha (b) muestra la actividad de la misma enzima pero corregida por el consumo de nitrógeno correspondiente al día anterior al indicado en el eje x. En ambas figuras los símbolos representan la media de cinco pollos que consumieron soya (•—•) o gelatina (°—°) durante 0, 1, 2, 3, 5, 7, 10 y 15 días. Para detalles sobre las anotaciones sobre la figura referirse a la figura 1.

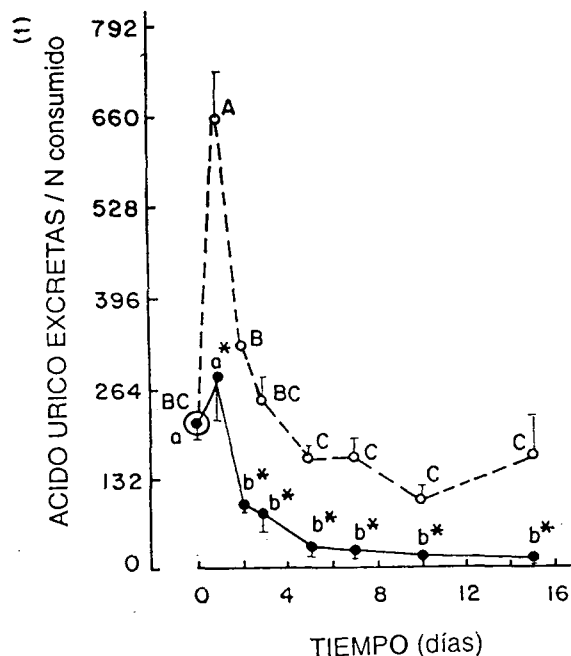


La Figura 3, de acuerdo con los resultados recién descritos, indica que la concentración de ácido úrico en las excretas, corregida por el nitrógeno consumido, aumentó inicialmente para luego disminuir, pero los pollos que recibieron gelatina excretaron siempre más ácido úrico que los que recibieron soya. Esta diferencia en todos los casos fue significativa y notable en magnitud, así, la concentración de este ácido en las excretas de los pollos que recibieron gelatina corregida por el

nitrógeno consumido el mismo día de la colección, fue 2.37, 4.0, 2.97, 4.91, 5.62, 4.75 y 9.02 veces la medida en los pollos que recibieron soya después de 1, 2, 3, 5, 7, 10 y 15 días del cambio de dieta respectivamente. La Figura 3 también indica que las variaciones en la concentración de ácido úrico en la excreta se parecen más a las variaciones en la actividad de la xantina deshidrogenasa que es la enzima que lo genera que las observadas en la nucleósido fosforilasa.

FIGURA 3

Concentración de ácido úrico en las excretas (mg/g excretas/g nitrógeno consumido) en pollos que consumieron soya (•—•) o gelatina (°—°) durante 0, 1, 3, 5, 7, 10 y 15 días. Los valores de ácido úrico se muestran corregidos por el consumo del día inmediatamente anterior al indicado en el eje X. Para detalles sobre las anotaciones sobre la figura referirse a la figura 1.



### DISCUSION

El objetivo de este estudio fue determinar el tiempo mínimo necesario para que cambios en la calidad de la proteína dietaria ofrecida a pollos en crecimiento acondicionados por tiempos cortos, produjera alteraciones detectables en la actividad hepática de las enzimas xantina deshidrogenasa, nucleósido fosforilasa y en la producción de ácido úrico.

Lo original de este estudio con relación a otros (10, 12) que demostraron que estas alteraciones se producían muy rápidamente, fue la disminución del período de acondicionamiento de los pollos antes de iniciar el experimento. Así, en este estudio, los pollos se mantuvieron en el laboratorio durante cinco días en grupos de seis pollos por jaula y luego se distribuyeron en jaulas individuales el mismo día en que se inició el estudio. En cambio, en los estudios anteriores, el proceso de aislamiento de los pollos fue gradual, demoró al menos cinco días adicionales y tuvo como objetivo reducir al máximo el trauma que produce en los pollos el aislamiento, ya que se sabe que la actividad de la xantina deshidrogenasa aumenta con el stress (21).

Este cambio en el protocolo experimental orientado a reducir el tiempo de acondicionamiento tuvo como consecuencia que el primer día del experimento, todos los pollos fueron sometidos al trauma del aislamiento y la mitad que

recibió gelatina en lugar de soya, al trauma adicional del cambio de dieta. El impacto de esta situación, se detectó en prácticamente todas las variables que se estudiaron. Así, al primer día del experimento los pollos que recibieron soya, crecieron menos que durante todo el resto del estudio mientras que los que recibieron gelatina, ese día exhibieron la más alta pérdida de peso. Esta situación, también afectó la actividad de las enzimas estudiadas y la excreción de ácido úrico. Así en este experimento a diferencia de los citados (10, 12) durante el primer día se detectó un aumento brusco en la actividad de las dos enzimas estudiadas, así como la excreción de ácido úrico tanto en los pollos que consumían soya como en los que consumían gelatina y que fue más notable cuando se expresaron en función del nitrógeno consumido.

Adicionalmente al efecto del trauma del aislamiento sobre las variables estudiadas, que se visualiza más fácilmente en los pollos que se mantuvieron en la dieta de soya y del cual los animales se recuperaron al cabo de dos o tres días (Figura 1-3) tanto la actividad de las dos enzimas estudiadas corregidas por el nitrógeno consumido como el ácido úrico excretado aumentaron notablemente cuando los pollos consumían gelatina en lugar de soya. Estas diferencias fueron significativas y sustanciales a partir del primer día del experimento y se mantuvieron así durante todo el estudio, indicando que independientemente al efecto del aislamiento tanto la actividad hepática de las enzimas xantina deshidrogenasa, nucleósido fosforilasa o la excreción de ácido úrico resultaron útiles en detectar diferencias en la calidad de la proteína dietaria en un tiempo muy corto (1 día).

Vale la pena destacar que las proteínas que se utilizaron en este estudio son muy diferentes en calidad, ya que la proteína de soya enriquecida con metionina satisface todos los requerimientos de aminoácidos del pollo, mientras que la gelatina carece de triptofano y contiene muy bajas concentraciones de isoleucina, aminoácidos azufrados y aromáticos (22). Por esta razón en el primer caso, una fracción importante de la proteína se usó para sintetizar nuevo tejido (Tabla 2) sin embargo, en el segundo esto no ocurrió, por lo que la proteína consumida fue mayoritariamente catabolizada. Esto explica que las actividades en las enzimas púricas aquí estudiadas fueran mayores y que la excreción de ácido úrico fuera más abundante en los pollos que consumieron gelatina particularmente después de corregir por el nitrógeno consumido. Esta corrección es importante aplicarla ya que estudios anteriores (9) indicaron que tanto las actividades de estas enzimas púricas como la excreción de ácido úrico dependen de la cantidad de proteína catabolizada que en este experimento estuvo asociada por una parte con la calidad de la proteína ofrecida y por otra con el consumo proteico. Este compromiso entre estos dos factores hace que la proteína catabolizada no sea necesariamente mayor en magnitud en los pollos que consumen la proteína de mala calidad, ya que por ejemplo en este estudio los pollos que recibieron la dieta de gelatina a pesar de que no la utilizaron para síntesis la consumieron en una proporción mucho menor que la soya.

Así, para evitar este problema vale la pena calcular la actividad enzimática disponible en el hígado o la cantidad de ácido úrico que se excreta por cada gramo de proteína que se consuma.

Correcciones similares se aplican en los métodos tradicionales para determinar calidad proteica como son la Razón de Eficiencia Proteica o la Utilización Proteica Neta que calculan el crecimiento obtenido o el nitrógeno retenido por unidad de proteína consumida respectivamente, lo que permite uniformar los resultados y aumentar la sensibilidad del método. Esto último se observó en este experimento, ya que el único parámetro que fue diferente sin la corrección por consumo fue la concentración de ácido úrico en la excreta. Es importante indicar que esta corrección tiene un límite tanto en los métodos tradicionales para determinar calidad proteica como en los métodos estudiados aquí, ya que su aplicación pierde vigencia cuando las reducciones de consumo son mayores al 60% (18). Estas consideraciones son particularmente importantes cuando se comparan proteínas de calidades más similares a las que se usaron en este estudio y en cuyo caso una salida para evitar el efecto de las diferencias de consumo que ocurren invariablemente cuando se ofrecen proteínas de mala calidad puede ser la alimentación forzada (23).

Considerados globalmente estos resultados indican que el método estudiado aquí ofrece la posibilidad de detectar diferencias de calidad proteica *in vivo* en un tiempo muy corto de exposición de la proteína problema y con un tiempo de acondicionamiento de duración razonable. Esto es importante porque ofrece una alternativa práctica para la evaluación de nuevas fuentes proteicas en que una de las principales limitaciones es el tamaño de la muestra disponible y para las cuales una evaluación sistemática de su calidad proteica exige la inclusión de ensayos *in vivo* (24).

Agradecimientos: Este trabajo fue financiado en parte por el Proyecto CONICIT SI-1242. Los autores agradecen a la Magister Diamela Carías por su colaboración en la preparación del manuscrito

## REFERENCIAS

1. Sarwar G & F McDonough. Review of quality evaluation methods. Evaluation of protein digestibility corrected amino acid score method for assessing protein quality of foods. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 73:347-356, 1990.
2. Estevez A.M, E. Castillo, F. Figuerola & E. Yanez. Effect of processing on some chemical and nutritional characteristics of pre-cooked and dehydrated legumes. Plant Foods Hum. Nutr. 41:193-201, 1991.
3. Sarwar G., R. Blair, M. Friedman, M.R. Gumbmann, L. Hackler P. Pellet & T.K. Smith. Inter and intra-laboratory variability in rat growth assays for estimating protein quality of foods. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 67:976-981, 1984.
4. Sarwar G., R. Blair, M. Friedman, M.R. Gumbmann, L. Hackler P. Pellet & T.K. Smith. Comparison of inter-laboratory variation in amino acid analysis and rat growth assays for evaluating protein quality. J. Assoc. Off. Anal. Chem 68:52-56, 1985.
5. FAO/WHO Report of Joint FAO/WHO Expert Consultation Committee on Protein Quality Evaluation . Bethesda, M.D. 1989.
6. Codex Committee of Vegetable Protein. Working Groups Report for the 5th Session on protein quality measurement. Codex Alimentarius Commission Document Alinor 89/30. FAO Rome Italy 1989.
7. Anderson R.H. Protein quality: Industry needs. Food Technol. 32:65, 1978.
8. Hevia P. & A.J. Clifford. Protein intake, hepatic purine enzymes levels and uric acid production in growing chicks. J. Nutr. 108: 46, 1978.
9. Hevia P. & A.J. Clifford. Protein intake, uric acid metabolism and protein efficiency ratio in growing chicks. J. Nutr. 107:1959, 1977.
10. Millán N., O. Brito & P. Hevia. Purine enzymes and uric acid excretion as indicators of protein quality in chickens fed soy-gelatin mixtures. Nutr. Rep. Int. 30: 1637, 1984.
11. Millán N., O. Brito & P. Hevia. Calidad nutricional de las proteínas de soya y caseína dañadas térmicamente, por un método enzimático. Arch. Lat. Nutr. 34: 708, 1984.
12. Casas C.E., N. Millán, O. Brito & P. Hevia. Oxypurines and purine enzymes as fast markers of dietary protein quality in growing chickens. Nutr. Rep. Int. 30:1637, 1987.
13. Hevia P., O. Brito, A.M. Cioccia & P. Vit. A fast biochemical method for determining protein quality. Italian J. Food Sci. (Especial Issue): 242-245, 1990.
14. Peterson D.W., W.H. Hamilton & A.L. Lilyblade. Hereditary susceptibility of dietary induction of gout in selected lines of chickens. J. Nutr. 101:347, 1971.
15. Trampler J. & S. Angelino. Kinetics and stability of immobilized chicken liver xanthine oxidase. Biotech. Bioeng. 21:1767, 1979.
16. Hevia P., R.H. Shaeffer, D.W. Peterson & A.J. Clifford. Hepatic purine enzyme profiles and uric acid overproduction in muscular dystrophy and in inherited tophaceous gout. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 158:32, 1978.
17. Liddle L., J.E. Seegmiller & L. Laster. The enzymatic spectrophotometric method for the determination of uric acid J. Lab. Clin. Med. 187:605, 1959.
18. Pereira M. A.M. Cioccia, O. Brito & P. Hevia. Protein quality determined at reduced food intakes. Italian J. Food Sci. (Special issue): 264-267, 1990.
19. Duncan D.B. Multiple range and multiple F. Test. Biometric 11:1, 1955.
20. Steel R.G.D. & J.H. Torrie. Principles and Procedures of Statistics. Mc Graw-Hill, New York, NY, 1980.
21. Fisher J.R., W.D. Woodward, D.C. Lee & J. Wu. Regulation of xanthine dehydrogenase and purine nucleoside phosphorylase levels in chicks liver. Adv. Exp. Med. Biol. 41A:65-74, 1971.
22. Orr M.L. & B.K. Watt. Amino acid content of foods. U.S. Department of Agriculture. Home Economics Research Report Nº 4. Washington DC. 1968.
23. Carías D., P. Hevia & A.M. Cioccia. Efecto del consumo de alimento en la predicción de la calidad proteica por un método enzimático. Memorias 1er. Congreso Nacional de Nutriología. Mérida, México. p.64, 1992.
24. Young V.R. & P.L. Pellet. Protein evaluation amino acid scoring and the Food and Drug Administration's proposed food labeling regulations. J. Nutr. 121:145, 1991.

Recibido: 16-12-1992

Aceptado: 18-11-1993

## Effects of bermuda grass (*Cynodon dactylon* cv. *Coast cross*) and rice hulls on growth performance of 30 day-old weaned rabbits

*Martin Gierus, Joao B.T. Rocha, Marson B. Warpechowski and Romeo E. Riegel.*

Departamento de Química, Sector de Bioquímica, Centro de Ciências Naturais e Exatas,  
Universidade Federal de Santa Maria, RS Brasil.

**SUMMARY.** Several studies have demonstrated that rabbits can be maintained on diets containing high levels of Crude Fiber (CF) when compared to other monogastric animals. In the present study, we examined the effects of rice hulls and of bermuda grass (cv. *Coast cross*) on the growing performance of 30 day-old weaned rabbits. Rabbits were fed one of 5 diets containing rice hulls and/or bermuda grass as fiber source at the following proportions (BG/RH) 0/17.5, 15/11, 0/29, 14.7/19.1 and 48.5/0 for diets A, B, C, D and E, respectively. Body weight gain and voluntary feed intake were measured at 30, 44, 58 and 72 days. The time necessary to attain 2 kg of live body weight was not affected by the diets. However, daily weight gain differed significantly during the first two weeks after weaning among dietary groups. Diets C and D caused a lower body weight gain, probably because of the high level of Acid Detergent Fiber (ADF) in the diet (24% and 23%). Voluntary feed intake increased with age in all treatments, but food intake was lower in treatments C and D when compared to animals receiving treatments B and E. The present results demonstrate that when rice hulls are used as fiber source, fiber must be given as ADF and not as CF because the difference between ADF and CF is enormous. Rice hull-containing diets balanced with CF give an inappropriate amount of components that seem to affect the growth performance of young animals.

**RESUMEN.** Efectos de la hierba bermuda (*Cynodon dactylon* cv. *Coast cross*) y de la cáscara de arroz en el crecimiento de conejos destetados con 30 días de edad. Varios estudios demostraron que los conejos pueden ser mantenidos en dietas conteniendo niveles altos de fibra cruda (FC) cuando son comparados con otros monogástricos. En este estudio examinamos el efecto de la cáscara de arroz y de la hierba bermuda en el desarrollo de conejos en crecimiento, destetados con 30 días de edad. Los conejos fueron alimentados con 5 dietas, que contenían hierba bermuda (HB) y cáscara de arroz (CA), como fuente de fibra, en la siguiente proporción (HB/CA): 0/17.5, 15/11, 0/29, 14.7/19.1 y 48.5/0 en dietas A, B, C, D y E, respectivamente. Se midió la ganancia de peso y la ingestión voluntaria de comida a los 30, 44, 58 y 72 días. El tiempo necesario para alcanzar 2 kilos de peso de cuerpo vivo no fue afectado por las dietas. Pero el aumento de peso diario difirió significativamente en las dos primeras semanas después del destete entre los grupos dietarios. Las dietas C y D causaron un pequeño aumento de peso, probablemente por causa del nivel alto de Fibra Acido-detergente (FAD) en las dietas (24% y 23%). La ingestión voluntaria de comida aumentó con la edad en todos los tratamientos, pero los tratamientos C y D se presentaron menores en comparación con los animales de los tratamientos B y E. Los resultados del presente estudio demuestran que cuando la cáscara de arroz es usada como fuente de fibra, la fibra a administrar debe ser dada como FAD y no como FC ya que las diferencias entre FAD y FC son enormes. El uso de FC causa un nivel inapropiado de componentes no digeribles que afectan el desarrollo del crecimiento en animales jóvenes.

### INTRODUCTION

Rabbits are nonruminant herbivores that can consume an elevated quantity of plant cell walls when compared to other monogastric animals and that can use nutrients fermented in the hindgut (caecum) through caecotrophy. The microbial breakdown of cellulose-containing foodstuffs in the caecum

of rabbit produces volatile fatty acids that may contribute up to 30% of daily energy requirements of this animal (1,2). Furthermore, rabbits can obtain vitamins, mainly of the B complex, through the ingestion of soft feces (3). Thus, the Crude Fiber (CF) levels in the diet can be higher than for other monogastric animals (4). Furthermore, the adequate rate of digesta passage seems to be influenced by fiber content and

various investigators have demonstrated that low fiber contents are associated with digestive disorders in rabbits (5, 6, 7, 8).

Due to this capacity, rabbits can be raised on diets containing a relatively high roughage content and consequently avoid competition with man, swine or poultry for the consumption of cereals and legumes. Based on this fact, it was suggested that rabbits should play an important role as protein sources for rural households, mainly in developing countries (9).

Although various lines of evidence suggest that forage can be used as fiber source in diets for growing rabbits (10, 11, 12, 13, 14, 15), the majority of studies used alfalfa (*Medicago sativa*) for this purpose (5, 16, 17, 18, 19). However, in our country, alfalfa is an expensive product for inclusion in commercial rabbit diets (12). Recently, Coastal bermuda grass (*Cynodon dactylon cv. Coastal*) was used as fiber source in diets for growing rabbits (20). The authors concluded that Bermudagrass was not adequate as fiber source because it depressed rabbit growth. Other authors have used rice hulls as a fiber source for growing rabbits (21,22) and concluded that live weight gain was high when 10 to 20% rice hulls were used as the main fiber source of the diets.

Few studies have assessed the early response of rabbits to different fiber sources. This aspect seems to be of great importance, since the gradual transition from milk to ration intake may be accelerated by weaning and consequently under some circumstances the digestive tract of young animals may be not completely developed to receive diets with high fiber contents (4). Champe and Maurice (20) suggested that early weaned rabbits were more susceptible to the deleterious effects of Coastal Bermudagrass or low fiber diets. Since few studies have examined the early response of young rabbits to different fiber sources, we investigated the separate and combined effects of two different fiber sources (bermuda grass cv. Coast cross and rice hulls) on live weight gain and feed intake of young rabbit. The Coast cross variety of bermuda grass is of greater digestibility for ruminants than the Coastal variety (23), and probably would provide an adequate source of fiber for growing rabbits. Rice hull were used as a fiber source because of the increasing use of this component in commercial diets for rabbits in Brazil.

#### MATERIAL AND METHODS

Thirty one New Zealand white rabbits (30-35 days old) of both sexes, were used. Rabbits were housed individually in wire-bottomed cages. Feed was offered in an earthenware container (10 cm high x 20 cm diameter). Wire was fastened to form a cross at two different levels about 4 cm apart to avoid food selectivity.

Each animal was fed *ad libitum* one of the 5 diets whose composition and chemical analysis are shown in Table 1. Bermudagrass hay was prepared by cutting the grass at the onset of flowering, drying in the sun and then wrapping in bundles. All ingredients were milled using a Penha H-5000

model mill (Brazil) with a 2 mm<sup>2</sup> mesh. Basically the diets contained rice hulls (RH) or bermudagrass (BG) as fiber source at the following proportions (BG/RH): 0/17.5 (treatment A), 15/11 (treatment B), 0/29 (treatment C), 14.7/19.1 (Treatment D) and 48.5/0 (treatment E). The CP, CF and ADF contents of bermudagrass were (in g/kg of dry matter) 118.4, 330.7 and 402.8, respectively. For rice hulls these values were 18 (but this was not considered for balancing the diets that appear in Table 1), 365.9 and 657.6, respectively Rabbits had free access to water.

TABLE 1  
INGREDIENT AND CHEMICAL COMPOSITION OF  
EXPERIMENTAL DIETS (g/kg)

Diets	A	B	C	D	E
Ingredients					
Bermudagrass hay	0	150	0	147	485
Rice hull	175	110	290	196	0
Corn	510	442	350	294	156
Soya flour	220	206	270	276	272
Soyabean oil	70	70	70	70	70
Mineral and vitamin	25	25	25	25	25
SUM	1000	1003	1005	1009	1008
Chemical composition					
Crude fiber	88	112	136	148	183
Acid detergent fiber	158	172	240	230	214
Crude protein	167	172	185	197	219
Ash	99	95	120	113	98
ADF-CF (g/kg)	70	60	104	82	31

Mineral composition (mg/kg dry matter of diet): 6990 NaCl; 4500 bone meal; 1010 KCl; 2505.1 MgSO<sub>4</sub>.6H<sub>2</sub>O; 93 FeSO<sub>4</sub>. 7H<sub>2</sub>O; 52.5 MnO; 43.2 ZnO; 3.2 CoCl<sub>2</sub>; 0.4 CuSO<sub>4</sub>; 0.33 KIO<sub>3</sub>; 0.12 SeO.  
Vitamin composition: 7.500 IU vitamin A; 2.000 IU vitamin D<sub>3</sub>; 2.5 IU vitamin E; 5.0 mg nicotinamida; 2.0 mg vitamin B<sub>1</sub>; 1.0 mg vitamin B<sub>6</sub>; 0.75 mg riboflavin phosphate; 2.4 ug vitamin B<sub>12</sub>; 4 mg calcium pantothenate acid and 300 mg choline.

Diets A,B,C, and D were fed to groups of 6 rabbits each (3 males and 3 females) and diet E was fed to 7 rabbits (3 males and 4 females). Body weight gain and food intake were measured weekly for 6 weeks.

The chemical composition of the diets was determined by the method of Van Soest (24) for Acid Detergent Fiber and according to the AOAC for Crude Protein, Crude Fibre and Ash (25).

Body weigh gain data were initially analyzed by three-way ANOVA (5 (diets) x 2 (sex) x 4 (age), but since sex had no

significant effect, data for males and females were pooled and a 5 (diets) x 4 (30,44, 58 and 72 days of age) ANOVA was calculated with the age factor treated as repeated measures (26) were conducted. Data for feed conversion rate and food intake were initially analyzed by a three-way ANOVA considering the sex factor, but since no sex effect was observed data were pooled and analyzed by a 5 (diets) x 3 (sampling time) ANOVA with the sampling time factor treated as repeated measures (26). The absence of a sex effect on the measured parameters in growing rabbits is in accordance with literature data (18,27).

## RESULTS

The effects of diets on daily body weigh gain, feed conversion rate and daily food intake are shown in Table 2. Two way ANOVA of daily body weigh gain demonstrated that the diets had no significant effect on total body weight gain ( $F(4,26)=1.51$ ,  $P=0.227$ ), but yielded a significant diet x age interaction ( $F(12,78)=3.42$ ,  $P<0.01$ ) and also a significant effect of age ( $F(3,78)=719.22$ ,  $P<0.001$ ). The interaction was significant because during the first two weeks after weaning animals maintained on diets containing 29% rice hulls (treatment C) and 15% bermudagrass with 19% rice hulls (treatment D) grew significantly less than rabbits maintained on the other treatments (Duncan's multiple-range-test,  $P<0.05$ ).

TABLE 2  
EFFECT OF TREATMENTS ON DAILY BODY  
WEIGHT GAIN AND VOLUNTARY  
FEED INTAKE AS A FUNCTION OF AGE (g/d)

Diet	Dat 30 to 44	Day 45 to 58	Day 59 to 72	Total body weight gain (g)
A	24.00 a	22.8	25.3	1010.00 a
B	22.50 a	23.1	27.5	1030.00 a
C	12.55 b	20.3	24.2	812.86 b
D	12.86 b	19.6	18.9	719.17 b
E	21.65 a	24.8	23.9	986.25 a
	Daily live weight gain*			
	Voluntary feed intake**			
			Total Voluntary Food Intake (g)	Feed Conversion Rate
A	67.7 ab	79.1 ab	76.8	3129.4 ab
B	51.2 bc	83.6 a	95.0	3217.0 a
C	45.3 c	64.3 bc	72.3	2546.9 bc
D	41.9 c	58.4 c	65.4	2320.0 c
E	72.3 a	83.2 a	92.7	3475.4 a

\*, \*\* means in the same row that do not have a common superscript differ ( $P<0.05$ ).

The statistical analysis of food intake revealed a significant main effect of diets ( $F(4,26)=5.77$ ,  $P<0.01$ ) and post-hoc comparisons by Duncan's test demonstrated that rabbits in treatments C and D showed a low food intake when compared to animals in treatments B and E. ANOVA also revealed a significant effect of sampling time and the F-test on simple effect demonstrated that rabbits in all groups increased their food intake as a function of age ( $P<0.01$ ).

The analysis of feed conversion rate revealed only a significant diet x time sampling interaction ( $F(8,56)=2.44$ ,  $P<0.025$ ) and post-hoc comparisons demonstrated that the feed conversion rate of rabbits in treatment E was significantly higher than that of treatments A and C (Duncan's multiple range test,  $P<0.05$ ) from day 59 to 72.

## DISCUSSION

The main objective of the present study was to examine the effect of different fiber sources on the growth of weanling rabbits. Rabbit growth was influenced by treatments mainly during the first two weeks after weaning. During this period, body weight gain was lower in rabbits maintained on diets C and D when compared to those observed in animals on the other diets. The levels of CF of these 5 diets ranged from 8.8% (treatment A) to 18.3% (treatment E) and appear to be within an adequate range for growing rabbits (7). Furthermore, CF levels cannot exclusive account for the worse performance observed in rabbits in treatments C and D (Table 2), since the CF levels of treatment E were higher than those of diets C and D. Probaly the factor responsible for the poor body weight gain by rabbits on diets C and D was the ADF content. According to De Blas (7), weight gain remains high for ADF levels between 12.6 and 24.6%. However, from 20% ADF onwards, a linear decrease in daily body weight gain is observed. Thus, ADF levels were 3 to 4 units higher than the limit for an adequate weight gain in treatment C and D, but only one unit higher in treatment E. The results obtained with treatments A and B demonstrate that when the ADF levels of diets were lower than 20% rice hulls alone or in association with bermudagrass could be used as an adequate fiber source for growing rabbits.

Another important factor that may have influenced the performance of young rabbits is the content and quality of dietary protein. Diets A and B had the more appropriate protein quality, because their soy flour and maize content was close to the optimum nutritional ratio (30/70) when compared to diets C and D. Thus, in addition to ADF levels, protein quality (especially sulfur amino acid deficiency) may have contributed to the worse performance of rabbits in groups C and D. However, some data did not fully support this interpretation. First, diet E which had the worst soy flour to maize ratio (approximately 120/70) gave results similar to diets A and B. In relation to sulfur amino acids, diet E probably was the most deficient, since grasses generally are poor in

sulfur amino acids (28). A possible explanation to the absence of an apparent effect of protein quality on rabbit performance may reside in cecotrophy. Several lines of evidence support the notion that rabbits are relatively insensitive to the protein quality of the diet, because part of the essential amino acids may be provided through soft feces intake (9,16). Another possibility that should be considered here is the fact that fiber (in the present case ADF) can reduce the digestibility of organic matter of rabbit diets (27). Thus in diets C and D, the high level of ADF could have impaired the digestibility of some important diet component.

One important aspect observed in the present investigation was the early response of weaned rabbits to diets containing different levels of ADF. The results suggested that the deleterious effect of a high ADF content was more marked soon after weaning and seemed to decrease at subsequent measurements. This may indicate that young rabbits were more sensitive to poor-quality fiber sources, in agreement with observations made by other investigators (20,27). However, more detailed studies are necessary to verify the influence of ADF from sources other than bermudagrass and rice hulls on the growth of young rabbits, especially in the first weeks after weaning.

Maertens (29) suggested that equations based on ADF level did not give better estimation than the use of CF contents. This cannot be held as a general rule for balancing rabbit diets. It appears to be interesting to use ADF levels to determine the maximum allowable level of fiber in the diet, mainly when fiber sources have great differences in ADF to CF contents like rice hulls (ADF-CF=291.7 g/kg). Thus, one important practical aspect that became apparent from this study was the fact that when rice hulls are used as a fiber source, the cell wall components must be given as ADF and not as CF values, which is the common commercial practice in Brazil.

On the basis of the results obtained in this work, further studies are necessary to stipulate an age band for rabbits, considering the components of fiber source used from weaning to slaughter.

#### ACKNOWLEDGMENTS

M.G and M.B.C. are the recipient of CNPq Initiation Fellowship (Nº 800317/92-0) and J.B.T.R. is the recipient of graduate Fellowship from CAPES (Departamento de Bioquímica, Instituto de Biociências, UFRGS). This work was supported by grants from FAPERGS (Nº 91/02016-6). We thank to Rolando E.J. Bernal for help in the Spanish version of the summary.

#### REFERENCES

- Leng E. Absorption of inorganic ions and volatile fatty acids in the rabbit caecum. *British Journal of Nutrition*, v.40, p. 509-519, 1978.
- Griffiths M. & D. Davies. The role of the soft pellets in the production of lactic acid in the rabbit stomach. *Journal of Nutrition*, v.80, Nº 63, p.171-180, 1962.
- Scheunert, A. & K. Zimmermann. Bacterielle Synthese im Blinddarm und Koprophagie beim Kaninchen. *Archives für Tierernährung*, 2:217, 1952.
- Fekete, S. Recent findings and future perspectives of digestive physiology in rabbits: a review. *Acta Veterinaria Hungarica*, v.237, Nº 3, p.265-279, 1989.
- Cheeke P.R. & N.M. Patton. Effect of alfalfa and dietary Laboratory Animal Science, v.28, Nº 2, p. 167-172, 1978.
- Carregal R.D. Efeitos de diferentes níveis de fibra bruta sobre a digestibilidade de nutrientes de rações para coelhos. *Científica*, v.7, Nº1, p. 137-142, 1979.
- De Bals J.C., G. Santomá, R. Carabão & M.J. Fraga. Fiber and starch levels in fattening rabbit diets. *Journal of Animal Science*, v.63 p. 1897-1904, 1986.
- Licois D., P. Coudert & M. Colin. Attempt to induce diarrhea in young rabbits with different dietary crude fiber contents. (in French). *Ann. Rech. Vet.*, v.11, p.279-284, 1980.
- Fekete S. Rabbit feeds and feeding, with special regard to tropical conditions. *Journal of Applied Rabbit Research*, v.8 p.167-173, 1985.
- Fekete S. & T. Gippert. Digestibility and nutritive value of nineteen important feedstuffs for rabbit. *Journal of Applied Rabbit Research*, v.9, p.103-108, 1986.
- Ferreira W.M. & R.M.C. Luengo. Substituição parcial do fenocoelhos em crescimento. In XXVIII Reunião Anual Da Sociedade Brasileira de Zootecnia. p.359 João Pessoa/PB Anais. 1991.
- Zinsly C.F. Eficiência dos feno de rami e de soja perene na alimentação de coelhos. *O solo*, ano LXII, Nº 1, p.67-72, 1970.
- Partridge G.G., P.H. Garthwaite & M. Findlay. Protein and energy retention by growing rabbits offered diets with increasing proportions of fibre. *Journal of Agricultural Science*, 112:171-178, 1989.
- Spreadbury D. & J. Davidson. A study of the need for fibre by the growing New Zealand White rabbit. *Journal of Science and Food Agriculture*, v.29, p.640-648, 1978.
- Arrington L. R., J.K. Platt & D.E. Franke. Fat utilization by rabbits. *Journal of Animal Science*, v.38, Nº 1, p.76-80, 1974.
- Fekete S. & J. Bokori. The effect of the fiber and protein level of the ration upon the cecotrophy of rabbit. *Journal of Applied Rabbit Research*, v.8, p.68-71, 1985.
- De Bals, J.C., E. Pérez, M.J. Fraga, J.M. Rodríguez & J.F. Gálvez. Effect of diet on feed intake and growth of rabbits from weaning to slaughter at different ages and weights. *Journal of Animal Science*, v.52, Nº 6, p.1225-1232, 1981.
- Carabaño, R., M. J. Fraga, G. Santomá & J. C. De Blas. Effect of diet on composition of cecal contents and on excretion and composition of soft and hard feces of rabbits. *Journal of Animal Science*, v.66, p.901-910, 1988.
- Hoover W.H. & R.N. Heitmann. Effects of dietary fiber levels on weight gain, cecal volume and volatile fatty acid production in rabbits. *Journal of Nutrition*, v.102, p.375-380, 1971.
- Champe K.A. & D.V. Maurice. Response of early weaned rabbits to source and level of dietary fiber. *Journal of Animal Science*, v.56, Nº 5, p. 1105-1114, 1983.

21. Raharjo Y.C., P.R. Cheeke & N.M. Patton. Evaluation of rice hulls as a fiber source for weanling rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research*, v.13, Nº1, p.10-13, 1990.
22. Carregal R.D., C.M.C. Bastos. Substituição total e parcial de farinha de alfafa pela casca de arroz moída como fonte de fibra em rações para coelhos. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.10, Nº 3, p. 586-593, 1981.
23. Olivo C.J. Efeito de forrageiras anuais de estação fria sobre a produção de leite. Santa Maria/RS. UFSM, 1982, 93p. Dissertação de Mestrado.
24. Van Soest P.J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fibre and lignine. *Journal of Association Official Analytical Chemists*. 46:828, 1963.
25. AOAC Official Methods of Analysis (12th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
26. Dayton C.M. Repeated measures designs. In: La Mar, N. and Stires, R. eds. *The design of educational experiments*. McGraw-Hill, New York, pp 244-282, 1970.
27. Fekete S. & Gippert T. Effect of crude fiber on protein utilization by rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research*, v. 8, p. 31-38, 1985.
28. Correia, A.A.D. *Bioquímica nos solos, nas pastagens e forragens*. (1a. Edição). Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa, Portugal, 1981.
29. Maertens L., S. Fekete & J. Bokori. Evaluation of the energy value of rabbit feeds: a critical review. *Acta Veterinaria Hungarica*, v.38, Nº3, p.153-163, 1990.

Recibido: 18-10-1992

Aceptado: 09-12-1993

## The tortilla making properties of two improved maicillo cultivars from Honduras

S.O. Serna-Saldivar, M.H. Gómez, F. Gómez<sup>1</sup>, D. Meckenstock<sup>2</sup>, C. Cossette and L.W. Rooney

Cereal Quality Laboratory, Soil & Crop Sciences, Texas A & M. University, College Station, TX.

**SUMMARY.** Grains of two improved maicillo hybrids (*Sorghum bicolor* (L) Moench) and their criollo (Landrace) counterparts grown at two farmsites in Honduras were lime-cooked and processed into table tortillas. Kernels from the criollos were less dense and softer than kernels from the improved cultivars. The improved maicillos had straw or red plant and glume colors while the criollos were less dense and softer than kernels from the improved cultivars. The improved maicillos had straw or red plant and glume colors while the criollos had purple colored plants with black or purple glumes. The soft textured criollo kernels required less cooking than their harder improved counterparts. Nixtamals cooked to contain 53-55% moisture were the most suitable for processing into tortillas. Both improved maicillos compared favorably with Sureño (used as positive control during processing). The criollos produced darker, less acceptable tortillas. Masa and tortillas from criollos darkened during lime-cooking especially during baking. All sorghums and their respective tortillas had similar chemical composition. The improved maicillos bred in Honduras have a significantly improved plant and glume color with white pericarp. The sorghum improvement was also observed in the overall tortilla quality.

**RESUMEN.** Producción de tortillas a base de dos híbridos mejorados de sorgo cultivados en Honduras. Dos híbridos mejorados de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) y el sorgo criollo original (Landrace) cultivados en Honduras fueron nixtamalizados a fin de producir tortillas. Los granos de sorgo criollo original tuvieron una densidad más baja y fueron más suaves que los granos de sorgo híbridos mejorados. Los sorgos híbridos mejorados provenían de plantas de color claro y contenían glumas de color marrón claro, mientras que el sorgo criollo original provenía de plantas de color morado y contenía glumas de color negro. Los sorgos suaves fueron cocidos por menos tiempo que los sorgos duros. El grano cocido o nixtamal con una humedad de 53-55% fue procesado en tortillas. Los híbridos mejorados de sorgo produjeron tortillas comparables a las tortillas de Sureño (sorgo utilizado como control). El sorgo criollo original produjo tortillas oscuras de calidad no aceptable. La masa y tortillas producidas a partir de sorgo criollo original se fue oscureciendo durante el proceso especialmente durante el horneado de las tortillas. La composición química de los sorgos y sus respectivas tortillas fue similar en todos los casos.

Los sorgos híbridos cultivados en Honduras provocaron un notable mejoramiento en el color de la planta, glumas y pericarpio. Este mejoramiento fue luego observado en la calidad de las tortillas.

### INTRODUCTION

Sorghum is the fifth most important cereal in total world production (1). The crop is well adapted to grow in hot, dry, semi-tropical areas of Africa, Asia and the Americas (2). The main use of sorghum in Latin America is for feed grain and forage. However, sorghum is used for production of tortillas and related products when maize is scarce or unavailable. The

INTSORMIL/ICRISAT/Texas A & M and National Agricultural Research Groups in Sorghum Improvement Programs in Honduras, El Salvador, and Guatemala have released several white sorghum varieties and hybrids (i.e. Dorado, tortillero, Sureño, Catracho) with improved tortilla making properties. Recently, the Honduran Breeding Program has focused on the improvement of photosensitive maicillo criollos which are traditionally cultivated for both forage and grain on hillsides throughout Central America. Maize and sorghum are interplanted. During droughts, peasants often relay on sorghum for tortillas.

The purpose of this study was to compare, under pilot plant

1 INTSORMIL Programa Internacional de Sorgo y Mijo. Escuela Agrícola Panamericana de Recursos Naturales, Honduras.

2 Sorghum Breeder, Soil & Crop Sciences, Texas A & M University

conditions, the tortilla making properties of Sureño (positive control) with two improved maicillo hybrids and a maicillo criollo grown under the same environmental conditions.

## MATERIAL AND METHODS

### *Sorghum samples.*

Two improved food grade maicillos (DM 197 and DMV 179), one native maicillo (Landrace) and an improved white sorghum variety (Sureño) were compared. The sorghum cultivars were grown at three different locations (Los Espaveles, Tablones Arriba, and Namasigue) in local farmer fields near Choluteca, Honduras in 1990 (Table 1) The individual samples were analyzed. The quality was similar at both locations for DMV-179 and at three locations for the criollos so the data presented are the mean of data obtained for each location.

TABLE 1  
PEDRIGREE, LOCATION GROWN AND PHYSICAL  
PROPERTIES OF SORGHUM GRAINS (a)

Property	DMV-197	DMV-179	Criollo	Sureño
Pedigree	TAM 428* Porvenir 29	SPV 436* Gigante	Unknown	—
Location grown	Espaveles (Honduras)	Espaveles and Tablones Arriba (Honduras)	Espaveles, Tablones Arriba, and Namasigue (Honduras)	Halfway (Texas)
Pericarp color	White	White	White	White
Plant color	Red	Tan	Purple	Tan
Pericarp thickness	Thin	Thin	Thick	Thin
1.000 kernel Weight (g)	22.2±0.4	2.58±0.4	25.1±0.6	31.3±0.4
Test weight (lb/bu)	61.1±0.1	60.2±0.1	58.3±0.1	61.7±0.1
Density (g/cc)	1.37±0.005	1.38±0.005	1.35±0.005	1.37±0.006
Hardness (% removal) <sup>(b)</sup>	15.4±0.7	17.2±0.1	26.0±0.6	12.7±0.4
Endosperm texture <sup>(c)</sup>	1.5	1.5	3.0	2.0

(a) Values are means of 3 replications ± standard deviations.

(b) Estimated as amount of material abraded in a TADD MILL. The higher the value the softer the grain.

(c) Subjectively rated on the scale of 1 to 5, where, 1=hard endosperm and 5=soft endosperm.

### *Chemical composition.*

Moisture and ash contents were determined by drying (101°C) and ashing (500°C) to a constant weight using standardized procedures (4). Protein (N x 6.25) was determined by Kjeldahl digestion and assayed with a colorimetric procedure for ammonia (10). Starch was measured by an automated colorimetric method involving hexokinase. Samples were autoclaved and hydrolyzed with amyloglucosidase (Diazyme L-200; Miles Lab., Inc., Elkhart IN).

### *Physical properties.*

Grain density was determined using a nitrogen comparison multipycnometer (Model MUP-1S/N232; Quantachrome Corp., Syosset NY). Hardness was indirectly measured by decorticating grain samples (20 g) for 4 min in a Tangential Abrasive Dehulling Device. The amount of grain abraded was negatively related to hardness (reference).

The color of raw whole and decorticated grain flour, masa and tortillas was determined with a Hunter Lab. Colorimeter standardized with the following tiles: L=91.77; a= -11.07; b=1.36).

Pericarp, glume and nixtamal colors and pericarp thickness were subjectively evaluated. In addition, endosperm texture was rated subjectively on 10 randomly selected kernels cut in halves. Pericarp removal was evaluated on kernels subjected to 20 min lime-cooking at boiling temperature with subsequent steeping for 5h. The resulting nixtamals were stained with eosine Y and methylene blue and washed with methanol. Amount of pericarp removal was rated on the scale of 1 to 5 as previously described by Serna-Saldivar et al (5). Tortilla texture was subjectively determined by rolling a 1 inch wide tortilla strip around a 1 inch diameter dowel. Degree of breakage was graded on a five point scale where 1=breakage and 5=no breakage).

Masa particle size was determined by the fractionation scheme described by Gomez (6). Five grams of masa were suspended in 20 ml distilled water and sieved through a set of 850, 425, and 150 µm mesh sieves. The fractions retained on each sieve were dried, weighed and expressed as % of original sample weight (db).

### *Lime cooking properties.*

Sorghum kernels (100 g each) (four samples) placed in perforated nylon bags were lime-cooked in a steam kettle (Model TDC/2-20, Grown Div., Dover, Corp., Elk Grove IL) at boiling temperature for 0, 2, 4 and 6 min and then steeped for 5h. The lime-cooking solution contained 50 L water and 83.3 g lime. Duplicate samples of each sorghum were cooked at each assigned cooking time. They were sequentially added for the predetermined cooking schedule. The last set of samples (0 min cooking) was added for the predetermined cooking schedule. The last set of samples (0 min cooking) was added after the steam was cut off so they were only steeped in the hot lime solution. During steeping the temperature decreased at a

rate of 0.15°C/min. Nixtamal moisture content and dry matter losses were determined using the method developed by Serna-Saldivar et al (7). The cooking time required to bring the sorghum nixtamal to 51-52% moisture was predicted using simple linear regression. Almeida-Dominguez et al (3) indicated that sorghum nixtamal with 51-52% moisture content had acceptable process properties.

#### *Pilot plant tortilla production.*

Twelve kilograms of grain, including 3 kg samples of the different sorghums were placed into large perforated nylon bags and steam-cooked in 50 L water and 83.3 g lime. The alkaline-cooking of sorghum at boiling temperatures resulted in overcooked nixtamals, even though when the cooking time was zero min. Therefore, special conditions were set up for the sorghum cooking. The lime solution was initially heated to 45°C and then sorghum samples were added. The steam flow rate was controlled to increase temperature at the rate of 1.9°C/min; therefore, reaching 90°C in 23-24 min. Steam flow rate was then regulated to maintain a temperature of 90-91°C for the pre-determined cooking time (Table 2). Nixtamal moisture ranged from 50.5 to 55.5%. These moisture contents provided acceptable nixtamal properties for grinding, sheeting and baking.

TABLE 2  
THE NIXTAMAL PROPERTIES AT OPTIMUM-  
COOKING TIME AND TEMPERATURE FOR THE  
FOUR SORGHUM CULTIVARS

Property	DMV-197	DMV-179	Criollo	Sureño
Optimum cooking Time (min) <sup>(a)</sup>	20	10	6	20
Steeping time (hr) <sup>(b)</sup>	8-12	8-12	8-12	8-12
Nixtamal color <sup>(c)</sup>	2.5	2.0	2.5	2.0
Pericarp removal <sup>(d)</sup>	3.0±0.0	2.5±0.5	3.0±0.3	1.7±0.2
Nixtamal moisture (%)	50.8±1.3	52.8±1.5	50.5±11.6	55.5±1.2
Dry matter losses (%)	5.0±0.5	5.4±1.0	3.0±0.3	4.6±0.4

- (a) The cooking temperature was 90°C  
 (b) The temperature of the lime solution decreased at 0.15°C/min until equilibrated to room temperature during the steeping.  
 (c) Subjectively evaluated on the scale of 1 to 5, where 1=good (light-clean yellow) and 5=poor (dark-stained).  
 (d) Subjectively evaluated on the scale of 1 to 5, where 1=all pericarp removed and 5=all pericarp attached to the grain.

After cooking, steam was cut off, and grains were steeped overnight (8-16hr). Preliminary studies indicated that a steeping time of 5-6 hr is enough to fully hydrate the sorghum nixtamal. After steeping, the cooking liquor was discarded and the nixtamals washed with tap running water in perforated buckets to remove excess lime and detached glumes and pericarp tissue.

The clean nixtamal was stone ground (12 in. diameter lava stones) into masa using a 20 hp commercial grinder (Model CG, Casa Herrera Inc., Los Angeles, CA). Water was added during grinding at the rate of 0.4 L/min to increase masa moisture content to about 56-57% and to avoid excessive stone wear. For all runs, the gap between stones was adjusted to the same setting so to produce a fine masa suitable for table tortillas. The resulting masas were first blended for 3 min in a Hobart Mixer and then continuously sheeted and formed into tortilla disks with commercial equipment. (Model CH4-STM, Superior Food Machinery, Inc., Pico Rivero, CA). Tortilla thickness was indirectly controlled by producing 35±0.25 g of masa. Then, masa disks were conveyed into a triple pass gas-fired oven (Model CO440, Superior Food Machinery). Tortillas were baked for 49 sec at an average temperature of 288°C and cooled for 60 sec in a three stage cooling conveyor (Model 3106-INF, Superior Food Machinery). Tortillas were allowed to further equilibrate at room temperature for about 10 min, weighed, and packed in low density polyethylene bags.

## RESULTS AND DISCUSSION

All cultivars had white pericarps. Improved maicillo DMV-179 and Sureño had tan plant color and straw glumes. The other improved maicillo, DMV 197, had red plant and glume colors. The maicillo criollo had purple plant and glume colors (Table 1). The improved maicillo cultivars produced kernels with harder endosperm and thinner pericarps than the native criollo population. The thick pericarp in criollo kernels gave a more chalky appearance.

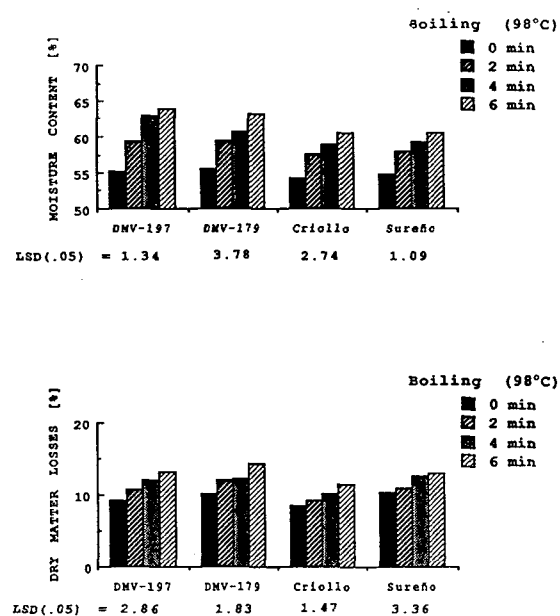
DMV 197 had the smallest kernels whereas the criollo and DMV 179 had similar 1.000 kernel weight (Table 1). Kernels from Sureño were heavier than the other kernels. Both improved maicillos had higher test weights, densities and hardness values than the criollo indicating that the breeding process has successfully produced grains with harder endosperms that are more suitable for tortilla production. With the exception of 1.000 kernel weight, the improved maicillo cultivars had physical grain properties similar to Sureño. Almeida-Dominguez (3) also found that a composite maicillo criollo sample contained smaller, softer kernels than Sureño and other improved Central American food sorghum types.

Nixtamal moisture content and dry matter losses increased with longer lime-cooking time (Fig. 1). The synergistic effect of temperature and exposure time increased both indices. Sorghum nixtamal with 51-52% moisture produced the best masa and tortillas. Nixtamal with <50 and > 55% moisture

produced crumbly (non cohesive), and sticky masa after stone grinding, respectively. All sorghum types contained more than 50% moisture when they were cooked at 98°C for 0 min and steeped for at least 5 hr indicating that holding at boiling temperatures overcooked most of the grains. Cooking trials at 85, 87.5 and 90°C were conducted to prevent overcooking. A linear relationship between nixtamal moisture content and cooking time was found during cooking at 90°C. Cooking at lower temperatures produced a non-linear relationship difficult to interpret. Hence, cooking at 90° gave best results from the processing viewpoint. Improved cooking requirement of the criollo was closely related to its softer endosperm texture and lower hardness value (Table 1). Similar trends were observed by Almeida-Dominguez et al (3) who tested and compared 13 different sorghum types.

FIGURE 1

Nixtamal moisture content and dry matter losses of nixtamal cooked at 98°C for 0,2,4 and 6 min.



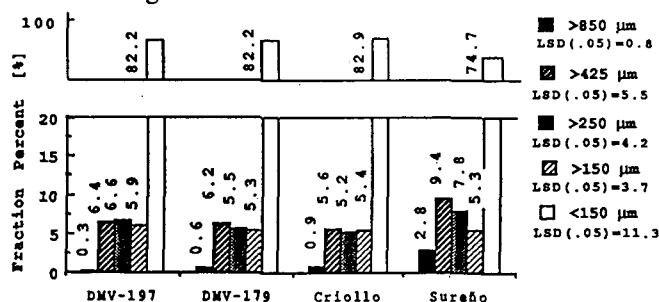
Results of the pilot plant cooking trials are summarized in Table 2. DMV 197 and Sureño had comparable cooking requirements. The soft maicillo criollo required a lower cooking temperature and cooking time. The dry matter losses of sorghum cooked at 90°C ranged from 3,0-5,4% which are significantly lower than losses observed when cooking maize. Dry matter losses were mainly related to the amount of pericarp removed during cooking. The three maicillos had comparable pericarp removal values and were higher than the dry matter losses of Sureño.

Nixtamals were ground into fine masa suitable for table tortillas. All sorghums had similar yields of different masa fractions (Fig. 2). The most important fraction is the one that

passes through the 150 µm screen because it is mainly composed of free native and partially gelatinized starch granules which are required to impart proper masa texture. The three maicillos have almost identical masa fractionation values and excellent masa machinability.

FIGURE 2

Particle size of sorghum masas cooked optimally and ground under standard conditions



Tortilla color, viasually determined, showed that the tortilla made from the criollo sorghum had the worst appearance due to its gray-dirty like color (Table 3). All sorghum tortillas had acceptable rollability immediately after baking. However, one day storage at room temperature caused significant firmness in tortillas, being DMV-197 and Sureño tortillas the most flexible. The others were too stale to roll without breaking. Tortilla moisture contents and pH were similar. The degree of starch gelatinization in tortillas, measured as enzyme susceptible starch, and tortilla moisture content were similar among sorghums and table tortillas obtained from maize (8,9). The criollo produce slightly more tortillas per kilogram of raw grain likely due to its lower dry matter loss. Tortilla yields are very comparable to yields obtained from maize and sorghum (3).

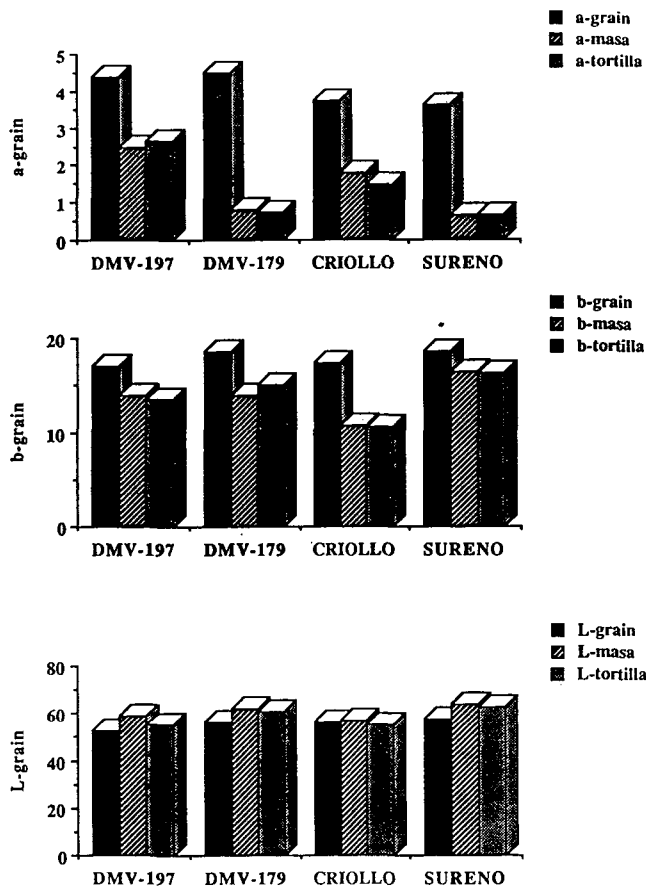
TABLE 3  
EFFECT OF SORGHUM GENOTYPE ON THE  
PROPERTIES OF TORTILLAS

Property	DMV-197	DMV-179	Criollo	Sureño
Color (a)	3.0±0.3	2.0±0.5	4.0±0.6	2.0±0.3
Texture(b)	1.2±0.3	2.9±0.6	2.5±0.2	1.0±0.0
Moisture (%)	41.7±0.8	4.18±0.5	42.0±0.4	42.5±0.5
pH	8.2±0.1	8.0±0.1	7.8±0.2	8.2±0.0
ESS(c) (g glucose/g dry tortilla)	766±20	759±18	759±15	738±19
Tortilla yield (Kg tortilla/Kg grain)	1.47±0.05	1.48±0.08	1.52±0.09	1.41±0.02

- Subjectively evaluated on the scale of 1 to 5, where 1=good (light-clean yellow) and 5=poor (dark-stained).
- Tortilla rollability subjectively evaluated on the scale of 1 to 5, where 1=breakage and 5=no breakage.
- Enzyme susceptible starch ratio. Values provide an indication of starch gelatinization. The raw grains had values of less than 280 mg glucose/g dry sample.

Color of nixtamal, masa and tortillas was the factor that varied the most. DMV-179 and Sureño produced the best colored nixtamal, masa and tortillas. These sorghums had white pericarp and tan plant and glume color. DMV-179 and Sureño produced the whitest (high L value) and yellowest (high b value) tortillas (Fig. 3). The other improved maicillo criollo with red plant color and glumes produced better looking tortillas than the criollo (purple glume color) confirming that glume or plant color plays a critical role in tortilla acceptability. Phenolic compounds present in the pericarp, glumes and damaged areas of weathered kernels darken during lime-cooking. Glumes still attached to the pericarp leach their pigments into the kernel producing a dirty colored masa which darkened even more during baking.

FIGURE 3  
Color of nixtamal, masa and tortilla



The chemical composition of the improved maicillos was comparable to that of criollo and Sureño grains (Table 4). Therefore, the genetic improvement did not have any major effect on the overall chemical composition.

TABLE 4  
CHEMICAL COMPOSITION OF SHORGHUM GRAINS AND TORTILLAS (A)

Cultivar	Protein (N x 6.25)	Ash (%)	Fat (%)	Carbohydrate (%)
DMV-197				
Grain	10.6±0.0	1.8±0.1	2.4±0.2	81.1±2.8
Tortilla	11.9±0.2	1.7±0.1	2.1±0.1	79.7±0.7
DMV-179				
Grain	9.8±0.1	2.0±0.1	2.2±0.3	82.2±1.2
Tortilla	10.8±0.3	1.8±0.1	1.9±0.2	79.4±1.1
Criollo				
Grain	9.6±0.1	1.8±0.1	2.4±0.3	79.8±0.3
Tortilla	10.8±0.3	1.7±0.1	2.1±0.2	79.2±0.4
Sureño				
Grain	10.4±0.2	1.8±0.1	2.2±0.2	78.5±0.8
Tortilla	11.0±0.1	1.7±0.1	2.3±0.1	79.2±0.5

(a) Values are expressed on dry basis

REFERENCES

1. Food Agriculture Organization. FAO Production Yearbook. Vol. 43. FAO Statistics Series N° 94, Rome Italy. 1990.
2. Rooney, L.W., and Serna-Saldivar S.O. Sorghum Ch. 5 In: «Handbook of Cereal Science and Technology», K.J. Lorenz and K. Kulp (eds.). Marcel Dekker, Inc. New Yoirk, NY. 1991.
3. Almeida-Dominguez, H.D., Serna-Saldivar S.O., and Rooney L.W. Properties of new and commercial sorghum hybrids for use in alkaline cooked products. Cereal Chem. 68:25-30. 1991.
4. AACC. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN. 1976.
5. Serna-Saldivar S.O., Almeida-Dominguez H.D., Gomez M.H., Bockholt A.J., and Rooney L.W. Method to evaluate ease of pericarp removal on lime cooked corn kernels. Crop Sci. 31:842-844. 1991.
6. Gómez M.H. Physicochemical characteristics of fresh masa from alkaline processed corn and sorghum and of corn dry masa flour. Ph. D. Dissertation. Texas A & M University, College Station, TX. 1988.
7. Serna-Saldivar S.O., Almeida-Dominguez, H.D. Gomez, M.H. Bockholt A.J., and Rooney L.W. Method to evaluate ease of pericarp removal on lime cooked corn kernels. Crop Sci. 31:842-844. 1991.
8. Serna-Saldivar S.O., Knabe D.A., Rooney L.W. Tanksley, T.D. and Sproule A.M. Nutritional value of sorghum and maize tortillas. J. Cereal Sci. 7:83-94. 1988.
9. Serna-Saldivar S.O., Knabe D.A., Rooney L.W. Production of tortilla chips from sorghum and maize. J. Cereal Sci. 8:275-284. 1988.
10. Technicon. Technicon Auto Analyzer II. Industrial Method N° 334-74A/A. Technicon Industrial System, Tarrytown, NY. 1976.

Recibido: 17-12-1992  
Aceptado: 23-09-1993

## Evaluación nutricional de cultivares nativos de camote *Ipomea batata* (L.) Lam, para su utilización en la forma de rallado como sustituto parcial de trigo en panificación<sup>1</sup>

Haydé Cárdenas<sup>2</sup>, Juan Kalinowski<sup>3</sup>, Zózimo Huaman<sup>4</sup> y Greogory Scott<sup>5</sup>

Universidad Nacional Agraria (UNA). La Molina, Perú.  
Centro Internacional de La Papa (CIP). La Molina, Perú.

**RESUMEN.** Con el fin de seleccionar variedades de elevado contenido de materia seca (MS), 440 entradas de germoplasma de camote mantenido en el CIP fueron evaluadas, mediante el método de secado por liofilización. El rango de MS fue de 15 a 45 g/100g. El 82% de estas entradas presentaron valores mayor a 25 g/100g de MS. Las entradas nativas DLP 2393, DLP 1120, DLP 2312, DLP 1908 y la entrada foránea RCB361F, con contenidos promedio de 38.5 g/100 g de MS y 9.20 g/100 g de proteína total (PT) en base seca (B), fueron seleccionadas para usarlos en panificación. La elaboración del «camote pan» fue con una fórmula panadera similar al pan de trigo, sustituyendo el 30% de la harina de trigo por camote crudo rallado con cáscara. El contenido promedio de PT de los «camote pan» fue de 11 g/100 g (BS) y no mostró diferencias significativas con el pan de trigo (11.4 g/100g). La evaluación organoléptica la realizó un panel de 10 jueces, utilizando el método de la escala hedónica (puntaje de 1 a 5) y como testigo pan con 100% de harina de trigo. Los resultados no presentaron diferencias estadísticas significativas con el pan de trigo ( $P>0.05$ ).

La calidad biológica de la proteína de los panes se ensayó en ratas, utilizando los métodos Utilización de la Proteína Neta (NPU), Digestibilidad Aparente (DAp) y Valor Biológico Aparente (VBAp). Los valores promedio de los «camote pan», con respecto al pan de trigo fueron: 33% vs 39% (NPU), 81% vs 80% (DAp) y 37% vs 42% (VBAp); no siendo las diferencias estadísticamente significativas ( $P=0.05$ ).

**SUMMARY.** Nutritional evaluation of sweet potato cultivars (*Ipomoea batata*) used in bread as partial substitute of wheat flour. Four hundred and forty entries of sweet potato tubers from the International Potato Center were evaluated for chemical characteristics related to nutritional value. Dry matter range in the group was 15 to 45 g/100g. The native entries DLP 2393, DLP 1120, DLP 2312, DLP 1908 and the foreign RCB 361F were selected for use in bread manufacture. Their average dry matter and crude protein was 38.5 and 9.2% respectively.

Sweet potato bread was made replacing 30% of wheat flour with grinded sweet potato tubers. This bread had 11.0% crude protein in dry matter basis which were the same for bread made of wheat flour. There were no differences in organoleptic characteristics or protein quality (Apparent biological value: 37 vs 42%; apparent digestibility: 81 vs 80%; net protein utilization: 33 vs 39%) between sweet potato or full wheat flour breads respectively.

### INTRODUCCION

El trigo en el Perú es el alimento de mayor gravitación económica en el presupuesto familiar y su uso principal está en la elaboración del pan (1). Tradicionalmente, el Perú es importador de trigo, constituyéndose actualmente en uno de los rubros más importantes en volumen y monto de las importaciones (2). Una de las formas posibles de disminuir esta dependencia es utilizando sustitutos localmente producidos, que reemplacen parcialmente la harina de trigo en

- 1 Esta investigación fue financiada por el Centro Internacional de la Papa (CIP) y el Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR).
- 2 Profesor e Investigador asociado al Programa de Investigación de Alimentos (PIA). Departamento de Nutrición, Universidad Nacional Agraria La Molina. Apartado 456 La Molina Lima-Perú.
- 3 Profesor principal, Departamento de Nutrición, Universidad Nacional Agraria La Molina-Perú.
- 4 Investigador, Departamento de Recursos Genéticos. Centro Internacional de la Papa (CIP). Apartado 5969 Lima-Perú.
- 5 Investigador, Departamento de Ciencias Sociales. Centro Internacional de La Papa (CIP).

panificación. El camote, *Ipomoea batatas* (L.) Lam, dadas sus características agronómicas, valor nutritivo y bajo costo de producción, constituye un producto alternativo factible de uso en la elaboración del pan (3-6).

Desde los fines de los años sesenta, la Universidad Nacional Agraria La Molina Perú, produce un pan de camote tipo biscocho en el cual la sustitución de trigo es 15% (en base seca) (3), pero, éste pan no ha tenido mayor adopción comercial, entre otras razones, por la elaboración compleja y la utilización de mano de obra adicional, que ha generado que el costo de producción y el precio al público sean elevados.

Actualmente, se encuentra en proceso de difusión la elaboración de un nuevo tipo de «camote pan», utilizando para ello variedades comerciales de camote fresco rallado con cáscara, incorporándolo directamente a la masa hasta un 30% de sustitución (en base fresca) de la harina de trigo.

Una de las razones para el atractivo de éste pan es el considerarlo como un producto nutritivo (7,8). Sin embargo, no se conocen los aspectos nutritivos involucrados con esta nueva tecnología del «camote pan» y del mismo modo, no se ha experimentado la utilización de cultivares no difundidos de camote con alto contenido de materia seca y proteína total.

La utilidad de esta investigación no solamente podría ser útil para el Perú, sin también para otros países en vías de desarrollo, que tienen elevadas importaciones de harina de trigo y al mismo tiempo producen camote.

Por tal motivo, el objetivo de la presente investigación fue utilizar cultivares de camote con alto contenido de materia seca y proteína total, evaluar el valor nutritivo de los panes resultantes, así como la aceptabilidad del consumidor.

## MATERIALES Y METODOS

Las muestras de raíces reservantes de camote fueron obtenidas de la colección de germoplasma que mantiene el Centro Internacional de la Papa, en La Molina, Perú. En las cosechas de 1989 y 1990 se tomaron muestras de 440 entradas de dicha colección. Cada muestra consistió de 6 a 8 raíces por entrada, que se cortaron en tajadas de 2 a 3 mm de espesor y luego fueron almacenadas a -20°C hasta el momento de la deshidratación.

### *Análisis proximal.*

En las raíces recién cosechadas se determinó el contenido de humedad por el método de secado por liofilización. Tanto en las harinas de raíces liofilizadas como en los panes molidos se determinaron los análisis proximales de acuerdo con los métodos de la AOAC (9). El cálculo de la energía disponible se determinó usando los factores de Atwater (10).

### *Proceso de panificación.*

Para la elaboración de los «camote pan» se seleccionaron 4 cultivares nativos DLP 2393, DLP 1120, DLP 2312, DLP 1908 y 1 cultivar foráneo RCB 361F «Jewel». El criterio de

selección fue el contenido de materia seca (MS) y proteína total (PT).

El ensayo de panificación se hizo de acuerdo con la siguiente fórmula en relación a la harina de trigo (100): manteca vegetal 7, azúcar 8,5, levadura 1,2, sal 1.1, mejorador T500\* 0.7 y agua hasta completar la consistencia adecuada. Para la elaboración del «camote pan» se sustituyó el 30% de la harina de trigo por camote fresco rallado con cáscara. El método empleado en la elaboración del pan fue el directo y luego horneado a 250°C por 15 min. El pan control utilizado fue elaborado con 100% de harina de trigo.

### *Análisis organolépticos.*

Los panes debidamente codificados y en unidades de aproximadamente 30 g, fueron presentados simultáneamente a un panel de degustadores integrado por 10 panelistas. La calidad organoléptica se determinó utilizando el método de la escala hedónica de 1 a 5 puntos. Las características organolépticas evaluadas fueron: aspecto general, color, aroma, sabor, y textura. Los resultados obtenidos fueron analizados como variables no paramétricas mediante ANVA de una clasificación por rangos de Kruskal-Wallis (11).

### *Evaluación biológica.*

La calidad biológica de la proteína del pan experimental, se determinó mediante los siguientes métodos:

Utilización proteínica neta (NPU) de Miller y Bender (12), en ratas en crecimiento a razón de cuatro ratas albinas de 21 días de edad de ambos sexos, en cada tratamiento. Las raciones fueron elaboradas en base al análisis proximal de cada uno de los panes experimentales. Como controles se utilizaron una dieta con caseína al 10% de proteína, así como una dieta libre de nitrógeno.

La digestibilidad Aparente (DAP) de la proteína se realizó utilizando la misma ración del ensayo para la determinación del NPU, pero empleando en cada tratamiento 6 ratas albinas, machos de 21 días de nacidos. El período experimental tuvo una duración de 7 días. La digestibilidad se calculó según lo indicado por Pellett (13).

Para la determinación del Valor Biológico Aparente (VBAP) se utilizaron los registros tomados para la determinación de la DAP, además del contenido de nitrógeno de la orina; para los cálculos se aplicó lo indicado por Thomas y Mitchell, citados por Munro (14).

### *Análisis estadísticos.*

Se realizaron ANVA para un Diseño Completamente Randomizado con 6 tratamientos y 1 control; con 2 repeticiones para el caso del NPU y 6 repeticiones para DAP y VBAP. Para la comparación de tratamientos se utilizó el Test de Duncan (15).

\* Composición cualitativa: monoglicéridos, harina de trigo, vitamina C, proteínas e hidratos de carbono

## RESULTADOS Y DISCUSION

El contenido de MS del total de las entradas de camote evaluadas presentaron amplia variabilidad, con un rango de 15 a 45 g/100g; de ellos un 82% mostró contenidos de MS mayor de 25 g/100g y de los cuales fueron seleccionados 5 cultivares para la elaboración del pan. El contenido de MS y datos del germoplasma de las entradas seleccionadas se presentan en la Tabla 1.

TABLA 1  
CONTENIDO DE MATERIA SECA Y DATOS DE LA COLECCION DE GERMOPLASMA DEL CIP DE LAS ENTRADAS SELECCIONADAS

Entradas	MS (g/100g)	Color Pulpa	País Dpto. o estado	Altitud (m.s.n.m.)
DLP 2393	36.0	crema	Perú-Ica	420
DLP 1120	44.2	crema	Perú-Ancash	190
DLP 2312	43.7	crema	Perú-Ancash	2450
DLP 1908	38.6	morado	Perú-Cajamarca	220
RCB 36IF	29.7	anaranjado	E.U.-Carolina del Norte	—

*Análisis proximal.*

Los resultados del análisis proximal de la harina de trigo y las harinas de camote se presentan en la Tabla 2.

TABLA 2  
ANALISIS PROXIMAL PROMEDIO (G/100G) Y CONTENIDO DE ENERGIA DISPONIBLE CALCULADA (KCAL/100G) DE HARINA DE TRIGO Y HARINA DE CAMOTE

	Harina de Camote					
	Trigo	DLP2393	DLP1120	DLP2312	DLP1908	RCB36IF
Humedad	11.50	1.50	1.00	1.30	1.00	2.90
Proteína	11.14 <sup>a</sup>	10.87 <sup>b</sup>	8.75 <sup>b</sup>	8.62 <sup>b</sup>	6.29 <sup>b</sup>	10.87 <sup>b</sup>
Grasa	2.13	1.33	0.80	1.00	1.23	1.83
Fibra cruda	0.33	2.77	1.77	2.33	1.83	2.33
Cenizas	0.70	2.35	2.55	2.90	2.50	3.25
ELN	74.20	81.18	85.17	83.85	87.15	76.42
Energía	361	380	383	368	385	366

<sup>a</sup> N x 5.7

<sup>b</sup> N x 6.25

Las diferencias en el contenido de humedad de la harina de trigo y de las harinas de camote, se debe a que estas últimas fueron liofilizadas previamente al análisis.

El contenido de proteína de la harina de trigo fue de 12.58% en base seca (BS), las harinas de camote presentaron valores promedio de 9.29% (BS) y fueron significativamente mayores a los valores reportado por Collazos et al (16) y Luna de La Fuente (4); esto se explicaría porque el material en estudio consistió de cultivares nativos con elevado contenido de MS.

El contenido promedio de energía disponible de las harinas de camote (BS) fue ligeramente menor al de la harina de trigo (BS), no obstante este hecho, es destacable observar la similitud en cuanto al contenido de extracto libre de nitrógeno que poseen ambos grupos de harinas en estudio, en otras palabras esto destacaría el importante aporte energético que presenta la harina de camote (17).

Los resultados de los análisis de componentes nutritivos del pan de trigo y los panes de camote experimentales se presentan en la Tabla 3.

TABLA 3  
ANALISIS PROXIMAL PROMEDIO (g/100g) Y CONTENIDO DE ENERGIA DISPONIBLE CALCULADA (KCAL/100G) DEL PAN DE TRIGO Y LOS CAMOTE PAN

	«Camote pan»					
	Pan de Trigo	DLP2393	DLP1120	DLP2312	DLP1908	RCB36IF
Humedad	2.54	2.38	3.50	2.30	2.22	1.90
Proteína	11.09 <sup>a</sup>	10.39 <sup>b</sup>	10.20 <sup>b</sup>	11.13	11.32	10.37 <sup>b</sup>
Grasa	9.32	9.34	7.80	8.40	7.42	10.02
Fibra cruda	1.17	2.32	0.87	1.75	1.28	1.87
Ceniza	2.20	2.95	2.15	2.30	2.20	2.75
ELN	73.68	72.62	75.48	74.12	75.56	73.09
Energía	423	416	413	417	414	424

<sup>a</sup> N x 5.7

<sup>b</sup> Para la determinación de N se utilizó factores ponderados a la mezcla

Los valores del contenido proteico de los «camote pan» van desde 10.20 a 11.32 g/100 g; cabe mencionar que en la elaboración de «camote pan» se ha utilizado la misma cantidad de camote para cada tratamiento, por lo tanto, el contenido proteico de los panes resultantes guardan concordancia con el contenido proteico del camote utilizado, sin embargo, podemos observar algunas incongruencias como es el caso del camote DLP 1908 que no obstante poseer 6.29 g/100 de proteína, luego, en el «camote pan» respectivo presenta 11.32 g/100g, esto tendría su explicación en que las raíces de camote para investigar contenido de proteína, procedieron de campañas agrícolas diferentes con respecto a las raíces de camote que se utilizaron en la elaboración del «camote pan» respectivo.

Por lo tanto, es probable que el contenido proteico de las raíces de camote utilizados hayan sido influenciados por el manejo agrícola y los efectos ambientales (18,19).

Los valores promedio del contenido proteico de los «camote pan» fueron 11% (B), superando los valores reportados por Plaunt y Zelbusch, citados por Reynoso (20), que utilizó 6% de sustitución (BS). Sin embargo, Luna de la Fuente (4) utilizando 20% de sustitución (BS) obtuvo valores proteicos promedio de 14%, lo cual es inexplicable dado que utilizó variedades que contenían 6% de proteína (BS). Sin embargo, Bacigalupo y Reynoso (3) reportaron haber encontrado 11% de proteína (BS) en los panes de camote, pero debemos tener en cuenta que se trata de un bizcocho enriquecido con huevo.

#### Análisis organolépticos.

Los resultados de la evaluación organoléptica de los «camote pan», comparados con el pan control se presentan en la Tabla 4. Las características de aspecto general, color, aroma, sabor y textura, no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos ( $P>0.05$ ). Sin embargo, cabe destacar el mayor valor promedio de las características aspecto general, sabor y textura que presentó el «camote pan» RCB 361F, que se explicaría por la apariencia externa más oscura que imparte una coloración diferente a los panes, con un color de miga similar a un «pan de yema de huevo» o «pan especial», ya que el camote utilizado presentaba pulpa con elevado contenido de carotenos reflejado en su coloración amarillo-anaranjado; hecho que determinó buena aceptabilidad; demostrado así mismo, por otros investigadores (7,821). Es importante así mismo, resaltar que los restos notorios de camote en los panes no influyó en su apariencia general.

TABLA 4  
RESULTADOS DE LA EVALUACION  
ORGANOLEPTICA DE LOS PANES EN ESTUDIO  
( $X\pm DE$ ).

	Aspecto General	Color	Aroma	Sabor	Textura
Pan de trigo	3.2±1.2	3.2±0.6	3.1±0.9	2.7±0.8	2.9±0.8
«Camote pan»					
DLP 2393	2.9±0.7	2.9±0.9	2.7±0.9	2.5±0.9	2.9±0.5
DLP 1120	2.7±0.8	2.2±0.9	2.2±0.9	2.4±1.2	2.5±1.0
DLP 2312	2.6±0.6	2.5±0.6	2.8±1.1	2.8±0.8	2.5±0.6
DLP 1908	2.4±0.8	2.8±1.0	2.8±1.3	2.7±1.0	2.9±1.2
RCV 361F	3.6±1.2	3.2±1.4	2.7±1.3	2.9±1.6	3.3±1.3

Escala hedónica: 1 (malo), 2 (regular), 3 (bueno), 4 (muy bueno) y 5 (excelente).

Nota: Las características organolépticas no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos al nivel de  $P>0.05$

#### Evaluación biológica de la proteína del pan de camote.

Los análisis estadísticos indican que no hubo diferencias significativas entre los valores del NPU de los diferentes «camote pan», ni de ellos con respecto al pan de trigo (Tabla 5). Sin embargo, se observan algunas variaciones entre los valores del NPU de las proteínas de los «camote pan», que podrían atribuirse a la variación existente en el parámetro nitrógeno ingerido por los animales, el cual según afirman Miller et al. (22), es un parámetro crítico en los valores resultantes del NPU. Por lo tanto, el mayor NPU observado entre los «camote pan» fue el del DLP2312. No obstante, el menor N ingerido por los animales (Tabla 6). Esto estaría indicando que el tipo de carbohidratos de estos panes estaría favoreciendo la utilización de la proteína. Así mismo, este mayor de NPU podría atribuirse a que esta mezcla trigo: camote tuvo un mejor score químico, debido posiblemente a la amplia variabilidad, que existe en el primer aminoácido limitante del camote, como lisina limitante (23,24) o aminoácidos azufrados limitantes (25,26). Sin embargo, es destacable el hecho de no haberse observado diferencias entre los valores de NPU de los «camote pan» respecto al pan control, con el cual se estaría confirmando que la proteína de camote sería un buen complemento de los cereales (17,27).

TABLA 5  
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS UTILIZACION DE  
LA PROTEINA NETA (NPU), DIGESTIBILIDAD  
APARENTE (DAP) Y VALOR BIOLÓGICO APARENTE  
(VBAP) DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES ( $X\pm DE$ )

Dietas	NPU	DAP	VBAP
	%		
Caseína	58±3 <sup>a</sup>	89±2 <sup>a</sup>	80±8 <sup>a</sup>
Pan de trigo	39±7 <sup>b</sup>	80±1 <sup>bc</sup>	42±14 <sup>b</sup>
Camote pan DLP 2393	34±4 <sup>b</sup>	80±2 <sup>bc</sup>	38±12 <sup>b</sup>
Camote pan DLP 1120	33±6 <sup>b</sup>	81±3 <sup>bc</sup>	42±17 <sup>b</sup>
Camote pan DLP 2312	35±8 <sup>b</sup>	81±2 <sup>bc</sup>	37±12 <sup>b</sup>
Camote pan DLP 1908	32±10 <sup>b</sup>	79±1 <sup>c</sup>	34±9 <sup>b</sup>
Camote pan RCB 361F	31±2 <sup>b</sup>	82±1 <sup>b</sup>	35±11 <sup>b</sup>

Nota: Los promedios en la misma columna, con una letra en común no difieren entre si ( $P = 0.05$ ).

Los valores de Dap indican que no hubo diferencias estadísticas significativas ( $P=0.05$ ) entre los valores obtenidos en el pan de trigo y los «camote pan». Sin embargo, algunos de los «camote pan» mostraron valores promedio ligeramente mayores al pan de trigo. Este hecho es importante, porque aún siendo el contenido de fibra cruda del camote mayor al del trigo (Tabla 6), su adición no se estaría traduciendo en la

disminución de la Dap del pan resultante. Además esto indicaría que los diferentes componentes de la fibra no estarían afectando la fase digestiva y absorbiva de los nutrientes (28). Así mismo, es importante destacar que el cocimiento que experimentó el camote al ser horneado como pan, tendría teniendo efectos positivos. Por un lado, sobre el factor antitripsico presente en la raíz cruda del camote que, según afirma Yang (27), podría tener efectos adversos en la digestibilidad de la proteína del camote. Por otro lado, el cocimiento del camote evitaría el efecto que posee el almidón del camote crudo de disminuir la digestibilidad de su proteína (29).

TABLA 6  
RESULTADOS DEL ENSAYO UTILIZACION  
PROTEINICA NETA (NPU) DEL PAN DE TRIGO Y DE  
LOS CAMOTE PAN (X±DE)

	Ganancia de peso (g)	MS consumida (g)	Consumo N (g)	N Carcasa (g)	NPU
Caseína	19.6	85.2	1.5	2.8	58±3
Pan trigo	-2.8	58.8	1.08	2.3	39±7
«Camote pan»					
DLP 2393	-1.4	68.6	1.21	2.3	34±4
DLP 1120	-2.0	63.5	1.14	2.3	33±6
DLP 2312	4.7	43.9	0.96	2.3	35±8
DLP 1908	1.0	75.0	1.34	2.3	32±10
RCB 36IF	-3.3	65.3	1.17	2.3	31±2
Aproteíca	-18.8	45.2	0.03	2.0	—

Los resultados de los VBAP de los panes indican que no hubo diferencias estadísticas significativas ( $P=0.05$ ) entre los «camote pan» y el pan de trigo; esto se explicaría porque se utilizó al camote como sustituto de cantidades moderadas de la harina de trigo (12% en BS) y que el VBAP encontrado en los panes sería la resultante de la predominancia de la proteína del trigo, la cual es deficiente en algunos aminoácidos esenciales, principalmente lisina. Se desconoce el efecto en el VBAP al incrementar el camote utilizado en estos experimentos. Sin embargo, este mayor nivel de sustitución no debería afectar las características organolépticas de los «camote pan» resultantes.

Los resultados de los distintos métodos utilizados para evaluar la calidad de la proteína de los «camote pan», indican que no existió diferencias con el pan de trigo; esto, aunado a los resultados favorables que presentaron los análisis organolépticos, reportado también por otros investigadores (8,21,30), sugieren que las combinaciones trigo: camote en BS (88:12) podrían ser las adecuadas para mantener las características organolépticas y nutritivas del pan de trigo.

El presente estudio ha demostrado que la calidad nutritiva de los «camote pan» es semejante a la del pan de trigo. Además que no se encontró un efecto significativo en los valores de

NPU ni en los de VBAP por los diferentes cultivares de camote usados en estos experimentos. Sin embargo, se obtuvieron bajos valores de DAP cuando el camote usado fue de bajo contenido de proteínas totales.

Los resultados de este trabajo indican la factibilidad desde el punto de vista nutricional, la elaboración de «camote pan» en mayores cantidades, sin perjudicar las dietas de los consumidores. A la vez se podría incentivar un incremento en el volumen de producción de camote en el Perú para destinarlo al procesamiento, que actualmente constituye sólo el 10% de la producción total (31) y lograr reducir la importación de trigo. Otros estudios sugieren la factibilidad económica de la producción de «camote pan» en el Perú (32).

Agradecimientos: Los autores agradecen al Dr. Carlos A. Gómez por su valiosa ayuda en la revisión de este manuscrito.

## REFERENCIAS

1. Amat y León, C. & D. Curonisy. La alimentación en el Perú. Lima, Ed. Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico, 1987.
2. Lajo, M. Presente, pasado y futuro de la alimentación. Importación de alimentos y depresión agropecuaria en el Perú 1944-2007. Lima, Ed. Universo S.A., 1990.
3. Bacigalupo, A. & Reynoso. Sustitución parcial de harina de trigo por el camote en la panificación. Anales Científicos (Perú) 13 (1/2):147-165, 1975.
4. Luna De la Fuente, R. Ensayos de panificación con mezclas de harina de trigo y tres variedades de camote. Lima. Estación Experimental Agrícola, La Molina, 34 (393), 1960.
5. Palomar, L.S., J.A. Pérez & G.L. Pascual. Wheat flour substitution using sweet potato or cassava in some bread and snack items. Annals of Tropical Research Philippines, 3 (1):8-17, 1981.
6. Del Carpio, R. Pan camote Chinchano. Nuevos logros en el incremento del valor nutricional del camote en Chíncha. Fondo de Fomento Agropecuario (Fonagro-Chíncha), 1984.
7. Cavero, W., P. Peralta & V. Chumbe. Estudio sobre producción y consumo de pan de camote. Centro Internacional de La Papa e Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial. Perú, 1991.
8. Deneb S.R.L. Estudio Cualitativo «Pan de Camote». Taller sobre pan de camote. Centro Internacional de La Papa, La Molina, Perú, 1991.
9. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the AOAC. 14th. ed., Arlington, VA. U.S.A., 1984.
10. FAO/WHO/UNU. Energy and Protein requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation WHO Tech. Rep. Ser. Nº 724. Geneva, 1985.
11. Siegel, S. Diseño experimental no paramétrico aplicado a las ciencias de la conducta. México, Ed. F. Trillas, 1970, 346 p.
12. Miller, D.S. & A.E. Bender. The determination of the net utilization of proteins by a shortened method. Brit. J. Nutr., 9:382-388, 1955.
13. Pellett, P.L. Protein quality evaluation revisited. Food Technol., 5:60-79, 1978.

14. Munro, H.N. Historical Introduction. En: «Mammalian protein Metabolism» Vol 1, Chapt. 1, Ed. H.N. Munro Academic Press, New York and London, 1964.
15. Snedecor, G. & W.G. Cochran. Métodos Estadísticos 6a. ed. México, D.F., Edit. CECSA, 703 p. 1971.
16. Collazos C., P.L. White H.S. White E. Viñas, E. Alvistur, R. Urquieta, J. Vásquez, C. Díaz, A. Quiróz, A. Roca, D. Mark, N. Herrera, A. Fachin, N. Robles, E. Hernández, R.B. Bradfield & M. Arias. La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. Sexta edic. Ministerio de Salud. Lima-Perú, 1993.
17. Woolfe J.A., T.P. Hernández & L.G. Jones. Effects of irrigation and nitrogen fertilization on quality of sweet potatoes. Journal of the American Horticultural Society, 99, 308-310, 1974.
19. Kimber, A.J. Some factors influencing the protein content of sweet potato. In: Wilson. K. & R.M. Bourke (Eds.). Papua New Guinea. Food Crops Conference Proceedings. Department of Agriculture, Port Moresby 63-74, 1976.
20. Reynoso Z. Investigaciones tecnológicas y nutricionales sobre el uso de la papa en la producción de pan. Tesis de postgrado (M.S.), Universidad Nacional Agraria La Molina UNALM, Perú, 1970.
21. Denen H. El mercado potencial de pan de camote: Encuesta a consumidores en Lima metropolitana y Callao. Centro Internacional de la Papa. Perú. Universidad Agrícola Wageningen, Holanda. 1991.
22. Miller G.A., M.R. Molina, M.L. Martínez & P.A. Lachance. Questionable importance of rat carcass nitrogen concentration in net protein utilization. Nutr. rReps. Internat., 8(3):153-162, 1973.
23. Bradbury J.H. & W.D. Holloway. Chemistry of Tropical Root Crops: Significance for nutrition and agriculture in the Pacific. Australian Centre for International Agricultural Research. ACIAR. Canberra. 1988.
24. Bradbury J.H., R.E. Beatty, R. Bradshaw, B. Hammer, W.D. Holloway, W. Jealous, J. Lau, T. Nguyen & U. Singh. Chemistry and Nutritive value of tropical root crops in the South Pacific. Proc. Nutr. Soc. Aust. 10:185-8, 1985.
25. Bradbury J.H., J. Baines, B. Hammer, M. Anders & J.S. Millar. Analysis of sweet potato from the highlands of Papua New Guinea: Relevance to the incidence of Enteritis necroticans. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 32, 460-473, 1984.
26. Purcell A.E., H.E. Swaisgood & D.T. Pope. Protein and aminoacid content of sweet potato cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97 (1):30-33, 1972.
27. Yan T-H. Sweet potato as a supplemental staple food. En: Sweet potato Proc. 1st Int. Sym. R.L. Villarreal & T.D. Griggs, (Eds.), AVRDC, Shangua, Taiwan, p.31-34, 1982.
28. Olds, B.S. Dietary Fibr: Physical and chemical properties, method of analisis and physiological effects. Food Technol., 40:104-110, 1986.
29. Asian Vegetable Research and Development Center. The effect of sweet potato starch on the digestibility of sweet potato protein. Progress Report 1983, Shanhua, Taiwan, p:310-12, 19835.
30. Kouthon G.D. Unpublished Trip Report to Lima-Perú 18-21 Feb.1990. Food and Agricultural Industries Service (AGSI). FAO.
31. FAO. Production Yearbook 1983. Food and Agriculture Organization. Rome, Italy, 1984.
32. Overbeek, A. Estudio de precios relativos de pan, harina de trigo, camote, papa y yuca. Avance de Tesis M.S. Universidad Agraria Wageningen, Holanda, 1991.

Recibido: 26-02-1992

Aceptado: 16-11-1993

## Elaboración de harina instantánea de maíz por proceso hidrotérmico I.

*Fernando Martínez B.<sup>1</sup> y Ahmed A. El-Dahs<sup>2</sup>*

Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Dpto. de Biotecnología y Bioingeniería. Alimentos. Facultad de Ingeniería de Alimentos e Agrícola. Campinas, Brasil.

**RESUMEN.** Se estudió un proceso hidrotérmico simplificado para producción de harina instantánea de maíz y se evaluaron algunas variables que afectan la gelatinización del producto, determinándose algunas características tecnológicas de la harina obtenida. Mediante el uso de grits de menor diámetro de partícula y temperaturas de maceración superiores a la temperatura ambiente, se obtuvo un aumento en la velocidad de absorción de agua de los grits, disminuyéndose el tiempo de maceración requerido para el proceso. La harina instantánea obtenida con tratamiento térmico con vapor bajo presión a 118°C (1.94 kg/cm<sup>2</sup>) durante 1 minuto después de 5 horas de maceración a temperatura ambiente (28-30°C) presentó características de viscosidad, índice de absorción y solubilidad en agua similares a aquellas harinas obtenidas con temperaturas de maceración superiores a la temperatura ambiente y diferentes tiempos de tratamiento térmico (5 y 15 minutos). Las características de color y estabilidad durante el almacenamiento fueron mejoradas con el tratamiento hidrotérmico en relación a la harina no tratada.

**SUMMARY. Elaboration of instant corn flour by hydrothermal process. I.** The objective of this research was to investigate a simplified hydrothermal process for the production of instant corn flour and evaluate some variables that affected the degree of gelatinization of corn flour, and evaluate some technological characteristics of the flour. The use of grits of lesser particle diameter and increasing temperature of the soaking water resulted in an increase in the rate of absorption of water of grits, permitting a reduction of soaking time necessary for the process.

The instant corn flour prepared by the hydrothermal process using corn grits soaked in water at room temperature (28-30°C) for 5 hours and steaming for 1 minute at 118°C presented characteristics of viscosity, water absorption index and water solubility index similar to that of flours prepared with grits soaked in water at a temperature higher than room temperature and different steaming time (5 and 15 minutes). The characteristics of color and shelf life of corn flour were improved with the hydrothermal process.

### INTRODUCCION

Una forma de promover el aumento del consumo humano del maíz es mediante la elaboración de productos de uso práctico, en la forma de alimentos de preparación rápida o instantánea. Esto puede ser realizado en el caso de los cereales mediante el proceso de gelatinización (1,2). Una harina ins-

tantánea es un producto que es sometido a un tratamiento térmico, modificando una serie de propiedades funcionales, como la capacidad de absorción de agua, la solubilidad en agua y las propiedades de viscosidad en un sistema acuoso, lo que facilita su uso en la preparación de alimentos tradicionalmente elaborados a base de maíz, capacitando este producto a nuevos y variados usos en la alimentación (2,3,4). Esos procesos hacen uso de equipo e instalaciones de alto costo, lo que limita la producción de harina instantánea por la pequeña y mediana industria, características de América Latina. El objetivo de este trabajo fue evaluar un proceso hidrotérmico simplificado, estudiando diferentes parámetros que influyen en el proceso de la producción de harinas instantáneas de grits de maíz.

1 Profesor Investigador CINVESTAV. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Dpto. de Biotecnología y Bioingeniería. Alimentos. Apdo. Postal 14-740 México, D.F. C.P. 07000.

2 Profesor Investigador Facultad de Ingeniería de Alimentos e Agrícola. FEAA, UNICAMP, C.P. 13.100 Campinas, São Paulo, Brasil.

## MATERIALES Y METODOS

**Materia prima.** En la elaboración de harina instantánea se utilizaron grits de maíz comercialmente denominados quirera O1 (subproducto de la industria de extracción de aceite) obtenidos de la empresa Minasa, S.A., Campinas, São Paulo, Brasil.

**Proceso hidrotérmico.** La clasificación de los grits fue realizada de la siguiente manera: 100 kg de grits fueron separados en una clasificadora de granos por gravedad (marca Blasi) y clasificados de acuerdo con su tamaño. Para la determinación del tamaño de partícula de los grits obtenidos en la clasificadora, se usó un conjunto de cribas Granutest y un vibrador Productest.

**Maceración.** En esta etapa se colocaron 4 kg de grits en un recipiente de aluminio con capacidad de 10 L y se adicionaron 4 L de agua a temperatura ambiente que osciló entre 28 y 30°C o a temperaturas de 50 ó 70°C, manteniendo en este último el recipiente en un baño a la temperatura deseada, regulada mediante un termostato y con agitación intermitente durante el tiempo de maceración.

**Tratamiento térmico.** Las muestras de grits maceradas y escurridas se colocaron en cribas de alambre (40 x 25 cms) en capas de aproximadamente 3 cm de espesor y colocadas en un autoclave (Dixie Canner Equipment Co., modelo RD-TI-3) provisto de sistema de mando digital (SET Programmer Taylor Instruments Co) inicialmente programada a 118°C (1.94 kg/cm<sup>2</sup>) durante el tiempo determinado para cada ensayo. Posteriormente el material fue descargado y enfriado rápidamente mediante circulación de aire, aproximadamente durante 1 minuto.

**Secado.** Los grits se colocaron en cribas de alambre formando capas de aproximadamente 1 cm de espesor y deshidratadas con circulación de aire forzado en estufa de laboratorio (marca Fanem) a una temperatura de 40-50°C durante un tiempo aproximado de 16 horas.

**Molienda.** Se llevó a cabo en dos etapas, una molienda inicial efectuada con molino de martillos de rotación libre (Tipo CV-2) usando una criba con abertura de 1.5 mm y una molienda final usando la sección de quiebra del molino de rodillos Brabender Quadromatic Seniro.

**Métodos.** Humedad de los grits de maíz (5) en el caso de las harinas se usó el Semi-automatic Moisture Tester Brabender a 130°C durante 1 hora. El índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua fueron determinados de acuerdo con el método de Anderson *et al* (6). Para la determinación de la estabilidad de las harinas durante el almacenamiento, éstas fueron colocadas en bolsas de plástico herméticamente cerradas y mantenidas a temperatura ambiente. El contenido de ácidos grasos libres fue determinado de acuerdo con el método de AACC N° 02-01 (5). El índice de peróxidos, fue determinado de acuerdo con el método de Mehlenbacher (7). La prueba de actividad enzimática de peroxidasa fue realizada de acuerdo con el método descrito por Whitaker (8). La determinación del

color de los grits y de la harina se realizó en un espectrofotómetro RFC-3 computer HP 2100A. Hewlett Packard, con disco 7900A y lámpara de xenón XBO 250 W. El espectrofotómetro fue calibrado con sulfato de bario, usando aproximadamente 50 g de cada muestra (9).

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Clasificación granulométrica.** Los resultados del rendimiento de los grits obtenido en la clasificadora por gravedad, son presentados en la Tabla 1. Se obtuvieron 5 fracciones. Las fracciones designadas como **d** y **e** constituidas por cáscara y polvo fueron descartadas, representando rendimientos de 0.50 y 0.32% respectivamente, obteniéndose 1.03% de pérdidas totales.

TABLA 1  
RENDIMIENTO DE GRITS DE MAIZ OBTENIDO EN LA CLASIFICADORA POR GRAVEDAD

Fracción	Porcentaje
a	26.40
b	61.55
c	10.20
d	0.50
e	0.32

n=3

**Determinación del tamaño de partícula.** Los resultados del análisis granulométrico (Tabla 2) mostraron que en las tres fracciones obtenidas en la clasificadora, aproximadamente de 49 a 85% presentaron un diámetro de partícula menor que 4.698u y mayor que 2.362u.

TABLA 2  
CLASIFICACIÓN GRANULOMETRICA DE GRITS DE MAIZ

Criba Tyler n°	Tamaño de partícula (u)	Material retenido (%)		
		a	b	c
4	>4.698	8.5	12.1	49.6
8	2.362-4.698	85.4	85.8	49.3
14	1.168-2.362	0.5	1.8	0.6
fondo	<1.168	5.6	0.3	0.5
Diámetro medio de partícula (u)	2.905	3.545	4.647	

n= 3

Efecto del tamaño de los grits y temperatura de maceración sobre la cinética de absorción de agua. Generalmente el contenido de humedad de una harina o de grits de maíz obtenidos de la molienda por vía seca se sitúa entre 10 y 14% (10). Este nivel es considerado bajo para realizar la gelatinización, siendo necesario aumentar el contenido de agua del material para obtener un grado de gelatinización adecuada. La absorción de agua ocurre cuando el material es colocado en maceración con agua a temperatura ambiente o a temperaturas más elevadas. En el caso de maceración a temperatura ambiente (Figura 1a) en las fracciones designadas como *a*, *b* y *c* se observaron tres etapas de absorción de agua. En la primera hora de maceración la absorción de agua fue bastante rápida revelado por el aumento de humedad de 10.2 hasta 27% en el caso de la fracción *a*, hasta 25.4% en el caso de la fracción *b* y 24% en el caso de la fracción *c*. La segunda etapa fue caracterizada por la reducción progresiva de la velocidad de absorción, alcanzado finalmente una etapa donde el material prácticamente no absorbió más agua y la humedad quedó constante. La humedad de equilibrio (alrededor de 30%) fue alcanzada por la fracción *a* después de 3 horas de maceración, 5 horas de maceración en el caso de la fracción *b* y 7 horas en el caso de la fracción *c*. Los resultados obtenidos mostraron un aumento en la velocidad de absorción de agua del material a medida que se redujo el diámetro medio de los grits. En el caso de maceración a 50°C (Figura 1b) se presentaron dos etapas de absorción de agua, la primera se caracterizó por un aumento rápido en la absorción de agua de un 10.2% hasta aproximadamente un 20% en la fracción *a* y de 10.2 hasta cerca de un 18% en el caso de las fracciones *b* y *c* durante los primeros 5 minutos de maceración. La segunda etapa reveló una reducción progresiva en la absorción de agua, siendo alcanzado el valor de 30% de humedad en un tiempo de 35, 80 y 90 minutos por las fracciones *a*, *b* y *c*, respectivamente. Cuando fue usada una temperatura de 70°C (Figura 1c) en la maceración, el comportamiento de las fracciones de los grits fue bastante similar al anterior, siendo alcanzado el nivel de 30% de humedad por las fracciones *a*, *b* y *c* en tiempos de 15, 30 y 40 minutos respectivamente. En los ensayos realizados se consiguió reducir el tiempo de maceración necesario para el proceso mediante el uso de temperaturas superiores a la temperatura ambiental (50 y 70°C) en las cuales la velocidad de absorción de agua fue mayor.

Efecto del tiempo de tratamiento térmico y temperatura de maceración sobre las características de viscosidad, índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua. Basados en el mayor rendimiento obtenido de los grits con diámetro medio de 3.545u, éste fue macerado y tratado térmicamente con vapor bajo presión a 118°C durante 1, 5 y 15 minutos.

FIGURA 1a  
Relación entre tiempo de maceración y humedad en los grits de maíz (28-30°C)

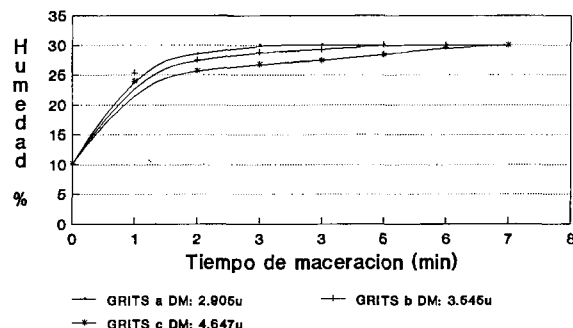


FIGURA 1b  
Relación entre tiempo de maceración y humedad en los grits de maíz (50°C)

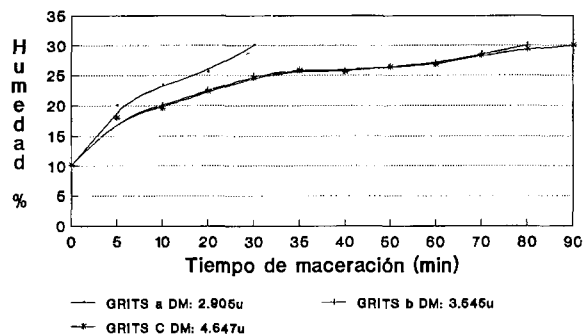
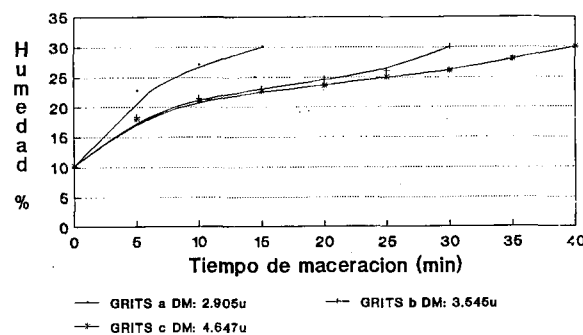


FIGURA 1c  
Relación entre tiempo de maceración y humedad en los grits de maíz (70°C)



La Tabla 3 presenta los resultados obtenidos en las características de viscosidad e índices de absorción y solubilidad en agua de las harinas instantáneas. El tiempo de tratamiento térmico después de 5 horas de maceración a temperatura ambiente no afectó las características de viscosidad a 95°C. Para tratamientos térmicos de 1 y 5 minutos la viscosidad después de 20 minutos a 95°C y la viscosidad final en el ciclo de enfriamiento (50°C) permanecieron constantes, ocurriendo una reducción de estas viscosidades cuando fue usado un tratamiento térmico durante 15 minutos. En el caso de

maceración durante 80 minutos a 50°C, se observó una reducción de los valores de viscosidad a medida que fue aumentado el tiempo de tratamiento térmico, ocurriendo el mismo fenómeno cuando fue usada una temperatura de maceración de 70°C durante 30 minutos. Los índices de absorción y solubilidad en agua en cada una de las condiciones de maceración, aumentaron ligeramente con el aumento del tiempo de tratamiento térmico. Los menores índices fueron obtenidos para

tratamientos térmicos de 1, 5 y 15 minutos a temperatura de maceración de 70°C durante 30 minutos. Las harinas obtenidas con tratamiento térmico de 1 minuto y temperaturas de maceración de 28-30°C fueron seleccionadas para posteriores estudios debido a que presentaron características de viscosidad similares al resto de las harinas así como un menor gasto de energía durante su proceso.

TABLA 3  
EFECTO DEL TRATAMIENTO TERMICO CON VAPOR A 118°C Y TEMPERATURA DE MACERACION EN LAS CARACTERISTICAS DE VISCOSIDAD E INDICES DE ABSORCION Y SOLUBILIDAD EN AGUA

Condiciones de maceración	Tiempo de tratamiento térmico (min)	Características de viscosidad			IAA	ISA
		95°C U.A.	después de 20 min a 95°C U.A.	50°C U.A.		
Materia-prima		370	340	1.000	3.95	2.50
28-30°C (5 horas)	1	200	420	680	4.50	2.53
	5	200	420	680	4.62	2.65
	15	190	340	580	5.15	3.28
50°C (80 minutos)	1	300	560	800	4.42	2.26
	5	140	350	550	4.98	2.85
	15	80	310	500	5.02	3.06
70°C (30 minutos)	1	260	510	760	4.08	1.96
	5	220	470	700	4.10	1.98
	15	80	330	530	4.12	2.04

n= 3

IAA : Índice de absorción de agua

ISA: Índice de solubilidad en agua

U.A.: Unidades amilográficas

Estabilidad durante el almacenamiento. Dentro de los factores que influyen la estabilidad de una harina durante el almacenamiento, se consideran la inactivación de peroxidasas, la liberación de ácidos grasos libres y el índice de peróxidos. La peroxidasa es una enzima que presenta mayor estabilidad a la acción del calor en relación a otras enzimas, por lo que se utiliza como patrón para verificar la inactivación de un diverso número de enzimas en el procesamiento del maíz, dependiendo esta inactivación de la cantidad de calor y contenido de humedad usadas en el proceso (10). Los resultados obtenidos indicaron la presencia de peroxidasa en harina de maíz al inicio y durante el almacenamiento, no obstante, en la harina instantánea las condiciones de proceso fueron suficientes para

llevar a cabo la inactivación enzimática de peroxidasa. Los ácidos grasos insaturados libres en presencia de oxígeno, iones metálicos (cobre, cobalto, manganeso, hierro y níquel) y temperatura elevada son sensibles a deterioración oxidativa. Un daño semejante ocurre con los glicéridos aún intactos que contienen enlaces insaturados (11). Los resultados obtenidos en el desvolcamiento de ácidos grasos libres en harina instantánea de maíz presentaron un valor inicial de 4.7 y un valor final de 30.6 mg de KOH/100g de ácidos grasos libres, mientras que la harina de maíz alcanzó en la 6a. semana un valor de acidez igual a la harina instantánea almacenada durante 1 año (Figura 2a). Este resultado indicó que la harina instantánea fue más estable durante el almacenamiento en

relación a la harina de maíz sin tratamiento. El oxígeno atmosférico oxida las ligaciones no saturadas de los ácidos grasos, produciendo hidroperóxidos que posteriormente son descompuestos en varias formas de compuestos volátiles, principalmente aldehídos y cetonas (7). La cantidad de peróxidos acumulados en harina de maíz y harina instantánea almacenadas durante 1 año son presentados en la Figura 2b. La harina instantánea presentó un valor final de 14.14 mEq/kg durante 1 año de almacenamiento, mientras que, la harina de maíz presentó en la 16a. semana 15.2 mEq/kg. Después de 40 semanas esta harina presentó un valor máximo de 30.8 mEq/kg, siguiendo una reducción gradual de 27.0 mEq/kg al final de 48 semanas, siendo atribuido este fenómeno a una evaporación de compuestos carboxílicos volátiles formados durante la reacción.

FIGURA 2a

Desenvolvimiento de ácidos grasos libres de harina de maíz y harina instantánea

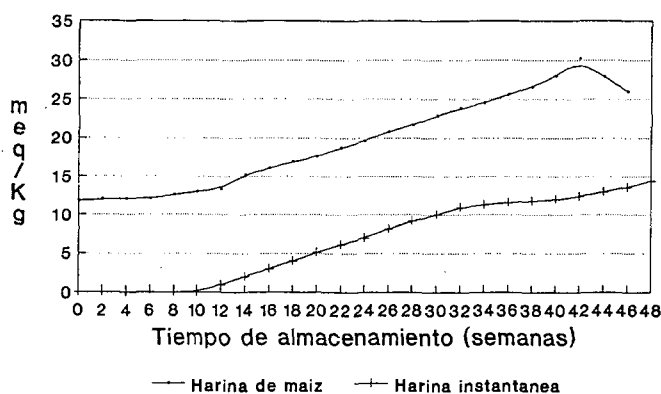
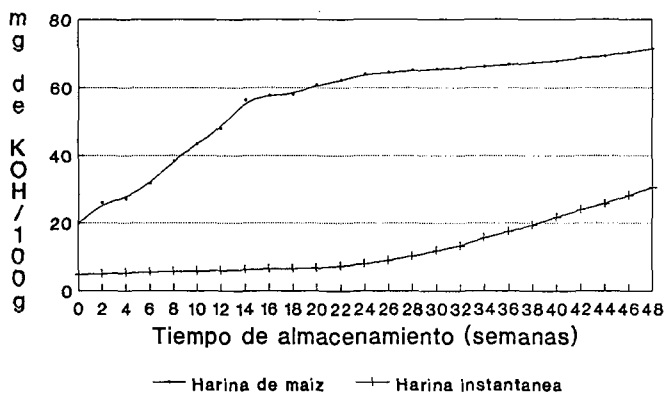


FIGURA 2b

Desenvolvimiento de peróxidos en harina de maíz y harina instantánea



Resultados del análisis de color. La harina de maíz presentó una absorbancia de 80.10 y la harina instantánea de 75.47, lo que mostró que el proceso hidrotérmico mejoró el color amarillo del producto, probablemente atribuido a una solubilización de pigmentos durante la maceración de los grits y su posterior secado. Las mayores diferencias en color fueron

determinadas entre grits pre-gelatinizados y harina instantánea, así como también entre grits y harina de maíz. Grits sin tratamiento y Grits pre-gelatinizados presentaron una diferencia de 14.2 y la menor diferencia fue observada entre harina de maíz y harina instantánea (Tabla 4).

TABLA 4  
DIFERENCIA TOTAL EN EL COLOR DE LOS GRITS Y DE LAS HARINAS

Muestras	Diferencia total en color
Grits y grits pre-gelatinizado	14.2c
Grits y harina de maíz	24.8b
Grits pre-gelatinizado y harina instantánea	31.0a
Harina de maíz y harina instantánea	7.2d

columna con la misma letra no presentan diferencia significativa  
a = 0.05

## CONCLUSIONES

La harina instantánea obtenida con tratamiento térmico con vapor bajo presión a 118°C durante 1 minuto y 5 horas de maceración a temperatura ambiente (28-30°C) presentó características de viscosidad, índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua similares a aquellas harinas obtenidas con temperaturas de maceración superiores a la temperatura ambiente (50 y 70°C) y diferentes tiempos de tratamiento térmico (5 y 15 minutos). Las características de color y estabilidad durante el almacenamiento fueron mejoradas con el tratamiento hidrotérmico en relación a la harina no tratada.

## REFERENCIAS

1. SFA. Corn Manual. Snack Foods Association, Alexandria, VA. 1986.
2. Inglett, G.E. Maize: Recent Progress in Chemistry and Technology. G.E. Inglett, ed. Academic Press, Inc., New York. 1982.
3. Bar, W.H. Processamento de farinha de milho pré-gelatinizada seu emprego e resultados em panificação. Coletânea do ITA13, Campinas São Paulo, Brasil, 351, 1970.
4. Smith, O.B. Extrusion cooking of corn flours and starches as snacks, breadings, croutons, breakfast cereals, pastas, food

- thickeners, and adhesives. Pages 193-219 in: *Maize: Recent Progress in Chemistry and Technology*. G.E. Inglett, ed. Academic Press, Inc., New York, 1982.
5. American Association of Cereal Chemists. *Approved Methods of the AACC*. St. Paul, MN, 1983.
  6. Anderson, R.A.; Conway, H.F.; Feifer, V.F., and Griffin, Jr. E.L. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Sci. Today* 14:4-7, 11, 12, 1969.
  7. Mehlenbacher, V.C. *The analysis of fats and oils*. Garrard Press. Champaign, Illinois, 1965.
  8. Whitaker, J.R. Denaturation and renaturation of proteins. In: *Food proteins*. Ed. John R. Whitaker and Steven R. Tannenbaum. AVI Publishing Company, Inc. Westport Conn, 14-49, 1977.
  9. Zeiss, *Automatisches Farbmessgerät RFC-3*. Operating Instructions, West Germany, 1970.
  10. Brekke, O.L. *Corn dry milling industry*. Chap. III In: *Corn: Culture, processing, products*. Ed. by Inglett, G.E. The AVI publishing Co. Inc. Westport Conn, 1970.
  11. Emmerie, A., and Engel, C. In: Mehlenbacher, V.C. *The analysis of fats and oils*. Garrard Press. Champaign, Illinois, 1965.

Recibido: 11-06-1992

Aceptado: 01-06-1993

## Características químicas y usos de harina instantánea de maíz II.

*Fernando Martínez B.<sup>1</sup> y Ahmed A. El-Dahs<sup>2</sup>*

Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.  
Dpto. de Biotecnología y Bioingeniería. Alimentos.  
Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola. FEAA, UNICAMP, Campinas, Brasil.

**RESUMEN.** El proceso hidrotérmico usando grits de maíz macerado a temperatura de 28-30°C durante 5 horas y tratamiento térmico con vapor bajo presión a 118°C (1.94 kg/cm<sup>2</sup>) durante 1 minuto no afectó la composición centesimal de la harina producida, no obstante, redujo el contenido de aminoácidos en aproximadamente un 18%, siendo el triptofano y la lisina disponible los más afectados. El contenido de vitaminas y pigmentos totales fue poco afectado por el tratamiento. Las tortillas preparadas con harina instantánea de maíz presentaron mejor color y textura en relación a las tortillas elaboradas por el proceso convencional. Las polentas elaboradas con harina instantánea de maíz con 30 segundos de mezclado presentaron mejores características de olor sabor y textura en relación a las polentas comerciales.

**SUMMARY.** Chemical characteristics and uses of instant corn flour. II. The hydrothermal process using corn grits soaked in water at room temperature (28-30°C) for 5 hours and steaming for 1 minute at 118°C did not affect the proximal composition of the corn flour. However, the amino acid content was reduced approximately 18% (specially lysine and tryptophan). Vitamin and pigment contents were few affected. The characteristics of color and shelf life of corn flour were improved with the hydrothermal process. Tortillas prepared with instant corn flour showed better color and texture in comparison to the tortillas prepared by the conventional process. Polentas prepared with instant corn flour with 30 seconds of mixing showed better characteristics of flavor, odor, texture and required less preparation time than commercial polentas.

### INTRODUCCION

La harina de maíz instantánea es producida y comercializada en diversos usos industriales y alimenticios, principalmente como ingrediente básico en alimentos instantáneos tipo C.S.M. (corn-soy-milk) usados en la alimentación infantil. En este tipo de producto de alto valor nutritivo, además de representar la principal fuente de carbohidratos, la harina instantánea de maíz es responsable del comportamiento funcional de la mezcla en suspensión acuosa atribuido a la importancia de sus características de absorción de agua, solubilidad y viscosidad

(1,2,3,4,5,6). En América Latina han sido desarrolladas y comercializadas mezclas vegetales del mismo tipo de C.S.M., como Incaparina, Colombiharina y Cerealina, entre otras, siendo la harina instantánea de maíz el componente básico (5).

La tortilla es el producto alimenticio más representativo del procesamiento del maíz en México (considerada la principal fuente de proteínas y calorías para grupos sociales de bajo nivel socioeconómico) así como de algunos países de América Central y en amplia expansión en el sur de los Estados Unidos. En la elaboración de harina instantánea para tortillas han sido propuestos diversos métodos (1,2,3) como secadores de tambor, tratamiento con energía de infra-rojo, micronización y más recientemente el proceso de extrusión. No obstante la calidad de la tortilla obtenida no ha sido satisfactoria. El proceso de nixtamalización tradicional (cocimiento alcalino) para elaboración de tortillas consiste en el cocimiento del grano en exceso de agua al cual se le adiciona de 1 a 2% en peso de cal y posteriormente esta mezcla se lleva a la temperatura de ebullición durante 30-40 min. Después de

1 Profesor Investigador CINVESTAV. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Dpto. de Biotecnología y Bioingeniería. Alimentos. Apdo. Postal 14-740 México, D.F. C.P. 07000.

2 Profesor Investigador Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola. FEAA, UNICAMP, C.P. 13.100 Campinas, São Paulo, Brasil.

esta etapa el maíz cocido se reposa por un período de 12 a 15h. El maíz cocido y reposado es denominado nixtamal y nejayote el líquido de cocimiento rico en sólidos. El nixtamal después de lavado es molido en molino de piedras con la adición de pequeños volúmenes de agua, la masa obtenida es moldeada para formar las tortillas que son cocidas por ambos lados en un comal de barro o superficie metálica a temperaturas de 180-210°C durante aproximadamente 2 minutos.

La producción de harinas instantáneas para elaboración de tortillas usan diversos procesos, algunos basados en el cocimiento alcalino tradicional. El maíz es cocido con agua y cal, molido con molino de martillos y sometida a deshidratación. La masa seca y cribada es reformulada en harinas que posteriormente son rehidratadas para formar la masa y obtener la tortilla (2).

En Brasil, Africa del sur, Africa Oriental y sur de Europa existe un producto de maíz ampliamente difundido y consumido bajo diferentes formas de preparación denominado polenta. El método para preparar polenta consiste de una dilución de harina de maíz en agua salada, mezclando ininterrumpidamente la pasta a fuego directo durante aproximadamente 25 a 30 min para obtener una pasta lista para consumo (7). Ambos procesos convencionales de elaboración de tortillas y polenta involucran gastos de tiempo y energía con producción de efluentes en el caso de elaboración de tortillas. El presente trabajo presenta el proceso hidrotérmico como una alternativa en la producción de harinas instantáneas para elaboración de tortillas y polenta.

## MATERIAL Y METODOS

**Materia prima.** Para la elaboración de harina instantánea se utilizaron grits de maíz (grano desgerminado y descascarado) denominado comercialmente quirera 01, obtenidos de la empresa Mínoza, S.A., Campinas, São Paulo, Brasil. En la elaboración de tortillas se empleó maíz (VS-22, híbrido comercial, liberado en México). Polentina Quaker y Fubá comerciales fueron usados para la elaboración de polenta.

Las condiciones de operación para la obtención de harina instantánea de maíz fueron: maceración a temperatura de 28-30°C durante 5 horas y tratamiento térmico con vapor a 118°C (1.94 kg/cm<sup>2</sup>) durante 1 minuto.

**Métodos.** Humedad del grits (8) en el caso de las harinas se usó el Semi-automatic Moisture Tester Brabender a 130°C durante 1 hora. El contenido de nitrógeno total fue determinado de acuerdo con el método macro Kjeldahl (8) y realizando la conversión a proteína multiplicando los valores de nitrógeno por 6.25. Para la determinación de la estabilidad durante el almacenamiento las harinas fueron colocadas en bolsas de plástico herméticamente cerradas y mantenidas a temperatura ambiente. El contenido de ácidos grasos libres, grasa, azúcares reductores y totales, fibra y cenizas se analizaron de acuerdo con los métodos de AACC (8). El índice de peróxidos fue cuantificado de acuerdo con el método de Mehlenbacker (9).

La composición de aminoácidos se realizó después de 24 horas de hidrólisis en HCl 5N. El hidrolizado fue cuantificado por cromatografía de intercambio iónico en un analizador de aminoácidos Beckman modelo 120C (10). Triptofano y lisina disponible se analizaron de acuerdo con los métodos de Villegas y Mertz (11). Las vitaminas tiamina, riboflavina y niacina se determinaron siguiendo los métodos de AACC (8). Los tocoferoles totales fueron cuantificados de acuerdo con el método de Emmerie and Engel (12). Los pigmentos totales y β-carotenos de acuerdo con el método de AOAC (13).

**Elaboración de tortillas.** 1 kg de maíz en grano y 2 L de agua conteniendo 0.5% de Ca(OH)<sub>2</sub> se colocaron en un recipiente de barro y cocidos a temperatura de ebullición hasta que fue posible separar manualmente el pericarpio del grano. Esta suspensión se dejó en reposo durante 12h y posteriormente se molió el grano cocido (nixtamal) en un molino de piedras, adicionándose el agua necesaria para obtener una consistencia apropiada de la masa para la elaboración de tortillas (en forma de discos de aproximadamente 12 cm de diámetro por 1mm de espesor), que fueron cocidas en un comal de arcilla durante aproximadamente 3 min por ambos lados. Para la elaboración de tortillas usando harina instantánea como materia prima, fueron preparadas dos muestras (T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>) de la siguiente manera: se mezclaron 300 g de harina instantánea con 735 ml de una solución de hidróxido de calcio a temperatura aproximada de 40°C, usándose concentraciones de 0.15 y 0.3%, respectivamente (basados en el peso seco de la harina). Se formó una masa semejante al proceso anterior, siguiéndose las mismas etapas descritas y finalmente cocidas durante aproximadamente 2 minutos.

**Elaboración de polenta.** Se realizó de acuerdo con el proceso descrito por Cinquetti (7). En un recipiente de aluminio de 14 cm de diámetro por 16 cm de altura se añadieron 500 ml de agua y 3.5 g de cloruro de sodio. La suspensión se dejó hervir y se colocaron 100 g de fubá (harina de maíz <350 micras) mezclando constantemente durante 30 minutos. Una vez transcurrido ese tiempo la muestra designada como Pf fue retirada del recipiente y colocada en un molde de aluminio de 14.5 cm de diámetro por 6.0 cm de altura. Se utilizó polentina Quaker (harina instantánea comercial) en la preparación de polenta siguiendo la metodología anterior y denominada como Pq con harina instantánea de maíz usando tiempos de mezcla de 30 segundos, 2 y 4 minutos fueron designadas como P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> y P<sub>3</sub>, respectivamente. La harina instantánea mezclada con agua y cloruro de sodio en las cantidades citadas, fue puesta a ebullición, retirada y colocada en un molde y se designó como P4.

**Evaluación sensorial.** Las tortillas y polentas fueron evaluadas en relación a color, olor, sabor y textura por un panel constituido de 8 probadores siguiendo un delineamiento estadístico de bloques al azar con 2 repeticiones usando una escala no estructurada de 9 puntos realizándose comparaciones de medias de Duncan.

## RESULTADOS

Composición centesimal. Debido a su constitución básicamente de endospermo, ambas harinas se caracterizaron por su bajo contenido de grasa, fibra y cenizas y su alto contenido de carbohidratos con un contenido de proteína dentro de los niveles normales para este tipo de materia prima (1,2,3). La composición centesimal de la harina de maíz y harina instantánea es presentada en la Tabla 1, en la cual no se aprecian diferencias significativas en la composición centesimal de las harinas. La composición centesimal de la harina no se alteró significativamente durante el proceso hidrotérmico.

TABLA 1  
EFECTO DEL PROCESO HIDROTERMICO  
EN LA COMPOSICION QUIMICA DE  
LAS HARINAS DE MAIZ

Componente	Harina de maíz (%)	Harina instantánea (%)
Humedad	11.90a	11.96b
Proteína	7.03a	7.03a
Grasa	0.86a	0.86a
Fibra	0.22a	0.22a
Cenizas	0.72a	0.72a
Azúcares reductores	0.56a	0.56a
Azúcares totales	1.60a	1.60a
Carbohidratos <sup>1</sup>	77.67a	77.67a

Líneas con la misma letra no presentan diferencia significativa  $\alpha = 0.05$

<sup>1</sup> Por diferencia

La harina de maíz presentó un mayor contenido de aminoácidos (Tabla 2). Obteniéndose una reducción de aproximadamente 18% en el contenido de aminoácidos totales (esenciales y no esenciales) siendo el triptofano y la cistina los más afectados durante el tratamiento. También la lisina disponible se redujo durante el tratamiento (13.44%). Los contenidos de vitaminas (complejo B) y pigmentos totales (Tabla 3) fueron poco afectados presentando diferencias significativas, atribuidas básicamente al efecto de la temperatura durante el tratamiento térmico.

TABLA 2  
CONTENIDO DE AMINOACIDOS<sup>1</sup> DE HARINA DE  
MAIZ Y HARINA INSTANTANEA

Aminoácidos	Harina de maíz (g /16 g de N)	Harina instantánea (%)	Cambio <sup>2</sup>
<b>Esenciales</b>			
Lisina	1.86	1.61	-13.44
Treonina	3.76	3.04	-19.14
Valina	5.07	4.39	-13.41
Metionina	0.93	0.80	-13.97
Isoleucina	3.80	3.21	-15.52
Fenilalanina	5.38	4.57	-15.05
Leucina	20.44	16.09	-21.28
Triptofano	0.30	0.12	-60.00
Totales	41.54	33.83	-18.56
<b>No esenciales</b>			
Histidina	2.93	2.61	-10.92
Arginina	1.96	1.83	- 6.63
Acido aspártico	6.73	5.63	-16.34
Serina	5.61	4.68	-16.57
Acido glutámico	31.18	24.59	-21.13
Prolina	10.42	8.73	-16.21
Alanina	10.26	8.48	-17.34
Cistina (1/2)	0.34	0.08	-76.47
Tirosina	0.36	0.33	- 8.33
Glicina	3.23	2.75	-14.86
Amonio	4.92	3.83	-22.15
Totales	77.94	63.54	-18.47

<sup>1</sup> Resultados expresados en base seca

<sup>2</sup> % cambio =  $\frac{\text{Harina instantánea} - \text{Harina de maíz}}{\text{Harina de maíz}} \times 100$

TABLA 3  
EFECTO DEL PROCESO HIDROTERMICO EN EL  
CONTENIDO DE VITAMINAS Y PIGMENTOS  
TOTALES EN LAS HARINAS DE MAIZ

Componente	Harina de maíz mg/100 g	Harina instantánea mg/100 g
Tiamina	0.64a	0.61b
Riboflavina	0.36a	0.34b
Niacina	25.38a	25.32b
Tocoferoles		
totales	1.12a	1.10b
$\beta$ -carotenos	4.70a	4.88b
Pigmentos		
totales	25.37a	24.56b

Líneas con la misma letra no presentan diferencia significativa  $\alpha = 0.05$

TABLA 4  
EVALUACION SENSORIAL DE LAS TORTILLAS

Evaluación	Tortillas		
	T1	T2	T3
Color	5.23c	5.36b	5.40a
Olor	5.62a	5.24c	5.35b
Sabor	4.83a	4.75b	4.72c
Textura	3.74c	5.35a	5.30b

Líneas con la misma letra no presentan diferencia significativa  $\alpha=0.05$

T1: muestra preparada por el proceso convencional

T2 : muestra preparada con harina instantánea (0.15% de CaOH<sub>2</sub>)

T3: muestra preparada con harina instantánea (0.30% de CaOH<sub>2</sub>)

Resultados del análisis sensorial. Las tortillas elaboradas con harina instantánea presentaron mejor color y textura con diferencia significativa en las evaluaciones de olor y sabor en relación a las tortillas preparadas por el proceso convencional (Tabla 4). Esto puede ser debido a que durante el proceso convencional de elaboración de tortillas existe una mayor penetración de cal en el grano, lo que mejora el olor y sabor característico de la tortilla. El proceso hidrotérmico presentó menor tiempo y gasto de agua en relación al proceso convencional. Las polentas preparadas con harina instantánea con 4 minutos de mezclado presentaron mejor color y olor en relación al resto de ellas, con mejor textura para la muestra con 30 segundos de mezclado y mejor sabor con 2 minutos de mezclado (Tabla 5). En la segunda evaluación la polenta preparada con harina instantánea con 30 segundos de mezclado, fue juzgada superior (olor, sabor y textura) en relación a las muestras comerciales de polenta y fubá.

TABLA 5  
EVALUACION SENSORIAL DE LAS POLENTAS

Evaluación	Polenta			
	P1	P2	P3	P4
Color	7.78b	7.77c	7.86a	7.75d
Olor	6.79c	6.89b	6.99a	6.71d
Sabor	6.73c	6.96a	6.86b	5.63d
Textura	7.09a	6.67c	6.67c	7.06b

P1: muestra preparada con 30 seg de mezclado

P2 : muestra preparada con 3 min de mezclado

P3: muestra preparada con 4 min de mezclado

P4: muestra preparada con 5 min de mezclado

TABLA 6  
EVALUACION SENSORIAL DE LAS POLENTAS ELABORADAS CON HARINA INSTANTANEA Y POLENTAS COMERCIALES

Evaluación	Polenta		
	P1	Pf	Pq
Color	6.76b	7.42a	6.65c
Olor	6.39a	6.17c	6.24b
Sabor	6.24a	6.23b	5.95c
Textura	6.33a	5.93b	5.02c

P1: muestra preparada con harina instantánea (30 seg de mezclado)

P2 : muestra preparada con fuba comercial

P3: muestra preparada con Polentina Quaker (comercial)

### CONCLUSIONES

El proceso hidrotérmico usado en la elaboración de harina instantánea redujo el contenido de aminoácidos en aproximadamente 18% siendo el triptofano y la lisina disponibles los más afectados. El contenido de vitaminas y pigmentos totales fue poco afectado por el tratamiento. Las tortillas preparadas con harina instantánea de maíz presentaron mejor color y textura en relación a las tortillas elaboradas por el proceso convencional. Las polentas elaboradas con harina instantánea de maíz con 30 segundos de mezclado presentaron mejores características de olor sabor y textura y menor tiempo de preparación en relación a las polentas preparadas con muestras comerciales.

### REFERENCIAS

1. SFA. Corn Manual. Snack Foods Association, Alexandria, VA. 1986.
2. Inglett, G.E. Maize: Recent Progress in Chemistry and Technology. G.E. Inglett, ed. Academic Press, Inc., New York. 1982.
3. Smith, O.B. . Extrusion cooking of corn flours and starches as snacks, breadings, croutons, breakfast cereals, pastas, food thickeners, and adhesives. Pages 193-219 in: Maize: Recent Progress in Chemistry and Technology. G.E. Inglett, ed. Academic Press, Inc., New York. 1982.
4. Anderson, R.A., Conway, H.F. and Peplinski, A.J. Gelatinization of corn grits by roll-cooking, extrusion cooking and steaming. Die Staerke 22:130-135, 1970.
5. Anderson, R.A., Pfeifer, V.F., Bokwalter, G.N., and Griffin, Jr. E.L. Instant C.S.M. food blends for world-wide feeding, Cereal Sci. Today 16: 5-11, 1971.
6. Conway, H.F. Extrusion cooking of cereals and soybeans. Part I, Food Product Dev. 5(2): 27, 29, 31, 1971.
7. Cinquetti, M. La Farina per polenta. In: L'Endustria del mais. ed. Pinerolo, Cririotti, Italia, 1972.

8. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the AACC. The Association: St. Paul, MN, 1983.
9. Mehlenbacher, V.C. The analysis of fats and oils. Garrard Press. Champaign, Illinois, 1965.
10. Moore, S.; Spackman, D.H. and Stein, W.H. Separation of amino acids on sulfonated polystyrene resins (an improved system). An Chem. 30:1185, 1958.
11. Villegas, E.Y. Mertz, E.T. Métodos químicos usados en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) para determinar la calidad de la proteína del maíz. Folleto de investigación N° 20. México, 1971.
12. Emmerie, A., and Engel, C. In: Mehlenbacher, V.C. The analysis of fats and oils. Garrard Press. Champaign, Illinois. 1985.
13. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis 12th Ed. Published by the AOAC, Washington, D.C. 1975.

Recibido: 11-06-1992

Aceptado: 01-06-1993

## Efecto de la adición de harina instantánea de maíz en las características reológicas de la harina de trigo y elaboración de pan III.

*Fernando Martínez B.<sup>1</sup> y Ahmed A. El-Dahs<sup>2</sup>*

Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Dpto. de Biotecnología y Bioingeniería. Alimentos. Facultad de Engenharia de Alimentos e Agrícola. Campinas, Brasil.

**RESUMEN.** Las características de viscosidad evaluadas mediante el uso del viscosímetro mostraron que la adición de harina instantánea de maíz (elaborada por proceso hidrotérmico) a la harina de trigo en niveles crecientes de hasta 25% redujo el pico de viscosidad máxima durante el ciclo de calentamiento, mientras que la viscosidad máxima durante el ciclo de enfriamiento fue aumentada. La absorción de agua de las mezclas determinada con el empleo del farinógrafo aumentó progresivamente a medida que fue aumentado el porcentaje de harina instantánea en la mezcla. Los valores de extensibilidad de la masa, la resistencia máxima y los valores de área utilizando el extensógrafo, fueron reducidos con la incorporación creciente de la harina de maíz, sin embargo, la resistencia a la extensión y el número proporcional fueron aumentados. Los panes elaborados con mezclas de harina instantánea-harina de trigo, presentaron mayor peso con una ligera reducción en el volumen, color y textura de la miga en relación al pan elaborado con harina de trigo.

**SUMMARY.** Effect of addition of instant corn flour in rheological characteristics of wheat flour and breadmaking. III. The instant corn flour prepared by the hydrothermal process using corn grits soaked in water at room temperature (28-30°C) for 5 hours and steaming for 1 minute at 118°C presented characteristics similar to that of flours prepared with grits soaked in water at temperature higher than room temperature and different steaming time (5 and 15 minutes). The addition of instant corn flour up to a 25% mixture with wheat flour reduced the peak of maximum viscosity during the heating cycle; however, the final viscosity during the cooling cycle was increased. The water absorption was increased with the increase of substitution in the level of wheat flour. Extensibility, maximum resistance and values of area were reduced with an increase in the level of instant corn flour in the mixture. However, extension resistance and proportional number were increased. Bread prepared from a mixture of instant corn flour and wheat flour showed higher weight with low loaf volume, color and texture of the crumb related to bread wheat.

### INTRODUCCION

Diversas investigaciones han sido realizadas asociadas con la parcial o total substitución de harina de trigo por harina o almidón de otras fuentes para la producción de pan (1,2,3,4), siendo establecida una reducción gradual del gluten en las mezclas lo que conduce a un bajo potencial de panificación.

En algunos países de América Central y América del sur, niveles de 15 ó 20% de harina de maíz son usados en mezclas con harina de trigo para reducir las importaciones de trigo y aprovechar la producción local de maíz (6). Diversos estudios (6,7,8,9,10) han sido publicados con respecto a la posibilidad de adición de harina instantánea de maíz como substituto parcial de harina de trigo en panificación, preparación de pasteles, galletas y pastas alimenticias. Uno de los objetivos fundamentales en la substitución de harina de trigo para elaborar productos de panificación es establecer el nivel apropiado, sin ocasionar cambios significativos en la calidad del producto final y sin ajustes considerables en el proceso de elaboración (5). El uso de harinas compuestas en la elaboración de diversos productos ha sido revisado exhaustivamente

1 Profesor Investigador CINVESTAV. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Dpto. de Biotecnología y Bioingeniería. Alimentos. Apdo. Postal 14-740 México, D.F. C.P. 07000.  
2 Profesor Investigador Facultad de Engenharia de Alimentos e Agrícola. FEAA, UNICAMP, C.P. 13.100 Campinas, São Paulo, Brasil.

por De Ruyter (5). El presente trabajo presentó como objetivos fundamentales evaluar el efecto de la adición de la harina instantánea de maíz en las características reológicas de la harina de trigo y elaboración de pan.

### MATERIALES Y METODOS

**Materia prima.** En la elaboración de harina instantánea se emplearon grits de maíz denominados comercialmente quirera 01, obtenido de la empresa Minasa, S.A., Campinas, São Paulo, Brasil. Para el estudio de las características reológicas de las mezclas y elaboración de pan se utilizó harina de trigo (variedad Galvez, liberada en México).

Para la obtención de harina instantánea de maíz se utilizaron grits de maíz macerados a temperatura de 28-30°C durante 5 horas y tratamiento térmico con vapor a 118°C (1.94 kg/cm<sup>2</sup>) por 1 minuto.

**Métodos.** La harina de maíz instantánea fue adicionada a la harina de trigo en porcentaje de 5, 10, 15, 20 y 25%, mezclando las harinas durante 15 minutos a 80 rpm, usando el mezclador planetario de la Brabender. La humedad de los grits y las propiedades reológicas de la masa (farinogramas, extensogramas y amilogramas) se analizaron de acuerdo con los métodos de AACC (11), en el caso de las harinas se usó el Semi-automatic Moisture Tester Brabender a 130°C durante 1 hora. La elaboración de pan se llevó a cabo utilizando el método de masa directa (11). El volumen del pan fue determinado usando un medidor de volumen, basado en el desplazamiento de la semilla (colza). El volumen desplazado por el pan es directamente proporcional al volumen del mismo. La determinación fue realizada 1h después de salir del horno. El color y textura de la miga fueron realizados visualmente con una lámpara especial que consta de una serie de filtros para

evitar la interferencia de sombra. La evaluación de cada pan se realizó en base a una escala hedónica, elaborada con un testigo considerado de excelentes características, existiendo la posibilidad de que alguno de estos panes supere al testigo, llevándose a cabo comparaciones de medias de Duncan.

### RESULTADOS Y DISCUSION

Resultados de los amilogramas determinados mediante el uso del viscoamilógrafo Brabender. Los valores obtenidos en los amilogramas de las mezclas de harina de trigo con 5, 10, 15, 20 y 25% de harina de maíz se presentan en la Tabla 1. La temperatura inicial de gelatinización, temperatura de viscosidad máxima y el rango de gelatinización permanecieron casi constantes en niveles de hasta 25%. Las viscosidades máxima y mínima a temperatura constante de 95°C y la viscosidad máxima en el ciclo de enfriamiento sufrieron un incremento con la adición de niveles crecientes de harina de maíz. La adición de harina instantánea de maíz a la harina de trigo (Tabla 2) no afectó los valores de temperatura inicial de gelatinización, temperatura de viscosidad máxima y rango de gelatinización, sin embargo, se presentó una reducción gradual en los valores de las viscosidades máxima y mínima durante el ciclo de temperatura constante a 95°C a medida que fue aumentado el nivel de harina instantánea en la mezcla. Los valores de viscosidad máxima durante el ciclo de enfriamiento a 50°C fueron aumentando, ocurriendo una reducción parcial a medida que aumentó el nivel de sustitución. De acuerdo con los resultados obtenidos, la adición separada de harina de maíz y harina instantánea a la harina de trigo no afectaron los valores de temperatura inicial de gelatinización, temperatura de viscosidad máxima y rango de gelatinización.

TABLA 1  
EFECTOS DE LA ADICION DE HARINA DE MAIZ EN LAS CARACTERISTICAS DE LOS AMILOGRAMAS DE LA HARINA DE TRIGO

Característica	Harina de maíz (%)						
	0	5	10	15	20	25	100
Temperatura inicial de gelatinización (°C)	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	62.0	58.0
Temperatura de viscosidad máxima (°C)	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	66.6
Rango de gelatinización (°C)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	29.0	8.6
Viscosidad máxima (U.A.)	500	480	470	410	340	330	200
Viscosidad mínima a temperatura constante de 95°C (U.A.)	320	340	340	320	290	280	210
Viscosidad máxima en el ciclo de enfriamiento a 50°C (U.A.)	920	960	950	940	940	930	680

TABLA 2  
EFECTOS DE LA ADICION DE HARINA DE MAIZ INSTANTANEA EN LAS CARACTERISTICAS DE  
LOS AMILOGRAMAS DE LA HARINA DE TRIGO

Característica	Harina de maíz (%)						
	0	5	10	15	20	25	100
Temperatura inicial de gelatinización (°C)	61.0	60.0	60.0	60.0	61.0	62.0	58.0
Temperatura de viscosidad máxima (°C)	91.0	90.0	90.0	91.0	91.0	91.0	68.0
Rango de gelatinización (°C)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	10.0
Viscosidad máxima (U.A.)	500	525	535	543	550	560	440
Viscosidad mínima a temperatura constante de 95°C (U.A.)	320	330	360	375	390	410	325
Viscosidad máxima en el ciclo de enfriamiento a 50°C (U.A.)	920	980	970	960	960	950	700

n=2

Resultados de los farinogramas determinados mediante el uso del farinografo Brabender. En la mezcla de trigo existe inicialmente la formación de una masa de grumos con poca cohesión. Gradualmente a medida que esa cohesión va en aumento la masa va desarrollando características elásticas hasta quedar suave y con una apariencia más seca. La ocurrencia de esas propiedades deseables se denomina desarrollo de la masa. Continuando el mezclado, la masa va perdiendo sus propiedades de elasticidad, resultando una masa extensible y pegajosa. Esa pérdida gradual de las características deseables en una masa, así como también las características de desarrollo de la masa son registradas mediante el farinografo (11). En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos en las mezclas de

harina de trigo con niveles de 5 a 25% de harina de maíz. La absorción de agua aumentó progresivamente con el aumento del porcentaje de harina de maíz en la mezcla. El tiempo de llegada y el tiempo de desarrollo de la masa también se incrementaron ligeramente, presentando esta última un aumento pronunciado con la adición de 25%. La estabilidad de una masa está relacionada con la calidad proteínica de la harina, una mayor estabilidad indica mayor resistencia al mezclado y mejor calidad proteínica. Con el aumento de harina de maíz en la harina de trigo la estabilidad y el tiempo de salida fueron disminuidos. Resultados similares fueron reportados por Navickis y Nelsen (12).

TABLA 3  
EFECTOS DE LA ADICION DE HARINA DE MAIZ EN LAS CARACTERISTICAS DE LOS  
FARINOGRAMAS DE LA HARINA DE TRIGO

Característica	Harina de maíz (%)					
	0	5	10	15	20	25
Absorción de agua (°C)	66.0	67.0	68.0	67.5	67.9	68.3
Tiempo de llegada (min)	0.5	1.0	1.0	1.5	1.5	5.5
Tiempo de desenvolvimiento (min)	2.0	3.0	2.5	2.5	3.5	10.0
Tiempo de salida (min)	11.0	10.5	8.5	8.0	9.0	7.5
Indice de tolerancia (U.F.)	5.0	20.0	20.0	25.0	25.0	25.0
Lectura del valorímetro (U.F.)	54.0	54.0	50.0	50.0	48.0	54.0

n=2

Se observaron aumentos sensibles de los valores de índice de la tolerancia a la mezcla con la adición de harina de maíz. Las lecturas del valorímetro permanecieron constantes con ligeras variaciones. Los resultados obtenidos con la adición de harina instantánea de maíz son presentados en la Tabla 4. Se obtuvo un aumento progresivo en la absorción de agua con la adición de harina instantánea. El tiempo de llegada, tiempo de desarrollo de la masa, estabilidad al mezclado y el tiempo de

salida fueron aumentados, presentando los más altos valores con niveles de 20 y 25%. El índice de tolerancia al mezclado y las lecturas del valorímetro mostraron resultados gradualmente mayores con el aumento del porcentaje de harina instantánea. El tiempo de desarrollo de la masa permaneció poco alterado con la adición de niveles de hasta 15% aumentando a niveles mayores.

TABLA 4  
EFECTOS DE LA ADICION DE HARINA DE MAIZ INSTANTANEA EN LAS CARACTERISTICAS DE LOS FARINOGRAMAS DE LA HARINA DE TRIGO

Característica	Harina de maíz (%)					
	0	5	10	15	20	25
Absorción de agua (°C)	66.0	67.5	69.5	71.4	72.5	73.5
Tiempo de llegada (min)	0.5	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5
Tiempo de desenvolvimiento (min)	2.0	3.0	3.0	3.0	8.5	18.5
Estabilidad (min)	11.0	12.5	13.5	15.0	17.5	26.0
Tiempo de salida (min)	11.5	13.5	12.0	16.5	19.0	27.5
Índice de tolerancia (U.F.)	5.0	15.0	18.0	20.0	20.0	20.0
Lectura del valorímetro (U.F.)	54.0	54.0	54.0	60.0	60.0	60.0

n=2

Resultados de los extensogramas determinados mediante el uso del extensógrafo. Este equipo registra la fuerza de resistencia a la extensión de la masa hasta su ruptura en relación a la elasticidad de la misma, denominada extensibilidad de la masa. La formación de gluten debido a la mezcla de agua y harina de trigo, ocurre debido a la hidratación de las proteínas insolubles en agua presentes en la harina. La calidad tecnológica del gluten es evidenciada por la extensibilidad y resistencia a la extensión, dependientes en gran parte del número y de las fuerzas de enlaces cruzados entre las moléculas de proteína. Los enlaces de hidrógeno y de azufre desempeñan gran importancia para la formación de la estructura del gluten.

El efecto de la adición de harina de maíz en las características de extensión de la masa de harina de trigo es presentado en la Tabla 5. La adición de harina de maíz en niveles crecientes provocó una reducción de los valores de extensibilidad. La resistencia a la extensión y la resistencia máxima de la masa no fueron afectadas con la adición de hasta 20% de harina de maíz, ocurriendo un aumento con la sustitución de 25%. Con el aumento del porcentaje de harina de maíz en la mezcla los valores de área fueron disminuyendo, no obstante el aumento del número proporcional, mostrando el debilitamiento de la red de gluten y posiblemente la interferencia de fibra con la formación de la red de gluten (12). Los resultados obtenidos en el extensógrafo de las diferentes sustituciones de harina instantánea en la harina de trigo son mostrados en la Tabla 6.

Con el aumento del porcentaje de harina instantánea la extensibilidad se redujo para los tres diferentes tiempos de reposo. Los valores de resistencia a la extensión fueron aumentando con una mayor incorporación de la harina instantánea. La resistencia máxima fue poco afectada, el número proporcional fue aumentado, no obstante, ocurrió una reducción en el área total del extensograma con la adición de harina instantánea.

Prueba de panificación. Los panes preparados con mezclas de harina instantánea-harina de trigo presentaron un mayor peso, a media que se incrementó el nivel de sustitución. Estos resultados obtenidos fueron mayores en relación a los obtenidos por Defloor y Delcour (13) quienes obtuvieron una menor absorción de agua y peso de los panes de las mezclas trigo-harina de yuca, lo que confirma los resultados obtenidos en la absorción de agua determinada en los farinogramas. El volumen y volumen específico de los panes se redujeron ligeramente con la adición de niveles crecientes de harina de maíz y harina instantánea a la harina de trigo, no obstante se obtuvieron mayores volúmenes en los panes elaborados con mezclas harina instantánea-harina de trigo, resultados similares fueron obtenidos por Defloor y Delcour (13), comportamiento que puede ser atribuido a la dilución del gluten de harina de trigo, lo que también confirma los resultados obtenidos en la extensibilidad de la masa obtenidos a través de los extensogramas, con una reducción en la extensibilidad y

aumento de la resistencia a la extensión. El color de la miga en general fue de amarillo crema, debido a que se usó un maíz de color amarillo con lo cual los pigmentos presentes en esta materia prima afectaron ligeramente el color de la miga. La textura de la miga fue mejor en los panes elaborados con mezclas de harina instantánea-harina de trigo. Los resultados obtenidos corroboran lo reportado por Matthews *et al* (6)

quienes determinaron que el grado de gelatinización y el nivel de sustitución de harina de trigo por harina pre-gelatinizada de maíz ocasionan alteraciones en las propiedades reológicas de la masa, sin embargo no afectan las características del pan, concluyendo la viabilidad de emplear harina pre-gelatinizada de maíz en la elaboración de pan, resultados similares fueron obtenidos por Bar (7).

TABLA 5  
EFECTO DE LA ADICION DE HARINA DE MAIZ EN LAS CARACTERISTICAS DE LOS EXTENSOGRAMAS DE LA HARINA DE TRIGO

	Harina instantánea %																	
	0			5			10			15			20			25		
	Tiempo de reposo (min)																	
	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135
E	222	206	225	203	200	190	191	194	186	184	180	176	170	160	156	153	139	146
R	250	290	270	275	310	310	270	280	300	275	285	305	280	320	310	290	345	330
RM	410	480	470	400	470	475	415	460	515	405	450	520	400	470	460	350	430	450
D	1.1	1.4	1.2	1.3	1.5	1.6	1.4	1.4	1.6	1.5	1.5	1.6	1.6	2.0	1.9	1.9	2.4	2.2
A	114	122	133	107	119	126	101	112	117	95	100	114	85	93	85	71	75	81

n= 2

E: Extensibilidad (min)  
R: Resistencia a la extensión (U.E.)  
RM: Resistencia máxima (U.E.)  
D: Número proporcional (D=R/E)  
Area Total (cm<sup>2</sup>)

TABLA 6  
EFECTO DE LA ADICION DE HARINA INSTANTANEA EN LAS CARACTERISTICAS DE LOS EXTENSOGRAMAS DE LA HARINA DE TRIGO

	Harina instantánea %																	
	0			5			10			15			20			25		
	Tiempo de reposo (min)																	
	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135
E	222	206	225	203	200	190	191	194	186	184	180	176	170	160	156	153	139	146
R	250	290	270	275	310	310	270	280	300	275	285	305	280	320	310	290	345	330
RM	410	480	470	400	470	475	415	460	515	405	450	520	400	470	460	350	430	450
D	1.1	1.4	1.2	1.3	1.5	1.6	1.4	1.4	1.6	1.5	1.5	1.6	1.6	2.0	1.9	1.9	2.4	2.2
A	114	122	133	107	119	126	101	112	117	95	100	114	85	93	85	71	75	81

n= 2

E: Extensibilidad (min)  
R: Resistencia a la extensión (U.E.)  
RM: Resistencia máxima (U.E.)  
D: Número proporcional (D=R/E)  
Area Total (cm<sup>2</sup>)

TABLA 7  
EVALUACION DE LA CALIDAD DE PAN ELABORADO CON MEZCLAS DE HARINA DE MAIZ-HARINA DE TRIGO Y HARINA INSTANTANEA DE MAIZ-HARINA DE TRIGO

Características	Harina de maíz %						Harina instantánea %					
	0	5	10	15	20	25	0	5	10	15	20	25
Peso (g)	150	151	154	150	151	151	150	154	153	157	155	160
Volumen (cm <sup>3</sup> )	930	800	870	875	925	815	930	925	926	927	928	928
Volumen esp. (cm <sup>3</sup> /g)	6.2	5.3	5.6	5.8	6.1	5.4	6.2	6.0	6.0	5.9	6.0	5.8
Color miga	10c	9ac	9ac	9ac	10c	9ac	10ac	9ac	9ac	9ac	9ac	10c
Textura	10E	8B	8B	9MB	8B	8B	10E	9MB	9MB	8B	8B	8B

n= 2

E: Excelente C: crema  
MB: Muy Buena A: amarillo  
B: Buena  
R: Regular  
P: Pobre

### CONCLUSIONES

La adición de harina instantánea de maíz a la harina de trigo en niveles crecientes de hasta 25% aumentó la viscosidad máxima durante el ciclo de enfriamiento. La absorción de agua aumentó progresivamente a medida que se incrementó el porcentaje de harina instantánea en la mezcla. La extensibilidad de la masa, la resistencia máxima y los valores de área se redujeron con la incorporación creciente de la harina de maíz. Los panes elaborados con mezclas de harina instantánea-harina de trigo presentaron mayor peso con una ligera reducción en el volumen y volumen específico, color y textura de la miga. En general un nivel de sustitución de harina de trigo con harina instantánea de hasta 20% no produjo cambios considerables en las características tecnológicas de los panes elaborados.

### REFERENCIAS

- Hoseney, R.C. Functional properties of pentosans in baked foods. *Food Technol.* 38:114, 1984.
- Satin, M. Bread without wheat. *New Sci.* April 28, pp 56-59. 1988.
- Olatunji, O., and Akinrele, I.A. Comparative rheological properties and bread qualities of wheat flour diluted with tropical tuber and breadfruit flours. *Cereal Chem.* 55:1-6, 1978.
- Almazan, A.M. Effect of casava flour variety and concentration on bread loaf quality. *Cereal Chem.* 67:97-99, 1990.
- De Ruiter, D. Composite flours. In: *Advances in Cereal Sci. and Tech.* Vol II Chapter 5. Y. Pomeranz, ed. Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN, 1981.
- Matheus, R.L.; Sharpe, E.J., and Clark, W.M. Some functional properties of processed corn meal as related to use in bread, beverages and porridges. *Cereal Sci. Today* 15:208-210, 1970.
- Bar, W.H. Processamento de farinha de milho pré-gelatinizada seu emprego e resultados em panificação. *Coletânea do ITAL* 3:351. Campinas, S.P. Brasil, 1970.
- Leitão, R.F., Vitti, P., Angelucci, E., e Tango, J.S. Farinha de milho pré-gelatinizada em pastas alimenticias. *Coletânea do ITAI* 325-366. Campinas, S.P. Brasil, 1970.
- Molina, M.R., Mayorga, I., Lachance, P. A., and Bressani, R. Production of high-protein quality paste products using a semolina-corn-soy flour mixture. II. Some physicochemical properties of the untreated and heat-treated corn flour and of the mixtures studied, *Cereal Chem.* 53:134-140, 1976.
- Vitti, P. Emprego de farinha pré-gelatinizada em bolo e bolacha, *Coletânea do ITAL* 3:293-311. Campinas, S.P. Brasil, 1969.
- American Association of Cereal Chemists. *Approved Methods of the AACC.* The Association: St. Paul, MN, 1983.
- Navickis, L.L., and Nelsen, C.T. Mixing and extensional properties of wheat flour dough with added corn flour, fibers, and gluten. *Cereal Foods World.* 37:30-35, 1992.
- De Floor, I., Nys, M. and Delcour, A.J. Wheat starch, cassava starch, and casava flour impairment of the breadmaking potential of wheat flour. *Cereal Chem.* 70:526-529, 1993.

Recibido: 11-06-1992

Aceptado: 01-06-1993

## Notas

### **Decimocuarto Congreso de la Asociación Internacional para la Ciencia y Tecnología de los Cereales**

A celebrarse en La Haya, Holanda, entre el 5 y el 9 de Junio de 1994, este Congreso ha seleccionado como lema: «La calidad de los cereales en un mundo cambiante: Ciencia y Tecnología de los cereales para materias primas de alta calidad, procesos y productos». Entre los temas a tratar figuran biotecnología de selección, procesos, metodología, nutrición, tecnología panadera para el año 2000 y aplicaciones no alimentarias de los cereales.

Secretaría:

Ms. Flora de Vrijer  
c/o TNO Nutrition and Food Research  
P.O. Box 360  
3700 AJ Zeist  
HOLANDA  
Fax: 31 3404 57224

### **SIGLOS. Sistemas de Información para la Gerencia Local de la Salud.**

Este curso está auspiciado por el INCIENSA y por LIVERPOOL Escuela de Medicina Tropical y patrocinado por la Administración del Desarrollo de Ultramar del Reino Unido. Por medio de discusiones grupales y demostraciones de expertos, prácticas de campo, análisis de datos en el laboratorio de microcomputadoras y estudios e intercambio de experiencia con colegas de otros países, se capacitará al alumno para entre otros aspectos: Identificar necesidades de salud y grupos de riesgo, aplicar tecnología computacional, analizar la situación epidemiológica local y tomar decisiones estratégicas.

Para mayor información dirigirse a:

SIGLOS  
Apartado 4-2250, Tres Ríos  
COSTA RICA, C.A.  
Fax: (506) 79-5546

## Nuevos Libros

### **La Agricultura. Componente Básico del Sistema Alimentario Venezolano.**

Edgar Abreu O., Alejandro Gutierrez, Humberto Fontana N., Rafael Cartay, Luisa E. Molina, Alfredo van Kesteren y Miguel Guillory. Fundación Polar. Primera Edición. Editorial Arte. Caracas, 1993. 432 págs.

Tal como lo expresa la Sra. Leonor Giménez de Mendoza, presidenta de la Fundación Polar, en su presentación: «Este estudio se inscribe dentro de un esfuerzo que, por años, la Fundación Polar ha venido desarrollando sostenidamente y sin pausas, en relación al tema agro-alimentario, con plena conciencia de su trascendencia y de la necesidad de unir voluntades para abordarlo». Esta publicación de 30 x 21,5 cm representa el trabajo realizado por un grupo de profesionales de la Fundación Polar y de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de los Andes y entrega en 6 capítulos el siguiente contenido: I. Introducción. II. La agricultura: Componente fundamental del abastecimiento alimentario. III. La evolución reciente de la agricultura venezolana. IV. Los principales rubros de producción en la agricultura venezolana. V. Factores determinantes y «Grandes Temas» de la agricultura venezolana. (Los entornos de la agricultura venezolana. Tierra. Población y calidad de vida en el medio rural. Capital e inversión en la agricultura venezolana. Políticas generales y sectoriales. La tecnología en la agricultura venezolana. La organización institucional de la agricultura. Ingreso de los productores y rentabilidad del negocio agrícola). VI. Una mirada al futuro. La sección de Bibliografía, dispuesta en orden alfabético, comprende 208 citas. Se trata de un libro bastante completo sobre un tema vasto, polémico y al mismo tiempo fundamental para la prosperidad y seguridad del país. Lo conceptuamos de lectura provechosa no solo para Venezuela sino en otros países de América Latina.

José Félix Chávez Pérez

### **Food and Nutrition Policies and Programs in Chile: A Successful Experience.**

Sergio Valiente, Betty Avila, Gloria Valiente, Sofia Valenzuela, Alfredo Robledo. Impresora Creces Ltda. Santiago, Chile. 1993. 514 pags.

Este libro conformado por trabajos seleccionados del material de discusión correspondiente al Curso Internacional en Políticas y Programas de Alimentos y Nutrición ofrecido en 1992, conmemora los 500 años del descubrimiento de América (1492-1992) y los 150 años de la Universidad de Chile (1842-1992). Presentado por el Dr. Sergio Valiente y con un prólogo del Dr. Fernando Monckeberg, ambos Profesores del INTA y el último, Director de esta institución, el libro recoge en sus 47 artículos la experiencia chilena en problemas y programas de alimentación y nutrición en los últimos 20 años. El Capítulo I «Situación alimentaria y nutricional y factores condicionantes», comprende 21 artículos publicados entre 1980 y 1992 e incluye trabajos sobre política económica, nutrición y agricultura, lactancia materna, encuestas nutricionales en escolares, diarrea, obesidad, nutrición de la tercera edad y políticas alimentarias. El Capítulo II «Políticas y Programas de Alimentación y Nutrición en Chile» integrado por 14 artículos, cubre experiencias de intervención nutricional, atención materno infantil, malnutrición y mortalidad, programas de complementación nutricional, centros de recuperación, fortificación de alimentos con hierro y mezclas de proteínas vegetales. El Capítulo III lleva por nombre «Vigilancia alimentaria y nutricional en Chile» con 5 artículos y expone la experiencia chilena sobre estos aspectos y las acciones puestas en práctica. Finalmente el Capítulo IV «Papel de las Universidades en Políticas y Programas Chilenos de Alimentación y Nutrición: El caso INTA» con 7 trabajos, informa sobre el Instituto Nacional de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Chile, sus programas de maestría, de entrenamiento y cursos internacionales en políticas alimentarias y nutricionales, para finalizar con la experiencia chilena en la integración de políticas nacionales de alimentos, nutrición y salud. Las últimas secciones de la obra «Logros y Retos» y «Mensajes de los chilenos» sintetizan en un corto espacio toda una problemática, experiencia positivas y plantean una visión a futuro de la realidad alimentaria y nutricional de la región. Se puntualiza igualmente el hecho -a nuestro juicio clave- de que

las metas alcanzadas han sido producto de la continuidad de los programas, sin importar los cambios de gobierno, durante al menos tres décadas de esfuerzos ininterrumpidos. Se entregan finalmente las 47 citas bibliográficas completas. En resumen se trata de un libro valioso que recopila un extenso y variado material de suma utilidad en toda biblioteca de consulta.

José Félix Chávez Pérez

#### **Fogones y cocinas tradicionales de Venezuela.**

Cecilia Fuentes y Daría Hernández. Ediciones CAVENDES. Editorial Arte, Caracas 1993. 112 págs.

Este hermoso libro de fina y delicada presentación recoge en sus páginas un minucioso seguimiento de lo que ha sido la tradición culinaria y gastronómica iberoamericana y abarca una gama de temas que van desde las antiguas culturas hasta la gastronomía criolla con sus respectivas influencias españolas, africanas y amerindia. Ilustrado con numerosas láminas en blanco y negro y variadas fotos a todo color, el contenido del libro es como sigue: I. Introducción. II. Breve recuento histórico sobre las formas de preparación y consumo de alimentos. III Cocina y tradición. IV Cocinas al modo del país. V. Siglo XX. Cocinas. Combustibles. Instalaciones de la cocina. Utensilios. Las cocineras. VI. Grupos indígenas de Venezuela. Alimentación, métodos de cocción y conservación. Utensilios tradicionales de cocina. VII. Bibliografía. En resumen una bella y útil obra de consulta sobre el tema, que se sale de lo corriente.

José Félix Chávez Pérez

#### **Necesidades de Energía y Nutrientes. Recomendaciones para la Población Venezolana, Revisión 1993.**

Publicación Nº 48. Serie de Cuadernos Azules. Instituto Nacional de Nutrición y Fundación CAVENDES. Editorial Refolit C.A. Caracas 1993. 48 págs.

Esta publicación preparada conjuntamente entre el Instituto Nacional de Nutrición y la Fundación Cavendes, sustituye al Cuaderno Azul Nº 45 «Requerimientos de Energía y de Nutrientes de la Población Venezolana» (Documento provisional. 1985), elaborado por el I.N.N. Los cambios más importantes en esta revisión se refieren a las calorías, proteínas, hierro y vitaminas A y C, cuyos niveles promedio para la población, son ahora 2.200; 50 g; 11 mg; 800 ER y 55 mg respectivamente. Los demás nutrientes tienen pocas modificaciones en relación a los requerimientos establecidos en años anteriores. Se incluyen en esta revisión aspectos relacionados a las recomendaciones de consumo para grasa (totales, saturadas, polinsaturadas y monoinsaturadas), colesterol, hidratos de carbono, sal y fibra, consideradas en el establecimiento de metas nutricionales analizadas en el llamado «Informe de Caracas» (UNU-Fundación CAVENDES. Metas Nutricionales y Guías de Alimentación para América Latina. Bases para su desarrollo. Caracas 1988). Publicado con fines docentes y para el uso de profesionales en el campo de ciencias de salud, agronomía y otras, este documento entrega además un breve análisis de la situación alimentaria y nutricional del país, como fundamento de las nuevas recomendaciones nutricionales.

José Félix Chávez Pérez

## Indice General del Volumen 43 - 1993

<b>EDITORIALES</b> .....	5, 93,276	
<b>ARTICULOS GENERALES:</b>		
<b>Consideraciones sobre crecimiento, somatomedina y nutrición.</b> Julio Tirapegui, Sandra Eri Fukushima y Gustavo Grimaldi .....	94	
<b>Procesamiento artesanal de productos agrícolas: métodos de evaluación de factibilidad.</b> Gregory J. Scott y José E. Herrera .....	105	
<b>Nutrificación de alimentos con énfasis en el agregado de micronutrientes a la harina de trigo.</b> Guillermo Arroyave .....	186	
<b>TRABAJOS DE INVESTIGACION:</b>		
<b>Nutrición Humana</b>		
<b>Influencia del status en hierro en la atención y rendimiento intelectual de un colectivo de adolescentes españoles.</b> Rosa María Ortega, María González-Fernández, Luz Paz, Pedro Andrés, Luis Miguel Jiménez, María Jesús Jiménez, Marcela González-Gross, Ana María Requejo, María Jesús Gaspar.....		6
<b>Situación alimentaria de escolares en relación con condición social. Córdoba, República Argentina.</b> Lucía Batrouni, Alicia Navarro, Jacobo Sabulsky, Silvia Fanto y Angela Rodríguez.....	12	
<b>Vitamin C load test in elderly subjects.</b> Rosemary M. Pinto, María Do Rosario D.L. Unamuno, Margareth M.P. Rodrigues, J. Ernesto dos Santos, J. Sergio Marchini and J.E. Dutra de Oliveira .....	20	
<b>Equilibre des oligoelements chez l'enfant phenylcetonurique traite. Consequences de la carence en selenium sur la peroxidation lipidique.</b> Berenice Cunha Wilke, Michel Vidailhet, Marie Jeanne Richard, Veronique Ducros, Josianne Arnaud et Allain Favier .....	119	
<b>Interacción madre-hijo y conducta del niño en preescolares con antecedentes de anemia por deficiencia de hierro en la infancia.</b> Isidora De Andraca Oyarzún, Isabel Salas Aliaga, Alicia de la Parra Cieciciwa y Beatriz González López .....	191	
<b>Indice subescapular/tricipital: Valores percentilares en niños y adolescentes cubanos.</b> Emilio Martínez, Mayra Devesa, Jorge Bacallao y Manuel Amador .....	199	
<b>Metodología de atención de niños con fenilcetonuria (FC) y enfermedad de la orina con olor a miel de arce (EOMA).</b> Zulema Jiménez Soto.....	204	
<b>Listas de intercambio de alimentos para usar en la fenilcetonuria y en la enfermedad de la orina con olor a miel de arce.</b> Zulema Jiménez Soto .....	211	
<b>A metabolic unit for studies on human nutrition.</b> Claudia P. Sánchez Castillo and W. Philip T. James .....	277	
<b>Nutrición Animal</b>		
<b>Tiempo mínimo para detectar calidad proteica usando indicadores del catabolismo proteico en pollos.</b> Patricia Vit, Anna M. Cioccia, Odoardo Brito y Patricio Hevia .....	286	
<b>Effects of Bermuda Grass (<i>Cynodon dactylon cv coast cross</i>) and rice hulls on growth performance of 30 day-old weaned rabbits.</b> Martín Gierus, Joao B.T. Rocha, Marson B. Warpechowski and Romeo E. Riegel.....	294	

**Bioquímica Nutricional**

<b>Comparative effects of rose hip and corn oils on biliary and plasma lipids in rats.</b> Mariane Lutz, Mauricio Torres, Patricia Carreño and Iris González .....	23
<b>Algunos condicionantes dietéticos en la colesterolemia de un colectivo de adolescentes.</b> María González Fernández, Rosa María Ortega Anta y Olga Moreiras Tuni .....	28
<b>Exclusión del ácido alfa-linolénico de la dieta de la rata durante varias generaciones.</b> <b>I efecto en la reproducción y crecimiento postnatal.</b> Julia Araya A. y Ana Cagalj K.....	123
<b>Crecimiento y dimorfismo sexual de escolares según la ocupación paterna.</b> Andrés Guillermo Bolzan, Luis Manuel Guimarey y Héctor Mario Pucciarelli .....	132
<b>Effects of cassava bread supplementation on energy intake of rats.</b> Mercedes Schnell, M.E. Carvajal and B. Anchustegui .....	217

**Ciencias de Alimentos**

<b>Elaboración de harinas procesadas de semilla de gandul.</b> Carolina Mueses, Leonardo de León, Jorge Matute, Ricardo Bressani .....	33
<b>Estudios sobre la posibilidad de aplicación de la harina de gandul en productos elaborados a base de arroz o harina de trigo.</b> Carolina Mueses, Leonardo de León y Ricardo Bressani.....	41
<b>Mejoramiento de la calidad proteínica del sorgo reventado con grano de soya.</b> Ricardo Bressani y Edgar Tuna .....	46
<b>Desarrollo de una fórmula médica a partir de un concentrado proteínico de garbanzo (Cicer arietinum).</b> José Armando Ulloa y Mauro E. Valencia.....	50
<b>Evaluación de la calidad de un producto deshidratado en base a papa (<i>Solanum tuberosum</i>), lupino (<i>Lupinus mutabilis</i>) y huevo.</b> Patricia Glorio Paulet y Zelmira Reynoso Zárate.....	55
<b>Evolução dos fenólicos totais e taninos condensados (Proantocianidinas) durante o desenvolvimento das sementes do feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)</b> José Virgílio Coelho e Franco Maria Lajolo.....	6
<b>Insoluble dietary fiber of grain food legumes and protein digestibility.</b> María Heidi Marques Méndez, Sandra Casa Nova Derivi, María Leonor Fernández y Andrea Marcia Gomes de Oliveira .....	66
<b>Effect of succinylation of oil palm protein concentrates on its functional properties.</b> Emperatriz Pacheco de Delahaye .....	157
<b>Formulación y evaluación de una bebida a base de leche completa y harina de arroz precocida.</b> Belkis Guaipo, Mariela Calderón y María T. Laprea .....	161
<b>Elaboración y evaluación de alimentos infantiles con base en cultivos andinos.</b> Ritva Repo Carrasco y Nina Li Hoyos .....	168
<b>Maíz peruano de alta calidad proteica: Digestibilidad y utilización en niños malnutridos.</b> Enrique Morales y George G. Graham.....	176
<b>Estudio sobre la elaboración de ensilado microbiano a partir del pescado eviscerado.</b> Rafael Bello, Elizabeth Cardillo y Raúl Martínez.....	221
<b>Estudio del efecto de la adición de frutas tropicales piña (<i>Ananás comosus</i>) y lechoza (<i>Carica papaya</i>) en la elaboración del ensilado biológico del pescado.</b> Rafael Bello, Elizabeth Cardillo y Raúl Martínez.....	228
<b>Sustitución de bromato de potasio por ácido ascórbico en la elaboración de pan francés.</b> Xiomara Corrales, Marisa Guerra, Marisela Granito y Julián Ferris .....	234
<b>Desarrollo de confites proteicos a base de soya para deportistas.</b> E. Wittig de Penna, A. Bunger, M. Sansur, L. López, R. Santana.....	241
<b>Extracción y caracterización de las zeínas del grano de diez cultivares de maíz.</b> Ligia Ortiz de Bertorelli .....	248
<b>The tortilla making properties of two improved maicillo cultivars from Honduras.</b> S.O. Serna-Saldivar, M.H. Gómez, F. Gómez, D. Meckenstock, C. Cossette and L.W. Rooney.....	299

<b>Evaluación nutricional de cultivares nativos de Camote (<i>Ipomoea batata</i> (L) Lam), para su utilización en la forma de rallado como sustituto parcial de trigo en panificación.</b>	
Haydeé Cárdenas, Juan Kalinowski, Zózimo Huamán y Gregory Scott.....	304
<b>Elaboración de harina instantánea de maíz por proceso hidrotérmico I.</b>	
I. Fernando Martínez B y Ahmed A. El-Dahs .....	310
<b>Características químicas y usos de harina, instantánea de maíz II.</b>	
Fernando Martínez B. y Ahmed A. El-Dahs.....	316
<b>Efecto de la adición de harina instantánea de maíz en las características reológicas de la harina de trigo y elaboración de pan III.</b> Fernando Martínez B y Ahmed A. El-Dahs.....	321
<b>Vigilancia Nutricional</b>	
<b>Crecimiento en escolares de villa IAPI (Quilmes, Buenos Aires, Argentina).</b>	
Luis M. Guimarey, Francisco R. Carnese, Luisa V. Pinotti, Héctor M. Pucciarelli y Alicia S. Giocoechea .....	139
<b>Desnutrición grave precoz y desarrollo psicomotor. Efectos de un programa de rehabilitación.</b>	
Marta Colombo, Isabel López e Isidora De Andraca .....	146
<b>Evaluación calórica nutricional del menú servido a la comunidad Universitaria de la Universidad Nacional de San Luis, República Argentina.</b> Ascar José M., Molíns de Pedernera M., Moyano de Pringles G., Guardia Calderón C., Rodríguez de Farabelli N. y Luconi de Romero M. Piola H.....	151
<b>LATIN FOODS: COMPOSICION DE ALIMENTOS:</b>	
<b>Preparation effects on tortilla mineral content in Guatemala.</b>	
V.M. Krause, H.V. Kuhnlein, C.Y. López Palacios, K.L. Tucker, M. Ruz, N.W. Solomons .....	73
<b>Dietary fiber analysis of cassava using gravimetric methods.</b>	
Carlos Julio Rivera, Andrés G. Gerardi, Ramón Benito Infante, Hernán José Carrasco and Oscar Rodríguez.....	78
<b>Carne de vizcacha (<i>Lagostomus maximus maximus</i> Blainv). Valor Biológico.</b>	
Mirta L de Arellano, Juan M Luco, Silva Fernández, Yolanda Micalizzi, Mónica Fisetti, Julia B. Lucero, Sara Mucciarelli.....	254
<b>Fibra dietética soluble, insoluble y total en cereales, productos derivados de su procesamiento y en productos comerciales a base de cereales.</b> Elba Sangronis y María Alejandra Rebolledo .....	258
<b>Estudio de la composición química de 6 plantas no convencionales del Estado de Oaxaca, México, como recursos potenciales en la alimentación animal.</b>	
Arellano M. L., Carranco J.M., Pérez-Gil R.F., Hernández P.E., Partida I.H., Ripoll S.H. ....	264
<b>NOTAS</b> .....	81, 184, 269, 327
<b>NUEVOS LIBROS</b> .....	328
<b>INFORMACION PARA LOS AUTORES</b> .....	83, 186, 270
<b>INDICE GENERAL DEL VOLUMEN 43, 1993</b> .....	330
<b>INDICE POR AUTORES</b> .....	333
<b>INDICE POR MATERIA</b> .....	338

## Indice por Autores del Volumen 43 - 1993

### A

Amador, Manuel véase Martínez, Emilio .....	199
Anchustegui, Begoña véase Schnell, Mercedes .....	217
Andrés, Pedro véase Ortega, Rosa María .....	6
Araya A., Julia. -Exclusión del ácido alfa-linolénico de la dieta de la rata durante varias generaciones. I Efecto en la reproducción y crecimiento postnatal.....	123
Arellano, Mirta L. de.- Estudio de la composición química de 6 plantas no convencionales del Estado de Oaxaca, México como recursos potenciales en la alimentación animal.....	264
Arellano, Mirta L. de.- Carne de vizcacha ( <i>Lagostomus maximus blain V</i> ) valor biológico.....	254
Arnaud, Josianne véase Cunha Wilke, Berenice .....	119
Arroyave, Guillermo.- Nutrición de alimentos con énfasis en el agregado de micronutrientes a la harina de trigo.....	186
Ascar, José M.- Evaluación calórica nutricional del menú servido a la comunidad universitaria de la Universidad Nacional de San Luis, República Argentina.....	151

### B

Bacallao, Jorge véase Martínez, Emilio .....	199
Batrouni, Lucía.- Situación alimentaria de escolares en relación con su condición social Córdoba, República Argentina .....	12
Bello, Rafael.- Estudio del efecto de la adición de frutas tropicales piña ( <i>Ananás comosus</i> ) y lechosa ( <i>Carica papaya</i> ) en la elaboración del ensilado biológico de pescado.....	228
Bello, Rafael.- Estudio sobre la elaboración de ensilado microbiano a partir de pescado eviscerado.....	221
Bolzan, Andrés Guillermo.- Crecimiento y dimorfismo sexual de escolares según la ocupación paterna .....	132
Bressani, Ricardo.- Mejoramiento de la calidad proteínica del sorgo reventado con grano de soya .....	46
Bressani, Ricardo véase Mueses, Carolina .....	33
Bressani, Ricardo véase Mueses, Carolina .....	41
Brito, Odoardo véase Vit, Patricia .....	286
Bunger, A véase Wittig de Penna, E .....	241

### C

Calderón, Mariela véase Guaipo, Belkis .....	161
Cagalj K, Ana véase Araya A., Julia .....	123
Cárdenas, Haydee.- Evaluación nutricional de cultivares nativos de camote <i>Ipomoea batata</i> (L.) Lam, para su utilización en la forma de rallado como sustituto parcial de trigo en la panificación .....	304
Cardillo, Elizabeth véase Bello, Rafael .....	221
Cardillo, Elizabeth véase Bello, Rafael .....	228
Carnese, Francisco R. véase Guimarey, Luis M .....	139
Carranco J.M. véase Arellano, M.L. ....	264
Carrasco, Hemán José véase Rivera, Carlos Julio .....	78

Carreño, Patricia véase Lutz, Mariane .....	23
Carvajal, M.E. véase Schnell, Mercedes .....	217
Cioccia, Anna M. véase Vit, Patricia .....	286
Coelho, José Virgilio.- Evolucao dos fenólicos totais e taninos condensados (Proantocianidinas) durante o desenvolvimento das sementes do feijao ( <i>Phaseolus vulgaris L</i> ) .....	61
Colombo, Marta.- Desnutrición grave precoz y desarrollo psicomotor. Efectos de un programa de rehabilitación .....	146
Corrales, Xiomara.- Sustitución de bromato de potasio por ácido ascórbico en la elaboración de pan francés .....	234
Cossette, C. véase Serna-Saldivar, S.O. ....	299
Cova, Derivi, Sandra Casa véase Márquez Méndez, María Heidi .....	66
Cunha Wilke, Berenice.- Equilibre des oligoelements chez L' enfant phenylcetonurique traité. Consequences de la carence en selenium sur la peroxidation lipidique.....	119

## D

DaRocha, Joao Batista véase Gierus, Martín .....	294
De Andraca Oyarzún, Isidora véase Colombo, Marta .....	146
De Andraca Oyarzún, Isidora.- Interacción madre-hijo y conducta del niño en preescolares con antecedentes de anemia por deficiencia de hierro en la infancia.....	191
De la Parra Creciwa, Alicia véase De Andraca Oyarzún, Isidora .....	191
De León, Leonardo véase Mueses, Carolina .....	33
De León, Leonardo véase Mueses, Carolina .....	41
Devesa, Mayra véase Martínez, Emilio .....	199
Dos Santos, J. Ernesto véase Pinto Rosemary M. ....	20
Ducros, Veronique véase Cunha Wilke, Berenice .....	119
Dutra de Oliveira, J.E. véase Pinto, Rosemary M. ....	20

## E

El-Dahs, Ahmed A véase Martínez, Fernando .....	310
El-Dahs, Ahmed A véase Martínez, Fernando .....	316
El-Dahs, Ahmed A véase Martínez, Fernando .....	321
Fanto, Silva véase Batrouni, Lucía .....	12

## F

Favier, Allain véase Cunha Wilke, Berenice .....	119
Fernández, María Leonor véase Márquez Méndez, María Haide .....	66
Fernández, Silvia véase Arellano, Mirta L. de .....	254
Fukushim, Sandra Eri véase Trapegui, Julio .....	94

## G

Gaspar, María Jesús véase Ortega, Rosa María .....	6
Gerardi, Andrés G. véase Rivera Carlos Julio .....	78
Gierus, Martín.- Effects of Bermuda Grass ( <i>Cynodon dactylon CV Coast Cross</i> ) and rice hulls on growth performance of 30 day-old weaned rabbits.....	294
Goicoechea, Alicia S. véase Guimarey, Luis M .....	139
Gómez F. véase Serna-Saldivar, S.O. ....	299
Gómez, M.H véase Serna-Saldivar, S.O. ....	299
Gómez de Oliveira, Andrea Marcia véase Márquez Méndez, María Heidi.....	66
González, Iris véase Lutz Mariane .....	23
González Cross, Marcela véase Ortega, Rosa María .....	6

González Fernández, María.- Algunos condicionantes dietéticos en la colesterolemia de un colectivo de adolescentes .....	28
González Fernández, María véase Ortega, Rosa María .....	6
González López, Beatriz véase De Andraca Oyarzún, Isidora .....	191
Graham, George véase Moales, Enrique .....	176
Granito, Marisela véase Corrales Xiomara .....	234
Grimaldi, Gustavo véase Tirapegui, Julio .....	94
Guaipo, Belkis.- formulación y evaluación de una bebida a base de leche completa y harina de arroz precocida .....	161
Guardia Calderón, C véase Ascar, José M .....	151
Guerra, Marisa véase Corrales, Xiomara .....	234
Guimarey, Luis Manuel véase Bolzan, Andrés Guillermo .....	132
Guimarey, Luis Manuel.- Crecimiento en escolares de Villa IAPI (Quilmes, Buenos Aires, Argentina) .....	139

## H

Herrera, José véase Scott, Gregory .....	105
Hevia, Patricio véase Vit, Patricia .....	286
Huamán, Zózimo véase Cárdenas, Haydee .....	304

## I

Infante, Benito Ramón véase Rivera, Carlos Julio .....	78
--	----

## J

James, Philip T véase Sánchez Castillo, Claudia P .....	277
Jiménez, Luis Miguel véase Ortega, Rosa María .....	6
Jiménez, María Jesús véase Ortega, Rosa María .....	6
Jiménez Soto, Zulema.- Listas de intercambio de alimentos para usar en la fenilcetonuria y en el enfermedad de la orina con olor a miel de arce.....	211
Jiménez Soto, Zulema.- Metodología de atención de niños con fenilcetonuria (FC) y enfermedad de la orina con olor a miel de arce (EOMA) .....	204

## K

Kalinowski, Juan véase Cárdenas, Haydee .....	304
Krause, V.M.- Preparation effects on tortilla mineral content in Guatemala .....	73
Kuhnlein, H.V. véase Krause, V.M. ....	73

## L

Laprea, María T. véase Guaipo, Belkis .....	161
Lajolo, Franco María véase Coelho, José Virgilio .....	61
Li Hoyos, Nina véase Repo Carrasco, Ritva .....	168
López, Isabel véase Colombo, Marta .....	146
López, I véase Wittig de Penna, E. ....	241
López Palacios, C.Y. véase Krause, V.M. ....	73
Lucero, Julia B véase Arellano, Mirta L de .....	254
Luco, Juan M. véase Arellano, Mirta L de .....	254
Luconi de Romero, M. véase Ascar, José M.....	151
Lutz, Mariane.- Comparative effects of rose hip and corn oils on biliary and plasma lipids in rats .....	23

## M

Marchini, Sergio J. véase Pinto, Rosemary M .....	20
Matute, Jorge véase Mueses, Carolina .....	33
Márquez Méndez, María Heidi.- Insoluble dietary fiber of grain food legumes and protein digestibility .....	66
Martínez, Emilio.- Índice subescapular/tricipital: valores percentilares en niños y adolescentes cubanos .....	199
Martínez B. Fernando.- Características químicas y usos de harina instantánea de maíz II .....	316
Martínez B, Fernando.- Efecto de la adición de harina instantánea de maíz en las características reológicas de la harina de trigo y elaboración de pan III.....	321
Martínez B, Fernando.- Elaboración de harina instantánea de maíz por proceso hidrotérmico.....	310
Martínez, Raúl véase Bello, Rafael .....	221
Martínez, Raúl véase Bello, Rafael .....	228
Meckenstock, D véase Serna-Saldivar, S.O. ....	
Micalizzi, Yolanda véase Arellano, Mirta L de .....	254
Molíns de Pedernera, M. véase Ascar, José M. ....	151
Morales, Enrique.- Maíz peruano de alta calidad proteica: Digestibilidad y utilización en niños desnutridos.....	176
Moreiras Tuni, Olga véase González Fernández, María Moyano de Pringles, G. véase Ascar, José M.....	151
Mucciareli, Sara véase Arellano, Mirta L. de .....	254
Mueses, Carolina.- Elaboración de harinas procesadas de semilla de gandul.....	33
Mueses, Carolina.- Estudios sobre la posibilidad de aplicación de la harina de gandul en productos elaborados a base de arroz o harina de trigo .....	41

## N

Navarro, Alicia véase Batrouni, Lucía .....	12
---	----

## O

Ortega Anta, Rosa María véase González Fernández, María .....	28
Ortega, Rosa María.- Influencia del status en hierro en la atención y rendimiento intelectual de un colectivo de adolescentes españoles.....	6
Ortiz de Bertorelli, Ligia.- Extracción y caracterización de las zeinas del grano de diez cultivares de maíz.....	248

## P

Pacheco de Delahaye, Emperatriz.- Effect of succinylation of oil palm protein concentrates on its functional properties.....	157
Paulet, Patricia Glorio.- Evaluación de la calidad de un producto deshidratado en base a papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ), lupino ( <i>Lupinus mutabilis</i> ) y huevo.....	55
Paz, Luz véase Ortega, Rosa María .....	6
Pinotti, Luisa y véase Guimarey, Luis M .....	139
Pinto, Rosemary M.- Vitamin C load test in elderly subjects .....	20
Piola, H. véase Ascar, José M .....	151
Pucciarelli, Héctor Mario véase Bolzan, Andrés Guillermo.....	132
Pucciarelli, Héctor Mario véase Guimarey, Luis M .....	139

## R

Rebolledo, María Alejandra véase Sangronis, Elba .....	258
Repo Carrasco, Ritva.- Elaboración y evaluación de alimentos infantiles con base en cultivos andinos .....	168
Requejo, Ana Olana véase Ortega, Rosa María .....	6
Reynoso Zarate, Zelmira véase Paulet, Patricia .....	55
Richard, Marie Jeanne véase Cunha Wilke, Berenice .....	119

Riegel, Romero E. véase Gierus, Martín .....	294
Rivera, Carlos Julio.- Dietary fiber analysis of cassava using gravimetric methods.....	78
Rocha, Joao BT véase Gierus, Martín .....	294
Rodríguez, Oscar G véase Rivera, Carlos Julio .....	78
Rodríguez, Angela véase Batrouni, Lucía .....	12
Rodríguez, Margareth M.P. véase Pinto, Rosemary M. ....	20
Rodríguez de Farabelli, N. véase Ascar, José M. ....	151
Rooney, L.W. véase Serna-Saldivar, S.O. ....	299
Ruz, M. véase Krause, V.M. ....	73

## S

Sabulsky, Jacobo véase Batrouni, Lucía .....	12
Salas Aliaga, Isabel véase De Andraca Oyarzún, Isidora .....	191
Solomons N.W. véase Krause V.M. ....	73
Sánchez Castillo, Claudia P.- A metabolic unit for studies on human nutrition.....	277
Sangronis, Elba.- Fibra dietética soluble, insoluble y total en cereales productos derivados de su procesamiento y en productos comerciales a base de cereales.....	258
Sansur, M. véase Wittig de Penna, E. ....	241
Schnell, Mercedes.- Effects of cassava bread supplementation on energy intake of rats.....	217
Scott, Gregory véase Cárdenas, Haydee .....	304
Scott, Gregory.- Procesamiento artesanal de productos agrícolas: métodos de evaluación de factibilidad .....	1105
Serna-Saldivar, S.O.- The tortilla making properties of two improved maicillo cultivars from Honduras. ....	299

## T

Tirapegui, Julio.- Consideraciones sobre crecimiento, somatomedina y nutrición.....	94
Torres, Mauricio véase Lutz, Mariane .....	23
Tucker, K.L. véase Krause V.M. ....	73
Tuna, Edgar véase Bressani, Ricardo .....	46

## U

Ulloa, José Armando.- Desarrollo de una fórmula médica a partir de un concentrado de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> ).....	50
Unamuno, María do Rosario D.L. véase Pinto, Rosemary M .....	20

## V

Valencia, Mauro E. véase Ulloa, José Armando .....	50
Vidailhet, Michael véase Cunha Wlke, Berenice .....	119
Vit Patricia.- Tiempo mínimo para detectar calidad proteica usando indicadores del catabolismo proteico en pollos .....	286

## W

Warpechowski, Marson B. véase Gierus, Martín .....	294
Wittig de Penna E.- Desarrollo de confites proteicos a base de soya para deportistas.....	241

## Indice por Materias del Volumen 43 - 1993

### A

Acido alfa-linolénico, exclusión del, de la dieta de la rata durante varias generaciones I, Efecto en la reproducción y crecimiento postnatal .....	123
Acido ascórbico, sustitución de bromato de potasio por, en la elaboración de pan francés .....	234
Alimentación animal, estudio de la composición química de 6 plantas no convencionales del Estado de Oaxaca, México como recursos potenciales en la .....	264
Alimentos infantiles, elaboración y evaluación con base en cultivos andinos.....	168
Anemia interacción madre-hijo y conducta del niño en preescolares con antecedentes de, por deficiencia de hierro en la infancia .....	191

### B

Bebida a base de leche completa, formulación y evaluación de una, y harina de arroz precocida.....	161
Bermuda Grass ( <i>Cynodon dactylon</i> cv Coast cross), effects of; rice hulls on growth performance of 30 days old weaned rabbits.....	294

### C

Camote ( <i>Ipomea batata</i> ) (L), evaluación nutricional de cultivares nativos de, para su utilización en la forma de rallado como sustituto parcial de trigo en panificación .....	304
Cassava, effect of, bread supplementation on energy intake of rats.....	217
Catabolismo proteico, tiempo mínimo para detectar calidad proteica usando indicadores del, en pollos .....	258
Cereales, fibra dietética soluble, insoluble y total en, productos comerciales a base de .....	139
Crecimiento en escolares de Villa IAPI (Quilmes, Buenos Aires, Argentina).....	139

### D

Desnutrición grave precoz y desarrollo psicomotor. Efectos de un programa de rehabilitación.....	146
Dietary fiber analysis of cassava using gravimetric methods .....	78
Dimorfismo sexual de escolares, crecimiento, según la ocupación paterna.....	132

### E

Ensilado microbiano, estudio sobre la elaboración de, a partir de pescado eviscerado.....	221
Equilibre des oligoelements de las carence en selenium sur la peroxidation lipidique.....	119
Evaluación calórica nutricional del menú servido a la comunidad universitaria de la Universidad Nacional de San Luis, República Argentina.....	

### F

Feijao ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ). Evolucao dos fenolicos totais e taninos condensados (proantocianidinas) durante o desenvolvimento das sementes do .....	61
---	----

Fenilcetonuria (FC), metodología de atención de niños, y enfermedad de la orina con olor a miel de arce (EOMA) .....	204
Frutas tropicales, estudio del efecto de la adición de, piña ( <i>Ananás comosus</i> ) y lechoza ( <i>Carica papaya</i> ) en la elaboración del ensilado de pescado.....	228

**G**

Garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> ), desarrollo de una fórmula médica a partir de un concentrado proteínico de.....	50
Grain food legumes, insoluble dietary fiber of, and protein digestibility.....	66

**H**

Hierro, influencia del status en, la atención y rendimiento intelectual de un colectivo de adolescentes españoles...	6
Harina de gandul, estudios sobre la posibilidad de aplicación de la, en productos elaborados a base de arroz o harina de trigo .....	41
Harina de trigo, nutrición de, con énfasis en el agregado de micro-nutrientes a la.....	186
Harinas procesadas, elaboración de, semillas de gandul.....	33
Human nutrition, a metabolic unit for studies on .....	

**M**

Maíz, características químicas y usos de harina instantánea de, II.....	316
Maíz, efecto de la adición de harina instantánea de, en las características reológicas de la harina de trigo y elaboración de pan III.....	321
Maíz, elaboración de harina instantánea de, por proceso hidrotérmico I.....	310
Maíz, extracción y caracterización de las zeinas del grano de diez cultivares de.....	248
Maíz peruano de alta calidad proteica: Digestibilidad y utilización en niños desnutridos .....	176

**O**

Oil palm, effect of succinylation of, protein concentrates on its functional properties .....	
---	--

**P**

Papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ), evaluación de la calidad de un producto deshidratado en base a, lupino ( <i>Lupinus mutabilis</i> ) y huevo.....	55
Procesamiento artesanal de productos agrícolas: métodos de evaluación de factibilidad.....	105

**R**

Rose hip, comparative effects, and corn oils on biliary and plasma lipids in rats.....	23
--	----

**S**

Situación alimentaria de escolares en relación con su condición social Córdoba, República Argentina.....	12
Somatomedina y nutrición, consideraciones sobre crecimiento .....	94
Sorgo reventado, mejoramiento de la calidad proteínica del, con grano de soya .....	46
Soya, desarrollo con confites proteicos a base de, para deportistas.....	241
Subescapular/tricipal: índice, valores percentilares en niños y adolescentes cubanos.....	

**T**

Tortilla mineral, preparation effects on, content in Guatemala.....	73
---	----

Tortilla, the making properties of two improved maicillo cultivars from Honduras .....

V

Vitamin C load test in elderly subjects ..... 20

Vizcacha (*Lagostomus maximus maximus Blainv*), carne, valor biológico..... 254

# Información 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 las 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 contribuciones deben ser en papel tamaño carta, a máquina y a doble espacio. Se sugiere un máximo de 20 cuartillas.
2. Los trabajos por triplicado serán remitidos a los Editores 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 de los Editores, ocupen un espacio desproporcionado.

## 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 su 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 marginal. 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 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 Discusión**. Lo expresado en los incisos a) y 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, portugués o francés. El título del trabajo también debe redactarse en inglés. Si el trabajo original es en inglés, el resumen debe presentarse en español, así como el título del trabajo también en este idioma.

#### 8. *Agradecimiento (si lo hubiere)*

#### 9. *Citas bibliográficas y Referencias bibliográficas*

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 Referencias bibliográficas, al final del trabajo, se aplican las mismas normas y serán presentadas de acuerdo a los siguientes ejemplos:

- a) De revistas:  
Liendo Coll, P & JM 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:  
Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis of the AOAC. 12th ed. Washington, DC, The Association, 1975, p. 30.
- d) De un artículo o capítulo de un autor(es) consignado en un libro publicado por casa editora:  
Hoskins, WG & M Charles. Macaroni production. En: The Chemistry and Tecnology of Cereals as Food and Feed. SA Matz (Ed.). Westport, Conn, The Avi Publishing Co. 1959, p. 274-320.
- e) De citas de compendios:  
Krebs, HA & 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 la 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 la coma (,) para indicar decimales, p. ej. 35,7; 389,9; y el punto (.) 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 SLAN ha creado un cargo de US \$ 10,00 por página de trabajo publicado. La Oficina Editorial puede considerar una reducción por concepto de cargo por página previa solicitud dirigida en ese sentido por el autor(es). Tan pronto como su factura sea cancelada, se les proporcionará 15 separatas libres de costo.

**Artes Finales:** Amerik Solutions C.A., Caracas, Venezuela  
Teléfono (02) 993.62.82

**Portada:** Chávez & López, Diseño Gráfico, Caracas, Venezuela  
Teléfono (02) 285.55.29

**Impresión:** Refolit C.A., Caracas, Venezuela  
Teléfonos (02) 93.38.31 - 93.75.08 - 93.02.64  
Fax: (02) 93.70.08



## **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. El actual Consejo Directivo de la SLAN está constituida por los siguientes miembros:

Presidente	Dr. Eleazar Lara Pantin
Presidente Electo	Dr. Hernán Delgado
Secretario	Dra. Yolanda H. de Valera
Tesorero	Dra. Maritza L. de Jiménez
Vocal	Dr. Mauro Valencia
Vocal	Dra. Rebeca De Angelis
Vocal	Dr. Santiago Muzzo
Vocal	Dr. Manuel Grillo
Presidente Saliente	Dr. Jaime Ariza Macía

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

Editor General	Dr. Virgilio Bosch Román
Editor Asociado	Dr. José Félix Chávez Pérez

### **MIEMBROS DEL CUERPO EDITORIAL PERIODO 1992 - 1994**

Dr. Juan Alvarado	Dr. Franco M. Lajolo
Dr. Héctor Araya	Dr. Alfredo Lam-Sánchez
Dra. Julia Araya	Dr. Miguel Layrisse
Dr. Jaime Ariza M.	Dr. Reynaldo Martorell
Lic. Adriana Blanco M.	Dr. Luis A. Mejía
Dr. Héctor Bourges R.	Dra. Josefina Morales
Dr. Ricardo Bressani	Dr. Alejandro O'Donnell
Dr. Odoardo Brito A.	Dra. Nelly Pak
Dr. Adolfo Chávez	Dr. Nelson de Souza
Dr. Hernán Delgado	Dr. Jorge Rísquez T.
Dr. J.E. Dutra de Oliveira	Dr. Ricardo Uauy
Dr. Werner G. Jaffé	Dr. Enrique Yáñez S.

# Archivos Latinoamericanos de Nutrición

## Contenido

Páginas

<b>EDITORIAL</b> .....	276
<b>TRABAJOS DE INVESTIGACION</b>	
<b>Nutrición Humana</b>	
<b>A metabolic unit for studies on human nutrition.</b> Claudia P. Sánchez Castillo and Philip T. James.....	277
<b>Nutrición Animal</b>	
<b>Tiempo mínimo para detectar calidad proteica usando indicadores del catabolismo proteico en pollos.</b> Patricia Vit, Anna M. Cioccia, Odoardo Brito y Patricio Hevia.....	286
<b>Effects of Bermuda grass (<i>Cynodon dactylon</i> cv. <i>Coast cross</i>) and rice-hulls on growth performance of 30 days-old weaned rabbits.</b> Martin Gierus, Joao B.T. Rocha, Marson B. Warpechowski and Romeo E. Riegel. ....	294
<b>Ciencias de Alimentos</b>	
<b>The tortilla making properties of two improved maicillo cultivar from Honduras.</b> S.O. Serna-Saldivar, M.H. Gómez, F. Gómez, D. Meckenstock, C. Cossette and L.W. Rooney.....	299
<b>Evaluación nutricional de cultivares nativos de camote (<i>Ipomoea batata</i> L. Lam) para su utilización en la forma de rallado como sustituto parcial de trigo en panificación.</b> Haydeé Cárdenas, Juan Kalinowski, Zózimo Huamán y Gregory Scott. ....	304
<b>Elaboración de harina instantánea de maíz por proceso hidrotérmico I.</b> Fernando Martínez B. y Ahmed A. El-Dahs. ....	310
<b>Características químicas y usos de harinas instantánea de maíz II.</b> Fernando Martínez B. y Ahmed A. El-Dahs. ....	316
<b>Efecto de la adición de harina instantánea de maíz en las características reológicas de la harina de trigo y elaboración de pan III.</b> Fernando Martínez B. y Ahmed A. El-Dahs.....	321
<b>NOTAS</b> .....	327
<b>NUEVOS LIBROS</b> .....	328
<b>INDICE GENERAL DEL VOLUMEN 43, 1993</b> .....	330
<b>INDICE POR AUTORES</b> ....	333
<b>INDICE POR MATERIA</b> ....	338