

## Formulación y caracterización de un alimento suplementario para deportistas

*Valeria Cristina Del Castillo, Margarita Armada, Juan Carlos Gottifredi*

Instituto de Investigaciones para la Industria Química, INIQUI-CONICET,  
Universidad Nacional de Salta, Argentina

**RESUMEN.** Se obtuvo un alimento suplementario para deportistas en base a extrusado maíz:soja, albúmina de huevo liofilizada y aislado protéico de soja. El alimento desarrollado como polvo fue evaluado en sus características físico-químicas, funcionales, nutricionales y sensoriales comparándolo con un alimento comercial de referencia. Evaluados ambos alimentos en cuanto a la composición y valor biológico de sus proteínas, se determinó menor contenido de las mismas en el alimento formulado (65%) frente al comercial (90%); pero mayor NPR del primero (4,86) con respecto al segundo (4,03). Por otra parte el RNPR del alimento formulado (mezcla base) presentó un valor superior al comercial (PROT 90), (83,76 y 69,48 respectivamente), usando la caseína como patrón. Otro de los análisis realizados fue la digestibilidad para la que se obtuvieron los siguientes valores (93,65 y 95,7) para mezcla base y PROT 90. Por otra parte, el producto formulado no presentó actividad amilásica, antitriptica o hemaglutinante. En cuanto a las características físico-químicas, se aprecia que el contenido de Lisina disponible es mayor en el producto formulado (15g/16g nitrógeno) con respecto al comercial (7,80g/16g de nitrógeno); además presenta bajo contenido de peróxidos (1,37meq/kg de muestra) y el ensayo de micotoxinas para la materia prima, resultó negativo. Además se determinó color, WAI, WSI y  $a_w$  en ambos productos. Con respecto al comportamiento de flujo de las suspensiones en agua, leche entera y jugo de naranja, todas exhiben comportamiento pseudoplástico (formulado y comercial). Determinado el tiempo de sedimentación, se observó que en la primera media hora los productos son estables y no presentan separación de fases. Desde el punto de vista sensorial, el alimento suplementario formulado presenta un 78,5% de aceptabilidad y un 100% de preferencia. **Palabras clave:** Extrusado maíz:soja, alimento suplementario, deportista.

**SUMMARY. A supplementary sportmen food formulation and characterization.** A supplementary sportman food, based on corn:soy extruded blend, freeze-dried egg albumen and protein soy isolate, was developed. The resulting powder was subject to physico-chemical, functional, nutritional and sensorial test and then compared with a commercial food that was used as reference. Chemical and biological analysis of both foods revealed lower protein content in the formulated food (65%) than the commercial product (90%) although NPR values are larger in product showed (4,86) than than the observed in the second (4,03). On the other hand RNPR values of the developed product also presented higher values than the commercial (Prot 90) (83,76 and 69,48 respectively). Casein was used as standard. Digestibility results were similar (93,65 and 95,7 for formulated and commercial products respectively). The absence of ureasic, antitryptic or hemagglutinating activity of the formulated product are also reported. Physico-chemical analysis shown that available lysine values are larger for the formulated product (15 g/16g nitrogen) than those for the commercial food (7,80). Peroxide content was always very small (1,37 meq/kg) and in all cases micotoxine assay, for raw materials, was always negative. A comparison of other properties, such as colour, WAI, WSI and  $a_w$  for both products, is also presented. Flow behavior of water, milk and orange juice suspensions showed pseudoplastic behavior on both products. Sedimentation experiments minutes revealed stability of suspensions without phase separation during the first 30 minutes.

Sensorial analysis have shown that developed product received 78,5% acceptability and 100% preference.

**Key words:** Extruded soy:corn, supplementary food, sportmen.

### INTRODUCCION

Respondiendo a la demanda cada vez más reciente de productos ricos en proteínas y de alta densidad calórica que contribuyan al desarrollo de la masa muscular, fuerza y potencia, necesarias para una adecuada performance (1), es que se decidió trabajar sobre la base de extrusado maíz:soja en la obtención de un alimento para deportistas.

Existen en el mercado actualmente varias líneas de pro-

ductos para este grupo de individuos, elaborados a partir de aminoácidos (AA) y otros componentes sintéticos, con precios elevados. Luego, un alimento con las mismas propiedades pero elaborado con ingredientes naturales y de menor costo puede tener gran aceptabilidad por parte de atletas de distintas disciplinas.

La mezcla de soja con diversos cereales como arroz, maíz o avena, permite a los aminoácidos deficientes en uno u otro vegetal, complementarse mutuamente y así lograr un óptimo

aprovechamiento por el organismo (2).

Es objeto de este trabajo, es desarrollar y evaluar un alimento suplementario para deportistas, de alto contenido de proteínas, utilizando extrusado de maíz:soja.

## MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron como materias primas para la elaboración de la mezcla base, extrusado de maíz:soja (70:30), albúmina de huevo y aislado de soja en base a óptimas complementaciones de los aminoácidos utilizando un programa computacional especialmente desarrollado para obtener soluciones óptimas en el cálculo de cómputos químicos para los distintos aminoácidos de las mezclas (3), utilizándose como patrones de referencia los de FAO/WHO/UNU (4).

En la Tabla 1 puede observarse la complementación obtenida para la mezcla base, esta contiene aminoácidos esenciales en cantidades y proporciones óptimas según la referencia patrón de proteínas.

TABLA 1  
Contenido de aminoácidos<sup>1</sup> y cómputo químico en la mezcla base

| Aminoácidos | Mezcla base | AA Referencia | Cómputo químico |
|-------------|-------------|---------------|-----------------|
| Isoleucina  | 311,14      | 250           | 124,66          |
| Leucina     | 524,14      | 440           | 119,12          |
| Lisina      | 400,56      | 340           | 117,81          |
| Azufrados   | 318,39      | 220           | 144,72          |
| Aromáticos  | 579,47      | 380           | 152,49          |
| Treonina    | 277,52      | 250           | 111,01          |
| Triptófano  | 87,48       | 60            | 145,79          |
| Valina      | 303,64      | 310           | 97,95           |
| Histidina   | 155,33      | 119           | 130,53          |

1. mg de AA según FAO/OMS/UNU (4)

Para la formulación de mezcla base se utilizaron como ingredientes principales, mezclas de maíz:soja 70:30 precocidas por extrusión (obtenida en planta piloto de alimentos de la Facultad de Ingeniería UNSa), aislado protéico de soja y albúmina de huevo liofilizada (obtenidos en el Laboratorio de Alimentos, Facultad de Ingeniería UNA), agregado de aromatizante de vainilla en polvo (11058 A. Haarmann & Reimer S.A.) y endulzante dietético en polvo (Laboratorio Gordon S.A.C.I.F.I.A.). Los porcentajes de los ingredientes dentro de la preparación se detallan en la Tabla 2.

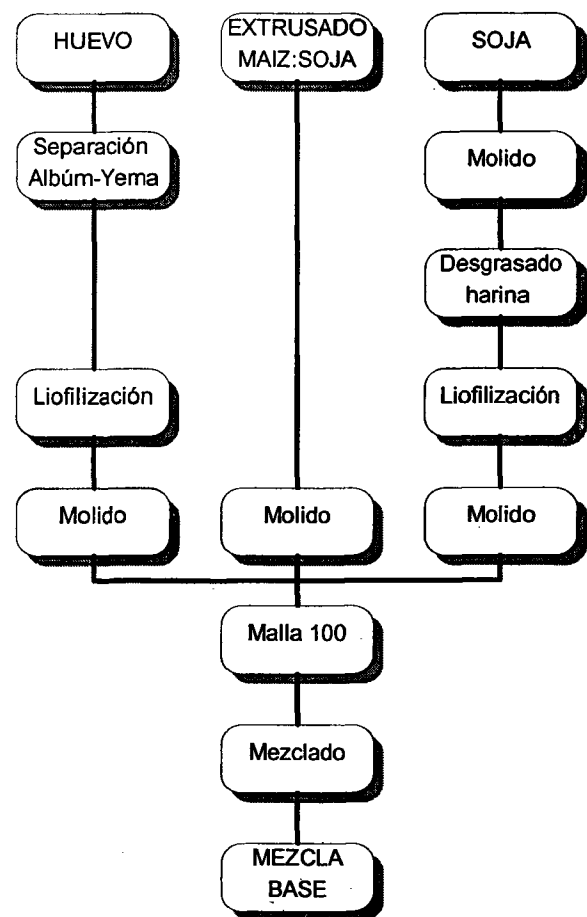
En la Figura 1 puede observarse el diagrama de obtención de la mezcla base.

El producto comercial usado como referencia fue PROT 90 (Garden House Ltda. Santiago Chile) a base de caseinatos y aislados protéicos.

TABLA 2  
Ingredientes y porcentajes. Mezcla base

| Ingredientes             | Porcentajes |
|--------------------------|-------------|
| Extrusado                | 25          |
| Aislado proteico de soja | 11          |
| Albúmina                 | 64          |
| Aromatizante             | 0.1         |
| Edulcorante              | 0.1         |

FIGURA 1  
Diagrama de obtención de la mezcla base



Tanto el producto formulado como el comercial se suspendieron en líquido en proporciones (1:10) y (1:12) p/p respectivamente a fin de obtener bebibles isotrópicos.

Al alimento y al producto comercial se le realizaron los siguientes análisis: Análisis químico proximal e índice de peróxidos según técnicas oficiales de la A.O.A.C. (5); Color (por reflexión) con colorímetro Hunter Lab Model D-25-2 en escala L (calibrado 100%=93,1); Índice de absorción de agua (WAI) e Índice de solubilidad en agua (WSI) según Anderson

(6); Índice de dispersibilidad de proteína (PDI) según AACC (7); Viscosidad con viscosímetro Brookfield modelo LVT; Tiempo de sedimentación (método desarrollado en laboratorio); Actividad de agua ( $a_w$ ) (8); Isotermas de sorción según Palipine (9); Actividad antitriptica por el método de Kakade y col (10); Hemaglutininas por el método de Jaffé (11) se usó sangre humana grupo O factor RH+, sangre de cobayo y de conejo; Lisina disponible (12); Micotoxinas por el método de AOCs (13); Calidad nutricional por el método de NPR y RNPR, Sarwar (14); Disgestibilidad según Pellet (15). La evaluación sensorial se realizó en el Instituto de Evaluaciones Sensoriales, dependiente de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Salta. Participaron 30 jueces no entrenados (jóvenes de ambos sexos, pertenecientes a los equipos de handball y jockey de la Universidad). Ambos productos fueron reconstituidos en agua a iguales proporciones a las que se realizaron las determinaciones y servidas a temperatura ambiente (25°C). Se empleó una escala edónica de 9 puntos y de los resultados obtenidos se calculó el porcentaje de aceptación y preferencia de cada producto (16).

Por último los resultados se analizaron estadísticamente por T de Student para diferencia de medias (17).

## RESULTADOS Y DISCUSION

La composición de ambos productos se presenta en la Tabla 3.

TABLA 3  
Composición de mezcla base y PROT 90

| Macrocom.       | Mezcla base* | PROT 90 |
|-----------------|--------------|---------|
| Hid. de carbono | 15,00        | -       |
| Proteínas       | 65,00        | 90,00   |
| Grasas          | 1,93         | -       |
| Humedad         | 9,30         | 5,46    |
| Cenizas         | 4,46         | 3,54    |

\* g/100g (base seca)

El alimento formulado (mezcla base) presenta menor contenido de proteínas pero mayor contenido de humedad y cenizas que el alimento comercial (PROT 90). Por otra parte la mezcla base contiene en su composición hidratos de carbono y grasas aportados por el extrusado maíz:soja.

Se determinó color y propiedades relacionadas a la hidratación (PDI, WAI, WSI) en la mezcla base y producto comercial. Los resultados pueden observarse en la Tabla 4.

Sensorialmente ambos productos presentaron un color amarillo tenue, no encontrándose diferencias significativas en las lecturas.

Como puede observarse el WAI de la mezcla base resulta menor que el hallado para el producto comercial. A través de análisis estadístico no se encontraron diferencias significati-

vas entre los WAI de los dos productos de este estudio.

TABLA 4  
Características físicas de la mezcla base y PROT 90

| Determinaciones | Muestras                |                         |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|
|                 | Mezcla base             | PROT 90                 |
| Color           | 89,60                   | 89,00                   |
| PDI             | 78,30±0,25 <sup>a</sup> | 76,32±0,20 <sup>a</sup> |
| WAI             | 6,27±0,39 <sup>b</sup>  | 7,66±0,43 <sup>b</sup>  |
| WSI             | 40,41±1,18 <sup>c</sup> | 22,18±1,94 <sup>d</sup> |

X ± D.S.

$\alpha = 0.05$

Letras distintas indican diferencias significativas

El WSI del PROT 90 fue menor al del producto formulado. Mediante análisis estadístico hay diferencias significativas entre los WSI de las muestras estudiadas.

Se calculó también el PDI en la mezcla base y en el producto comercial. Los resultados pueden observarse en la Tabla 4. Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre los valores de PDI de ambas muestras.

La medición de la viscosidad es muy importante sobre todo en los productos que se supone deben tener una cierta consistencia en relación a su aspecto o paladar (19). Se determinaron las viscosidades del bebible formulado y del comercial reconstituidos en distintos medios: leche entera fluida, agua corriente y jugo natural de naranjas. Las mediciones se realizaron con rotor LV 1 a temperatura ambiente (25°C).

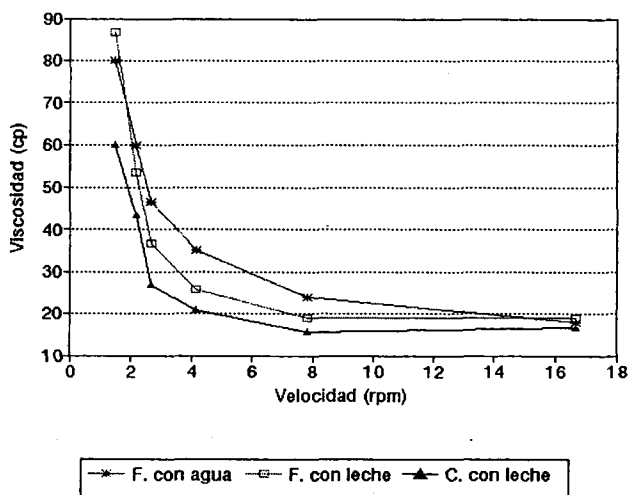
Como puede observarse en la Figura 2, la viscosidad disminuye cuando aumenta la velocidad de deformación, por lo que puede caracterizarse al bebible como un fluido de comportamiento pseudoplástico. Por otra parte, las características reológicas fueron similares para el bebible reconstituido con agua y con leche. Es importante destacar que comportamientos pseudoplásticos a velocidades de deformación inferiores a 30 rpm, permiten establecer que los productos serán sensorialmente aceptables.

Se evaluó también el comportamiento reológico del bebible comercial disuelto en agua y en leche. Los perfiles de viscosidad pueden observarse en las Figuras 2 y 3 donde se nota comportamiento pseudoplástico para el bebible comercial en agua similar al del bebible formulado en jugo.

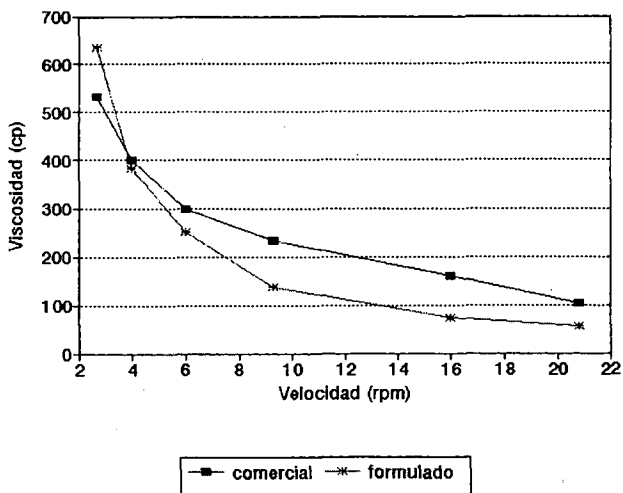
Con el objeto de probar la estabilidad del bebible en el tiempo que media entre su reconstitución hasta su consumo, se midió el tiempo de sedimentación. Para ello se colocó la muestra con agua en una probeta de 100 ml y cada 30 minutos se midió el volumen del sobrenadante en la separación de fase. El perfil de tiempo de sedimentación se muestra en la Figura 4, donde puede observarse que el producto formulado es estable en la primera media hora, lo que es muy positivo desde el punto de vista del consumidor ya que éste podrá preparar el

bebible y consumirlo dentro de un espacio de tiempo en el cual el producto se mantiene en suspensión. En cuanto al producto comercial, si bien es más estable que el formulado, a diferencia de éste, en la desestabilización final no hay una clara separación de fases, sino la formación de flóculos que tornan desagradable el bebible.

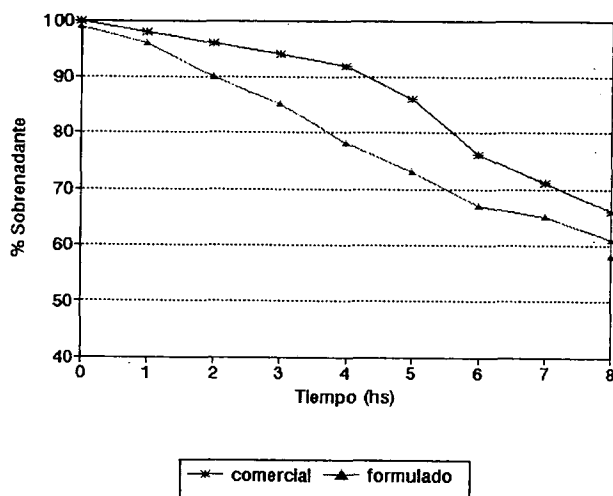
**FIGURA 2**  
Viscosidad Brookfield. Bebible formulado con agua y leche (F) y bebible comercial con leche (C). Suspensión polvo:líquido (1:10) (F) y (1:12) (C)



**FIGURA 3**  
Viscosidad Brookfield. Bebible comercial con agua y bebible formulado con jugo. Suspensión (1:12) y (1:10) respectivamente



**FIGURA 4**  
Perfil de sedimentación. Mezcla base y PROT 90 en suspensión (1:10) y (1:12)



Se determinó  $a_w$  del producto para predecir la estabilidad del mismo. Tanto la mezcla base como el PROT 90 poseen una  $a_w$  de 0.30, valor que se considera muy adecuado para la estabilidad del producto frente a alteraciones de lípidos, pardeamientos enzimáticos o desarrollo de microorganismos ICMSF (18).

En cuanto a comportamientos de sorción, puede observarse en la Figura 5 y Figura 6 que en ambos productos la fluctuación de la temperatura de 25°C a 35°C, no influye en el comportamiento de sorción, en tanto que la desviación de la Isoterma a 50°C provoca la variación de comportamiento para ambas muestras, recién a  $a_w$  cercanas a 0.6.

**FIGURA 5**  
Isoterma de sorción. Mezcla base

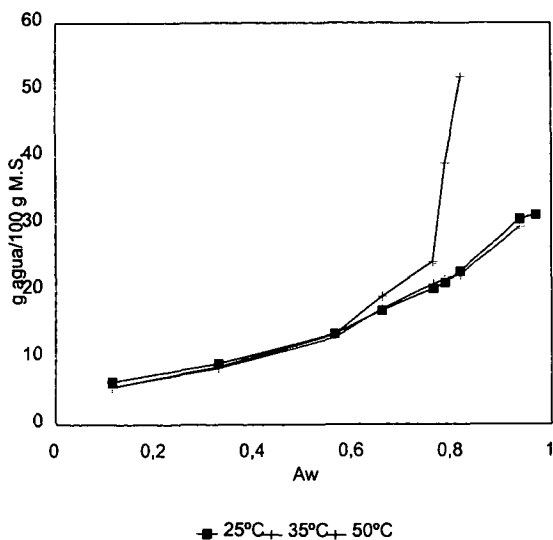
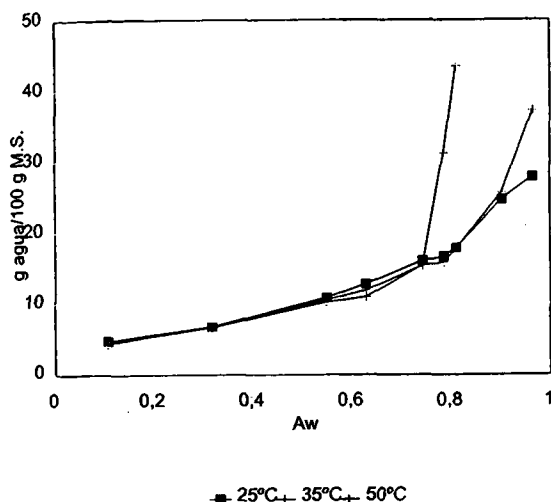


FIGURA 6  
Isoterma de sorción. PROT 90



Como era de esperar, el producto formulado (para iguales contenidos de humedad) presenta menor  $a_w$  lo que se atribuiría a la presencia de almidones modificados aportados por el extrusado maíz:soja en el producto formulado que actuarían como humectantes, al contrario del polvo comercial de naturaleza fundamentalmente proteica.

El ensayo de inhibidores de tripsina se realizó en mezcla base y en soja cruda desgrasas en frío la que presentó un valor de 56 unidades de tripsina inhibidas por miligramos de muestra (UTI/mg). El resultado para el producto formulado (85 UTI/mg) puede ser debido a la presencia de ovoinhibidores en la albúmina. No se ensayó en el producto comercial puesto que este último está formulado a base de proteínas lácteas.

Otro de los factores tóxicos evaluados fueron las hemaglutininas. El resultado fue negativo lo que confirma el efecto benéfico de los tratamientos térmicos en la calidad nutricional de las leguminosas (20).

Con respecto a la actividad ureásica esta se determinó en la mezcla base y en el producto comercial (Tabla 5). Los resultados indican que el primero retiene actividad ureásica inferior al valor máximo permitido por el Código Alimentario Argentino y que ha recibido suficiente tratamiento térmico para inactivar factores antinutritivos. Mediante análisis estadístico hay diferencias significativas entre las actividades ureásicas de las muestras estudiadas.

En cuanto a las determinaciones de lisina disponible, índice de peróxidos y micotoxinas, los resultados pueden observarse en la Tabla 6.

TABLA 5  
Factores antinutricionales de la mezcla base y PROT 90

| Determinaciones         | Muestras               |                        |
|-------------------------|------------------------|------------------------|
|                         | Mezcla base            | PROT 90                |
| Inh. de tripsina UTI/mg | 85                     | -                      |
| Hemaglutininas          | (-)                    | -                      |
| Act. ureásica ΔpH       | 0,19±0,07 <sup>a</sup> | 0,64±0,02 <sup>b</sup> |

Letras distintas indican diferencias significativas

X±D.S.

α=0,05

TABLA 6

| Determinaciones                   | Formulado | Comercial |
|-----------------------------------|-----------|-----------|
| Lisina disponible (g Lis/16g N)   | 15        | 7,80      |
| Micotoxinas                       | (-)       | -         |
| Índice de peróxidos (meq,per/kgM) | 1,37      | -         |

La evaluación de la lisina disponible se realizó en la mezcla base y en el producto comercial. El Código Alimentario Argentino establece como mínimo un contenido de 5g lisina/16g de nitrógeno (21). Como puede observarse, el contenido de lisina disponible en el alimento formulado prácticamente duplica el contenido del producto comercial.

Con respecto al índice de peróxidos, esta variable se midió en la mezcla base pero no en el PROT 90 ya que este no posee grasas en su composición. El valor encontrado es menor al del obtenido para el extrusado maíz-soja que fue de 1,37 miliequivalentes (meq/kg de muestra).

El ensayo ELISA para determinar contenido de micotoxinas se realizó sobre el extrusado maíz-soja 70:30 (materia prima de la mezcla base). Este ensayo da un resultado cualitativo a través de una reacción coloreada que en este caso resultó negativa.

Además se determinaron NPR, RNPR y digestibilidad a las dos muestras objeto de este estudio. Como puede observarse en la Tabla 7, el NPR del producto comercial resultó menor al del producto formulado, y ambos son menores que el valor de la caseína. Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre el NPR de la muestra y la caseína, pero sí entre esta y el PROT 90. Tomando como referencia el NPR de la caseína se calcularon los RNPR de las muestras, siendo el valor del producto comercial muy inferior al del formulado.

Por otra parte se puede afirmar que ambas muestras poseen una buena digestibilidad respecto de la proteína patrón. Mediante análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas entre las muestras y la caseína.

TABLA 7  
Evaluación biológica en mezcla base y PROT 90

| Determinaciones | Mezcla base            | PROT 90                | Caseína                 |
|-----------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| NPR             | 4,86±0,31 <sup>a</sup> | 4,03±0,15 <sup>b</sup> | 5,80±0,40 <sup>ac</sup> |
| RNPR            | 83,76                  | 69,48                  | -                       |
| Digestibilidad  | 93,65±1,3 <sup>a</sup> | 95,07±1,1 <sup>a</sup> | 96,62±0,4 <sup>a</sup>  |

Letras distintas indican diferencias significativas  
X ± D.S.  
α=0,05

Los resultados de las evaluaciones sensoriales pueden observarse en la Tabla 8.

TABLA 8  
Evaluaciones sensoriales. Productos formulado y comercial en suspensión polvo:líquido (1:10) y (1:12)

| Muestra   | Aceptable | Independ. | Disgusta | Total |
|-----------|-----------|-----------|----------|-------|
| Formulado | 78,5%     | 14,3%     | 7,2%     | 100   |
| Comercial | 7,2%      | 10,7%     | 82,1%    | 100   |

Con respecto al sabor, olor y color, para el producto formulado hay un mayor porcentaje que expresa que les gusta el sabor aunque lo notan poco dulce y sugieren el agregado de más azúcar. Las opiniones respecto al olor varían entre flan, bizcochuelo o torta, quizá esto sea debido al color. Para el producto comercial, los deportistas en general notan un sabor poco agradable, color poco atractivo y olor a huevo. El test de preferencia arroja el 100% de preferencia para el producto formulado.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Lic. M.I. Margalef, por la colaboración en la evaluación sensorial, al Dr. E. Campo, por su ayuda en el ensayo de hemaglutininas, al CONICET, a la Universidad Nacional de Salta; y a todas aquellas personas que de una u otra manera han colaborado en la realización de este trabajo.

### REFERENCIAS

1. OPS-ILSI. Conocimientos actuales sobre nutrición. Publicación Científica N° 532, 6° ed. Washington D.C. (EUA) 1991;394-401.
2. Crisafulli EB, Segal MG, López MC y Lucchini D. Procesamiento de mezclas de cereales y derivados de soja por el método de cocción y extrusión. *La Alim Lat* 1988;170:41.
3. Lescano G, MaxAmi. Programa computacional para el cálculo de mezclas óptimas de proteínas. Programa utilizado en el curso de Post-grado de Capacitación, "Formulación de mezclas proteicas óptimas de alimentos". Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Salta. Septiembre 1995.

4. Necesidades de proteínas y energía. Informe de una reunión consultiva FAO/OMS/UNU de expertos. Ginebra. Organización Mundial de la Salud. 1985. (serie de Informes Técnicos de la OMS N° 724).
5. Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis of the AOAC. 16° ed. Washington D.C. 1995.
6. Anderson RA. Water absorption and solubility, and amilographs characteristics of roll-cooked small grain products. *Cereal Chem* 1982;59(4):10-56.
7. American Oil Chemists Society. Official and tentative methods of the AACC. (2nd. ed) 1964.
8. Mc Cune TD, Lang KW & Steinberg MP. Water activity determination with the proximity equilibration cell. *J Food Sci* 1981;46:1978-1979.
9. Palipine KB & Driscoll RH. Moisture sorption characteristic of in shell macadamia nuts. *J Food Eng* 1992;18.
10. Bouzas JO & Bertoni MH. Evaluación de la actividad antitriptica en productos de soja. Ajuste de método con sustrato sintético. *Anales Asoc Quím Argentina* 1980;68:81-93.
11. Jaffé WG & Brucher O. Toxicidad y especificidad de diferentes fitohemaglutininas de frijoles (*Phaseolus vulgaris*) *Arch Latinoam Nutr* 1972;22:267-281.
12. Goodno CC, Swaisgood HE and Catignani GL. A fluorometric assay for available lysine in protein. *Anal Biochem* 1980;115:203-211.
13. Método AACC 22-90. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minesotta, USA. 1982.
14. Sarwar G & Mc Laughlan JM. Relative net protein ratio. Method for evaluating protein quality. *Nutritional Report International* 1981;6(23):1107-1116.
15. Pellet PL & Young VR. Nutritional evaluation of protein foods. *Univ Nac Unidas WHTR-3/UNUP-129*. Tokio, Japón. 1980.
16. American for testing and materials (ASTM). Committee E-18. Manual on sensory testing methods. *Special technical publication* 434. Philadelphia. 1968;p.5 y 32.
17. Norman GR y Streiner DL. *Bioestadística*. Mosby/Doyma Libros. Madrid. España. 1996;p. 58-62.
18. ICMSF. Ecología microbiana de los alimentos. Vol. 1. Factores que afectan la supervivencia de los microorganismos en los alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza. España 1980;p.74-96.
19. Belitz HD & Grosch W. *Química de los alimentos*. 2 ed. Editorial Acribia. Zaragoza. España. 1988.
20. Lowgren M & Liener I. The effect of slow cooking on the trypsin inhibitor and hemagglutinating activities and in vitro digestibility of brown beans (*Phaseolus vulgaris*) var. stella and Kidner beans (*Phaseolus vulgaris*) var. montcalm. *Qual Plant Foods Human Nutr* 1986;36:139-146.
21. De la Canal. Código Alimentario Argentino. Edt. De la Canal y Asociados S.R.L. Art. 656 y 866. 1982.

Recibido: 23-04-1997

Aceptado: 16-11-1998