

Características Tecnológicas y Nutricionales de 20 Cultivares de Frijol Común (*Phaseolus vulgaris*). II. Características Químicas y Nutricionales del Grano¹

C. Mendoza de Bosque*, S. Linares B.*, L. G. Elías**, R. Bressani***

ABSTRACT

Chemical and nutritional characteristics of 20 varieties of common beans (*Phaseolus vulgaris*) were studied. Chemical parameters measured for each variety were: proteins, trypsin inhibitors, lignified protein, tannins, amylose, total starch, methionine and tryptophan in raw flours, and tannins, amylose and damaged starch in cooked flours. Nutritional parameters were also measured: true protein digestibility, dry matter digestibility, and NPR. Findings revealed great variability in the different protein parameters, especially in lysine and tryptophan content. "Detectable" tannin content measured by the method applied decreased during cooking. From the nutritional point of view, greater digestibility and greater median NPR were found in white beans. Analysis of color determined that red beans form a specific population with their own chemical and nutritional characteristics. Results suggest the need to interrelate these parameters with previously evaluated parameters to ascertain the optimum nutritional and technological characteristics of common beans (*P. vulgaris*).

INTRODUCCION

El frijol común (*Phaseolus vulgaris*) es una de las fuentes principales de proteína en la dieta de grandes grupos de población en diferentes partes del mundo, y contribuye además con un 15 a 25% de la ingestión diaria de calorías y proteínas y otros elementos nutritivos (2, 5, 7). Sin embargo, existen factores que afectan su consumo, como por ejemplo su baja producción y disponibilidad, calidad del grano, hábitos dietéticos, patrones culturales y costo (5).

1 Recibido para publicación el 21 de junio 1988

* Este trabajo se basa en parte en la tesis de graduación de Sonia Linares B., y Concepción M. de Bosque, previo a optar al Título de Magister Scientiæ en Ciencia y Tecnología de Alimentos, (INCAP/CESNA), Guatemala, C.A., 1979.

Este trabajo se llevó a cabo con fondos provenientes del Título XII-Bean/Cowpea Collaborative Research Support Program.

** Científico y Director del Curso de Postgrado en Ciencias y Tecnología de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Guatemala, C.A.

*** Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP

COMPENDIO

Se estudiaron las características químicas y nutricionales de 20 variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*). En cada variedad se midieron los parámetros químicos: proteína, inhibidores de tripsina, proteína lignificada, taninos, amilosa, almidón total, lisina, metionina y triptófano en la harina cruda, y en la harina cocida se determinaron taninos, amilosa y almidón dañado. También se evaluaron parámetros nutricionales: digestibilidad verdadera de proteína, digestibilidad de materia seca y NPR. Se encontró gran variabilidad en los diferentes parámetros, especialmente en el contenido de lisina y triptófano en la proteína. Durante el proceso de cocción, el contenido de taninos "detectables" por el método empleado disminuyó. Desde el punto de vista nutricional, la mayor digestibilidad y el mayor valor de NPR promedio lo presentan los frijoles blancos. El análisis por color establece que los frijoles rojos forman una población específica con características químicas y nutricionales propias. Los resultados sugieren la necesidad de interrelacionar estos parámetros con los parámetros físicos anteriormente evaluados con el fin de conocer las características nutricionales y tecnológicas óptimas del frijol común (*P. vulgaris*).

Desde el punto de vista nutricional, ya se conoce su alto contenido en lisina, su bajo contenido de aminoácidos azufrados y la presencia de factores anti-fisiológicos (6, 23, 35). Sin embargo, es importante indicar la gran variabilidad en el contenido de estos compuestos, como también de proteína entre especies, entre variedades de una misma especie e incluso en frijoles de un mismo color. Asimismo, se ha observado variabilidad en valor biológico y digestibilidad en variedades de una misma especie (12).

La calidad proteínica, además de los factores antes mencionados, puede ser afectada por otros factores, tales como el almacenamiento y procesamiento (19, 30).

Se podría lograr un mejoramiento nutricional a través de medios genéticos, tanto para aumentar el contenido total de proteína, como para mejorar su calidad proteínica y digestibilidad (26, 33). El presente trabajo se llevó a cabo con el propósito de estimar el posible efecto que la variedad ejerce sobre las características químicas y nutricionales. La caracterización física de estas variedades ya fue publicada (28).

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron 20 variedades promisorias de frijol común (*P. vulgaris*) (10 negras, 4 rojas, 3 cafés, 3 blancas) (Cuadro 1). Estas muestras eran provenientes originalmente del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), y fueron sembradas en la Finca Experimental del INCAP, en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones (parcelas de 25 metros cuadrados). Se cosechó un total de 80 muestras, las que se pesaron para evaluar su rendimiento, y almacenaron a 4° C en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) hasta el momento en que se sometieron a los diferentes análisis.

Las 80 muestras de frijol crudo se sometieron a los tratamientos que muestra la Fig. 1

Análisis de muestras

En la harina cruda de las 80 muestras se realizaron las siguientes determinaciones: proteína cruda, según el método de la AOAC (2); proteína lignificada, según el método de Goering y Van Soest (17); taninos expresado como catequina, con el método propuesto por Price, Van Scoyoc y Butler (32); lisina por electroforesis en papel a bajo voltaje (18); metionina y triptofano por ensayos microbiológicos utilizando una cepa de *Leuconostoc mesenteroides* (10), y una cepa de *Lactobacillus arabinosus* (22); inhibidores de tripsina, empleando Benzoil DL-arginil P-nitroamilida-HCl como sustrato de acuerdo al método de Kakade y

Evans (24); amilosa por el método de Williams, Kuzina y Eynon (36) y almidón total siguiendo el método de Lane-Eynon descrito por la AOAC (2).

Para la obtención de la harina cocida (Fig. 1), se utilizó una mezcla de las cuatro réplicas cultivadas de cada variedad, realizando en ellas los ensayos biológicos y los siguientes análisis químicos: amilosa (36), almidón dañado (15), taninos (32)

Evaluación biológica

A cada una de las 20 variedades se le determinó la razón proteínica neta (NPR). Esta determinación se hizo con ocho animales (cuatro machos y cuatro hembras) usando ratas raza Wistar de 22 días de nacidas de la colonia animal del INCAP. Las dietas fueron elaboradas al 10% de proteína; además se preparó una dieta libre de nitrógeno y como control una dieta a base de caseína. Al término de 10 días las ratas se pesaron, y se determinó la ingesta proteínica (31).

La digestibilidad de la proteína y de la materia seca se determinó en los cuatros días adicionales al experimento del NPR. Se emplearon las mismas ratas, se recolectaron las heces y se llevó un control del consumo de alimento. Las heces se deshidrataron a 60°C, se pesaron y luego se molieron para la determinación de nitrógeno fecal.

La digestibilidad verdadera de la proteína se calculó con base en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ digestibilidad verdadera} = \frac{NI - (NF - NE)}{NI} \times 100$$

NI = Nitrógeno ingerido total

NF = Nitrógeno fecal

NE = Nitrógeno endógeno

La digestibilidad de materia seca se calculó con base en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ digestibilidad de materia seca} = \frac{MSI - MSE}{MSI} \times 100$$

MSI = Materia seca ingerida

MSE = Materia seca excretada

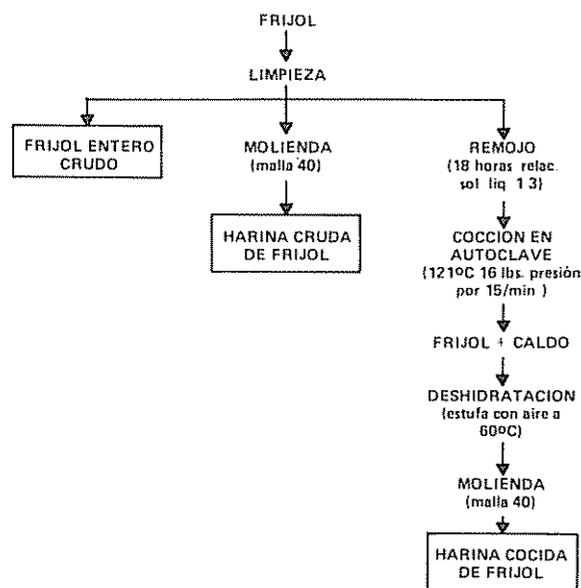


Fig. 1. Tratamiento de las muestras

Incap 88-145

Cuadro 1. Identificación original y algunas características de las 20 variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Variedad No.	Identificación CIAI	Nombre de la variedad	Hábito de crecimiento*	Color	Brillo**	Rendimiento t/ha $\bar{X} \pm DE^{***}$
1	P-757	Porrillo 1	II	Negro	B	1.34 \pm 0.24
2	P-459	Jamapa	II	Negro	B	1.58 \pm 0.11
3	P-302	PI-309-804	II	Negro	B	1.43 \pm 0.30
4	P-458	Ica Tui	II	Negro	B	1.38 \pm 0.16
5	P-566	Porrillo Sintético	II	Negro	O	1.58 \pm 0.23
6	P-498	Puebla 152	III	Negro	B	1.62 \pm 0.15
7	P-560	51051	II	Negro	O	1.58 \pm 0.08
8	P-675	Ica Pijao	II	Negro	O	1.72 \pm 0.33
9	P-539	Venezuela 2	II	Negro	O	1.32 \pm 0.09
10	P-512	S-166 A-N	II	Negro	O	1.23 \pm 0.14
11	P-402	Brasil 2	I	Caté	O	1.47 \pm 0.09
12	P-524	S-630 BC-63	II	Caté	O	1.41 \pm 0.10
13	P-758	Puebla 152	III	Caté	MB	1.65 \pm 0.49
14	P-637	Línea 17	I	Rojo	B	0.49 \pm 0.15
15	P-692	Calima	I	Rojo	B	0.35 \pm 0.19
16	P-759	Redcloud	I	Rojo	MB	0.53 \pm 0.13
17	P-755	Pompadour	II	Rojo	O	0.92 \pm 0.16
18	P-392	Sanilac	I	Blanco	MB	0.69 \pm 0.22
19	P-756	Ex-Rico	II	Blanco	I	1.25 \pm 0.23
20	P-643	Nep-2	II	Blanco	O	1.08 \pm 0.47

* I - Indeterminado II - Indeterminado erecto III - Indeterminado postrado

** MB - Muy brillante B - Brillante I - Intermedio O - Opaco.

*** Promedio de cuatro parcelas por variedad

RESULTADOS

Características químicas

El Cuadro 2 presenta el porcentaje de proteína y el contenido de los aminoácidos metionina, lisina y triptofano expresados en g/16 g N de las 20 variedades agrupadas por color.

El contenido de proteína cruda de las 20 variedades independientemente del color varió entre 23.7 y

27.4%. Por color, en promedio, las variedades rojas presentaron un valor de 27.4%, seguida de los blancos y negros con 26.7% y 25.5%, respectivamente, y por último los cafés con un contenido promedio de 23.7%.

El análisis de variancia demostró diferencias significativas en el porcentaje de proteína ($P < 0.05$) entre color, encontrándose que los rojos y blancos son iguales entre sí; y superiores que los negros y

Cuadro 2. Contenido promedio de proteína en g/100 g, y los aminoácidos metionina, lisina y triptofano de las 20 variedades de frijol expresado en g/16 gN.

Color	Proteína g/100 g % $\bar{X} \pm E.E.^{**}$	Metionina (g/16 gN) $\bar{X} \pm E.E.^{**}$	Lisina (g/16 gN) $\bar{X} \pm E.E.^{**}$	Triptofano (g/16 gN) $\bar{X} \pm E.E.^{**}$
Negro	25.54 \pm 0.39	0.82 \pm 0.02	7.09 \pm 0.19	1.20 \pm 0.04
Rojo	27.36 \pm 0.41	0.77 \pm 0.03	6.02 \pm 0.23	1.15 \pm 0.03
Café	23.73 \pm 0.81	0.89 \pm 0.03	7.06 \pm 0.22	1.23 \pm 0.04
Blanco	26.67 \pm 0.65	0.82 \pm 0.02	6.68 \pm 0.34	1.02 \pm 0.06

* Cada variedad comprende cuatro réplicas.

** Promedio de los promedios de las cuatro réplicas por variedad.

Cuadro 3. Algunas características químicas de las 20 variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*) agrupadas por color.

Color	No. de variedades	Taninos g cateq./ 100 g $\bar{X} \pm E.E.**$	Inhibidores de tripsina UIT/ml $\bar{X} \pm E.E.**$	Proteína lignificada g % $\bar{X} \pm E.E.**$	Amilosa % $\bar{X} \pm E.E.**$	Almidón total % $\bar{X} \pm E.E.**$
Negro	10	0.20 \pm 0.14	13.33 \pm 0.48	1.22 \pm 0.12	18.52 \pm 0.32	65.48 \pm 0.47
Rojo	4	0.64 \pm 0.30	14.69 \pm 0.70	1.15 \pm 0.21	18.41 \pm 0.65	64.45 \pm 0.54
Café	3	0.92 \pm 0.50	12.13 \pm 0.71	0.94 \pm 0.28	20.05 \pm 0.82	68.31 \pm 0.89
Blanco	3	0.02 \pm 0.06	12.39 \pm 0.82	1.06 \pm 0.23	20.17 \pm 0.51	64.70 \pm 0.62

* Cada variedad comprende cuatro réplicas.

** Promedio de los promedios de cuatro réplicas por variedad.

café, los cuales fueron diferentes entre sí. En lo que a la composición de aminoácidos se refiere las variedades café alcanzaron, en promedio, los datos más altos de metionina y triptofano e igual que las negras en lisina. El Cuadro 3 presenta los datos del contenido de taninos, inhibidores de tripsina, proteína lignificada, amilosa, y almidón total de la harina cruda de frijol.

El contenido de taninos en la harina cruda presentó un amplio rango de variación entre las variedades agrupadas por color que oscila desde 0.02 hasta 0.92 g catequina/100 g de muestra.

En promedio las variedades café arrojaron el mayor valor seguidas de las rojas, negras, y blancas que mostraron el menor promedio; el análisis estadístico determinó diferencias significativas por color.

El contenido de inhibidores de tripsina varió en promedio entre 12.13 a 14.69 UIT/ml. No se encontraron diferencias significativas entre color. La proteína lignificada presentó un rango de porcentaje promedio entre 0.94 a 1.22%; se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los frijoles café y el resto de colores.

El contenido de amilosa y almidón total, expresado en porcentaje, se encontró similar entre las variedades, independientemente del color en estos dos parámetros. El rango de variación para la amilosa y el almidón total en promedio fue de 18.41 a 20.17 y de 64.45 a 68.31%, respectivamente.

En el Cuadro 4 se detallan los datos de algunas características químicas de la harina cocida de frijol de las 20 variedades agrupadas por color. Con respecto al contenido de taninos las variedades de color café presentaron el mayor promedio con un valor de 0.038 g catequina/100 g y fueron estadísticamente diferentes.

En relación con el contenido de amilosa los resultados fueron similares en la harina de frijol cocido de diferente color, comprobado con el análisis estadístico; mientras que el porcentaje de almidón dañado fue más alto en las harinas de frijol blanco, seguido de los negros y por último por los frijoles café y rojos, los que presentaron valores similares; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre ellos.

Calidad nutricional

Los valores de NPR, digestibilidad de proteína y digestibilidad de materia seca obtenidos en las diferentes variedades de frijol, agrupadas por color, se presentan en el Cuadro 5.

Las variedades blancas presentaron el mayor promedio de NPR con un valor de 2.51, y un rango de variación entre 1.60 y 3.60, seguidas por las variedades de color rojo y café. Las variedades negras presentaron el promedio más bajo cuyo NPR fue de 1.84. Se encontró que los frijoles blancos son superiores y difieren significativamente ($P < 0.01$) de los frijoles rojos, café y negros, resultando ser estos últimos iguales entre sí.

La mayor digestibilidad verdadera de proteína la presentaron las variedades de frijol de color blanco con un valor promedio de 79.51%, seguida de los rojos (76.10%); los café (73.87%) y los negros (72.44%). Las variedades de frijol blanco resultaron ser superiores y estadísticamente diferentes a las demás.

En lo que respecta a la digestibilidad de materia seca, se encontró que las variedades de frijol blanco, rojo y negro difieren entre sí y que son superiores a las variedades de color café.

Cuadro 4. Determinaciones químicas realizadas en la harina cocida de las 20 variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) agrupadas por color.

Color	No. variedades [#]	Taninos g cateq/100 g X ± E.E.**	Amilosa (%) X ± E.E.**	Almidón dañado (%) X ± E.E.**
Negro	10	0.024 ± 0.03	6.37 ± 0.29	22.65 ± 0.65
Rojo	4	0.012 ± 0.04	6.24 ± 0.29	20.65 ± 0.71
Café	3	0.038 ± 0.07	6.38 ± 0.49	20.23 ± 1.35
Blanco	3	0.012 ± 0.06	6.80 ± 0.62	24.80 ± 1.11

* Cada variedad comprende la mezcla de las cuatro réplicas.

** Promedio de los promedios de la mezcla de las cuatro réplicas por variedad

DISCUSION

Con respecto a las características químicas de las 20 variedades de frijol estudiadas, los resultados indican que el contenido de proteína cruda alcanzó valores entre 23.73 y 27.36 g/100 g (Cuadro 2). La literatura (3, 10, 11) señala límites de variación que concuerdan con los encontrados en el presente estudio.

Los frijoles rojos y blancos arrojaron el mayor porcentaje de proteína seguidos de los negros y por último los cafés.

En relación con el contenido de aminoácidos (Cuadro 2): cuando se compara con el patrón de referencia de la FAO (16) se observa que la metionina es el primer aminoácido limitante, mientras que la lisina sobrepasa el nivel establecido por la proteína patrón; estos datos coinciden con los reportados en la literatura (8, 10, 21, 27). Las variedades presentaron prácticamente el mismo contenido de metionina en promedio. Por otro lado, la proteína de las variedades cafés y negras, son las mejores con respecto a contenido de lisina y triptofano. Los aminoácidos lisina y triptofano fueron los que presentaron el mayor rango de variación (7). Tandon *et al.* (35) encontraron esa misma variabilidad indicando que en lo que respecta al triptofano se debe a diferencias genéticas. Ocurre lo contrario en el contenido de lisina, en donde la interacción entre cultivares y localidad es una importante fuente de variación en el contenido de este aminoácido.

El contenido de inhibidores de tripsina (Cuadro 3) varió en promedio entre 12.13 a 14.69 UIT/ml. Los datos del presente estudio están dentro de los rangos reportados en la literatura (11). El análisis por color del contenido de inhibidores de tripsina, clasifica los frijoles en forma descendente en rojos, negros y por último cafés y blancos. Esto concuerda con los

hallazgos de otros autores (14, 19). Elias *et al.* (13) en un estudio con frijoles negros, rojos y blancos indicaron que la actividad triptica estuvo influida por un factor termolabil (verdadero inhibidor de tripsina) y un factor termoestable (taninos). El factor termolabil o verdadero inhibidor de tripsina se encontró en mayor proporción en los cotiledones que en la cáscara, mientras que el factor termolabil se encontró en concentraciones más altas en la cáscara, especialmente en las variedades de frijol rojo y negro.

El contenido de proteína lignificada alcanzó valores entre 0.94 y 1.22%. Las variedades cafés, mostraron el menor porcentaje en promedio y se diferenciaron estadísticamente de las variedades negras, rojas y blancas; resultando ser estas últimas iguales entre sí. La variación en el contenido de proteína lignificada puede ser importante, dado que se ha informado una posible relación entre el contenido en el grano y el desarrollo de dureza durante el almacenamiento (1).

El rango promedio de amilosa obtenido en este estudio coincide por los informados en la literatura (25). La amilosa parece jugar un papel importante en la dureza de cocción por lixiviación de la amilosa a través de la pared celular durante la cocción, y en la dureza del grano medida por penetrometría siendo quizá la estructura helicoidal de la amilosa la responsable de dicha dureza (25).

Con respecto al contenido de taninos en la harina cruda expresados como catequina, se encontraron los valores más altos en los frijoles cafés y rojos, seguidos de los negros y por último los blancos. Estos datos corroboran los encontrados por otros autores (11, 13, 14), a pesar de que el método empleado en el presente estudio fue diferente, ya que los valores encontrados representan los taninos condensados que son sólo una fracción de los taninos totales y que, según la literatu-

Cuadro 5. Evaluaciones nutricionales de las 20 variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) agrupadas por color.

Color	No. variedades*	NPR $\bar{X} \pm E.E.**$	Min - Max	Digestb. de Protein (%) $\bar{X} \pm E.E.**$	Min - Max	Digestb. M.S. 1/(%) $\bar{X} \pm E.E.**$	Min - Max
Negro	10	1.84 ± 0.18	1.29 - 2.73	72.44 ± 0.60	64.99 - 83.35	90.73 ± 0.35	87.27 - 94.51
Rojo	4	2.06 ± 0.40	1.32 - 3.16	76.10 ± 1.16	58.51 - 86.32	91.30 ± 0.66	85.39 - 93.87
Café	3	1.94 ± 0.43	1.14 - 2.88	73.87 ± 1.26	65.45 - 82.78	89.23 ± 1.19	70.51 - 93.76
Blanco	3	2.51 ± 0.44	1.60 - 3.60	79.51 ± 1.00	73.01 - 88.22	91.84 ± 0.53	90.53 - 94.08

* Cada variedad comprende la mezcla de las cuatro réplicas.

** Promedio de los promedios de ocho ratas por variedad.

1 M S Materia seca.

ra (20, 34), son los que se encuentran en mayor proporción. Por otro lado, al observar el contenido de taninos en la harina cruda y cocida (Cuadro 4) hubo una disminución considerable de este compuesto en esta última, siendo mucho mayor en los frijoles rojos. El proceso de cocción indudablemente fue responsable de esta disminución, pero no se debe desechar la posibilidad de que los taninos durante el proceso puedan reaccionar con otras sustancias del grano, por ejemplo la proteína (29) formando complejos no detectables por el método empleado.

Por otro lado, los coeficientes de digestibilidad de proteína promedio en el presente estudio clasifican los frijoles por color en forma ascendente como: negros, cafés, rojos y blancos (Cuadro 5). Estos datos no concuerdan con algunos valores informados en la literatura, especialmente para el frijol rojo (11) en los cuales los frijoles rojos presentaron la menor digestibilidad comparado con los negros y blancos. Es de hacer notar, sin embargo, que los frijoles rojos presentan el mayor rango de variación (Cuadro 5) en donde se pueden encontrar valores tan bajos como 58.51% o tan altos como 86.32%. Es decir, es una población que presenta gran variabilidad en sus características, y la definición clara de ellas requiere el análisis de un número elevado de muestras.

En lo que se refiere a la calidad de la proteína, los resultados del NPR (Cuadro 5) clasificaron las variedades por color, en el siguiente orden de menor a mayor calidad: negras, cafés, rojas y blancas. Las variedades blancas fueron las únicas estadísticamente superiores al resto del grupo. Estos datos coinciden con la literatura (9, 11). Resalta el hecho de que la clasificación por color en los resultados obtenidos por NPR coinciden con la clasificación para digestibilidad verdadera de la proteína; sin embargo, una mejor digestibilidad no necesariamente se traduce en mejor calidad proteínica debido a la deficiencia de aminoácidos azufrados (9). Lo ideal sería poder obtener un frijol que tuviese alto contenido de aminoácidos azufrados y mejor digestibilidad.

Para poder definir con mayor certeza las características químicas del frijol común (*P. vulgaris*) se requiere de un mayor número de muestras por color. Sin embargo, son pocos los estudios que se han realizado con materiales que cuentan con características agronómicas, físicas (28), químicas y nutricionales como en el presente estudio. Por ello es importante poder interrelacionar la información obtenida para seleccionar parámetros que predigan mejor y más fácilmente las características óptimas del frijol común (*P. vulgaris*). Dicha interrelación entre características se presentará en el número III de esta serie.

LITERATURA CITADA

- AGUILERA, J.M.; STANLEY, D.W. 1985. A review of textual defects in cooked reconstituted legumes: The influence of storage and processing. *Journal of Food Processing and Preservation* 9(3):145-169.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1970. *Official Methods of Analysis of the AOAC* 11 ed. Washington, D.C., EE.UU.
- AYKROYD, W.C.; DOUGHTY, J. 1964. Legumes in human nutrition. Rome, Italy, FAO. *Nutritional Studies* no. 19. 135 p.
- BARNES, R.M.; KWONG, E. 1965. Effect of soybean trypsin inhibitor and penicillin on cystine biosynthesis in the pancreas and its transport as exocrine protein secretion in the intestinal tract of the rat. *Journal of Nutrition* 86:245-242.

5. BRESSANI, R. 1973. Legumes in human diets and how they might be improved. In Symposium: Nutritional Improvement of Food Legumes by Breeding. (1972, Rome, Italy) [Proceedings]. N.Y., EE UU., Protein Advisory Group of the United Nations System. p. 15-42.
6. BRESSANI, R. 1970. Variación en el contenido de nitrógeno, metionina, cistina y lisina de selecciones de frijol. In Reunión Anual Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios: Frijol (1970, Guatemala). IICA-OEA, Dirección General para la Zona Norte. p. 5-7
7. BRESSANI, R.; ELIAS, L.G. 1974. Legume foods. In New Protein Foods Technology. Ed. by A.M. Altschuld. Academic Press. v. 1A, p. 230-297
8. BRESSANI, R.; ELIAS, L.G. 1980. Nutritional value of legume crops for humans and animals. In Advances in Legume Science. Ed. by R.J. Summerfield; A.H. Bunting. p. 135-155
9. BRESSANI, R.; ELIAS, L.G. 1984. Relaciones entre la digestibilidad y el valor proteínico del frijol común (*Phaseolus vulgaris*). Archivos Latinoamericanos de Nutrición 34(1):189-197
10. BRESSANI, R.; ELIAS, L.G.; NAVARRETE, D.A. 1961. Nutritive value of Central American beans. IV. The essential amino acid content of samples of black beans, red beans, rice beans, and cowpeas of Guatemala. Journal of Food Science 26(5):525-528.
11. BRESSANI, R.; ELIAS, L.G.; DE ESPAÑA, M.E. 1981. Posibles relaciones entre medidas físicas, químicas y nutricionales en frijol común (*Phaseolus vulgaris*). Archivos Latinoamericanos de Nutrición 31(3): 550-570
12. BRESSANI, R.; FLORES, M.; ELIAS, L.G. 1975. Aceptabilidad y valor nutricional de las plantas leguminosas de grano en la dieta humana. In Seminario sobre el potencial del frijol y de otras leguminosas de grano comestible en América Latina. (1973, Cali, Col.) Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Serie 5-2, p. 17-48.
13. ELIAS, L.G.; GONZALEZ DE FERNANDEZ, D.; BRESSANI, R. 1979. Possible effect of seed coat polyphenolics on the nutritional quality of bean protein. Journal of Food Science 44(2):524-527.
14. ESPIGARES FONG DE ESPAÑA, M.I. 1977. Estudio de las posibles relaciones entre parámetros físicos, químicos y nutricionales en *Phaseolus vulgaris*. Tesis. Químico-Farmacéutico. Guat., Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 41
15. FERRAND, E.A. 1964. Flour properties in relation to the modern bread processes in the United Kingdom, with special reference to alpha-amylase and starch damage. Cereal Chemistry 41:98-110
16. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1973. Energy and Protein Requirements Committee Report. Geneva, WHO, p. 63. (Technical Report Series no. 522; Nutrition Meeting Report Series no. 52)
17. GOERING, H.K.; SOEST, P.J. 1970. Forage fiber analysis, apparatus, reagents, procedures, and some applications. In Agriculture Handbook 379. Washington, D.C., Department of Agriculture. p. 387-598.
18. GOMEZ-BRENES, R.A.; ELIAS, L.G.; NAVARRETE, D.; BRESSANI, R. 1974. Desarrollo y uso de un instrumento de laboratorio para medir la dureza. In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA) (20., 1974, Guat.) Guat., INCAP (mimeografiado)
19. GONZALEZ DE FERNANDEZ, D. 1975. Estudio sobre las posibles relaciones entre los pigmentos presentes en la cáscara de frijol y el valor nutritivo de este. Tesis. Mas Sc Guat., Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 28.
20. HASLAM, E. 1966. Chemistry of Vegetable Tannins. N.Y., USA, Academic Press
21. HINIZ, H.F.; HOUGE, D.E.; KROOK, L. 1967. Toxicity of red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*) in the rat. Journal of Nutrition 93:77-86.
22. INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA. 1964. Métodos de laboratorio. Análisis de Alimentos. Guat. 94 p.
23. JAFFE, W.G. 1959. El valor biológico comparativo de algunas leguminosas de importancia en la alimentación venezolana. Archivos Venezolanos de Nutrición 1:107-126.
24. KAKADE, M.L.; EVANS, R.J. 1966. Growth inhibition of rats fed raw navy beans (*Phaseolus vulgaris*). Journal of Nutrition 90:191-198.
25. LAI, C.C.; VARRIANO-MARSTONE, E. 1979. Studies on the characteristics of black bean starch. Journal of Food Science 44(2):528-544.
26. LAM-SANCHEZ, A. 1971. Variabilidad genética y/o ambiental en el contenido de proteína y aminoácidos en leguminosas. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 27(2):118-121.
27. LEVY, B.A.; SIEIN, R.I. DE; MARQUEZ, C.G.; JAFFE, W.G. 1985. El valor bioquímico y nutricional de las semillas del haba lima (*Phaseolus lunatus*) en comparación con las del frijol común (*Phaseolus vulgaris*). Archivos Latinoamericanos de Nutrición 35(1):70-79.
28. LINARES, S.; DE BOSQUE, C.M.; ELIAS, L.G.; BRESSANI, R. 1981. Características tecnológicas y nutricionales de 20 cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris*). I. Características físicas del grano. Turrialba 31(1):1-10.
29. MIJAVILA, S.; CARRERA, G.; DERACHE, R.; BONAS, M.T. 1971. Effect of tannic acid on body

- growth; composition and biological utilization of foods in rats. Annual Nutritional Alimentation 24(4):297-300.
30. MORRIS, H.J.; WOOD, E.R. 1956. Influence of moisture content on keeping quality of dry beans. Food and Technology 10:225-229.
31. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1963. Evaluation of protein quality. Report of an international conference. Washington, D.C., National Academy of Science. National Research Council. Publication 1100. p. 23-27.
32. PRICE, M.I.; VAN SCOYOC, S.; BUTTLER, L.G. 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. Journal of Agricultural and Food Chemistry 26(5):1 214-1 218.
33. RUTGER, I.N. 1971. Variation in protein content and its relation to other characters in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) In Report of the Tenth Dry Bean Research Conference. Washington, D.C., Agr. Res. Serv. Dept. of Agriculture. p. 59-69.
34. SWAIN, T. 1966. Comparative Phytochemistry. N.Y., USA, Academic Press. p. 360.
35. TANDON, O.B.; BRESSANI, R.; SCRIMSHAW, N.S.; LEBEAU, F. 1957. Nutrient value of beans: Nutrients in Central American beans. Journal of Agricultural and Food Chemistry 5(2):137-142.
36. WILLIAMS, P.C.; KUZINA, F.D.; HLYNKA, I. 1970. A rapid calorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. Cereal Chemistry 47(4):411-420.

Anthesis and Pollen Germination in *Hevea brasiliensis* Muell. Arg.¹

C.K. Saraswathyamma*, A.O.N. Panikkar*

ABSTRACT

Anthesis, pollen germination and tube growth of RR11 33, a clone of *Hevea brasiliensis*, were investigated. Anthesis of male flowers takes place between 1:30 and 1:45 pm and that of female flowers between 3:15 and 4:00 pm. Pollen stainability was 94.7% and pollen size ranged from 35 μ m to 45 μ m. Pollen grains recorded high germination and tube growth in the medium comprising 20% sucrose with 100 ppm each of calcium, boron, magnesium and potassium.

INTRODUCTION

Mature trees of *Hevea brasiliensis* undergo wintering, refoliation and flowering during the period December-February. In some trees there is occasionally off-seasonal flowering during September-October. A knowledge of anthesis and germination potential of pollen grains is an essential pre-requisite in breeding programmes. However, work on this aspect is only fragmentary. Dijkman (2) gave a

COMPENDIO

Se estudió la anthesis, la germinación del polen y el crecimiento del tubo germinativo del clon RR11 33 de *Hevea brasiliensis*. La anthesis de las flores masculinas se lleva a cabo entre las 13:30 y 13:45 horas, mientras que las flores femeninas lo hacen entre las 15:15 y las 16:00 horas. La tinción del polen fue de 94.7% y el tamaño varió de 35 μ m a 45 μ m. La germinación del polen y el crecimiento del tubo germinativo fueron altas en medio conteniendo 20% de sacarosa con 100 ppm de cada uno de los elementos calcio, boro, magnesio y potasio.

general account of floral biology and generative selection in *Hevea*. Germination of pollen grains and anthesis of a few clones of *Hevea* were also reported (4, 6, 7, 8). In the present investigation an attempt is made to study the anthesis, germination of pollen grains and effect of calcium, boron, magnesium and potassium on pollen germination and tube growth with respect to one clone of this species.

MATERIALS AND METHODS

The clone used for the study was RR11 33, an ortet selection of *Hevea brasiliensis* Muell. Arg, made by the Rubber Research Institute of India. The clone has been found to be a modest seeder. Five trees of the clone were selected, and from each tree five branches were selected at random for regular observation of

¹ Received for publication 27 March 1986.

The authors thank Dr. M.R. Sethuraj, Director, Rubber Research Institute of India and Shri P.N. Radhakrishna Pillai, Joint Director of Research, for their critical comments on the manuscript. Thanks also go to Shri. G. Subbarayalu, Statistician, for the analysis of the data

* Division of Botany, Rubber Research Institute of India Kottayam 686009, Kerala, India