

Propiedades físicas y calidad de cocción de leguminosas cultivadas en Venezuela

Physical properties and cooking quality of legumes cultivated in Venezuela

M.V. Mujica¹, M. Granito² y N. Soto¹

¹Departamento de Procesos Agroindustriales. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Apdo. 400, Barquisimeto, Venezuela.

²Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Simón Bolívar, Apdo. 89000, Caracas, Venezuela.

Resumen

La textura del grano cocido y el tiempo de cocción representan atributos de calidad muy importantes en las leguminosas para consumo humano. En esta investigación se evaluaron las propiedades físicas y la calidad de cocción de cuatro cultivares de *Phaseolus vulgaris* y dos de *Dolichos lablab* autóctonos de Venezuela. Los parámetros físicos y químicos analizados fueron: humedad, dimensiones, forma, peso y volumen de 100 granos, densidad, color, capacidad de imbibición, sólidos perdidos en el agua de remojo, granos con testa dura, conductividad del agua de remojo, tiempo de cocción, dureza de los granos cocidos y contenido de lignina. Desde el punto de vista morfológico, hubo poca variabilidad entre las especies estudiadas, mientras que en la calidad de cocción se encontraron diferencias significativas entre las variedades de *P. vulgaris*, no así entre las de *D. lablab*. Los cultivares de *P. vulgaris* presentaron buena calidad de cocción y sus tiempos de cocción resultaron similares a los reportados a nivel mundial, por el contrario, los cultivares de *D. lablab* exhibieron una deficiente calidad de cocción por su elevado porcentaje de granos con testa dura. Adicionalmente, con los cultivares *P. vulgaris* se encontraron altas correlaciones entre capacidad de imbibición-tiempo de cocción, dureza-tiempo de cocción y sólidos perdidos-conductividad del agua de remojo.

Palabras clave: calidad de cocción, dureza, *Dolichos lablab*, morfología, *Phaseolus vulgaris*.

Abstract

Texture of cooked grains and the cooking time represent very important quality attributes in legumes for human consumption. In this research, physical properties and cooking quality of four cultivars of *Phaseolus vulgaris* and two of *Dolichos lablab* autochthonous of Venezuela were evaluated. The physical and chemical parameters analyzed were humidity, dimensions, shape, weight and volume of 100 grains, density, colour, imbibition capacity, solids lost in soaking water, grains with hard testa, conductivity of soaking water, cooking time, hardness of cooked grains and lignin content. From a morphological point of view, there was little variability among the species studied, while in the cooking quality, significant differences were found among the *P. vulgaris* varieties, unlike for *D. lablab*. The *P. vulgaris* cultivars showed good cooking quality and similar cooking times to those reported worldwide; on the contrary, *D. Lablab* cultivars showed poor cooking quality for its high percentage of grains with hard shell. Moreover, with the *P. vulgaris* cultivars high correlations between imbibition capacity-cooking time, hardness-cooking time, and solids loss-soaking water conductivity were found.

Key words: cooking quality, hardness, *Dolichos lablab*, morphology, *Phaseolus vulgaris*.

Introducción

Desde el punto de vista sensorial, la aceptabilidad de las leguminosas se fundamenta en atributos como textura, sabor, tamaño y color del grano cocido, entre otros. Las amas de casa y los procesadores industriales desean un grano de bajo tiempo de cocción, que produzca un caldo espeso, que tenga buen sabor y textura y que sea de testa delgada (Bressani, 1989).

La textura del grano cocido es uno de los atributos de calidad más importantes y en conjunto con el tiempo de cocción conforman lo que se conoce como "calidad de cocción" (Bressani, 1989; Dalfollo *et al.*, 2007a; Jacinto *et al.*, 2002; Nasar-Abbas *et al.*, 2008). Son escasas, sino inexistentes, las publicaciones donde se reporte la medición objetiva de los tiempos de cocción de las leguminosas

Introduction

From the sensorial point of view, the acceptance of leguminous is based on attributes like texture, taste, size and cooked grain color, among others. The housewife and industrial processors wish a grain with low cooking time, offering a thick soup, having good taste and texture and also with thin head (Bressani, 1989).

Cooked grain texture is one of more important quality attributes and as a group with cooking time forms that is known as "cooking quality" (Bressani, 1989; Dalfollo *et al.*, 2007a; Jacinto *et al.*, 2002; Nasar-Abbas *et al.*, 2008). There are little information about objective measurement of cooking times for leguminous in Venezuela, even though in those more consumed specie like *Phaseolus vulgaris*, commonly known like

cultivadas en Venezuela, aún en la especie más consumida en todos los estratos socioeconómicos del país, como es *Phaseolus vulgaris*, conocida comúnmente como "caraota" (Quintana, 2001; INE, 2008). De acuerdo a la hoja de balance de alimentos para el año 2006 la disponibilidad de leguminosas para consumo humano en Venezuela estuvo representada en un 44% por *P. vulgaris* y para el año 2007 en un 43%, seguida por el frijol (*Vigna sinensis*), el cual constituyó un 25 y 29%, respectivamente (INN, 2006; INN, 2007).

Otros atributos, como el tamaño y el color del grano, definen y diferencian las preferencias de consumo de un país a otro (Bressani, 1989; Morros *et al.*, 2004). Adicionalmente, la caracterización física y culinaria de los cultivares de una especie tiene una gran importancia para su mejoramiento genético, puesto que permite conocer su utilidad como fuente genética de un carácter determinado, así como para planear las combinaciones adecuadas. En este sentido, Pérez *et al.* (2002) caracterizaron física, culinaria y nutricionalmente el frijol del altiplano subhúmedo de México y encontraron suficiente variación genética en la mayoría de las propiedades determinadas, por lo que concluyen que existe la posibilidad de su mejoramiento a través de la recombinación y selección.

Jacinto *et al.* (1996) estudiaron física y nutricionalmente cuatro variedades de frijol mejicano, encontrando grandes contrastes entre ellas, principalmente en lo que respecta a peso y volumen de la semilla. Martín-Cabrejas *et al.* (1997) evaluaron las propiedades físicas y la calidad de cocción de cinco variedades africanas,

"caraota" (Quintana, 2001; INE, 2008). According to the Foods Balance Sheet for 2006 the availability of leguminous for human consumption in Venezuela was represented in 44% by *P. vulgaris* and for 2007 in 43%, followed by bean (*Vigna sinensis*), which constituted 25 and 29%, respectively (INN, 2006; INN, 2007).

Other attributes, like size and color of grain, define and differencing consumption preferences of one country to another (Bressani, 1989; Morros *et al.*, 2004). Additionally, physical and culinary characterization of a specie cultivars have a great importance for its genetic improvement, because permit to know its utility as genetic source of a determined character, likewise to plan the adequate combinations. Pérez *et al.* (2002) carried out the physical, culinary and nutritional characterization of bean from sub-humid plain of México and they found enough genetic variation in most of determined properties, thereby they concluded that there is the possibility to improvement through recombination and selection.

Jacinto *et al.* (1996) studied four Mexican bean varieties physically and nutritionally, being found high contrasts among them, mainly respect to seed weight and volume. Martín-Cabrejas *et al.* (1997) evaluated physical properties and cooking quality of five African varieties, reporting significant differences in weight of 100 seeds, volume per seed and cooking time.

Thus, the importance of characterizing different species of culinary interest, both the more consumed and those sub-used. In Ve-

encontrando diferencias significativas en el peso de 100 semillas, volumen por semilla y tiempo de cocción.

De allí la importancia de caracterizar las diferentes especies de interés culinario, tanto las más consumidas como aquellas subutilizadas. En Venezuela existen especies de leguminosas muy poco cultivadas, pese a su elevado potencial agronómico y culinario. Una de ellas es *Dolichos Lablab*, llamada comúnmente "chivata" o "gallinazo", y cultivada principalmente en los estados Lara, Falcón y Táchira, para uso forrajero, ornamental, medicinal y también como grano alimenticio. Esta especie es de carácter semiperenne y da fruto casi todo el año, además es resistente al déficit hídrico y se adapta a diversas condiciones agroecológicas (Morros *et al.*, 2004).

Las características físicas del grano de *Dolichos lablab* han sido poco evaluadas, principalmente en lo que respecta a su calidad de cocción. En este sentido, la presente investigación se planteó evaluar las propiedades físicas y la calidad de cocción de algunos cultivares de *Phaseolus vulgaris* y *Dolichos lablab* consumidos en Venezuela. Específicamente, se caracterizaron tres variedades de *Phaseolus vulgaris* de importancia comercial y un cultivar mejorado genéticamente en el INIA-Aragua, así como dos cultivares de *Dolichos lablab*.

Materiales y métodos

Materiales

Se evaluaron tres variedades comerciales de *Phaseolus vulgaris* (Tenerife, Magdaleno y Tacarigua) y un cultivar mejorado genéticamente

en Venezuela there are species of leguminous with little cultivation, despite its high agronomical and culinary potential. One of them is *Dolichos Lablab*, commonly called "chivata" or "gallinazo", and mainly cultivated in Lara, Falcón and Táchira states, for fodder, ornamental, and medicinal use, and also, like feeding grain. This specie has semi-perennial character and gives fruits most of the year, also is resistant to hydric deficit and is adapted to different agroecological conditions (Morros *et al.*, 2004).

Physical characteristics of *Dolichos lablab* grain have been scarcely evaluated, especially respect to its cooking quality. Therefore, this research looks for evaluating physical properties and cooking quality of some cultivars of *haseolus vulgaris* and *Dolichos lablab* consumed in Venezuela, specifically, three varieties of *Phaseolus vulgaris* with commercial importance and a genetically modified cultivar at INIA-Aragua, likewise two cultivars of *Dolichos lablab*.

Materials and methods

Materials

Three commercial varieties of *Phaseolus vulgaris* ("Tenerife", "Magdaleno" and "Tacarigua") and one genetically improved cultivar (L-140) were evaluated. Likewise, two materials of *Dolichos lablab*, "Chivata" and "Caperuza" were characterized, rescued and conserved in Germplasm Bank of INIA, Maracay, Venezuela. Materials of both species were cultivated in the experimental station of INIA located at Maracay, Aragua state, and once

(L-140). Asimismo, se caracterizaron dos materiales de *Dolichos lablab*, Chivata y Capiruzza, rescatados y conservados en el Banco de Germoplasma del INIA, Maracay, Venezuela. Los materiales de ambas especies se cultivaron en la estación experimental del INIA ubicada en Maracay, estado Aragua, y una vez cosechados se almacenaron bajo refrigeración ($4 \pm 2^\circ\text{C}$) por aproximadamente tres meses hasta su análisis.

Métodos

El contenido de humedad se cuantificó por el método 925.10 de la AOAC (1990). Las dimensiones y la forma del grano, el peso y el volumen de 100 granos se midieron de acuerdo a lo establecido por el International Board for Plant Genetic Resources (1982). Para la determinación del color triestímulo se utilizó un espectrocolorímetro Hunterlab modelo Miniscan XE 45/0, el cual mide el color en la escala Cielab en términos de L^* , a^* y b^* (Hunterlab, 1996).

La capacidad de imbibición de los granos se determinó de acuerdo al método de Nasar-Abbas *et al.* (2008) modificado. Para ello, se colocaron 10 g de granos en 50 g de agua destilada por 18 h a 25°C ; seguidamente se removieron los granos del agua de remojo, se lavaron con agua desionizada, se separó la testa y se separaron los cotiledones de cada grano, se secaron todas las fracciones con papel absorbente y se pesaron. Se tomaron en cuenta los sólidos perdidos en las aguas de remojo y lavado, para corregir el valor de la capacidad de imbibición.

Los granos con testa dura fueron aquellos que no absorbieron agua du-

harvested they were stored under refrigeration ($4 \pm 2^\circ\text{C}$) during approximately three months until its analysis.

Methods

Humidity content was quantified through method 925.10, AOAC (1990). Dimensions and grain shape, Weight and volume of 100 grains were measured according to those established by the International Board for Plant Genetic Resources (1982). To determine tristimulus color an spectrocolorimeter Hunterlab model Miniscan XE 45/0 was used, which measure color in scale Ceiled in terms of L^* , a^* and b^* (Hunterlab, 1996).

The imbibition ability of grains was determined according to method of Nasar-Abbas *et al.* (2008). 10 g of grains were placed on 50 g of distilled water during 18 h to 25°C ; after that, grains were removed from soaking water, they were washed with deionized water, head and cotyledons were separated each of grains, all the fractions were dried with absorbent paper and then weighed. Lost solids were considered in soaking and wash water, to correct imbibition ability values.

Grains with hard head did not absorb water during soaking. It was expressed like percentage as a function of total of soaked grains. The soaking water conductivity was measured according to Nasar-Abbas *et al.* (2008) method, in $\mu\text{S}/\text{cm}$, with a conductivity measurer Hanna Innstrument EC 215.

To develop this research was designed and constructed an equipment to measure cooking time of grains (figure 1), according to those suggested by Jackson and Varriano-

rante el remojo. Se expresó como porcentaje en función del total de granos colocados en remojo. La conductividad del agua de remojo se midió según el método de Nasar-Abbas *et al.* (2008), en $\mu\text{S}/\text{cm}$, con un medidor de conductividad Hanna Instrument EC 215.

Para el desarrollo de esta investigación se diseñó y construyó un equipo para medir el tiempo de cocción de los granos (figura 1), de acuerdo a lo sugerido por Jackson y Varriano-Marston (1981). El mismo consiste de 25 barras de acero inoxidable con 90 ± 1 g de peso, cada una de las cuales se coloca sobre un grano. Se registra el tiempo en que cae cada barra penetrando el grano cocido y se toma como tiempo de cocción el promedio de los tiempos correspondientes a las barras 12 y 13, de acuerdo a lo establecido por Maurer *et al.* (2004).

Marston (1981) which consist on 25 stainless steel bars with 90 ± 1 g weight, each of them is placed on a grain. Time in which each bar penetrate the cooked grain is registered and is considered like cooking time the average of times corresponding to bars 12 and 13, according to those established by Maurer *et al.* (2004).

Cooked grain hardness was quantified with texturometer TA-XT2i. Essay speed was 1.0 mm/s, a cell of 5 kg and a multiple probe for peas were used, by analyzing 18 grains each time. The modified Nasar-Abbas *et al.* (2008) method was used for cooking, which consisted in soaking a sample of 20 g of entire grains into 100 g of distilled water during 18 h to 25°C , after that, water was took off and grains were placed in 100 g of distilled water at boiling temperature, to cook them during 60 min.

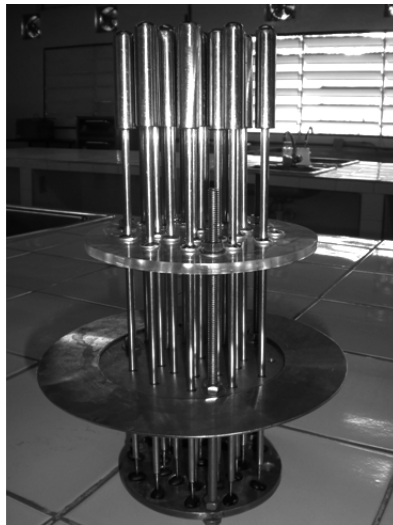


Figura 1. Equipo empleado para medir el tiempo de cocción.

Figure 1. Equipment used to measure the cooking time.

La dureza de los granos cocidos se cuantificó con un texturómetro TA-XT2i. La velocidad del ensayo fue de 1,0 mm/s, se usó una celda de 5 kg y una sonda múltiple para guisantes, con la cual se analizaban 18 granos a la vez. Para la cocción se empleó el método de Nasar-Abbas *et al.* (2008) modificado, el cual consistió en remojar una muestra de 20 g de granos enteros en 100 g de agua destilada por 18 h a 25 °C, luego se drenó el agua y los granos se colocaron en 100 g de agua destilada a la temperatura de ebullición, para cocinarlos por 60 min.

La lignina se determinó gravimétricamente según el método Klason y bajo las condiciones establecidas por Saura-Calixto *et al.* (1991). Los resultados se expresaron como g de lignina Klason por 100 g de muestra seca. Adicionalmente, se cuantificó el contenido de proteína presente en el residuo de lignina.

Análisis Estadístico

Los resultados se expresaron como el promedio de tres determinaciones y su desviación estándar. Se aplicó un análisis de varianza de una vía con el programa Statgraphics Plus 4.0 para determinar diferencias significativa ($\alpha=0.05$) entre los cultivares estudiados, previa comprobación del cumplimiento de los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia. Para la comparación de las medias se aplicó la prueba de rango múltiple de Duncan ($\alpha=0.05$).

Resultados y discusión

La humedad de los granos de *P. vulgaris* y *D. lablab* varió entre 8,80 y 9,58% (cuadro 1), valores cercanos a

Lignin was gravimetrically determined according to Klason method and by following conditions established by Saura-Calixto *et al.* (1991). Results were expressed like g of lignin Klason by 100 g of dry sample. Additionally, the protein content present in lignin residue was quantified.

Statistical analysis

Results were expressed like the average of three determinations and its standard deviation. A one way analysis of variance was applied with Statgraphics Plus 4.0 program to determine significant difference ($\alpha=0.05$) between cultivars studied, previous checking of normality assumptions, homoscedasticity and independence. For means comparison The multiple rank test of Duncan ($\alpha=0.05$) was applied.

Results and discussion

The humidity of *P. vulgaris* and *D. lablab* grains varied between 8.80 and 9.58% (table 1), values closed to those reported by Granito *et al.* (2006), 8.25 to 11.68%, for nine materials of *P. vulgaris*, just like those found by Kanani *et al.* (2006), 9%, in a variety of *D. lablab*.

According to weight of 100 grains, all the varieties of *P. vulgaris* evaluated can be considered of small grain by being inferior to 25 g (IBPGR, 1982); significant differences ($P\leq 0.05$) were not found between cultivars "Magdaleno", "Tacarigua" and L-140. Warnock *et al.* (2005) affirm that varieties sowed in Venezuela below 1200 masl, such as "Magdaleno", "Montalbán", "Tacarigua", "Tenerife"

Cuadro 1. Propiedades físicas de cuatro cultivares de *Phaseolus vulgaris* y dos de *Dolichos lablab*.**Table 1. Physical properties of four *Phaseolus vulgaris* cultivars and two cultivars of *Dolichos lablab*.**

Especie	Cultivar	Humedad (g/100g)	Peso-100 granos (g)	Volumen (mL/100 granos)	Densidad (mL/g)
<i>P. vulgaris</i>	Tenerife	9,34±0,27 ^{bc}	19,85±0,28 ^a	16±0,01 ^a	1,22±0,03 ^a
	Magdaleno	9,07±0,08 ^{ab}	21,07±0,34 ^b	16±0,58 ^a	1,29±0,03 ^b
	Tacarigua	9,57±0,26 ^c	21,18±0,49 ^b	16±0,58 ^a	1,30±0,04 ^b
	L-140	9,58±0,20 ^c	20,64±0,16 ^b	16±0,00 ^a	1,29±0,01 ^b
<i>D. lablab</i>	Capiruza	9,33±0,18 ^{bc}	25,89±0,17 ^d	20±0,58 ^c	1,32±0,05 ^b
	Chivata	8,80±0,35 ^a	22,47±0,21 ^c	17±0,58 ^b	1,30±0,03 ^b

Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

los reportados por Granito *et al.* (2006), 8,25 a 11,68%, para nueve materiales de *P. vulgaris*, así como al encontrado por Kanani *et al.* (2006), 9%, en una variedad de *D. lablab*.

De acuerdo al peso de 100 granos, todas las variedades de *P. vulgaris* evaluadas pueden considerarse de grano pequeño por ser inferior a 25 g (IBPGR, 1982), no encontrándose diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los cultivares Magdaleno, Tacarigua y L-140. En este sentido, Warnock *et al.* (2005) afirman que las variedades que se siembran en Venezuela por debajo de los 1200 msnm, tales como Magdaleno, Montalbán, Tacarigua, Tenerife y UCV-Manuare, son originarias del centro de domesticación mesoamericano y como tal se caracterizan por ser de granos pequeños, lo que coincide con los resultados obtenidos. En relación a los cultivares de *D. lablab*, Capiruza resultó de grano mediano y Chivata de grano pequeño.

En lo que respecta al volumen de

and UCV"Manuare", are from Meso American Center of Domestication and as such are characterized by being small grains that agree with results obtained. In relation to cultivars of *D. lablab*, "Capiruza" had middle grain and "Chivata" small grain.

Respect to volume of 100 grains, there was not significant differences ($P \leq 0,05$) among cultivars of *P. vulgaris*, being generally observed higher volume those of *D. lablab*, such as is observed in table 1. Likewise, significant differences ($P \leq 0,05$) were not found in grains density of cultivars evaluated, except for "Tenerife" variety of *P. vulgaris* specie, which had lower density.

Martin-Cabrejas *et al.* (1997) characterized five African varieties of *P. vulgaris*, with different colors and they found that weight of 100 grains varied between 20 and 50 g, volume between 26 and 43 mL/100 grains and density between 1.21 and 1.35 g.mL⁻¹. Jacinto *et al.* (1996) evaluated four

100 granos, no hubo diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los distintos cultivares de *P. vulgaris*, presentando en general mayor volumen los de *D. lablab*, tal como se observa en el cuadro 1. Asimismo, no se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en la densidad de los granos de los cultivares evaluados, excepto por la variedad Tenerife de la especie *P. vulgaris*, la cual resultó de menor densidad.

Martin-Cabrejas *et al.* (1997) caracterizaron cinco variedades africanas de *P. vulgaris*, de diferentes colores, y encontraron que el peso de 100 granos variaba entre 20 y 50 g, el volumen entre 26 y 43 mL/100 granos y la densidad entre 1,21 y 1,35 g.mL⁻¹. Por su parte, Jacinto *et al.* (1996) evaluaron cuatro variedades mejicanas de diferentes colores y observaron que el peso de 100 granos variaba entre 16,7 y 36,4 g y el volumen entre 20 y 44 mL/100 granos. Estos valores reflejan una amplia variabilidad entre las variedades de *P. vulgaris* cultivadas en dichas regiones, contrario a lo obtenido en este estudio con los cultivares venezolanos, lo cual puede asociarse a las preferencias de consumo y a la relación color-tamaño del grano.

En el cuadro 2 se indica la forma, las dimensiones y la relación largo/ancho (L/A) de los granos. De acuerdo a los criterios del IBPGR (1982), todos los cultivares de *P. vulgaris* presentaron forma truncada y los de *D. lablab* tuvieron forma ovalada. En general, el ancho de los granos de *D. lablab* fue significativamente mayor en comparación con *P. vulgaris* y su relación largo/ancho resultó significativamente menor, lo cual concuerda con su forma

Mexican varieties of different colors and observed that Weight of 100 grains varied between 16.7 and 36.4 g and volume between 20 and 44 mL/100 grains. These values shows a wide variability between varieties of *P. vulgaris* cultivated in these regions, contrary to obtained in this study with Venezuelan cultivars, which can be related to consumption preferences and to the relation color-size of grain.

Table 2 shows shape, dimensions and long/width (L/A) relation of grains. According to the IBPGR (1982) criteria, all the cultivars *P. vulgaris* showed truncate shape and those of *D. lablab* had oval shape. Grains width of *D. lablab* was significantly higher in comparison to *P. vulgaris* and its relationship long/width was significantly lower, which agree with its oval shape. Between varieties of *P. vulgaris*, grains of "Tacarigua" variety were significantly longer and showed the higher long/width relationship.

According to the morphological characteristics evaluated, it is possible to affirm that there is little variability between cultivars each of species characterized. Gutiérrez *et al.* (2004) detach that genetic basement of commercial varieties of *P. vulgaris* cultivated in Venezuela is quite narrow and thus, genetic variability is limited

In relation to head color (table 3), varieties of *P. vulgaris* showed L* values between 17.36 and 23.34, which correspond to dark or "black" varieties, and a* and b* varieties were negative, by showing presence green and blue tones, respectively. L-140 cultivar was darker and had the lower values of a* and b*. Bellido *et al.* (2006) reported values of L*, a* and b* (22,40, -1.50

Cuadro 2. Dimensiones del grano de cuatro cultivares de *Phaseolus vulgaris* y dos de *Dolichos lablab*.**Table 2. Grain dimensions of four cultivars of *Phaseolus vulgaris* and two cultivars of *Dolichos lablab*.**

Especie	Cultivar	Forma	Largo (mm)	Ancho (mm)	Grosor (mm)	L/A
<i>P. vulgaris</i>	Tenerife	Truncada	10,05±0,30 ^{bc}	6,56±0,58 ^a	4,94±0,27 ^b	1,53±0,10 ^c
	Magdaleno	Truncada	9,66±0,61 ^b	6,55±0,67 ^a	5,05±0,36 ^{bc}	1,48±0,14 ^c
	Tacarigua	Truncada	10,90±0,73 ^d	6,81±0,30 ^b	4,80±0,45 ^{ab}	1,60±0,09 ^d
	L-140	Truncada	10,29±0,32 ^c	6,88±0,98 ^b	4,63±0,46 ^a	1,50±0,13 ^c
<i>D. lablab</i>	Capiruzá	Ovalada	9,97±0,22 ^{bc}	7,41±0,46 ^c	5,26±0,27 ^c	1,35±0,06 ^b
	Chivata	Ovalada	9,23±0,25 ^a	7,20±0,38 ^c	4,90±0,32 ^b	1,28±0,06 ^a

Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

ovalada. Entre las variedades de *P. vulgaris*, los granos de la variedad Tacarigua fueron significativamente más largos y presentaron la mayor relación largo/ancho.

En general, de acuerdo con las características morfológicas evaluadas, se puede afirmar que existe poca variabilidad entre los cultivares de cada una de las especies caracterizadas. En tal sentido, Gutiérrez *et al.* (2004) afirman que la base genética de los variedades comerciales de *P. vulgaris* cultivados en Venezuela es bastante estrecha y por consiguiente la variabilidad genética es limitada

En relación al color de la testa (cuadro 3), las variedades de *P. vulgaris* presentaron valores de L* entre 17,36 y 23,34, lo cual se corresponde con el hecho de ser variedades oscuras o "negras", y los valores de a* y b* resultaron negativos, lo que indica la presencia de tonos verdes y azules, respectivamente. El cultivar L-140 resultó más oscuro y tuvo los valores

and -0.43, respectively) similar to a black variety of *P. vulgaris*.

As expected, clear cultivars of *D. lablab* showed L* values significantly higher and their a* and b* values were positive that is associated to red and yellow tones, respectively.

The imbibition capacity and cooking time (table 4) of *D. lablab* cultivars were significantly lower in comparison to *P. vulgaris*, and between the last ones, "L-140" material had the higher imbibition capacity and lower cooking time.

Published data were not found for *D. lablab* about cooking time that permit to do comparisons with experimental values, while for *P. vulgaris*, there is a wide variability in published data. The cooking time is affected by multiple factors such as morphological and genetic characteristics of grain, soaking time previous to cooking, measure equipment and cooking temperature. Also, soil characteristics and climatic conditions of cultivation

Cuadro 3. Color triestímulo de cuatro cultivares de *Phaseolus vulgaris* y dos de *Dolichos lablab*.

Table 3. Tri stimulus color of four cultivars of *Phaseolus vulgaris* and two of *Dolichos lablab*.

Especie	Cultivar	Color		
		L*	a*	b*
<i>P. vulgaris</i>	Tenerife	22,75±0,51 ^{bc}	-0,40±0,01 ^a	-0,93±0,06 ^{ab}
	Magdaleno	23,34±0,12 ^c	-0,49±0,10 ^a	-1,31±0,07 ^a
	Tacarigua	22,35±0,43 ^b	-0,43±0,06 ^a	-0,61±0,06 ^{bc}
	L-140	17,36±0,55 ^a	-0,11±0,02 ^b	-0,44±0,03 ^c
<i>D. lablab</i>	Capiruza	71,07±0,38 ^d	3,46±0,22 ^c	21,56±0,49 ^d
	Chivata	70,77±0,28 ^d	3,67±0,13 ^d	21,58±0,20 ^d

Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

más bajos de a^* y b^* . Bellido *et al.* (2006) reportaron valores de L^* , a^* y b^* (22,40, -1,50 y -0,43, respectivamente) semejantes para una variedad negra de *P. vulgaris*.

Como era de esperarse, los cultivares claros de *D. lablab* presentaron valores de L^* significativamente más elevados y sus valores de a^* y b^* fueron positivos lo que se asocia a tonos rojos y amarillos, respectivamente.

La capacidad de imbibición y el tiempo de cocción (cuadro 4) de los cultivares de *D. lablab* resultaron significativamente menores en comparación con los de *P. vulgaris*, y entre estos últimos el material L-140 fue el de mayor capacidad de imbibición y menor tiempo de cocción.

Para *D. lablab* no se encontraron datos publicados acerca del tiempo de cocción que permitan hacer comparaciones con los valores experimentales, mientras que para *P. vulgaris*, existe una amplia variabilidad en los datos publicados. El tiempo de cocción

zone have influence on cooking time (Gutiérrez *et al.*, 2004). This makes difficult direct comparisons between published values and results obtained in this research, however, cooking time of cultivars evaluated, just like its imbibition capacity, was found inside rank reported by other researchers (Jackson and Varriano-Marston, 1981; Maurer *et al.*, 2004; Wang and Daun, 2005; Dalfollo *et al.*, 2007b).

Grains of *P. vulgaris* used had three months after harvested, during that time they were stored to refrigeration temperature to avoid changes in physical and chemical properties, mainly those carrying hardening. This can explain low cooking times found.

When correlating the imbibition capacity with cooking time in cultivars of *P. vulgaris*, a correlation coefficient (r) equal to -0,97 was obtained, this means that when imbibition capacity is higher, the cooking time is lower. It

Cuadro 4. Capacidad de imbibición, conductividad y sólidos perdidos de cuatro cultivares de *Phaseolus vulgaris* y dos de *Dolichos lablab*.

Table 4. Capacity of imbibition, conductivity and lost solids of four cultivars of *Phaseolus vulgaris* and two cultivars of *Dolichos lablab*.

Especie	Cultivar	Capacidad de Imbibición (%MS)	Tiempo de cocción (min)	Granos con testa dura (%)
<i>P. vulgaris</i>	Tenerife	105,45±2,10 ^b	17,16±1,38 ^c	0±0 ^a
	Magdaleno	105,02±1,58 ^b	16,16±0,62 ^c	0±0 ^a
	Tacarigua	103,27±1,92 ^b	18,84±0,35 ^d	0±0 ^a
	L-140	110,31±1,17 ^c	9,38±1,20 ^b	0±0 ^a
<i>D. lablab</i>	Capiruzá	92,10±2,47 ^a	6,93±0,39 ^a	46±2 ^b
	Chivata	92,86±5,00 ^a	6,67±0,70 ^a	32±2 ^c

Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

es afectado por múltiples factores tales como las características morfológicas y genéticas del grano, el tiempo de remojo previo a la cocción, el equipo de medición y la temperatura de cocción. También las características del suelo y las condiciones climáticas de la zona de cultivo influyen en el tiempo de cocción (Gutiérrez *et al.*, 2004). Esto dificulta las comparaciones directas entre los valores publicados y los resultados obtenidos en este estudio, no obstante, el tiempo de cocción de los cultivares evaluados, al igual que su capacidad de imbibición, se encontró dentro del rango reportado por otros investigadores (Jackson y Varriano-Marston, 1981; Maurer *et al.*, 2004; Wang y Daun, 2005; Dalfollo *et al.*, 2007b).

Los granos de *P. vulgaris* utilizados tenían tres meses de cosechados, durante los cuales se almacenaron a temperatura de refrigeración para evitar cambios en las propiedades físicas

is necessary that grain absorb enough water quantity for physical and chemical changes related to cooking occur, such as swelling and gelatinization of starch granules (Bressani, 1989). Jacinto *et al.* (2002) found lower correlation coefficient (-0.66) between cooking time and imbibition capacity in two Mexican varieties, "Bayo Victoria" and "Bayo Mecentral", both beige color.

In relation to *D. lablab*, their cultivars showed an atypical behavior since they had lower cooking times even with lower imbibition capacity values. This can be related to the way in which bars of cooking passed through *D. lablab* grains. When experimental runs were accomplished this happened in a different way in species studied; in *P. vulgaris* the tip of bar penetrated gradually the grain and apparently, the higher resistance was showed by the cotyledon, while in *D. lablab* the bar suddenly falls once its

y químicas, principalmente las que conllevan al endurecimiento. Esto puede explicar los bajos tiempos de cocción encontrados.

Al correlacionar la capacidad de imbibición con el tiempo de cocción en los cultivares de *P. vulgaris*, se obtuvo un coeficiente de correlación (r) igual a $-0,97$, lo que significa que a mayor capacidad de imbibición menor es el tiempo de cocción. Es necesario que el grano absorba suficiente cantidad de agua para que ocurran los cambios físicos y químicos asociados a la cocción, tales como hinchamiento y gelatinización de los gránulos de almidón (Bressani, 1989). Jacinto *et al.* (2002) encontraron un coeficiente de correlación más bajo ($-0,66$) entre el tiempo de cocción y la capacidad de imbibición en dos variedades mejicanas, Bayo Victoria y Bayo Mecentral, ambas de color beige.

En relación a *D. lablab*, sus cultivares presentaron un comportamiento atípico puesto que tuvieron los menores tiempos de cocción aún con los más bajos valores de capacidad de imbibición. Esto pudo estar relacionado con la forma en que las barras del equipo de cocción atravesaron los granos de *D. lablab*. Al realizar las corridas experimentales se observó que esto ocurría de forma distinta en las especies estudiadas; en *P. vulgaris* la punta de la barra penetraba el grano gradualmente y al parecer la mayor resistencia la presentaba el cotiledón, mientras que en *D. lablab* la barra caía súbitamente una vez que su punta atravesaba la testa, lo que hace suponer que la principal resistencia la ofrecía la testa. Adicionalmente, el tiempo que transcurría entre el descenso com-

tip passed through head, which make easier the supposition about principal resistance was offered by head. Additionally, time between the complete decrease of a bar and other was shorter for cultivars of *D. lablab*.

The percentage of grains with hard head for each of cultivars is shown in table 4 and it is possible to observe varieties of *P. vulgaris* did not show this defect, whereas cultivars of *D. lablab* showed high percentage, which affect in a negative way its cooking quality. Dalfollo *et al.* (2007a) and Dalfollo *et al.* (2007b) reported 0.64 and 0.90%, respectively, in Brazilian varieties just harvested of *P. vulgaris*. Meanwhile Hentges *et al.* (1991) found from 0 until 6.5% of grains with hard head in five Guatemalan varieties of *P. vulgaris*.

The hardness values of cooked grains are shown in table 5 that varied between 14.53 and 25.01 N, similar to value reported by Kyriakidis *et al.* (1997) of 21.6 N in grains of *P. vulgaris*. The cooked grains of *D. lablab*, were significantly ($P \leq 0.05$) harder than those of cultivars L-140 and "Magdaleno" de *P. vulgaris*, despite having a lower cooking time. Additionally, for *P. vulgaris* there was high correlation between the hardness of cooked grains and cooking time ($r=0.92$), which permit that one of these variables be estimated from the other one in case of not having a texturometer or with an equipment to measure cooking time.

Solids lost in soaking water were significantly different between different cultivars and species studied, as shown in table 5. Respect to samples of *P. vulgaris*, "Tacarigua" variety showed

pleto de una barra y otra era mucho más corto para los cultivares de *D. lablab*.

En el cuadro 4 también se señala el porcentaje de granos con testa dura para cada uno de los cultivares y se puede observar que las variedades de *P. vulgaris* no presentaron este defecto, mientras que los cultivares de *D. lablab* mostraron un elevado porcentaje, lo que afecta negativamente su calidad de cocción. Dalfollo *et al.* (2007a) y Dalfollo *et al.* (2007b) reportaron 0,64 y 0,90%, respectivamente, en variedades brasileras recién cosechadas de *P. vulgaris*. En tanto que Hentges *et al.* (1991) encontraron desde 0 hasta 6,5% de granos con testa dura en cinco variedades guatemaltecas de *P. vulgaris*.

En el cuadro 5 se indican los valores de dureza de los granos cocidos, la cual varió entre 14,53 y 25,01 N, similar al valor reportado por Kyriakidis *et al.* (1997) de 21,6 N en granos de *P. vulgaris*. Los granos co-

higher value, 2.86 g/100g MS, and L-140 the lower one, 0.91 g/100g MS.

Berrios *et al.* (1999) found that solids lost into soaking water varied between 1.05 and 1.86 g/100g MS after 18 h soaking for a black variety of *P. vulgaris*, whereas Hentges *et al.* (1991) and Jones and Boulter (1983) reported a lost of solids approximately 0.8 g/100g and 2.1 g/100g, respectively. Also, Hentges *et al.* (1991) described high positive correlation between cooking time and solid lost in soaking ($r=0.97$).

In relation to soaking water conductivity, cultivars of *D. lablab* showed significantly lower values in comparison to *P. vulgaris* and specifically last one, obtained high correlation between lost solids and soaking water conductivity ($r=0.96$). There was also a positive correlation between cooking time and soaking water conductivity ($r=0.72$), being cultivars L-140 and "Tacarigua" those of lower and higher conductivity and those with lower and higher cooking

Cuadro 5. Tiempo de cocción, dureza y granos con testa dura de cuatro cultivares de *Phaseolus vulgaris* y dos de *Dolichos lablab*.

Table 5. Cocking time, hardness and grains with hard head of four cultivars of *Phaseolus*.

Especie	Cultivar	Dureza (N/grano)	Conductividad (μ S/cm)	Sólidos perdidos (g/100g MS)
<i>P. vulgaris</i>	Tenerife	24,21 \pm 2,01 ^c	1070 \pm 63 ^c	1,94 \pm 0,07 ^e
	Magdaleno	19,82 \pm 2,36 ^b	1051 \pm 61 ^c	1,51 \pm 0,02 ^c
	Tacarigua	25,01 \pm 1,21 ^c	1378 \pm 8 ^d	2,86 \pm 0,17 ^f
	L-140	14,53 \pm 0,27 ^a	877 \pm 25 ^b	0,91 \pm 0,03 ^a
<i>D. lablab</i>	Capiruza	22,50 \pm 1,25 ^c	526 \pm 24 ^a	1,74 \pm 0,09 ^d
	Chivata	22,76 \pm 0,95 ^c	583 \pm 41 ^a	1,25 \pm 0,06 ^b

Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas ($P\leq 0,05$).

cidos de *D. lablab*, por su parte, resultaron significativamente ($P \leq 0,05$) más duros que los cultivares L-140 y Magdaleno de *P. vulgaris*, a pesar de tener un menor tiempo de cocción. Adicionalmente, para *P. vulgaris* hubo una alta correlación entre la dureza de los granos cocidos y el tiempo de cocción ($r=0,92$), lo que puede permitir que una de estas variables se estime a partir de la otra en el caso de no contar con un texturómetro o con un equipo para medir tiempo de cocción.

Los sólidos perdidos en el agua de remojo resultaron significativamente diferentes entre los distintos cultivares y especies estudiadas, tal como se muestra en el cuadro 5. En lo que respecta a las muestras de *P. vulgaris*, la variedad Tacarigua presentó el valor más elevado, 2,86g/100g MS, y L-140 el más bajo, 0,91g/100g MS.

Berrios *et al.* (1999) encontraron que los sólidos perdidos en el agua de remojo variaban entre 1,05 y 1,86 g/100g MS después de 18 h de remojo para una variedad negra de *P. vulgaris*, mientras que Hentges *et al.* (1991) y Jones y Boulter (1983) reportaron una pérdida de sólidos de aproximadamente 0,8g/100g y 2,1 g/100g, respectivamente. Adicionalmente, Hentges *et al.* (1991) hallaron una alta correlación positiva entre el tiempo de cocción y los sólidos perdidos en el remojo ($r=0,97$).

En relación a la conductividad del agua de remojo, los cultivares de *D. lablab* presentaron valores significativamente menores en comparación con *P. vulgaris* y específicamente con esta última se obtuvo una alta correlación entre los sólidos perdidos y la conductividad del agua

times, respectively. Hentges *et al.* (1991) also found a positive correlation between these two variables ($r=0.84$) and reported a mean conductivity of 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in grains of *P. vulgaris* "Tamazulapa" variety soaked during 18 h, meanwhile Berrios *et al.* (1999) reported 414 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in "UI 906" variety with 12 h soaking.

As observed in table 6, significant differences ($P \leq 0.05$) were not found in lignin content nor in protein related to lignin between cultivars of species studied, with exception of protein-lignin content of "Tenerife" and "Tacarigua" varieties. *P. vulgaris* showed higher lignin content than *D. lablab*.

The lignin content has been related to grain hardness of *P. vulgaris*, because it is a polymer capable of increase rigidity of cotyledons cell wall (Martin-Cabrejas *et al.*, 1997). Thus, it is important to evaluate this property in studies about cooking quality of leguminous. In this case there was not a proportional relationship between lignin with hardness, nor to cooking time, possibly because samples used had little harvest time and they were stored under refrigeration to avoid hardening.

The lignin content of *P. vulgaris* studied was superior to those found by Roza *et al.* (1990), 0.93%, in *P. vulgaris* type "riñón rojo", but lower to those reported by Martin-Cabrejas *et al.* (1997), 6.1 to 8.2%, in five varieties of diverse colors.

Conclusions

Little variability was found in studied species from the morphological point of view. On the contrary, in

de remojo ($r=0,96$). También se encontró una correlación positiva entre el tiempo de cocción y la conductividad del agua de remojo ($r=0,72$), siendo los cultivares L-140 y Tacarigua los de menor y mayor conductividad y los de menor y mayor tiempo de cocción, respectivamente. Hentges *et al.* (1991) hallaron igualmente una correlación positiva entre estas dos variables ($r=0,84$) y reportaron una conductividad promedio de 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en granos de *P. vulgaris* variedad Tamazulapa remojados por 18 h, en tanto que Berrios *et al.* (1999) reportaron 414 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la variedad UI 906 con 12 h de remojo.

Tal como se observa en el cuadro 6, no hubo diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en el contenido de lignina ni en la proteína asociada a la lignina entre los cultivares de las especies estudiadas, a excepción del contenido de proteína-lignina de las variedades Tenerife y Tacarigua. En general, *P. vulgaris* presentó un contenido de lignina más elevado que *D. lablab*.

relation to the variables associated to cooking quality, significant differences were observed between cultivars of *P. vulgaris*, unlike between those of *D. lablab*.

Cultivars of *P. vulgaris* evaluated showed good cooking quality and its cooking times were similar to those reported at world level, being material L-140 those with higher imbibition capacity and less cooking time. This creates expectations for selection of superior genotypes from the culinary point of view, without considering agronomical aspects.

Cultivars of *D. lablab* showed a deficient cooking quality despite low cooking time, because the high percentage of grains with hard head.

High correlations found between capacities of imbibition-cooking time, hardness-cooking time and lost solids-conductivity permit to use some of these variables like indicators of cooking quality of *P. vulgaris* when there are time or equipments limitations.

Cuadro 6. Lignina y proteína asociada a la lignina de cuatro cultivares de *Phaseolus vulgaris* y dos de *Dolichos lablab*.

Table 6. Lignin and protein related to lignin of four cultivars of *Phaseolus vulgaris* and two cultivars of *Dolichos lablab*.

Especie	Cultivar	Lignina (g/100 g MS)	Proteína- Lignina (g/100g Lignina)
<i>P. vulgaris</i>	Tenerife	1,80±0,12 ^b	7,17±0,25 ^b
	Magdaleno	2,04±0,07 ^b	6,52±0,09 ^{ab}
	Tacarigua	2,53±0,11 ^c	5,96±0,60 ^a
	L-140	1,96±0,04 ^b	6,79±0,02 ^{ab}
<i>D. lablab</i>	Capiruzza	1,32±0,07 ^a	8,74±0,44 ^c
	Chivata	1,14±0,06 ^a	9,58±0,49 ^c

Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

El contenido de lignina ha sido relacionado con la dureza de los granos de *P. vulgaris*, puesto que es un polímero que puede incrementar la rigidez de la pared celular de los cotiledones (Martin-Cabrejas *et al.*, 1997). De allí la importancia de evaluar esta propiedad en los estudios sobre la calidad de cocción de las leguminosas. En este caso no se encontró una relación directamente proporcional de la lignina con la dureza, ni con el tiempo de cocción, debido posiblemente a que las muestras utilizadas tenían pocos meses de cosechadas y se almacenaron bajo refrigeración para evitar el endurecimiento.

El contenido de lignina de los cultivares de *P. vulgaris* estudiados resultó superior al encontrado por Rozo *et al.* (1990), 0,93%, en *P. vulgaris* tipo "riñón rojo", pero mucho menor a lo reportado por Martin-Cabrejas *et al.* (1997), 6,1 a 8,2%, en cinco variedades de diversos colores.

Conclusiones

Desde el punto de vista morfológico, se encontró poca variabilidad dentro de las especies estudiadas. Por el contrario, en relación a las variables asociadas a la calidad de cocción se observaron diferencias significativas entre los cultivares de *P. vulgaris*, no así entre los de *D. lablab*.

Los cultivares de *P. vulgaris* evaluados presentaron buena calidad de cocción y sus tiempos de cocción resultaron similares a los reportados a nivel mundial, siendo el material L-140 el de mayor capacidad de imbibición y menor tiempo de cocción. Esto genera expectativas para la selección de

Acknowledgement

Authors want to express their thanks by the support received from the researchers Delis Pérez and Alberto Salih of CENIAP-INIA Maracay, by supplying the vegetal material.

End of english version

genotipos superiores desde el punto de vista culinario, sin dejar de lado los aspectos agronómicos.

Los cultivares de *D. lablab* exhibieron una deficiente calidad de cocción pese al bajo tiempo de cocción, debido al elevado porcentaje de granos con testa dura.

Las altas correlaciones encontradas entre capacidad de imbibición-tiempo de cocción, dureza-tiempo de cocción y sólidos perdidos-conductividad permiten utilizar algunas de estas variables como indicadores de la calidad de cocción de *P. vulgaris* cuando existan limitaciones ya sea de tiempo o de equipos.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de los ingenieros investigadores Delis Pérez y Alberto Salih pertenecientes al CENIAP-INIA Maracay, quienes suministraron el material vegetal.

Literatura citada

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. 15th Edition. Washington. USA.
- Bellido, G., S. Arntfield, S. Cenkowski, M. Scanlona. 2006. Effects of micronization pretreatments on the

physicochemical properties of navy and black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Lwt-Food Sci Technol. 39(7): 779-787.

- Berrios, J., B. Swanson, y A. Cheong. 1999. Physicochemical characterization of stored black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Food Res Int. 32(10): 669-676.
- Bressani, R. 1989. Revisión sobre la calidad del grano de frijól. Arch Latinoam Nutr. 39(3): 419-442.
- Dalfollo, N., A. Cargnelutti, N. Luiz y S. Saydelles. 2007a. Padronização de metodologia para avaliação do tempo de cozimento dos grãos de feijão. Bragantia. 66(2): 335-346.
- Dalfollo, N., N. Luiz y S. Saydelles. 2007b. Períodos de sementeira e condições de armazenamento na qualidade de cozimento de grãos de feijão. Ciência Rural. 38(4): 936-941.
- Granito, M., J. Guinand y D. Pérez. 2006. Composición química y nutricional de variedades de *Phaseolus vulgaris* cultivadas en Venezuela. Agronomía Trop. 56(4): 513-522.
- Gutiérrez, M., D. Pérez, A. Márques, V. Segovia y C. Marín. 2004. Prospección y recolección de materiales nativos del género *Phaseolus* en la zona nororiental y andina de Venezuela. PGR Newsletter. 140: 32-41.
- Hentges, D, C. Weaver y S. Nielsen. 1991. Changes of selected physical and chemical components in the development of the Hard-to-cook bean defect. J Food Sci. 56 (2): 436-442.
- Hunterlab. 1996. Manual del usuario. Versión 1.4. Hunter Associates Laboratory, Inc. USA. pp. 2/43 y 3/12.
- INE (Instituto Nacional de Estadística). 2008. Encuesta de Seguimiento al Consumo. Publicaciones Primer Trimestre 2007 al Segundo Trimestre 2008. Disponible en: <http://www.ine.gov.ve/consumo/cuadrosbasicos6.htm>.
- IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources). 1982. Descriptors for *Phaseolus vulgaris*. International Board for Plant Genetic Resources Secretariat, Rome, Italy. 32 p.
- INN (Instituto Nacional de Nutrición). 2006. Hoja de Balance de Alimentos. Venezuela.
- INN (Instituto Nacional de Nutrición). 2007. Hoja de Balance de Alimentos. Venezuela.
- Jacinto, C., G. Carrillo y A. Campos. 1996. Caracterización de cuatro variedades de frijól (*Phaseolus vulgaris* L.) por sus cualidades físicas y nutricionales. I. Aspectos metodológicos. Agronomía Mesoamericana 7(2): 37-41.
- Jacinto, C., H. Hernández, S. Azpíroz, J. Acosta y I. Bernal. 2002. Caracterización de una población de líneas endogámicas de frijól común por su calidad de cocción y algunos componentes nutrimentales. Agrociencia. 36 (4): 451-459.
- Jackson, M. y E. Varriano-Marston. 1981. Hard-to-Cook phenomenon in beans: effects of accelerated storage on water absorption and cooking time. J Food Sci. 46 (3): 799-803.
- Jones, P. y D. Boulter. 1983. The cause of reduced cooking rate in *Phaseolus vulgaris* following adverse storage conditions. J Food Sci. 48 (2): 623-626, 649.
- Kanani, J., S. Lukefahr y R. Stanko. 2006. Evaluation of tropical forage legumes (*Medicago sativa*, *Dolichos lablab*, *Leucaena leucocephala* and *Desmanthus bicornutus*) for growing goats. Small Ruminant Res. 65(1-2): 1-7.
- Kyriakidis, N., A. Apostolidis, L. Papazoglou y V. Karathanos. 1997. Physicochemical studies of Hard to Cook beans (*Phaseolus vulgaris*). J Sci Food Agr. 74 (2): 186-192.
- Martin-Cabrejas, M., R. Esteban, P. Pérez, G. Maina y K. Waldron. 1997. Changes in physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) during long-term storage. J Agr Food Chem. 45 (8):3223-3227.

- Maurer, G., B. Ozen, L. Mauer y S. Nielsen. 2004. Analysis of hard-to-cook red and black common beans using transform infrared spectroscopy. *J Agr Food Chem.* 52 (6): 1470-1477.
- Morros, M., D. Pérez y P. Rodríguez. 2004. La chivata, una especie leguminosa subutilizada. *LEISA Revista de Agroecología.* 20(1): 23-25.
- Nasar-Abbas, S., J. Plummer, K. Siddique, P. White, D. Harris y K. Dods. 2008. Cooking quality of faba bean after storage at high temperature and the role of lignins and other phenolics in bean hardening. *Lwt-Food Sci Technol.* 41(7):1260-1267.
- Pérez P., G. Esquivel Esquivel, R. Rosales y J. Acosta. 2002. Caracterización física, culinaria y nutricional de frijol del altiplano subhúmedo de México. *ALAN.* 52(2):172-180.
- Quintana E. 2001. Las leguminosas en la alimentación venezolana durante cinco décadas (1945-1997). *Rev Esp Nutr Comunitaria.* 7(3-4):70-77.
- Saura-Calixto, F., I. Goñi, E. Mañas y R. Abia. 1991. Klason lignin, condensed tannins and resistant protein as dietary fiber constituents: determination in grape pomaces. *Food Chem.* 39 (3): 299-309.
- Rozo, C., M.C. Bourne, L.F. Hood y P.J. Van Soest. 1990. Effect of storage time, relative humidity and temperature on the cookability of whole red kidney beans and on the cell wall components of the cotyledons. *Can Inst F Sci Tec J.* 23 (1):72-75.
- Wang, N. y J. Daun. 2005. Determination of cooking times of pulses using an automated Mattson cooker apparatus. *J Sci Food Agr* 85 (10):1631-1635.
- Warnock, R., P. Madriz y A. Trujillo. 2005. Determinación de los coeficientes genéticos del modelo cropgro para siete cultivares de caraota en Venezuela. *IINCI.* 30(4):205-212.