

## Biotransformación de *Lablab purpureus* durante el proceso de germinación

María F. Díaz<sup>1</sup>, María Á. Martín-Cabrejas<sup>2</sup>, Acela González<sup>1</sup>, Verena Torres<sup>1</sup> y Aída Noda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

<sup>2</sup>Departamento de Química Agrícola, Universidad Autónoma de Madrid, Ciudad Universitaria de Cantoblanco 28049, Madrid

Correo electrónico: mdiaz@ica.co.cu

Se estudiaron algunos cambios que se producen en *Lablab purpureus* (dólico) durante el proceso de germinado, encaminados a mejorar su composición química. Se realizaron tres experimentos en los que se pusieron a germinar los granos por un período de 96 h, en diferentes condiciones de iluminación: I (intervalos de iluminación de 12 h), II (iluminación total) y III (oscuridad total). En cada experimento se aplicó un diseño de clasificación simple, con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: control (grano no procesado), II (grano remojado durante 6 h + 24 h de germinación), III (grano remojado + 48 h de germinación), IV (grano remojado + 72 h de germinación) y V (grano remojado + 96 h de germinación). Con el avance del proceso de germinación hubo incremento en el peso de los granos germinados, longitud de la radícula y porcentaje de los granos germinados en los diferentes ensayos de germinación. En todos los experimentos, el porcentaje de granos germinados se estabilizó a partir de las 72 h. La variante de efectuar el proceso de germinación en condiciones de oscuridad total presentó las biotransformaciones superiores, con incrementos con respecto al control sin germinar en PB (30.08 vs. 26.67 %), PV (21.37 vs. 19.76 %), FAD (16.37 vs. 14.42 %) y Celulosa (14.67 vs. 11.23 %). El perfil de elementos minerales mostró que la ceniza y el K se incrementaron con el tiempo de germinación en las tres variantes de germinación utilizadas. El resto de los minerales, con excepción del fósforo, que disminuyó en oscuridad e iluminación total, no varió significativamente. Los resultados obtenidos indicaron que el procedimiento aplicado en la germinación es factible para la obtención de nuevos productos en *Lablab purpureus*. Las modificaciones que se producen durante la germinación implican cambios en las propiedades físico-químicas de esta leguminosa, por lo que puede considerarse como un método efectivo y prometedor, al aumentar su funcionalidad y mejorar la calidad del producto. Aunque 72 h son suficientes para alcanzar porcentajes de germinación superiores a 80 %, en los ensayos efectuados se recomienda germinar en condiciones de oscuridad total y extender el proceso hasta las 96 h para garantizar la calidad bromatológica del producto.

Palabras clave: leguminosas, germinado, bromatología, dólico

La germinación es un tratamiento sencillo y económico que resulta en un producto natural. Permite eliminar o inactivar ciertos factores antinutricionales y aumenta la digestibilidad de proteínas y almidones en leguminosas. La germinación de leguminosas puede mejorar las propiedades de estas plantas como alimento funcional (Martín-Cabrejas *et al.* 2007, Roy *et al.* 2010 y Aguilera *et al.* 2011a).

Durante la germinación se producen diferentes cambios en la distribución de metabolitos secundarios, se movilizan proteínas de reserva almacenadas en los cuerpos proteicos de los cotiledones y se producen modificaciones en la composición de aminoácidos solubles (Zyla *et al.* 2004 y Urbano *et al.* 2005). El tiempo y las condiciones de germinación, como luz y temperatura, son factores determinantes en el desarrollo del olor y sabor en las semillas germinadas y en su contenido de humedad (Blázquez 1999 y Díaz *et al.* 2004). A su vez, la humedad determina cambios físicos y químicos, como la composición de los carbohidratos solubles, cantidad de fitatos y alcaloides y niveles de vitamina C. Estos cambios modifican el valor nutritivo y, por consiguiente, el carácter de alimento funcional de las leguminosas (Vidal-Valverde *et al.* 1998, Khatoon y Prakash 2006 y Benítez *et al.* 2011a).

En el trópico se dispone de un germoplasma abundante de leguminosas de granos que pudiera constituir una

alternativa promisoriosa para la alimentación animal. Los resultados obtenidos en Cuba por Díaz *et al.* (2007 y 2010) y Aguilera *et al.* (2011b) en *Vigna unguiculata* (vigna) permitieron obtener una metodología de germinación de granos de leguminosas que produce cambios en sus propiedades físico-químicas. Este método se puede considerar efectivo, al aumentar la funcionalidad de los granos y mejorar la calidad del producto resultante, lo que constituye una opción accesible y económica para pequeños y medianos productores.

Estudios previos demostraron el importante potencial agronómico y nutricional de las especies *Lablab purpureus* (dólico) como fuente de alimento no convencional. Sin embargo, la presencia en estas plantas de compuestos tóxicos o antinutricionales (FAN) constituye su limitación principal para su utilización en la alimentación animal, fundamentalmente en especies monogástricas (Díaz *et al.* 2003, Rivas-Vega *et al.* 2006 y Benítez *et al.* 2011b).

A partir de las experiencias en los ensayos con vigna, este trabajo tuvo como objetivo estudiar algunos cambios que se producen durante el germinado en *Lablab purpureus*, encaminados a mejorar su composición química.

### Materiales y Métodos

Se realizaron tres experimentos donde se pusieron a germinar granos de *Lablab purpureus* durante 96 h

en diferentes condiciones de iluminación: experimento I (intervalos de iluminación de 12 h), II (iluminación total) y III (oscuridad total).

**Tratamiento y diseño.** En cada experimento se aplicó un diseño de clasificación simple, con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: I control (grano no procesado), II (grano remojado durante 6 h + 24 h de germinación), III (grano remojado durante 6 h + 48 h de germinación), IV (grano remojado durante 6 h + 72 h de germinación) y V (grano remojado durante 6 h + 96 h de germinación).

**Procedimiento experimental.** La siembra de la leguminosa se realizó en un suelo ferrálico rojo típico (Anon 1999) durante el período lluvioso de 2006. Se cosechó finalizado el proceso de maduración de las semillas, cuando 95 % de las vainas se encontraban secas. Después de realizado el proceso de trilla-beneficio, los granos se expusieron durante uno o dos días al sol para reducir su humedad a 12 - 14 %. Se almacenaron posteriormente a temperatura entre 6 - 10 °C, con humedad relativa inferior a 85 % hasta su utilización.

Los granos se limpiaron cuidadosamente, eliminando el material extraño. Para el análisis de los granos del control se trituraron en un molino martillo Culatti Typs MFC, con tamiz de 1mm de diámetro y se procedió a los análisis correspondientes.

El proceso de germinación se llevó a cabo por el método de Blázquez (1999), modificado por Díaz *et al.* (2004). Antes de someter los granos a los diferentes procesos, se llevó a cabo su desinfección con hipoclorito de sodio a 0.07 % durante media hora. Después se hicieron lavados consecutivos con agua destilada hasta alcanzar pH neutro.

Se pesaron cuatro porciones de 150 g en un erlenmeyer de 1 L, al que se le añadieron 450 mL de agua destilada. Se mantuvieron en remojo durante 6 h a temperatura ambiente. Transcurrido ese tiempo, se retiró el agua de remojo y los granos escurridos se dejaron en reposo durante 24 h. Al cabo de las 24 h, se obtuvieron las muestras para el tratamiento II. Los granos en proceso de germinación que conforman el resto de los tratamientos se pasaron para bandejas plásticas con capacidad para cuatro repeticiones.

El proceso de germinación se realizó en condiciones normales de laboratorio, con temperatura ambiente entre 30 y 35 °C. Los tratamientos se regaron con agua tres veces al día (mañana, mediodía y tarde) para mantener las condiciones de humedad en los granos. Transcurrido el tiempo para cada tratamiento, las semillas germinadas se secaron en estufa a 60 °C durante 48 h y se molieron para su posterior análisis. Los indicadores estudiados fueron peso de los granos germinados, longitud de las radículas después del germinado y porcentaje de germinación.

Para determinar la composición bromatológica se analizó materia seca (MS), proteína bruta (PB), ceniza

(CEN), calcio (Ca), fósforo (P), potasio (K) y magnesio (Mg), según AOAC (1995). La fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), celulosa (CEL) y lignina (LIG) se determinaron de acuerdo con van Soest *et al.* (1991). La proteína verdadera (PV) se calculó por el método de Berstein *et al.* (1983), citado por Meir (1986).

Para la interpretación estadística de los resultados se aplicó análisis de varianza, según diseño seleccionado y mediante el sistema estadístico SPSS (Visauta 1998).

## Resultados y Discusión

El proceso de germinación produjo cambios en las características morfológicas de los granos de dólido (tabla 1). Se observó incremento en el peso de los granos germinados, longitud de la radícula y porcentaje de los granos germinados en los diferentes ensayos de germinación. Frías (1992) y Górecki (2000) plantearon que el proceso de germinación comienza desde el momento en que la semilla seca se pone en contacto con el agua, con intensiva movilización de las sustancias de reserva que inducen cambios morfológicos y disminución consecuente del porcentaje de materia seca con el avance del proceso germinativo en los tres experimentos.

Al igual que en vigna (Díaz *et al.* 2007), en todos los experimentos el porcentaje de granos germinados se estabilizó a partir de las 72 h, ya que este período fue suficiente para alcanzar porcentajes de germinación superiores a 80 % en los ensayos efectuados (figura 1). Si bien en vigna se alcanzaron porcentajes de germinación por encima de 90 %, este indicador está muy relacionado con las características intrínsecas de las semillas de cada especie. Los valores de 80 % se corresponden con lo informado para un lote de semillas de calidad en esta especie (Matías *et al.* 1990 y Moussa 1991).

Si bien las variaciones morfológicas fueron significativas, las transformaciones bromatológicas estuvieron menos marcadas (tabla 2). La variante de efectuar el proceso de germinación en condiciones de oscuridad total coincidió con los resultados encontrados en vigna (Díaz *et al.* 2007), al presentar las biotransformaciones superiores con incrementos con respecto al control sin germinar en PB (13 %), PV (8 %), FAD (7 %) y CEL (30 %).

La poca variabilidad en la composición bromatológica durante la germinación coincide con lo informado por Martín- Cabrejas *et al.* (2003), Cuadrado *et al.* (2004) y Torres *et al.* (2007) en *Pisum sativum*, *Vicia faba* y *Cajanus cajan*, al aplicar diferentes variantes de iluminación, donde no se presentaron cambios en el contenido de proteínas totales durante los primeros seis días de germinación. Con respecto a las variaciones del contenido de nitrógeno durante el proceso de germinación, no existe un patrón estable de comportamiento por especie, incluso en muchas ocasiones puede hasta

Tabla 1. Efecto del procesamiento en las características morfológicas de los granos germinados.

| Tratamientos                      | Peso granos germinados, g | Longitud radícula, cm | MS, %               | Germinación, %                 |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------------|
| Intervalos de iluminación de 12 h |                           |                       |                     |                                |
| Control                           | -                         | -                     | 89.88 <sup>c</sup>  | -                              |
| 24 h                              | 257.50 <sup>a</sup>       | 0.90 <sup>a</sup>     | 51.48 <sup>b</sup>  | 47.17 <sup>a</sup><br>(53.78)  |
| 48 h                              | 321.25 <sup>b</sup>       | 2.55 <sup>b</sup>     | 42.43 <sup>a</sup>  | 59.66 <sup>b</sup><br>(74.44)  |
| 72 h                              | 317.50 <sup>b</sup>       | 4.15 <sup>c</sup>     | 41.73 <sup>a</sup>  | 62.62 <sup>bc</sup><br>(78.69) |
| 96 h                              | 307.50 <sup>b</sup>       | 5.20 <sup>d</sup>     | 41.35 <sup>a</sup>  | 65.65 <sup>c</sup><br>(82.97)  |
| EE ±                              | 13.53 <sup>***</sup>      | 0.31 <sup>***</sup>   | 1.19 <sup>***</sup> | 1.75 <sup>***</sup>            |
| Iluminación total                 |                           |                       |                     |                                |
| Control                           | -                         | -                     | 89.88 <sup>c</sup>  | -                              |
| 24 h                              | 263.75 <sup>a</sup>       | 1.23 <sup>a</sup>     | 49.80 <sup>b</sup>  | 44.90 <sup>a</sup><br>(49.84)  |
| 48 h                              | 267.50 <sup>a</sup>       | 2.10 <sup>a</sup>     | 47.68 <sup>b</sup>  | 58.25 <sup>b</sup><br>(72.28)  |
| 72 h                              | 335.00 <sup>b</sup>       | 3.15 <sup>a</sup>     | 41.24 <sup>a</sup>  | 63.86 <sup>c</sup><br>(80.58)  |
| 96 h                              | 318.75 <sup>b</sup>       | 4.40 <sup>d</sup>     | 40.06 <sup>a</sup>  | 64.25 <sup>c</sup><br>(81.08)  |
| EE ±                              | 14.33 <sup>**</sup>       | 0.21 <sup>***</sup>   | 0.72 <sup>***</sup> | 1.53 <sup>***</sup>            |
| Oscuridad total                   |                           |                       |                     |                                |
| Control                           | -                         | -                     | 89.88 <sup>d</sup>  | -                              |
| 24 h                              | 287.50 <sup>a</sup>       | 0.89 <sup>a</sup>     | 47.38 <sup>c</sup>  | 50.97 <sup>a</sup><br>(61.01)  |
| 48 h                              | 277.50 <sup>a</sup>       | 2.20 <sup>b</sup>     | 46.86 <sup>c</sup>  | 51.37 <sup>a</sup><br>(60.33)  |
| 72 h                              | 325.00 <sup>b</sup>       | 4.36 <sup>c</sup>     | 40.30 <sup>b</sup>  | 64.49 <sup>b</sup><br>(81.43)  |
| 96 h                              | 351.25 <sup>c</sup>       | 5.86 <sup>d</sup>     | 35.10 <sup>a</sup>  | 66.70 <sup>b</sup><br>(84.34)  |
| EE ±                              | 5.34 <sup>***</sup>       | 0.22 <sup>***</sup>   | 0.74 <sup>***</sup> | 1.30 <sup>***</sup>            |

<sup>abc</sup> Medias con letras diferentes dentro de cada columna difieren a  $P < 0.05$  (Duncan 1955) \*  $P < 0.05$   
<sup>\*\*</sup> $P < 0.01$  <sup>\*\*\*</sup> $P < 0.001$ . ( ) Valores reales transformados por arco seno x

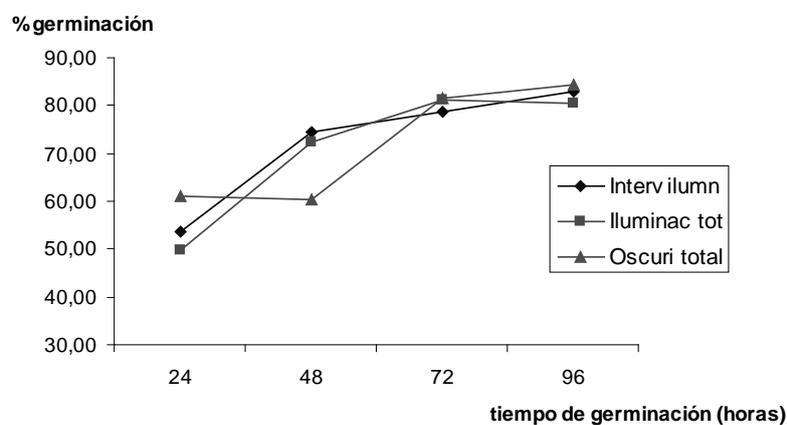


Figura 1. Representación gráfica del efecto del proceso de germinación en el porcentaje de granos de dólido germinados.

Tabla 2. Efecto del proceso de germinación en el contenido proteico y fibroso de los granos (%)

| Tratamientos                          | PB                  | PV                  | FND                 | FAD                 | LIG                | CEL                 |
|---------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| Intervalos de iluminación de 12 horas |                     |                     |                     |                     |                    |                     |
| Control                               | 26.67               | 19.76 <sup>ab</sup> | 30.04               | 14.42               | 1.11 <sup>a</sup>  | 11.23               |
| 24 horas                              | 24.02               | 19.14 <sup>a</sup>  | 30.07               | 13.70               | 1.78 <sup>b</sup>  | 11.79               |
| 48 horas                              | 23.63               | 20.29 <sup>b</sup>  | 30.14               | 13.52               | 1.37 <sup>ab</sup> | 11.77               |
| 72 horas                              | 24.10               | 21.48 <sup>c</sup>  | 30.31               | 13.99               | 1.72 <sup>ab</sup> | 12.16               |
| 96 horas                              | 22.90               | 19.72 <sup>ab</sup> | 30.98               | 13.59               | 1.47 <sup>ab</sup> | 12.00               |
| EE±                                   | 1.32                | 0.27***             | 0.31                | 0.49                | 0.20*              | 0.39                |
| Iluminación total                     |                     |                     |                     |                     |                    |                     |
| Control                               | 26.67 <sup>ab</sup> | 19.76               | 30.31 <sup>b</sup>  | 14.42 <sup>ab</sup> | 1.11               | 11.23 <sup>a</sup>  |
| 24 horas                              | 24.41 <sup>a</sup>  | 19.30               | 27.99 <sup>a</sup>  | 13.01 <sup>a</sup>  | 1.14               | 11.75 <sup>ab</sup> |
| 48 horas                              | 26.91 <sup>ab</sup> | 18.88               | 32.24 <sup>bc</sup> | 12.58 <sup>a</sup>  | 1.58               | 10.87 <sup>a</sup>  |
| 72 horas                              | 27.87 <sup>b</sup>  | 19.53               | 34.69 <sup>d</sup>  | 15.89 <sup>b</sup>  | 1.48               | 14.32 <sup>c</sup>  |
| 96 horas                              | 27.97 <sup>b</sup>  | 19.10               | 34.12 <sup>dc</sup> | 13.97 <sup>ab</sup> | 1.55               | 13.66 <sup>bc</sup> |
| EE±                                   | 0.90*               | 0.26                | 0.68***             | 0.83*               | 0.22               | 0.62*               |
| Oscuridad total                       |                     |                     |                     |                     |                    |                     |
| Control                               | 26.67 <sup>a</sup>  | 19.76 <sup>a</sup>  | 30.31 <sup>a</sup>  | 14.42 <sup>a</sup>  | 1.11               | 11.23 <sup>a</sup>  |
| 24 horas                              | 27.89 <sup>a</sup>  | 18.28 <sup>a</sup>  | 31.34 <sup>ab</sup> | 13.63 <sup>a</sup>  | 1.33               | 12.61 <sup>bc</sup> |
| 48 horas                              | 26.84 <sup>a</sup>  | 19.32 <sup>a</sup>  | 31.25 <sup>ab</sup> | 13.53 <sup>a</sup>  | 1.29               | 12.10 <sup>ab</sup> |
| 72 horas                              | 27.70 <sup>a</sup>  | 19.38 <sup>a</sup>  | 30.63 <sup>a</sup>  | 14.82 <sup>a</sup>  | 1.22               | 13.80 <sup>cd</sup> |
| 96 horas                              | 30.08 <sup>b</sup>  | 21.37 <sup>b</sup>  | 32.65 <sup>b</sup>  | 16.37 <sup>b</sup>  | 1.61               | 14.67 <sup>d</sup>  |
| EE±                                   | 0.46**              | 0.50**              | 0.50*               | 0.49***             | 0.22               | 0.38***             |

<sup>abc</sup> Medias con letras diferentes dentro de cada columna difieren a  $P < 0.05$  (Duncan 1955) \*  $P < 0.05$  \*\*  $P < 0.01$  \*\*\*  $P < 0.001$

disminuir el contenido proteico. Los estudios de Sangronis *et al.* (2004) en *Phaseolus vulgaris* y *Cajanus cajan* corroboraron que las variaciones del contenido proteico durante la germinación dependen de la especie vegetal, la variedad de la semilla y las condiciones de germinación.

Las investigaciones más completas demuestran que períodos de germinación de hasta seis días, con iluminación o sin ella, incrementan el nitrógeno no proteico con decremento sustancial del nitrógeno proteico. Esto se debe a la hidrólisis de las proteínas de reserva que liberan péptidos y aminoácidos libres, aumentando el nitrógeno no proteico que puede ser solubilizado en NaOH, y no precipita con ácido tricloroacético en las determinaciones de nitrógeno no proteico (Urbano *et al.* 2005). Estos autores demostraron en ensayos biológicos que esta pre-digestión de las proteínas de las leguminosas durante la germinación puede producir mejoras en la utilización digestiva de dichas leguminosas.

Los estudios de calidad proteica en ratas con granos de dólido germinado y sin germinar (Savón *et al.* 2008 y Díaz *et al.* 2010) mostraron que las ratas no lograron sobrevivir en dólido sin germinar. Sin embargo, cuando se produjo el proceso de germinación, aunque la calidad de la proteína del dólido germinado fue baja (51 % de valor biológico y 63 % de digestibilidad verdadera) se demostró la efectividad del proceso desarrollado, al no producirse la muerte de los animales y realizar la evaluación experimental. Esto corrobora

los resultados de Urbano *et al.* (2005) en *Pisum sativum*, L.

Con respecto al comportamiento de los indicadores fibrosos, estudios más profundos de fibra alimentaria por métodos enzimáticos (Martín- Cabrejas *et al.* 2007) indicaron que el dólido exhibió ligero decrecimiento de 10 % (396.6 g/kg MS) en el contenido de fibra alimentaria total (FT), y de 6 % (379.0 g/kg) cuando germinó en intervalos e iluminación total, respectivamente, con respecto al control sin germinar (420.2 g/kg). Sin embargo, en la germinación en condiciones de oscuridad total, la FT se incrementó en 10 % (461.2 g/kg) con respecto al control. Estos cambios están en correspondencia con el contenido de fibra alimentaria insoluble (celulosas, algunas hemicelulosas y lignina), que constituye 95 % de la FT en esta leguminosa. Esta información corrobora los resultados encontrados en este experimento, al determinar los componentes de la fibra por el método de van Soest *et al.* (1991).

El perfil de elementos minerales mostró que la ceniza y el K se incrementaron con el tiempo de germinación en las tres variantes utilizadas, mientras que el resto de los minerales, excepto el fósforo, que disminuye en oscuridad e iluminación total, no varió significativamente (tabla 3). Algunos autores refieren que la germinación influye erráticamente en el contenido mineral; otros han informado (Kavas y Nehir 1992 y Oloyo 2004) incremento significativo en el contenido mineral. Generalmente, las variaciones de los nutrientes y antinutrientes se atribuyen

Tabla 3. Efecto del proceso de germinación en el contenido mineral de los granos (%)

| Tratamientos                      | Ceniza              | Ca                 | P                   | K                  | Mg                 |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Intervalos de iluminación de 12 h |                     |                    |                     |                    |                    |
| Control                           | 3.52 <sup>a</sup>   | 0.31 <sup>ab</sup> | 0.41                | 1.13 <sup>a</sup>  | 0.27               |
| 24 horas                          | 4.54 <sup>b</sup>   | 0.27 <sup>a</sup>  | 0.44                | 1.22 <sup>a</sup>  | 0.25               |
| 48 horas                          | 4.43 <sup>b</sup>   | 0.34 <sup>ab</sup> | 0.44                | 1.30 <sup>a</sup>  | 0.25               |
| 72 horas                          | 4.64 <sup>bc</sup>  | 0.36 <sup>b</sup>  | 0.41                | 1.45 <sup>a</sup>  | 0.26               |
| 96 horas                          | 5.00 <sup>c</sup>   | 0.30 <sup>ab</sup> | 0.41                | 1.94 <sup>b</sup>  | 0.28               |
| EE±                               | 0.13 <sup>***</sup> | 0.02 <sup>*</sup>  | 0.02                | 0.14 <sup>*</sup>  | 0.017              |
| Iluminación total                 |                     |                    |                     |                    |                    |
| Control                           | 3.52 <sup>a</sup>   | 0.31               | 0.41 <sup>c</sup>   | 1.13 <sup>a</sup>  | 0.27               |
| 24 horas                          | 4.15 <sup>ab</sup>  | 0.34               | 0.22 <sup>ab</sup>  | 1.88 <sup>b</sup>  | 0.28               |
| 48 horas                          | 4.27 <sup>b</sup>   | 0.38               | 0.17 <sup>a</sup>   | 1.41 <sup>ab</sup> | 0.27               |
| 72 horas                          | 4.17 <sup>ab</sup>  | 0.36               | 0.23 <sup>ab</sup>  | 1.77 <sup>b</sup>  | 0.26               |
| 96 horas                          | 4.27 <sup>b</sup>   | 0.32               | 0.24 <sup>b</sup>   | 2.42 <sup>c</sup>  | 0.26               |
| EE±                               | 0.21 <sup>*</sup>   | 0.03               | 0.02 <sup>***</sup> | 0.16 <sup>**</sup> | 0.02               |
| Oscuridad total                   |                     |                    |                     |                    |                    |
| Control                           | 3.52 <sup>a</sup>   | 0.31               | 0.41 <sup>c</sup>   | 1.13 <sup>a</sup>  | 0.27 <sup>ab</sup> |
| 24 horas                          | 4.40 <sup>bc</sup>  | 0.34               | 0.26 <sup>ab</sup>  | 1.39 <sup>a</sup>  | 0.27 <sup>ab</sup> |
| 48 horas                          | 4.15 <sup>b</sup>   | 0.32               | 0.24 <sup>ab</sup>  | 1.45 <sup>a</sup>  | 0.24 <sup>a</sup>  |
| 72 horas                          | 4.49 <sup>bc</sup>  | 0.31               | 0.29 <sup>b</sup>   | 2.25 <sup>b</sup>  | 0.33 <sup>c</sup>  |
| 96 horas                          | 4.57 <sup>c</sup>   | 0.35               | 0.23 <sup>a</sup>   | 2.16 <sup>b</sup>  | 0.30 <sup>bc</sup> |
| EE±                               | 0.11 <sup>**</sup>  | 0.02               | 0.01 <sup>***</sup> | 0.20 <sup>**</sup> | 0.01               |

<sup>abc</sup> Medias con letras diferentes dentro de cada columna difieren a  $P < 0.05$  (Duncan 1955) \*  $P < 0.05$   
<sup>\*\*\*</sup> $P < 0.001$

al efecto combinado de la germinación y del proceso de remojo previo, donde se solubilizan gran cantidad de componentes (Sangronis y Machado 2007).

Se ha demostrado que la disponibilidad mineral en las semillas germinadas incrementa la disponibilidad de fósforo, potasio, magnesio, zinc y cobre, como consecuencia directa de la activación de la enzima fitasa, que provoca una disminución de los inositoles fosfatos hexa y penta, fosforilados a formas menos fosforiladas (Vidal-Valverde *et al.* 1998, Khalil 2001 y Zyla *et al.* 2004).

Los resultados obtenidos indicaron que el procedimiento utilizado en la germinación es factible para la obtención de nuevos productos en *Lablab purpureus*. Con el avance del proceso de germinación, se produjo incremento en el peso de los granos germinados, la longitud de la radícula y el porcentaje de germinación. Esto condicionó cambios bromatológicos en los granos germinados. Las transformaciones bromatológicas fueron menos marcadas que en vigna. No obstante, la variante de efectuar el proceso de germinación en condiciones de oscuridad total coincidió en presentar biotransformaciones superiores en PB, PV, FAD y CEL.

Las modificaciones que se producen durante la germinación implican cambios en las propiedades físico-químicas de los granos de esta leguminosa, en dependencia de las condiciones de iluminación en que se desarrolla el proceso. Por tanto, puede considerarse como un método efectivo y prometedor, al aumentar su funcionalidad y mejorar su calidad. Aunque 72 h son suficientes para alcanzar porcentajes de germinación

superiores a 80 %, en todos los ensayos efectuados se recomienda germinar en condiciones de oscuridad total y extender el proceso hasta 96 h para garantizar la calidad bromatológica del producto. Además, se encomienda profundizar en el estudio de los factores antinutricionales y el valor nutritivo de los granos germinados, de modo que se complementen los resultados de este trabajo.

### Referencias

- Aguilera, Y., Benítez, V., Díaz, M. F. & Martín-Cabrejas, M. A. 2011a. Mejora de la fracción de carbohidratos prebióticos en leguminosas temporales germinadas. VII Congreso Internacional de Nutrición, Alimentación y Dietética. CD-ROM. Madrid, España
- Aguilera, Y., Benítez, T., Jiménez, S., Calvo, M. F., Díaz, M. A. & Martín-Cabrejas, M. A. 2011 b. Improvement of nutrient bioavailability by germination process on *Vigna unguiculata*. IV Congreso Internacional "Salud y Calidad de Vida". CD-ROM. Holguín, Cuba
- Anon 1999. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. Ministerio de la Agricultura, Ciudad de La Habana, Cuba. 64 pp.
- AOAC 1995. Official Methods of Analysis. Ass. Off. Agric. Chem. Washington, DC
- Benítez, V., Aguilera, Y., Jiménez, T., Calvo, S., Díaz, M. F., Martín-Cabrejas, M. A. 2011a. Utilization of processed legume flours as potential source of bioactive carbohydrates: IV Congreso Internacional "Salud y Calidad de Vida". CD-ROM. Holguín, Cuba
- Benítez, V., Aguilera, Y., Jiménez, T., Calvo, S., Díaz, M. F.

- & Martín-Cabrejas, M.A. 2011 b. Evaluación de factores antinutricionales en legumbres no-convencionales: Efecto del proceso de germinación. VII Congreso Internacional de Nutrición, Alimentación y Dietética. CD-ROM. Madrid, España
- Blázquez, I. 1999. Contenido de vitamina B1 y vitamina B2 en guisantes y lentejas. Efecto de los procesos de germinación y extracción alcohólico. Tesis de Licenciatura en Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid. 75 pp.
- Cuadrado, C., Gillamón, E., Goyoaga, C., Pedrosa, M.M., Altares, P., Urbano, C. & Muzquiz, M. & Romero, C. 2004. Modification of seed storage proteins during germination and seedling growth of faba bean cotyledons. Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and oilseeds. Proc. Fourth International Workshop on Antinutritional Factors in Legume Seed and Oilseeds. Eds. G.D. Muzquiz, C. Cuadrado Hill, M.M. Pedrosa y C. Urbano. EAAP Publication no. 110. Toledo, España. 307 pp.
- Díaz, M.F., Martín-Cabrejas, M.Á., González, A., Torres, V. & Noda, A. 2007. Biotransformación de *Vigna unguiculata* durante el proceso de germinación. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 41:169
- Díaz, M. F., Padilla, C., Torres, V., González, A. & Noda, A. 2003. Caracterización bromatológica de especies y variedades de leguminosas temporales con posibilidades en la alimentación animal. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 37:453
- Díaz, M. F., Savón, L., Torres, V., Coto, G., Martín-Cabrejas, M. A., González, A. Noda, A., Scull, I. & Orta, M. 2010. Obtención y caracterización química de germinados de leguminosas temporales para la alimentación animal en Cuba. II Simposio Internacional de Producción de Monogástricos. III Congreso Producción Animal Tropical. La Habana, Cuba
- Díaz, M.F., Torres, V., González, A. & Noda, A. 2004. Biotransformaciones en el germinado de *Vigna unguiculata*. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 38:91
- Duncan, D.B. 1955. Multiple ranges and multiple F. test. Biometrics 11:1
- Frias, J. 1992. Eliminación de  $\alpha$ -galactósidos en lentejas (*Lens culinaris*) mediante procesado. Efecto en el contenido de almidón y en fibra alimentaria. Tesis de Licenciatura. Universidad de Alcalá de Henares. Facultad de Farmacia. Departamento de Nutrición y Bromatología. Madrid. 102 pp.
- Górecki, R.J. 2000. Seed Physiology and Biochemistry. En: Carbohydrates in Grain Legume Seeds: Improving Nutritional Quality and Agronomic Characteristics. Eds. C.L. Hedley, John Innes Centre, Norwich, UK. 117 pp.
- Kavas, A. & Nehir, S. 1992. Changes in nutritive value of lentils and mung beans during germination. Chemie, Mikrobiologie, Technologie der Lebensmittel 14:3
- Khalil, M. 2001. Effect of soaking, germination, autoclaving and cooking on chemical and biological value of guar compared with faba bean. Nahrung 45: 246
- Khatoun, N. & Prakash, J. 2006. Nutrient retention in microwave cooked germinated legumes. Food Chem. 97:115
- Martín-Cabrejas, M. A., Ariza, N., Esteban, R., Mollá, E., Waldron, K. & López-Andreu, F. 2003. Effect of germination on the carbohydrate composition of the dietary fiber of peas (*Pisum sativum* L.). J. Agric. Food Chem. 51:1254
- Martín-Cabrejas, M.A., Díaz, M.F., Aguilera, Y., Benítez, V., Mollá, E. & Esteban, R.M. 2007. Influence of germination on the soluble carbohydrates and dietary fibre fractions in non-conventional legumes. Food Chem. 107: 1045
- Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 4, 2011.
- Matías, C., Esperance, M. & Ruíz, V. 1990. Efecto de los momentos y la distancia de siembra en la producción de semilla de la *Lablab purpureus* cv Rongai. Pastos y Forrajes 13:4
- Meir, H. 1986. Laboraptaktibure. Tierernahrung und Futtermitterkum der fur Tiererproduzenten. Verlag. Alemania
- Moussa, B. 1991. Aspectos de la agrotecnia y el manejo para la producción de forraje *Lablab purpureus* cv. Rongai. Tesis Dr. Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez", La Habana, Cuba
- Oloyo, R.A. 2004. Chemical and nutritional quality changes in germinating seeds of *Cajanus cajan* L. Food Chem. 85: 497
- Rivas-Vega, M.E., Goytortúa-Bores, J.M., Ezquerria-Brauer, M.G., Salazar-García, L.E., Cruz-Suárez, H., Nolasco, R. & Civera-Cerecedo. 2006. Nutritional value of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) meals as ingredients in diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone). Food Chem. 97:41
- Roy, F., Boye, J.I. & Simpson, B.K. 2010. Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. Food Res. International 43:432
- Sangronis, E. & Machado, C.J. 2007. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. Food Sci. Tech. 40:116
- Sangronis, E., Machado, C.J. & Cava, R. 2004. Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* y *Cajanus cajan*) germinadas. Inter ciencia 29:80
- Savón, L., González, B., Arteaga, M. E., Forte, C., Orta, M., Torres, V. & Díaz, M. F. 2008. Avances en la evaluación biológica de harina de granos germinados de leguminosas temporales utilizando la rata como modelo experimental. Porcinocultura 2008. CD-ROM. Instituto de Investigaciones Porcina, La Habana, Cuba
- Torres, A., Frias, J., Granito, M. & Vidal-Valverde, C. 2007. Germinated *Cajanus cajan* seeds as ingredients in pasta products: Chemical, biological and sensory evaluation. Food Chem. 101:202
- Urbano, G., Aranda, P., Vilchez, A., Aranda, C., Cabrera, L., Porres J. M. & López-Jurado, M. 2005. Effects of germination on the composition and nutritive value of proteins in *Pisum sativum*, L. Food Chem. 93:671
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition L. Dairy Sci. 74:3583
- Vidal-Valverde, C., Pascual-Montaner, M., Díaz-Pollán, C. & Vicente, G. 1998. Changes of antinutritional factors during germination of peas. En: 3<sup>rd</sup> European Conference on Grain Legumes. Valladolid, España. 388 pp.
- Visauta, B.V. 1998. Análisis estadístico con SPSS para Windows. Estadística multivariante. Volumen II. Ed. Concepción Fernández. Madrid. 24 pp.
- Zyla, K., Fortuna, M., Mika, M. & Czubak, M. 2004. Limited phytate hydrolysis by endogenous phytase of sesame seeds during germination. Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and oilseeds. Fourth International Workshop on Antinutritional factors in legume seed and oilseeds. Eds. G.D. Muzquiz, C. Hill, M.M. Cuadrado, Pedrosa, U. EAAP Publication no. 110. Toledo, España. 347 pp.