

Efecto de la temperatura y luminosidad sobre la estabilidad de las betalainas obtenidas de “betarraga”

Effect of temperature and lighting on stability of betalains from red beet

González – Sánchez, José¹; Seijas- Bernabé, Nadia²; Seijas-Bernabé, Priscilla

RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objetivo principal determinar el efecto de la temperatura y luminosidad sobre la estabilidad de las betalainas contenidas en extracto de betarraga. Primero se obtuvo el extracto a partir de la raíz de la betarraga para luego condicionar los principales factores que influyen en la estabilidad de las betalainas cuando pasan por un tratamiento térmico o almacenamiento como factor temperatura y luminosidad. Se empleó el diseño factorial teniendo como variables independientes temperatura: 4 °C, 25 °C y 68 °C y Luminosidad 0 lux (oscuridad) y 198 lux, combinando ambos factores, se obtuvo los siguientes grupos experimentales: A, B, C D, E y F Paralelamente, se evaluó la estabilidad de las betalainas en el extracto de betarraga, a través del estudio de su degradación durante 120 días en intervalos de 30 días analizando a través de las determinaciones espectrales de los pigmentos betalámicos presentes, mediante un espectrofotómetro UV-Visible en rango de 400-580 nm. Se reportó que en el grupo experimental A (4 °C y sin luz) a un tiempo de almacenamiento de 30 días es donde se encontró mayor presencia de betalainas (70 mg/g de extracto seco) a comparación del grupo experimental F (68 °C y presencia de luminosidad) y a 120 días de almacenamiento donde solo se encontró 16,9 mg/g de extracto seco. Por lo que en el presente estudio se concluye que hay mayor estabilidad de betalainas de extracto seco de betarraga a una temperatura de 4 °C y en ausencia de luz y a medida que se incrementa el tiempo de almacenamiento del extracto de betarraga, disminuye la concentración de betalainas.

Palabras clave: Betalainas, betarraga, estabilidad, temperatura, luminosidad.

ABSTRACT

This work had for major objective, determined effect of temperature and lighting on betalains stability in red beet extract. First was obtained extract from red beet root for conditioned the principal factors that influence on stability on betalains when through for a heat treatment or stored as: temperature and illumination. Its was employed the factorial design had having variables-temperature: 4 °C, 25 °C y 68 °C and lighting: 0 lux (darkness) and 198 lux, combined factors, was had experimental groups: A, B, C, D, E y F. As was evaluated betalains stability of red beet, through of spectral determinations of betalamic pigments, for 120 days in interval of 30 days by spectrophotometer UV-visible in range : 400-580 nm. Its was proceeded, realized the characterization physical- chemistry of extract. Its was reported that experimental group A (4 °C and darkness) a stored time of 30 days was where its reported 70 mg/g of dried extract in contrast of experimental group F (68 °C and presence of illumination) and 120 days of stored only was reported 16,9 mg/g of dried extract . In conclusion that major stability of betalains of dried extract red beet a temperature of 4 °C and in darnekness and its increment the shelf time or stored of red beet extract , falling of betalains concentration .

Key words: Betalains, red beet, stability, temperature, lighting.

Presentado el 6 de agosto de 2009, Aceptado el 5 de octubre de 2010.

INTRODUCCION

El color es un factor que influye bastante en la aceptabilidad de los consumidores, debido al hecho que los consumidores siempre asocian el color de los alimentos con otras cualidades tales como la frescura, madurez y seguridad alimenticia. De esta manera a muchos alimentos procesados se les han añadido colorantes alimenticios para hacerlos más deseables puesto que los alimentos para su industrialización pasan por diversas etapas donde la mayoría se someten a tratamientos térmicos, lo que conlleva a que los alimentos generen tonalidades que van desde un ligero amarillo hasta un intenso café, mediante las reacciones de Maillard y de caramelización y en otras ocasiones, los

pigmentos que contienen se alteran y cambian de color debido a su inestabilidad o a su degradación, perdiendo su buen aspecto ^{1,2,3}. Por lo que durante muchos años, los colorantes artificiales se han venido utilizando para reemplazar a los colorantes naturales de los alimentos que se descomponen durante su procesado. Sin embargo, recientemente, el número de colorantes apropiados para el procesado de alimentos se ha reducido drásticamente, como consecuencia de diversos estudios toxicológicos, en los que se han encontrado problemas de salud derivados del uso de ciertos colorantes artificiales ^{4,5}.

En la actualidad, existe bastante recelo hacia el consumo de alimentos que contengan colorantes sintéticos. Se

prefieren los colorantes naturales. Sin embargo, para su producción industrial, los colorantes naturales se han de extraer del material que los contiene, lo que los hace más caros, menos estables, y con menor poder colorante que sus correspondientes artificiales. Siendo las principales fuentes, la mayoría de las frutas y vegetales, existiendo una gran cantidad de pigmentos de origen botánico, entre los principales están las clorofilas, los carotenoides, las antocianinas, los flavonoides, los taninos y las betalainas; siendo uno de los más utilizados en la industria éste último grupo de pigmentos^{6, 7, 8}.

Las betalainas dan coloración a diferentes órganos, como flores, frutos, hojas, raíces, donde producen colores rojo, amarillo, naranja, rosa entre otros. Químicamente son moléculas derivadas del ácido betalámico, solubles en agua y son de dos tipos betaxantinas que son de coloración que va de amarillo a naranja y las betacianinas que son de coloración rojiza^{3, 9, 10}.

Su aplicación se da principalmente en el área de los alimentos, pues son sustitutos de colorantes sintéticos empleándose en la elaboración de gelatinas, confituras, yogur de fresa, helados de cremas, cocktails de frutas, caramelos y galletas, siendo el más empleado comercialmente, el colorante rojo de remolacha, el cual es aceptado por la Comunidad Económica Europea y E.E.U.U clasificándolos con el código E162 y aditivo 73.40 de la sección CFR 21 de la "Food and Drugs Administration" respectivamente.

Este colorante se obtiene por deshidratación y pulverización de *Beta vulgaris* tipo "remolacha roja" o "betarraga". En España se utiliza en bebidas refrescantes, conservas vegetales y mermeladas (300mg/Kg.), conservas de pescado (200mg/Kg.), en yogures (hasta 18 mg/Kg) y en preparados a base de queso fresco, hasta 250 mg/Kg, proporcionando una coloración rojiza por el tipo de betalaina (tipo betacianina) que posee. No se conocen efectos nocivos de este colorante por lo que la Organización Mundial de la Salud no ha fijado un límite a la dosis diaria admisible^{11, 12, 13}.

Sin embargo, la problemática de su producción y conservación radica en su estabilidad, ya que por ser estructuras sensibles a la oxidación química, su

aprovechamiento integral está limitado en la industria alimentaria, pues generalmente, se usa en alimentos que no requieran o se empleen mínimamente tratamientos térmicos, como en procesos para la obtención de yogures, golosinas, jarabes, helados y salchichas ya que amerita controles enzimáticos eficientes, procedimientos de extracción adecuados y la utilización de atmósferas controladas¹³. Por lo que las investigaciones en esta área se están dirigiendo al estudio de su estabilidad y degradación, reportándose que dependen de diversos factores, entre los que destacan pH, luz, altas temperaturas, oxígeno y actividad del agua^{14, 15, 16}.

Específicamente la betacianina de betarraga no se ve afectado por ácidos monocarboxílicos como el ácido láctico y ácido acético a concentraciones de 100 ppm y 5.9 % respectivamente; pero cationes metálicos, principalmente el cobre, aceleran su degradación. Los antioxidantes como el α -tocoferol y la vitamina C funcionan como prooxidantes a estas concentraciones. Algunos secuestrantes de metales como los ácidos etilendiaminotetraacético (EDTA) y ácido cítrico aumentan 50 % de su estabilidad. Si se calienta fuertemente se acelera la hidrólisis de la betacianina en solución y se produce ácido betalámico y ciclodopa-5-0-glucósido, pero esta reacción es parcialmente reversible de acuerdo con el pH^{17, 18}.

Continuando con los reportes o estudios de estabilidad, algunos autores han señalado diferencias en la composición, propiedades espectrales y el color en los diferentes cultivares de "betarraga" o "remolacha", razón por la cual resulta de interés el conocimiento sobre el comportamiento degradativo y estabilidad de betalainas en cultivares de betarraga en nuestro país, los factores ambientales propios de una región o país también podrían influenciar en la cantidad de las betalainas en esta especie^{19, 20, 21}.

La betarraga, remolacha o betabel, nombre común de ciertas especies de un género de plantas, en su mayoría bianuales, que dan hojas lisas, ovaladas y pecioladas, dispuestas en rosetas y, más tarde, tallos altos con hojas y flores; originarias de las zonas templadas de Eurasia, hoy día se cultivan en todas partes, principalmente por sus grandes y suculentas raíces, que se emplean en

alimentación humana, para piensos, y también para extraer azúcar. La especie más importante, la betarraga, remolacha o betabel común, tiene distintas variedades reconocidas. La común está clasificada como *Beta vulgaris*. La acelga, o acelga suiza, está clasificada como *Beta vulgaris*, variedad *cicla*; la remolacha forrajera, como *Beta vulgaris* variedad *macrohiza*, y la remolacha de mesa, como *Beta vulgaris* variedad *crassa*. En el Perú se cultiva *B. vulgaris* subsp. *rapa* forma *rubra* muy empleado en la alimentación humana²¹.

Por lo que la presente investigación estuvo enfocada en el estudio de los principales factores como la temperatura del medio (almacenamiento) y luminosidad y como influyen en la estabilidad de las betalaínas en *B. vulgaris* subsp. *rapa* forma *rubra* "betarraga".

MATERIAL Y METODOS

1. Metodología de extracción de las betalaínas

Para la preparación del extracto se utilizaron las raíces de *Beta vulgaris* "betarraga", las muestras fueron lavadas con agua corriente y secadas posteriormente con papel absorbente. Se cortaron con cuchillos de acero inoxidable en trozos de tamaño variable.

Luego, se procedió a la obtención del extracto acuoso de la betarraga mediante agua caliente a temperatura de 80°C, empleando una proporción de 2:1 (agua - betarraga en pulpa),

el proceso de extracción fue durante 25 minutos mediante calentamiento en una marmita de tipo chaqueta de vapor, luego se procedió a la concentración del extracto empleando un vacío de 23" de Hg. y una temperatura máxima de 40°C, hasta obtener una concentración de 60 °Brix, para luego proceder al secado del extracto. Y obtener un producto de un 8 % de humedad.

2. Modelo experimental y tratamiento de datos:

El modelo experimental empleado fue el diseño factorial 3x2 con dos variables independientes: *Temperatura* y *luminosidad*, interaccionando los respectivos niveles, dando lugar a 6 grupos con sus respectivos tratamientos, con tres repeticiones cada uno (tabla 1).

Las temperaturas empleadas fueron: 4 °C, 25 °C y 68 °C; las cuales fueron escogidas debido a que la mayoría de los alimentos se almacenan a estas temperaturas o en caso de tener algún tratamiento térmico se pueden alcanzar temperaturas altas como los 68 °C. Para mantener la temperatura a 4 °C se empleó un refrigerador marca COLDEX, los 25 °C corresponde a las muestras que representan al almacenamiento comercial colocándose en una cámara de madera, a ambos equipos se les instaló un sistema de control automático con el fin de mantener las temperaturas mencionadas y para obtener la temperatura a 68 °C, se empleó una estufa.

En cuanto a la luminosidad se emplearon: 198 lux y 0 lux (oscuridad), para mantener esta última condición (oscuridad) las muestras fueron cubiertas con papel aluminio.

Tabla 1. Esquema del diseño experimental del tipo factorial 3x2

	A1	A2	A3
B1	A1B1 (A)	A2B1 (B)	A3B1 (C)
B2	A1B2 (D)	A2B1 (E)	A3B1 (F)

Donde A: temperatura: A1:4 °C; A2: 25 °C y A3: 68 °C; B: luminosidad: B1: 0 lux (oscuridad) y B2 198 lux

3. Evaluación de la estabilidad de las betalaínas

Con la finalidad de evaluar la estabilidad de las betalaínas en el extracto de betarraga, se determinó las concentraciones de los pigmentos betalámicos presentes, durante 120 días en intervalos de 30 días mediante un espectrofotómetro UV-Visible empleando una absorbancia de 537 nm a pH 6,1 y la concentración se calculó utilizando el coeficiente de extinción molar del pigmento mayoritario (betacianina: E1 cm 1%:1120 L

mol-1 cm-1), según procedimiento establecido por Lock⁶.

Las muestras se tomaron con capilares de vidrio recolectando un peso de 0,020 ± 0,001 g diluyéndolas en volúmenes de 30,0 ± 0,1 mL de agua destilada.

Luego se procedió a registrar los datos de las concentraciones de betalaínas de los grupos experimentales, evaluando su estabilidad, a través del análisis de la disminución por degradación a través del gráfico obtenido por el programa de Excel.

Para mantener el pH estable a 4,5 de los extractos durante todo el periodo que duró el experimento se adicionó el amortiguador citrato esto se realizó antes del proceso de concentrado y secado. Se monitoreo tomando 1 gramo de las alicuotas que contenían el extracto seco, para resuspenderlo en 50 mL de agua destilada y realizar la respectiva medición del pH, semanalmente y durante los 120 días de investigación, además de realizar observaciones, ya que si el extracto cambia a un pH alcalino vira a una tonalidad morada y se torna muy inestable.

Además, se realizó las siguientes determinaciones microbiológicas en el extracto de betalainas de betarraga: conteo de coliformes (totales y fecales *Escherichia coli*) y determinación si existe presencia de *Salmonella*. Se realizó este tipo de evaluación ya que las betalainas son empleadas como aditivos alimentarios por sus propiedades colorantes, por lo que deben ser inocuas para ser empleadas en productos de consumo humano.



Fig. 1. Diagrama de flujo del proceso para la extracción de pigmentos betalámicos de betarraga.

RESULTADOS

En las **Tablas 2, 3, 4 y 5** se registran los datos de las concentraciones de betalainas de los grupos experimentales por un periodo de 30, 60, 90 y 120 días (tiempo de almacenamiento), observándose que hubo una mayor concentración en el grupo A (4 °C-oscuridad) en todos los periodos de tiempo estudiado así mismo el grupo con menor concentración que fue F (68 °C- 198 lux), acotándose además que si se compara los grupos experimentales donde se aplicó luminosidad (D, E, F) éstos tuvieron menor concentración frente a los grupos a los cuales no se les aplicó la luz (A, B, C). Con respecto a la gráfica que se observa en la **fig. 2**, se obtuvo, empleando las mayores concentraciones de las betalainas de los grupos experimentales por cada intervalo de tiempo, determinando a través de Excel,

las ecuaciones respectivas las cuales se expresaron en temperatura de almacenamiento comercial (4 °C y 25 °C). Con respecto a las determinaciones microbiológicas se observó: ausencia de *Salmonella* y *E. coli* y en conteo de coliformes fue < a 3 MPN g⁻¹ en 25 gramos de muestra, por lo que se considera inocuo y apto para consumo humano.

DISCUSION

Las investigaciones en los pigmentos de tipo betalainas se están dirigiendo al estudio de su estabilidad y degradación, reportándose que dependen de diversos factores, entre los que destacan pH, luz, altas temperaturas, oxígeno y actividad del agua. Su estabilidad está presente en el intervalo de pH 3-7 y se ven afectados al igual que la mayoría de

Tabla 2. Concentraciones de betalainas en los extractos secos de los grupos A, B, C, D, E y F evaluadas después de un intervalo de tiempo de 30 días y aplicándose los tratamientos correspondientes tanto térmicos como de luminosidad

	A1	A2	A3
B1	70,0 mg/g de extracto seco (A)	65 mg/g de extracto seco (B)	40 mg/g de extracto seco (C)
B2	53,2 mg/g de extracto seco (D)	45,6 mg/g de extracto seco (E)	36,9mg/g de extracto seco (F)

Donde:

A: temperatura: A1:4 °C; A2: 25 °C y A3: 68 °C
 B: luminosidad: B1: 0 lux (oscuridad) y B2 198 lux

Tabla 3. Concentraciones de betalainas en los extractos secos de los grupos A, B, C, D, E y F evaluadas después de un intervalo de tiempo de 60 días y aplicándose los tratamientos correspondientes tanto térmicos como de luminosidad

	A1	A2	A3
B1	68,3 mg/g de extracto seco (A)	62,6 mg/g de extracto seco (B)	30 mg/g de extracto seco (C)
B2	49,2 mg/g de extracto seco (D)	34,6 mg/g de extracto seco (E)	26,9mg/g de extracto seco (F)

Donde:

A: temperatura: A1:4 °C; A2: 25 °C y A3: 68 °C
 B: luminosidad: B1: 0 lux (oscuridad) y B2 198 lux

Tabla 4. Concentraciones de betalainas en los extractos secos de los grupos A, B, C, D, E y F evaluadas después de un intervalo de tiempo de 90 días y aplicándose los tratamientos correspondientes tanto térmicos como de luminosidad

	A1	A2	A3
B1	68,0 mg/g de extracto seco (A)	60,5 mg/g de extracto seco (B)	20 mg/g de extracto seco (C)
B2	38,2 mg/g de extracto seco (D)	27,6 mg/g de extracto seco (E)	17,9mg/g de extracto seco (F)

Donde: A: temperatura: A1 :4 °C; A2: 25 °C y A3: 68 °C

B: luminosidad: B1: 0 lux (oscuridad) y B2 198 lux

Tabla 5. Concentraciones de betalainas en los extractos secos de los grupos A, B, C, D, E y F evaluadas después de un intervalo de tiempo de 120 días y aplicándose los tratamientos correspondientes tanto térmicos como de luminosidad

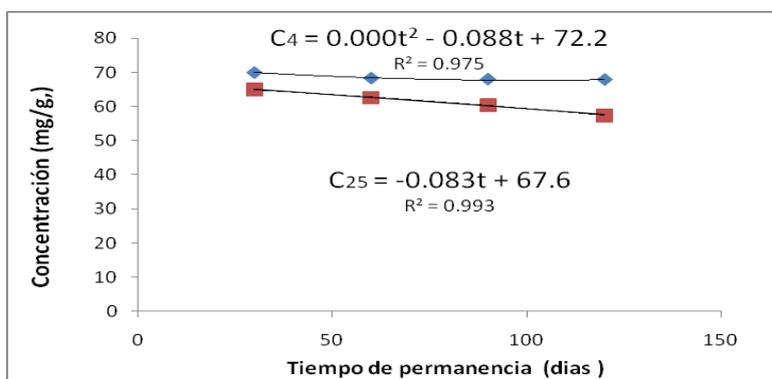
	A1	A2	A3
B1	67,9 mg/g de extracto seco (A)	57,4 mg/g de extracto seco (B)	20 mg/g de extracto seco (C)
B2	36,2 mg/g de extracto seco (D)	25,8 mg/g de extracto seco (E)	16,7 mg/g de extracto seco (F)

Donde: A: temperatura: A1 :4 °C; A2: 25 °C y A3: 68 °C

B: luminosidad: B1 : 0 lux (oscuridad) y B2 198 lux

***Contenido inicial de pigmentos betalámicos en extracto seco de betarraga sin aplicación de tratamiento: 73,3 mg/g de extracto seco.**

Fig. 2: Concentración de betalainas de acuerdo al tiempo de permanencia en anaquel a temperaturas comerciales (4 y 25 °C).



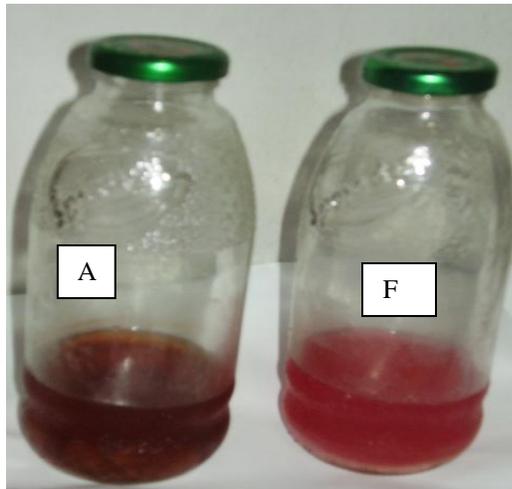


Fig. 3. Extractos acuosos de betarraga, a los 120 días de almacenamiento en condiciones de oscuridad y a 4 °C para el grupo A, se observa una coloración rojiza oscura y para F en el cual las condiciones fueron 68 °C y presencia de luminosidad (198 lux), donde se observa una coloración rojo claro

pigmentos naturales por los metales, la temperatura, la presencia de aire y por las radiaciones ultravioleta. El colorante se degrada fácilmente a temperaturas superiores a los 50 °C, particularmente cuando es expuesto a la luz^{13,14,15,16}, como se reportó en las **Tablas 2, 3, 4 y 5** principalmente en los grupos C y F donde la temperatura fue de 68 °C y presencia de luz (luminosidad: 198 lux).

Esta descomposición se debió principalmente a las reacciones de oxidación que se presentan en los pigmentos naturales cuando son expuestos a factores externos como la luz. Posiblemente, la descomposición acentuada de los pigmentos también se incrementó por haberle aplicado una temperatura elevada al extracto deshidratado, ya que la temperatura también es otro factor importante en la estabilidad de los pigmentos naturales^{16, 17}.

En la **fig. 1** se muestra el comportamiento de la concentración del pigmento retenido (mg/g) en función del tiempo de permanencia, para las muestras que se mantuvieron en un pH constante de 4,5 ya que este parámetro no fue causa de estudio en esta investigación; es de importancia monitorearlo ya que el rango de pH óptimo de las betalaínas es de 3-7 fuera de este rango presentan baja estabilidad, mientras que

en el presente estudio se tomó como factores variables la presencia o no de luz y las temperaturas. Como era de esperarse, las muestras que se mantuvieron en oscuridad y a 4 °C retuvieron más pigmentos con respecto a las muestras en presencia de luz y a temperaturas de 25 °C y a 68 °C, lo que concuerda con lo reportado por Herbach *et al* (2006:b y c) para los pigmentos de betalaínas, registrando para el caso de las betacianinas (tipo de betalaínas), que en oscuridad y a 4 °C, se retuvo un 7% más de pigmento^{18,20}.

La pérdida de pigmento por el efecto de la luz se debe a que la radiación electromagnética aceleran las reacciones para que se rompa la estructura de resonancia de los pigmentos, los cuales son responsables de impartir el color rojo que exhiben las betalaínas de la "betarraga"^{12,13,20}.

El efecto de la temperatura en la degradación de los pigmentos también es por la ruptura de resonancia de la estructura de las betalaínas. Esto concuerda con los estudios realizados sobre la estabilidad de betalaínas donde mencionan que tiene su máxima estabilidad a bajas temperaturas como son las temperaturas de refrigeración y/o congelación^{18,20}.

Tenemos a Herbach *et al* (2005) que reportaron el comportamiento del porcentaje de betalaína de pitaya retenido en función del tiempo, para muestras que se mantuvieron a un pH constante de 5, en ausencia de luz y como factor variable la temperatura (4, 25 y 68 °C)¹⁶. En primera instancia, se encontró que la temperatura fue el factor más determinante en el porcentaje del pigmento retenido en comparación con los otros factores probado (pH y luz), para las betalaínas siendo la temperatura de 4 °C la que permitió mantener la estabilidad de los pigmentos. Incluso registraron que a temperaturas de 25 y 68 °C desde la primera semana se empezaron a degradar rápidamente los pigmentos hasta alcanzar valores tan bajos como un 8% de pigmento retenido pero al someterse a los 68 °C. Además las muestras de 25 y 68 °C al final del tratamiento perdieron la coloración roja degradándose a un color amarillo después de más de 15 meses de almacenamiento¹⁷. Contrastando con los resultados obtenidos en el presente estudio, se asemejan en cuanto a que se encontró mayor estabilidad de los pigmentos tanto a temperatura de 4 °C y sin presencia de luz determinándose porque hubo mayor concentración de betalaínas (70 mg/g) en el grupo A1 (**Tabla 2, 3, 4 y 5**) a diferentes tiempos de almacenamiento: 30,60, 90 y 120 días. La

diferencia es que en las muestras donde hubo menor estabilidad de los pigmentos, estos no llegaron a degradarse hasta color amarillo sino permanecieron con la coloración rojiza que los caracteriza en gran parte se debería a que la betarraga, especie con la que se trabajó en esta investigación contiene mayor contenido de betalaínas que la pitaya .

Al analizar en forma conjunta los dos factores estudiados se encontró que la conjunción de los factores: temperatura –presencia de luz, son los determinantes en la estabilidad de los pigmentos tipo betalaínas presentes en el extracto seco de betarraga. Por lo que las mejores condiciones para mantener su estabilidad consisten en mantener una temperatura de 4 °C y de preferencia en ausencia de luz.

CONCLUSIONES

Se determinó que hay mayor estabilidad de betalaínas de extracto seco de “betarraga2 a una temperatura de 4 °C y en ausencia de luz.

El incremento de temperatura por encima de los 25 °C, produce disminución de la estabilidad teniendo a los 68 °C y en presencia de luminosidad (198 lux) una concentración de 40 mg/g de extracto seco en un intervalo de tiempo en estante de 30 días.

A medida que se incrementa el tiempo en estante o anaquel del extracto de “betarraga”, disminuye la concentración de betalaínas.

Para un tiempo de permanencia en anaquel de 90 días, las condiciones de 4 °C y en oscuridad, el extracto de betarraga no sufre alteración significativa respecto a un tiempo de permanencia de 60 días presentando una merma de 0,44 %; en cambio a condiciones de 68 C y presencia de luz, el producto sufre una significativa merma del orden de los 73,7% de concentración de betalaínas.

A un tiempo de permanencia en anaquel de 120 días del extracto de betarraga a condiciones de 4 °C y oscuridad disminuye en un 3% respecto al tiempo de permanencia del extracto a las mismas condiciones pero evaluada a los 30 días.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brennan J; Butters J ,Cowell, N. Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos. Tercera Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. 1998.

2. Casp A, Abril J. Procesos de Conservación de Alimentos. Ediciones Mundi Prensa. España. 1999.
3. Fellows M. Tecnología del Procesado de Alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 1994.
4. Ficha Técnica de Industrialización de Frutas en Conserva. Dirección de Mercadeo y Agroindustria - Área Desarrollo de Producto. Disponible en:
http://www.mercanet.cnp.go.cr/Desarrollo_Agroi d/documentospdf/Conservas_FTP.pdf
5. Potter N. La Ciencia de los Alimentos. Editorial Edutex. México. 1973.
6. Lock O. Colorantes Naturales. Fondo. Edit. Pontifica Universidad Católica el Perú. Lima – Perú. 1997.
7. Singh R P, Heldman DR. Introducción a la Ingeniería de los Alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España. 1997.
8. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, ICTA. Empleo en la deshidratación osmótica en frutas. 2004. Disponible en:
<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agro nomia/2006228/teoria/obfrudes/p3.htm>
9. García Barrera FA, Reynoso CR, González de Mejía E. Estabilidad de las betalainas extraídas del garmbullo (*Myrtillocactus geometrizans*). *Food Sci Technol Int* 1998; 4:115–20.
10. Hamburg A, Hamburg M. The stability properties of red beet pigments: influence of pH, temperature and some stabilizers. *MedFacLandbouww Univ Gent* 1991 ; 56:1693–1695.
11. Kujala T; Lojonen J, Pihlaja K. Betalains and phenolics in red beetroot (*Beta vulgaris*) peel extracts: extraction and characterisation. *Z. Naturforsch.* 2001; 56 (5-6): 343-348.
12. Han D, Kim SJ, Kim SH, Kim DM. Repeated regeneration of degraded red beet juice pigments in the presence of antioxidants. *J Food Sci* 1998; 63:69–72.
13. Havlíkov´a L, M´iková K, Kyzlink V. Heat stability of betacyanins. *Z Lebensm Unters Forsch* 1983; 177:247–250.
14. Herbach KM, Stintzing FC, Carle R. Impact of thermal treatment on color and pigment pattern of red beet (*Beta vulgaris* L.) preparations. *J Food Sci* 2004a.; 69: 491–498.
15. Herbach KM, Stintzing FC, Carle R. Thermal degradation of betacyanins in juices from purple pitaya (*Hylocereus polyrhizus* [Weber] Britton & Rose) monitored by high-

- performanceliquid chromatography-tandemmassspectrometric analyses. *Eur Food Res Technol* 2004b;219:377–385.
16. Herbach KM, Stintzing FC, Carle R. Identification of heat-induced degradation products from purified betanin, phyllocactin and hylocerenin by high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. *Rapid Comm Mass Spectrom* 2005;19:2603–2616.
 17. Herbach KM, Stintzing FC, Carle R. Stability and color changes of thermally treated betanin, phyllocactin, and hylocerenin solutions. *J Agric Food Chem* 2006a; 54: 390–398.
 18. Herbach KM, Maier C, Stintzing FC, Carle R. Effects of processing and storage on juice color and betacyanin stability of purple pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) juice. *Eur Food Res Technol* 2006b;42: 180–188.
 19. Braúl VE. Investigación de los parámetros operativos térmicos en la conservación de la pulpa de mango con fines industriales. Tesis para obtener el título de Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. 1994.
 20. Herbach KM, Rohe M, Stintzing FC, Carle R. Structural and chromatic stability of purple pitaya (*Hylocereus polyrhizus* [Weber] Britton & Rose) betacyanins as affected by the juice matrix and selected additives. *Food Res Int* 2006c; 39:667–377.

Correspondencia: José Luis González
Sánchez.

Dirección: Las Gaviotas 1245 Urb. Los Pinos.
Trujillo.

Teléfono: 949595600

E-mail: jogulosa@hotmail.com