

Secado solar de berenjenas impregnadas con Ca y Zn

Solar drying Eggplants impregnated with Ca and Zn

Presentación: 6-7/10/2020

Doctorando:

Vanesa Estefanía Zerpa

Centro de Tecnologías Químicas, Facultad Regional de Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional-Argentina
vanesaestefaniazerpa@gmail.com

Director/es:

Patricia Della Rocca

Co-director/es:

Carla Quevedo

Resumen

La berenjena (*Solanum melongena L.*) posee componentes bioactivos beneficiosos para la salud. El objetivo del trabajo fue obtener berenjenas deshidratadas con alto valor nutricional y excelente capacidad de rehidratación. Las berenjenas se cortaron en rodajas de 5 mm, se deshidrataron en un secadero solar, algunas de ellas se sometieron a un pretratamiento de deshidratación osmótica/impregnación (DO/I) para fortificarlas con calcio y zinc y otras no para poder comparar posteriormente su calidad estructural y nutricional. La solución deshidratante consistió en 40% m/m sacarosa, 5% m/m cloruro de calcio, 5% m/m ácido ascórbico y 1% m/m ácido cítrico (55° Brix) a una temperatura de 40°C. Se empleó una relación masa de solución a masa de berenjenas de 4 y un nivel de agitación de 120 rpm. Durante el secado se tomaron muestras para determinar el contenido de calcio y zinc por espectrofotometría de absorción atómica, la humedad, la pérdida de peso y, el color. Asimismo, se modeló la cinética de secado y la posterior rehidratación.

Luego del secado solar por 6 h, las berenjenas sin DO/I alcanzaron una concentración de 600 mg Ca/kg mientras que las pretratadas, un valor de 18000mg Ca/kg. Las berenjenas frescas presentan un rango de humedad de 91-94% en base húmeda, luego de un pretratamiento por (DO/I) de 1h se alcanza un valor de 64-67% (bh) y el posterior secado solar por 7h logra un valor de 30-21%. Con secado solar sin pretratamiento de 7h, se obtuvo una humedad 66-63% (bh). El producto pretratado presentó menor luminosidad L^* : $49,7 \pm 0,7$ respecto del sin pretratar L^* : $71,7 \pm 3,1$, valores de a^* superiores con una diferencia del 50% y valores de b^* bastante similares. Para modelar la cinética de secado se usó el modelo Page y Crank, Los parámetros del modelo de Page obtenidos fueron: C: $1 \pm 0,25$; K: $0,078 \pm 0,004$ y n: $1,7 \pm 0,3$ para un ajuste (R^2 : 0,995), para las muestras que se sometieron a pretratamiento por deshidratación osmótica y C: $2,65 \pm 0,50$; K: $0,0047 \pm 0,00024$, n: $2,75 \pm 0,48$ (R^2 : 0,998) para las restantes. El coeficiente de difusión efectivo obtenido por el modelo de Crank fue de $2,44 \pm 0,33 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ y de $1,87 \pm 0,25 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ para las muestras con y sin pretratamiento por deshidratación osmótica, respectivamente. La rehidratación fue mejor en la berenjena pretratada. Al cabo de 4h de rehidratación a 20°C, se alcanzó una humedad de 89% (b.h). Este fenómeno evidenció que la deshidratación osmótica/impregnación logra preservar la estructura del alimento.

Palabras clave: berenjenas deshidratadas, secado solar de berenjenas, fortificación de berenjenas, rehidratación de berenjenas

Abstract

Eggplant (*Solanum melongena L.*) has bioactive compounds with healthy properties. The objective of the work was to obtain dehydrated eggplants with high nutritional value and excellent rehydration capacity. The eggplants were cut into 5 mm slices, dehydrated in a solar dryer, some of them were subjected to a pre-treatment of osmotic dehydration

/ impregnation (OD/I) to fortify them with calcium and zinc and the others to compare their structural and nutritional quality. The dehydrating solution consisted of 40% m / m sucrose, 5% m / m calcium chloride, 5% m / m ascorbic acid and 1% m / m citric acid (55 ° Brix) at a temperature of 40 ° C. A mass ratio of solution to mass of eggplants of 4 and a stirring level of 120 rpm were used. During drying, samples were taken to determine the content of calcium and zinc by atomic absorption spectrophotometry, humidity, weight loss and color. Likewise, the drying kinetics and subsequent rehydration were modeled.

After solar drying for 6 h, the eggplants without OD / I reached a concentration of 600 mg Ca / kg while the pretreated ones, reached a value of 18000 mg Ca / kg. Fresh eggplants have a humidity range of 91-94% on a humid basis, after a pretreatment (OD/ I) of 1h reached a value of 64-67% (h.b.) and the posterior solar drying for 7h achieves a value of 30-21%. After solar for 7 h drying without pretreatment a humidity of 66-63% (h.b.) was obtained. The pretreated product presented lower luminosity L^* : 49.7 ± 0.7 compared to the non-pretreated L^* : 71.7 ± 3.1 , higher a^* values with a difference of 50% and quite similar b^* values. To model the drying kinetics, the Page and Crank models were used. The parameters of the Page model obtained were: $C: 1 \pm 0.25$; $K: 0.078 \pm 0.004$ and $n: 1.7 \pm 0.3$ for an adjustment ($R^2: 0.995$), for the samples that were subjected to pretreatment by osmotic dehydration and $C: 2.65 \pm 0.50$; $K: 0.0047 \pm 0.00024$, $n: 2.75 \pm 0.48$ ($R^2: 0.998$) for the rest of the samples. The effective diffusion coefficient obtained by the Crank model was $2.44 \pm 0.33 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 / \text{ s}$ and $1.87 \pm 0.25 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 / \text{ s}$ for samples with and without osmotic dehydration pretreatment, respectively. Rehydration was better in pretreated eggplant. After 4 hours of rehydration at 20 ° C, a humidity of 89% (h.b.) was reached. This phenomenon showed that osmotic dehydration / impregnation preserve the structure of the food.

Keywords: dehydrated eggplant, solar dried eggplants, fortification of eggplants, rehydrated eggplants

Introducción

La berenjena (*Solanum melongena L.*) es un cultivo de la familia de las Solanaceae a la cual pertenecen también la papa, el tomate y el morrón. Es un hortícola que durante los últimos años ha ganado importancia debido a sus características nutricionales entre ellas sus componentes antioxidantes (Scalzo et al., 2016), que contribuye a combatir las especies reactivas de oxígeno o radicales libres y niveles de colesterol que pueden iniciar algunas enfermedades crónicas como cardiovasculares y desórdenes neurodegenerativos (Migliore y Coppedé, 2009; Matsubara et al., 2005; Keli et al., 1996; Knekt et al., 1996; 1997; Barreira et al., 2008; Gorinstein et al., 2009; Muller et al., 2011; Gull et al., 2012). Asimismo, se ha demostrado que sus pigmentos (antocianinas) inhiben la peroxidación lipídica (Magioli & Mansur, 2006).

La deshidratación osmótica/osmodeshidratación es una técnica que consiste en sumergir un alimento en una solución hipertónica (solución osmótica) compuesta por solutos capaces de generar una presión osmótica alta, con un doble flujo de transferencia de masa (agua de la fruta a la solución y solutos de la solución a la fruta) (Ahmed et al., 2016). El alimento y la solución. De este modo el alimento se deshidrata parcialmente y además la migración de solutos de la La fuerza impulsora para la difusión del agua desde los tejidos a la solución es la diferencia de actividad acuosa (presión osmótica) entre solución hacia el alimento puede aprovecharse para impregnarlo con minerales de interés biológico como el calcio, hierro, zinc entre otros. Es una alternativa como pretratamiento para reducir los efectos negativos de tratamientos térmicos que cuando se aplican únicamente provocan pérdida de color, calidad sensorial, daño de la estructura que dificulta luego su posterior rehidratación, etc. (Chandra, S. y kumari, D. 2015).

El secado solar es uno de los métodos de preservación de alimentos más antiguos y es una alternativa para emprendimientos rurales cuando el costo del proceso juega un papel fundamental en la rentabilidad de la actividad productiva. Consiste en colocar los alimentos en forma directa a los rayos solares y dejar que se evapore el agua. Sin embargo esta metodología puede conducir a un desperdicio excesivo de cantidades de alimentos.

El objetivo del trabajo fue obtener berenjenas deshidratadas con alto valor nutricional y excelente capacidad de rehidratación

Desarrollo

Se trabajó con berenjena variedad morada. Las berenjenas se lavaron previamente y se cortaron en rodajas de 5 mm, se mantuvieron las cáscaras ya que aportan componentes antioxidantes. Algunas se reservaron para pretratarlas osmóticamente y otras directamente fueron al secadero solar.

La concentración de la solución usada fue la siguiente: 40% m/m de sacarosa, % 5 m/m de cloruro de calcio, 5% m/m de ácido ascórbico, 1% m/m de ácido cítrico, 0,5 % m/m de acetato de zinc (55° grados Brix). Se mantuvo una relación de 4:1 con respecto a la solución/muestra. Luego se introdujeron las rodajas en la solución osmótica, se colocó en un agitador orbital a una temperatura de 40°C y un nivel de agitación de 120 rpm. Luego a la hora se tomaron las muestras y se lavaron con agua destilada para retirar el exceso de solución osmótica, y se secaron cuidadosamente con un papel tissue. Luego se deshidrataron tanto las muestras pretratadas por osmódeshidratación como las muestras frescas de berenjena en un secadero solar, un horno prototipo de las siguientes dimensiones: 60 cm de largo, 40 cm de ancho y 15 cm de altura. Durante el proceso de secado se retiraron las muestras para realizar distintos ensayos.

Entre ellos se determinó la *variación de humedad* a diferentes tiempos por el método de la AOAC International (1996) y la *pérdida de peso*. Asimismo, se determinó la *absorción de Ca y Zn* por espectrofotometría de absorción atómica tanto en la berenjena fresca como en las muestras sometidas a secado solar con y sin pretratamiento de DO/I. Se determinó las *variaciones de color* mediante un colorímetro Minolta y así determinar la calidad de la berenjena fresca con respecto a la procesada. Los ensayos se realizaron por triplicado. Por último se *modeló la cinética de secado* mediante el modelo de Page y de Crank y la *rehidratación* de las muestras a 40 °C con agitación y a una relación masa de berenjena a masa de agua de 1/30 durante 4 hs.

Resultados

Determinación de humedad y pérdida de peso: Las berenjenas frescas presentan un rango de humedad de 91-94% en base húmeda, luego de un pretratamiento por (DO/I) de 1h se alcanza un valor de 64-71% (bh) y después del posterior secado solar por 7h se logra un valor de 32-21%. En el gráfico 1 se muestra la evolución de la humedad en función del tiempo.

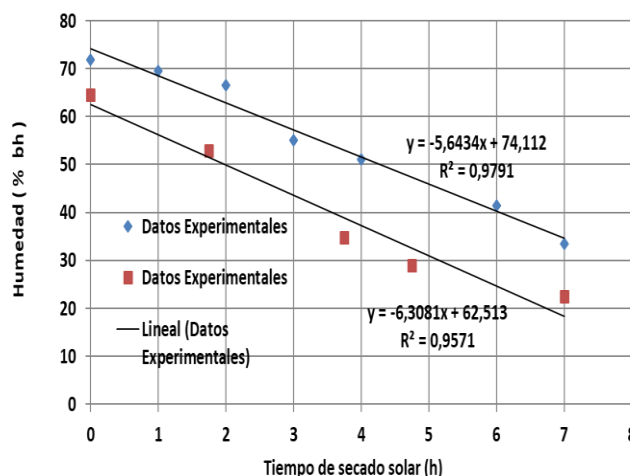


Gráfico 1 Humedad en función del tiempo de secado solar para berenjenas con tratamiento por DO

En las berenjenas sin pretratamiento por DO/I y deshidratadas en el secadero solar solamente se alcanza un valor final promedio de humedad luego de 7h de 65 % b.h.

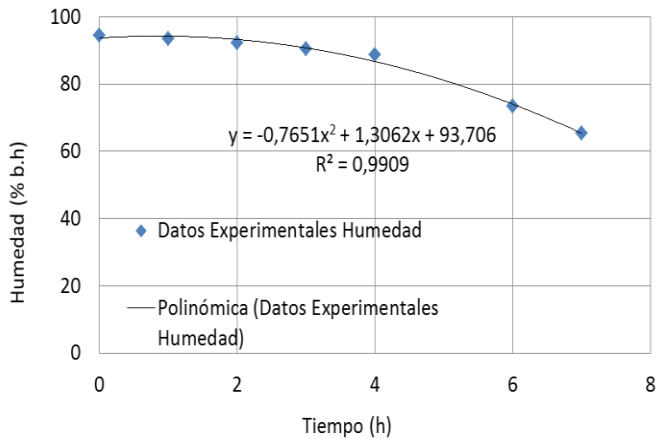


Gráfico 2 Humedad en función del tiempo de secado solar para berenjenas sin pretratamiento por DO/I.

La deshidratación osmótica permite alcanzar valores de humedad inferiores en el producto final obtenido luego del secado solar, disminuyendo la posibilidad de su deterioro microbiano (CAA recomienda alcanzar un valor final de 20 % para productos frutihortícolas deshidratados).

Determinación de la impregnación de Ca y Zn: Las berenjenas frescas mostraron un aumento de la concentración de calcio durante el secado solar, esto seguramente se debe a la pérdida de agua durante el proceso. Se alcanzaron valores finales de concentración de 600 mg/kg para el calcio. Sin embargo no pudo detectarse la cantidad de Zn presente en las muestras frescas. La variación de la concentración de minerales de Ca y Zn durante los diferentes tiempos de secado para las muestras pretratadas durante 1h por DO/I. La concentración de minerales durante el secado se incrementa con el tiempo hasta alcanzar un valor de 18458 mg/kg de calcio y 199,6 mg/kg de zinc luego de 7 horas de secado solar. En las berenjenas sometidas a la deshidratación osmótica/impregnación se obtiene una concentración que supera aproximadamente 30 veces el valor de las berenjenas sin pretratar luego de 7 horas de secado. El valor obtenido también excede las dosis de ingesta recomendadas de 1000 mg de Ca. Sin embargo, cabe mencionar que aún falta determinar la pérdida de calcio durante la rehidratación de las mismas para saber cuánto es la concentración que se ingiere al consumir este producto.

Parámetros de color: El producto sometido a deshidratación osmótica y secado solar presentó menor luminosidad respecto de la berenjena fresca. La luminosidad disminuye ante un incremento del tiempo de secado solar.

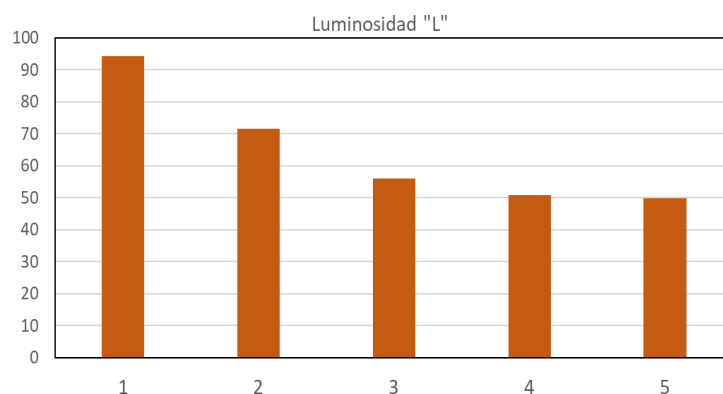


Gráfico 3 Luminosidad 1) Berenjena Fresca 2) Deshidratación osmótica 1h y Secado solar 1h 3) Deshidratación osmótica 1h y Secado solar 3,5h 4) Deshidratación osmótica 1h y Secado solar 5 h 5) Deshidratación osmótica 1h y Secado solar 7 h

En el gráfico 4 se presenta la variación de color b respecto de las berenjenas frescas para las muestras con diferentes tiempos de secado solar. Para un nivel de significación del 5 % en la prueba t de Student las muestras que presentaron diferencias significativas fueron: 1-2; 1-3; 1-4; 1-5; 2-5; 3-5.

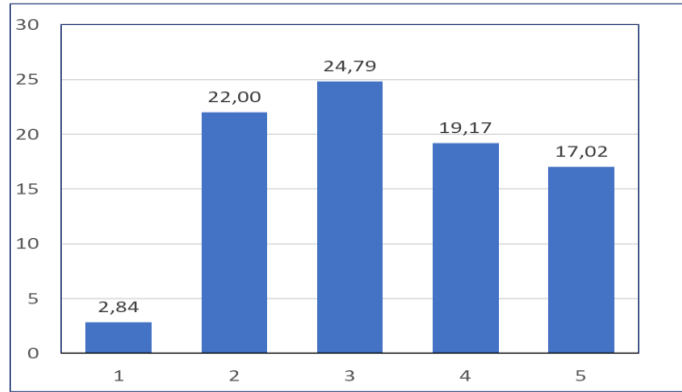


Gráfico 4 Color b* 1) Berenjena Fresca 2) Deshidratación osmótica 1h y Secado solar 1h 3) Deshidratación osmótica 1h y Secado solar 3,5h 4) Deshidratación osmótica 1h y Secado solar 5 h 5) Deshidratación osmótica 1h y Secado solar 7 h

El gráfico 5 exhibe la variación de color a* de las muestras con secado solar y pretratamiento por DO/I, respecto del color a* en las berenjenas frescas. Existe una diferencia significativa para un nivel de significación del 5 % para las muestras: 1-2; 1-3; 1-4; 1-5; 2-4; 2-5

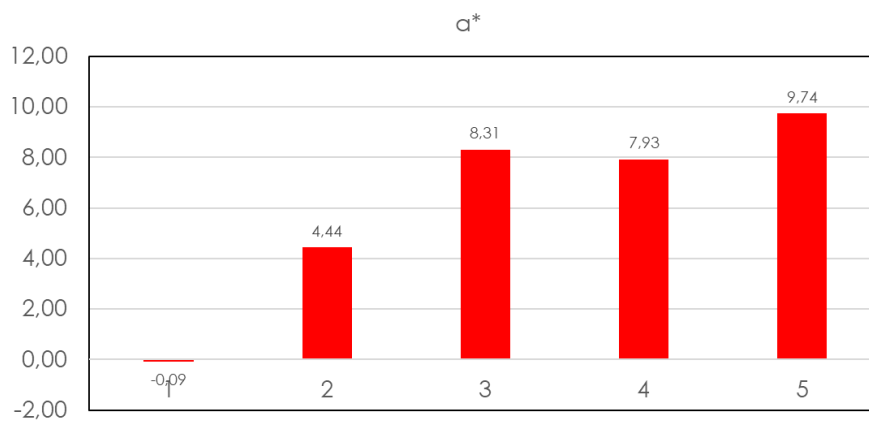


Grafico 5 Color a* 1) Berenjena Fresca 2) Deshidratación osmótica 1h y Secado solar 1h 3) Deshidratación osmótica 1h y Secado solar 3,5h 4) Deshidratación osmótica 1h y Secado solar 5 h 5) Deshidratación osmótica 1h y Secado solar 7 h

Luego del secado solar de las berenjenas durante 7 h, las que fueron pretratadas por DO/I durante 1 h presentan menor luminosidad, un parámetro a* superior (50 % más) y un parámetro b* bastante similar respecto de las sin DO. El incremento de a* hace virar hacia el rojo la coloración del producto

Modelado: Los parámetros del modelo de Page obtenidos fueron: $C: 1 \pm 0,25$; $K: 0,078 \pm 0,004$ y $n: 1,7 \pm 0,3$ para un ajuste ($R^2: 0,995$), para las muestras que se sometieron a pretratamiento por deshidratación osmótica y $C: 2,65 \pm 0,50$; $K: 0,0047 \pm 0,00024$, $n: 2,75 \pm 0,48$ ($R^2: 0,998$) para las que no. El coeficiente de difusión efectivo obtenido por el modelo de Crank fue de $2,44 \pm 0,33 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 / \text{s}$ y de $1,87 \pm 0,25 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 / \text{s}$ para las muestras con y sin pretratamiento por deshidratación osmótica, respectivamente.

Se puede afirmar que los modelos aplicados ajustaron satisfactoriamente los datos de humedad experimentales. Por lo tanto, se confirma la validez de los modelos, que constituyen una herramienta útil para el cálculo del tiempo de secado total y del tiempo correspondiente a la tercera etapa de secado de este producto. El parámetro K del modelo de Page, resultó ser superior para las muestras con pretratamiento por deshidratación osmótica. Esto indica que la velocidad de secado solar fue mayor para las muestras pretratadas. El modelo de Crank, basado en la segunda Ley de Fick, describió muy bien el período de velocidad de secado decreciente en el que el comportamiento es difusional

Rehidratación de berenjena secada al sol durante 7 h y pretratada por DO 1 h: Luego de la rehidratación durante 4 h, las berenjenas alcanzaron un valor promedio de 86,7 % en b.h., similar al alcanzado por la muestra durante un tiempo de rehidratación de 26 h. La rehidratación fue mejor en la berenjena pretratada por deshidratación osmótica. Puesto que la estructura de la berenjena cuando no es pretratada por DO, se destruye, entonces es difícil su posterior rehidratación.

Referencias

- Ahmed, I., I. M. Qazi y S. Jamal (2016), Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables, doi:10.1016/j.ifset.2016.01.003, Innovative Food Science and Emerging Technologies, vol. 34, p. 29-43.
- Barreira, J.C.M., I.C.F.R. Ferreira, M.B.P.P. Oliveira and J.A. Pereira. (2008). Antioxidant activities of the extracts from chestnut flower, leaf, skins and fruit. Food Chem., vol.107, p.1106-1113. Bazzano, L.A., J.
- Chandra, S., Kumari, D. (2015). Document recent development in osmotic dehydration of fruit and vegetables: a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v.55, p.552-561.
- Gorinstein, S., Z. Jastrzebski, H. Leontowicz, M. Leontowicz, J. Namiesnik, K. Najman, Y.S. Park, B.G. Heo, J.Y. Cho and J.H. Bae. (2009). Comparative control of the inactivity of some frequently consumed vegetables subjected to different processing conditions. Food Control, vol.20, p. 407-413.
- Gull, J., B. Sultana, F. Anwar, R. Naseer, M. Ashraf and M. Ashrafuzzaman. (2012). Variation in antioxidant attributes at three ripening stages of guava (*Psidium guajava* L.) fruit from different geographical regions of Pakistan. *Molecules* vol.17, p. 3165-3180.
- Herbst-Damn, K. L. y Kulik, J. A. (2005). Volunteer support, marital status, and the survival times of terminally ill patients. Health Psychology, vol. 24, p. 225-229. doi:10.1037/0278-6133.24.2.225
- Keli, S.O., M.G.L. Hertog, E.J.M. Feskens and D. Kromhout. (1996). Dietary flavonoids, antioxidant vitamins and incidence of stroke: the Zutphen study. Arch. Int. Med., vol.156, p.637-642.
- Knekt, P., R. Järvinen, A. Reunanen and J. Maatela. (1996). Flavonoid intake and coronary mortality in Finland: a cohort study. Br. Med. J., vol.v312, p.478-481.
- Knekt, P., R. Järvinen, R. Seppanen, M. Heliovaara, L. Teppo, E. Pukkala and A. Aromaa. (1997). Dietary flavonoids and the risk of lung cancer and other malignant neoplasms. *Am. J. Epidemiol.*, vol.146, p.223-230
- Magioli, C., & Mansur, E. (2006). Eggplant (*Solanum melongena* L.): tissue culture, genetic transformation and use as an alternative model plant. *Acta Botanica Brasílica*, vol. 19, p.139-148. <https://doi.org/10.1590/s0102-33062005000100013>
- Matsubara, K., K. Hiroaki, K. Hisashi, W. Hitoshi and A. Toshio. (2005). Two novel transposable elements in a cytochrome P450 gene govern anthocyanin biosynthesis of commercial petunias. *Gene.*, vol. 358, p. 121-126.
- Müller, L., K. Fröhlich and V. Böhm. (2011). Comparative antioxidant activities of carotenoids measured by ferric reducing antioxidant power (FRAP), ABTS bleaching assay (aTEAC), DPPH assay and peroxy radical scavenging assay. Food Chem., vol. 129, p. 139-148.
- Scalzo R, Fibiani M, Francese G, D'Alessandro A, Rotino G, Conte P, Mennella G. (2016). Cooking influence on physico-chemical fruit characteristics of eggplant (*Solanum melongena* L.). Food Chemistry, vol.194, p.835-842.