

Efecto de la pasteurización en el contenido de betalaínas de la pulpa de tuno indio (*opuntia dillenii*).**Effect of pasteurization in the contents of betalains of the pulp of indian tuno (*opuntia dillenii*).****Efeito de pasteurização no teor de betalaínas da polpa tuno indiano (*opuntia dillenii*).****Durand Torres Edgar Luis¹, Vallejos Rodríguez Gerson Eliezer², Símpalo López Walter Bernardo³.****Resumen**

En el presente trabajo de investigación se realizó la evaluación del efecto de la pasteurización en la pulpa de tuno indio (*Opuntia dillenii*), para determinar si la pasteurización influye significativamente en el contenido de betalaínas. Se tomaron las variables: tiempo (1min – 10min) y temperatura (70°C – 90°C). Se aplicó el diseño experimental D-óptimo, con 14 tratamientos experimentales teniendo como variable respuesta el contenido de betalaínas. Los frutos de tuno indio fueron lavados, pelados, pulpeados y luego sometidos a los tratamientos de pasteurización. Posteriormente, las pulpas fueron filtradas y analizadas por espectroscopia UV/Vis, 538nm para betacianinas y 483nm para betaxantinas. Los resultados obtenidos para el contenido de betalaínas de la pulpa de tuno indio fueron: sin tratamiento, 57.57 mg/100g de pulpa; a menor tiempo y temperatura (70°C por 1 min), 48.93 mg/100g de pulpa con una reducción del 15% de betalaínas respecto a las betalaínas iniciales; y a un mayor tiempo y temperatura (90°C por 10 min), 37.17 mg/100g de pulpa con una reducción de 35% de betalaínas respecto a las betalaínas iniciales.

Palabras clave: *Betalaína, temperatura, tiempo, tuno indio, pasteurización.*

Abstract

In the present research was realized the evaluation the effect of pasteurization on the Indian tuno pulp (*Opuntia dillenii*), to determine if pasteurization would significantly influence the betalain content. The variables were: time (1min - 10min) and temperature (70 ° C - 90 ° C). The D-optimal experimental design was applied, with 14 experimental treatments having as a response variable the content of betalains. The Indian tuno fruits were washed, peeled, pulped and then subjected to pasteurization treatments. Subsequently the pulps were filtered and analyzed by UV / Vis spectroscopy, 538nm for betacyanin and 483nm for betaxanthine. The results obtained for the Betalaine content of the Indian tuno pulp were: without treatment, 57.57mg/100g of pulp; at a lower time and temperature (70 ° C for 1 min), 48.93 mg / 100g of pulp with a 15% reduction of betalains compared to the initial betalains; and at a longer time and temperature (90 ° C for 10 min), 37.17 mg / 100g of pulp with a 35% reduction of betalains compared to the initial betalains.

Keywords: *Betalain, temperature, time, Indian tuno, pasteurization.*

Resumo

No presente trabalho de investigação tem feito uma avaliação do efeito da pasteurização na polpa de tuno índio (*opuntia dillenii*), para determinar se a pasteurização influencia significativamente no conteúdo de betalaínas. Se tomaram as variáveis: tempo (1 min 10 min) y temperatura (70 °C - 90 °C): Aplicou-se o desenho experimental D-óptimo, com 14 tratamentos experimentais tendo como variável de resposta el

¹Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior. Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo. Estudiante. Universidad Señor de Sipán. Chiclayo. Lambayeque. Perú. dtorresedga@crece.uss.edu.pe.

²Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior. Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo. Estudiante. Universidad Señor de Sipán. Chiclayo. Lambayeque. Perú. vrodriguezgerso@crece.uss.edu.pe.

³Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior. Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo. Docente. Universidad Señor de Sipán. Chiclayo. Lambayeque. Perú. wsimpalo@crece.uss.edu.pe. <http://orcid.org/0000-0001-9930-3076>.

Recibido: 20/04/ 2017 Aceptado: 05/05/2017

conteúdo de betalaínas. Os frutos de tuno índio foram lavadas, descascadas, pulpeadas e logo submetidos a tratamentos de pasteurização. Posteriormente as polpas foram filtradas e analisadas por espectroscopia UV/Vis, 538nm para betacianinas e 483nm para betaxantinas. Os resultados obtidos para o conteúdo de betalinas da polpa de tuno índio foram: sim tratamento 57,57 mg/100 g de polpa; a menor tempo e temperatura (70 °C durante 1 min), 48,93 mg/100 g de polpa com uma redução do 15% de betalaínas respeito as betalaínas iniciais; e para maior tempo e temperatura (90 ° C durante 10 min), 37,17 mg de polpa com uma dedução de 35% de betalaínas respeito as betalaínas iniciais.

Palavras-chave: Betalaina, temperatura, tempo, tuno índio, pasteurização.

Introducción

Está comprobado que el consumo de frutas y por ende pulpas son beneficiosas para la salud por su alto contenido energético y vitamínico; en particular, el tuno indio se caracteriza por tener una concentración elevada de betalaínas, polifenoles y vitamina C (Díaz, Rodríguez, & Díaz, 2006), los cuales son compuestos bioactivos que ayuda a tener un efecto protector frente a ciertas enfermedades degenerativas (Alba, Chávez, Verdalet, Jesús, & Aquino, 2014).

Actualmente, los alimentos funcionales se presentan como una posible solución a la actual carencia nutricional, es preciso resaltar la importancia de obtener nuevas fuentes de alimentos funcionales, una de ellas es el tuno indio por su color morado ya que por su coloración podemos identificar la presencia de betalaínas (betaninas y betaxantinas), las cuales se conocen por su poder antioxidante (Azeredo, 2009) que son importantes para combatir la oxidación de las células causantes de stress oxidativo, enfermedades cardiovasculares, cáncer y problemas de enfermedades crónicas (Yanchapanta, 2011). El tuno indio, a diferencia de otras frutas, aporta valores elevados y medios en la inmensa mayoría de minerales y vitaminas, por lo que debe ser considerada como la fruta más completa con la única diferencia que no es muy consumida ni comercializada.

Sin embargo, estos alimentos funcionales al ser sometidas a diversos tratamientos térmicos para su conservación van perdiendo sus propiedades nutricionales, las cuales se degradan. Por ello, surge la necesidad de evaluar el efecto que tiene la pasteurización, método de conservación de alimentos utilizado en la mayoría de productos naturales industrializados, para determinar la estabilidad del contenido de las betalaínas. Ya que su aprovechamiento integral está limitado en la industria alimentaria, pues generalmente, se usa en alimentos que no requieren o se empleen mínimamente tratamientos térmicos, ya que amerita controles enzimáticos eficientes, procedimientos de extracción adecuados y la utilización de atmósferas controladas (González, Seijas, & Seijas, 2010). Por lo que encontrar el método y el tratamiento adecuado es parte de la investigación.

Material y Métodos

Para fines de la investigación se utilizó frutos de Tuno indio (*Opuntia dillenii*), obtenidos de una parcela agrícola ubicada en el caserío La Esperanza del distrito de Mesones Muro, provincia de Ferreñafe.

Para la obtención de las muestras se siguió el presente proceso: Selección de los frutos maduros y frescos sin presentar deterioro, malformaciones o signos de deshidratación. El lavado y desinfección se realizó previamente para eliminar agentes contaminantes. Pelado; de forma manual retirando la cáscara de la pulpa. Pulpeado; se estrujaron manualmente los tunos indio pelados para luego extraer y separar las pepas que contiene. Tamizado; separar la fibra y semillas restantes. Pasteurizado; en vasos de 50 ml se realizaron los tratamientos térmicos en un baño maría y con ayuda de un termómetro digital se controló las temperaturas. *Almacenamiento;* las muestras se dejaron enfriar a una temperatura de 4°C para posteriormente realizar la cuantificación de betalaínas. En la Figura 1, se muestra la secuencia para la obtención de las muestras.

Durante el almacenamiento de las muestras, se cuantificó el contenido de betalaínas, betacianinas y betaxantinas (mg/100g), siguiendo el procedimiento descrito por Stintzing y otros (2005) y Castellanos & Yahia (2008) con algunas modificaciones se extrajo 1ml de pulpa pasteurizada y se adicionó 29 mL de etanol al 80% durante 5 min, se filtró a través de gasa, colectando el filtrado en tubos de ensayo y se centrifugó a 2500 rpm por 10 min y se recuperó los sobrenadantes; luego se obtuvo los resultados en el espectrofotómetro determinando el contenido de betacianinas y betaxantinas midiendo la absorbancia a 538 y 483nm respectivamente, empleando como blanco la solución de etanol al 80%. Para la conversión de las unidades de absorbancia en unidades de concentración se utilizó la ecuación 1 descrita a continuación:

$$BC; BX(mg/g) = \frac{A \times FD \times PM \times V}{\epsilon \times P \times L} \dots\dots\dots (Ec. 1)$$

Dónde: BC= betacianinas ; BX= betaxantinas; A= absorbancia a 538nm para betacianinas y 483nm para betaxantinas; FD= factor de dilución al momento de leer en el espectrofotómetro; PM= peso molecular (Betacianina = 550 g/mol y Betaxantina = 308g/mol); V=volumen del extracto (mL); ε = coeficiente de extinción molar (Betacianina = 60 000 L/mol.cm y Betaxantinas = 48 000 L/mol.cm); L= longitud de trayectoria de la cubeta (1 cm); P= peso de la muestra (g).

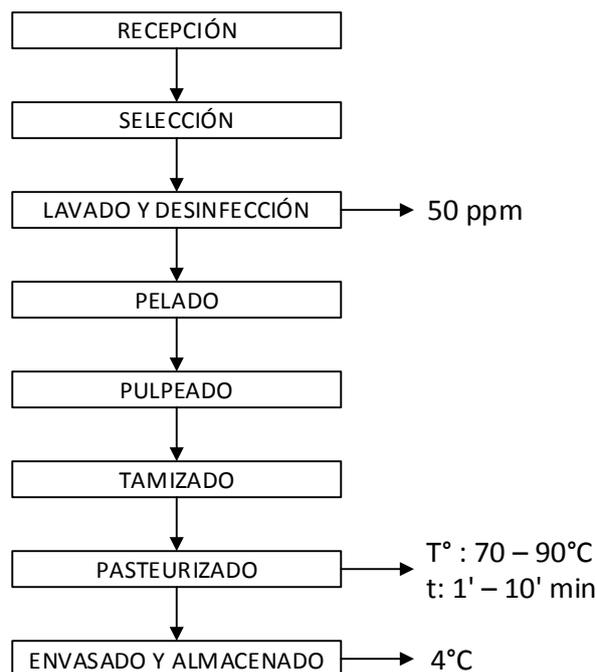


Figura 1. Diagrama de flujo de obtención de las muestras.
Fuente: Elaboración propia.

Se empleó la metodología de superficie respuesta, o MSR, aplicado en el efecto de la pasteurización sobre el contenido de betalaínas en la pulpa del tuno indio (*Opuntia dillenii*), lo cual permitió el análisis en función de las variables independientes (factores), así como su interacción, para la variable dependiente (variable respuesta).

En la Tabla 1, se muestra la matriz experimental según el diseño estadístico D- optimal, diseño de modelo cuadrático, se llevó a cabo 14 tratamientos (runs). Las variables independientes

evaluadas son: temperatura (70°C – 90°C) y tiempo (1 min – 10 min). Y la variable dependiente es: el contenido de betalaínas (mg/100g). Se realizó un seguimiento al contenido de betalaínas. Los resultados obtenidos se evaluarán con un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el software Desing Expert v. 7.0.

Tabla 1. Matriz experimental según el diseño de Superficie respuesta.

Run	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
1	80	1.00
2	80	10.00
3	85	7.75
4	90	1.00
5	70	1.00
6	90	5.50
7	90	10.00
8	90	1.00
9	75	7.75
10	80	3.25
11	70	10.00
12	70	10.00
13	70	1.00
14	70	5.50

Fuente: Software Desing Expert v.7.0

Resultados

Caracterización fisicoquímica del tuno indio

Las características fisicoquímicas del tuno indio son: Humedad 80.65 ± 1.12 , °Brix 9.8 ± 0.32 , Acidez titulable $1.13\text{g}/100\text{ml}$ de muestra ± 0.24 , pH 2.89 ± 0.11 , Betacianinas 46.25 ± 0.36 mg/100g de muestra (color rojizo del fruto), Betaxantinas (color amarilla) 11.32 ± 0.13 mg/100g de muestra y la suma de los dos es el contenido de Betalaínas 57.57 ± 1.89 mg/100g de muestra.

Cuantificación de Betalaínas:

A partir de la cuantificación de las betalaínas expresado en mg/100g de muestra, se establece la Tabla 2 con los datos reemplazados en la matriz mostrada en la anterior Tabla 1, ordenada de menor a mayor temperatura y de menor a mayor tiempo. Las betacianinas son mayores que las betaxantinas, la primera por la abundancia debido a su coloración rojo-púrpura y la segunda a la escasa coloración amarilla del pigmento. La suma de ambas son las betalaínas. Podemos apreciar cómo el contenido de las betalaínas disminuye al aumento de temperatura y tiempo.

En la Tabla 2, se aprecia que a medida que se incrementa la temperatura de pasteurización el contenido de betalaínas disminuye, la pulpa inicialmente contiene 57.57 mg/100g pero a temperatura de 70°C disminuye gradualmente de 48.93 mg/100g a 45.29 mg/100 g por cada tratamiento a tiempos de 1 y 10 min respectivamente, a temperatura de 75°C disminuye a 42.91 mg/100g con un tiempo de 8.15 min, a temperatura de 80°C disminuye de 45.28 mg/100g a 42.27 mg/100 g por cada tratamiento a tiempos de 1 y 10 min respectivamente, a temperatura de

85°C disminuye a 39.62 mg/100g con un tiempo de 8.15 min y a temperatura de 90°C disminuye de 39.70 mg/100g a 37.17 mg/100 g por cada tratamiento a tiempos de 1 y 10 min respectivamente para cada tratamiento.

Tabla 2. Matriz de resultados para cuantificación de Betalaínas en mg/ 100g de muestra.

Run	A: temperatura (°C)	B: tiempo (min)	Betacianinas (mg/100g)	Betaxantinas (mg/100g)	Betalaínas (mg/100g)
1	70°C	1.0	38.67	10.26	48.93
2	70°C	1.0	37.00	9.92	46.91
3	70°C	5.5	36.59	10.26	46.86
4	70°C	10.0	34.77	9.77	44.54
5	70°C	10.0	35.20	10.09	45.29
6	75°C	7.75	32.82	10.09	42.91
7	80°C	1.0	35.39	9.90	45.28
8	80°C	3.25	34.34	9.61	43.95
9	80°C	10.0	32.91	9.35	42.27
10	85°C	7.75	30.16	9.46	39.62
11	90°C	1.0	29.97	9.72	39.70
12	90°C	1.0	31.40	9.98	41.38
13	90°C	5.5	29.08	9.94	39.02
14	90°C	10	27.53	9.64	37.17

Fuente: Desing Expert v. 7.0

En la Figura 2, se observa que la zona de coloración roja demuestra que el mayor contenido de betalaínas sucede a tiempo y temperaturas bajas de pasteurización, y la zona azul un menor contenido de betalaínas con tiempo y temperaturas bajas. La degradación de las betalaínas se da en un orden lineal, sin tener variaciones significativas.

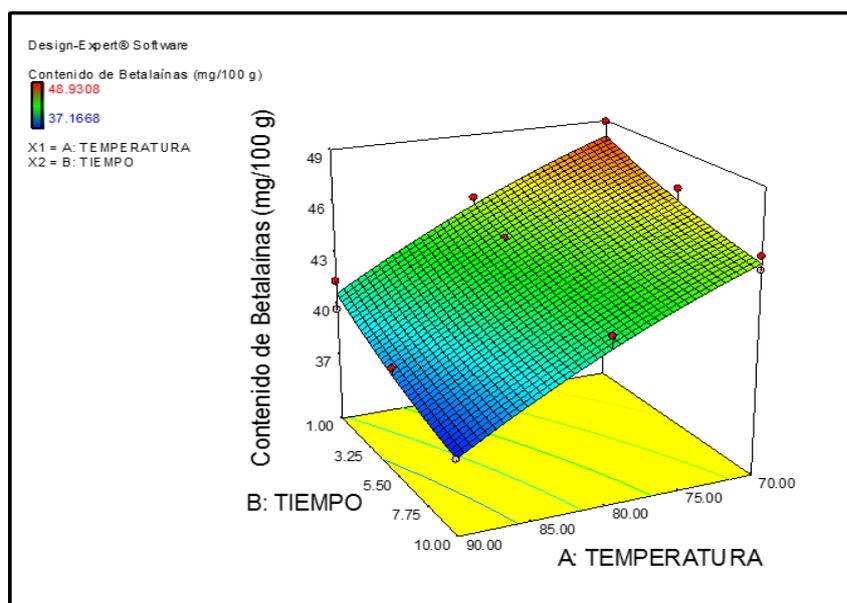


Figura 2. Gráfica de superficie respuesta del contenido de betalaínas en 3 D.

Fuente: Desing Expert v. 7.0

El contenido inicial de betalaínas de las muestras es 57.57 mg/100g de muestra. Sometida a la pasteurización, las muestras con un mayor tiempo y una mayor temperatura, 90°C a 10 min, indica un contenido de 37.17 mg de betalaínas /100 g de muestra, tal como lo muestra la Tabla 2 y la Figura 2. Su reducción respecto a la muestra inicial, solo se degrada en un 35.43%, es decir se pierde 20.4 mg de betalaínas /100 g de muestra, eso quiere decir que no se pierde ni la mitad de las betalaínas presentes inicialmente al momento de realizar la pasteurización.

Las variables A: Temperatura y B: Tiempo, son estadísticamente significativas al 95% de confiabilidad al tener P-valores menores a 0.05. El coeficiente de variabilidad es 2.08%, indicando que existe un 97.92% de confiabilidad en la toma de datos. El ajuste del modelo fue expresado por el coeficiente de regresión R² el cual fue de 0.9584. El estadístico R² indica que 95.84% de la variabilidad en la respuesta pueden ser explicada por el modelo estadístico.

Discusión

En las características fisicoquímicas del tuno indio (*Opuntia dillenii*), Diaz *et al.* (2006) obtuvieron valores ligeramente mayores, humedad (81.68%), °Brix (10.35), acidez (1.23) y pH (3.34), mientras que los resultados de Touil, Chemkhi, & Zagrouba (2010) son mucho mayores, humedad (89.62%), °Brix (13.5) y pH (5.99) pero con una acidez baja (0.867), por lo que se argumenta que el estado de madurez del fruto influye mucho en los resultados.

La coloración roja de las tunas se le atribuye a las betalaínas. Stintzing *et al.* (2005) señala que las betalaínas han sido detectadas solo como pigmentos rojo-violeta, naranja y amarillo. El tuno indio en comparación a otras tunas de ecotipo morado tiene datos similares en cuanto a la cuantificación de betalaínas, Ramírez (2013) indica que la variedad *Opuntia ficus-indica* /Copena CEII tuvo valores de 31.88 mg/100g (23.40 mg/100g para betacianinas y 8.48 mg/100g para betaxantinas), para la variedad *Opuntia ficus indica*/Copena V1 tuvo valores de 40.64 mg/100g (29.39 mg/100g para betacianinas y 11.25 mg/100g para betaxantinas) y para la variedad O. robusta/Larreyi tuvo valores más altos de 82.25 mg/100g (59.18 mg/100g para betacianinas) y 24.07 mg/100g para betaxantinas). Mientras que Khatabi, Hanine, Elothmani, & Hasib (2013) sus resultados en *Opuntia ficus-indica* de la variedad roja, indican la presencia de betalaínas 10.23 mg / 100 g de jugo (5,65 ± 0,26 mg / 100 g de jugo para betacianinas y 4,58 ± 0,12 mg / 100 g de jugo para betaxantinas) con resultados similares a los de Aquino *et al.* (2012) Rubí Reyna (*Opuntia megacantha*) con 13.55 ± 0.47 mg/ 100 g PF, Camuezo (*Opuntia megacantha*) con 24.24 ± 0.79 mg/ 100 g PF, Tapón Aguanoso (*Opuntia robusta*) con 58.12 ± 0.81 mg/ 100 g PF todas de ecotipo morado con estadio de madurez hortícola.

Tal como lo menciona Azeredo (2009), Stintzing, F; Schieber, A; Carle, R (2003) y Badui (2006), las betalaínas se ven influenciadas por el oxígeno, la actividad de agua, el pH y la temperatura, este último es el que más ha influido en la degradación de las betalaínas de la pulpa de tuno indio por el mismo hecho de someterlo a temperaturas de pasteurización, como también el oxígeno ya que las muestras no se pasteurizaron en un equipo al vacío.

Huaranga (2014) resalta que la acidez en pulpas de tuna aumenta al incrementarse la temperatura de probablemente este es uno de los factores que influyen en la pérdida de betacianinas y betaxantinas.

Después de someterle a un tratamiento térmico a altas temperaturas, Stintzing *et al.* (2003) describe que ocurre la regeneración parcial del pigmento (betalaína), es así como muchas de las muestras después de varios días de haberles sometido los tratamientos, resultaban con datos similares.

Conclusión

La pulpa de tuno indio tiene las siguientes características fisicoquímicas: 80.65% de humedad, 9.8 °Brix, pH 2.89, acidez titulable 1.13%, betacianinas 46.25 mg/100g pulpa fresca,

betaxantinas 11.32 mg/100g de pulpa fresca y betalaínas 57.57 mg /100g pulpa fresca.

Sobre el efecto del contenido de las betalaínas estas disminuyen a medida que se incrementa la temperatura y el tiempo. El contenido de betalaínas para el menor tratamiento (70°C – 1min) es de 48.93 mg/100g, en relación al contenido de betalaínas inicial se degradó en un 15%. El contenido de betalaínas para el mayor tratamiento (90°C -10 min) es 37.17 mg/100g, en relación al contenido de betalaínas inicial se degradó en un 35%.

Referencias Bibliográficas

- Alba, J., Chavez, J., Verdalet, I., Jesús, A., y Aquino, E. (2014). *Betalaínas, polifenoles y actividad antioxidante en tuna roja mínimamente procesada, almacenada en atmósferas controladas*. Veracruz. México: Universidad Veracruzana. Obtenido de http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-66432014000200005&script=sci_arttext
- Aquino, E., Chavarría, Y., Chávez, J., Guzmán, R., Silva, E., & Verdalet, I. (2012). *Caracterización fisicoquímica de siete variedades de tuna (Opuntia spp.) color rojo-violeta y estabilidad del pigmento de las dos variedades con mayor concentración*. Mexico: Universidad Autónoma de Aguascalientes. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67424409001>
- Azeredo, H. (2009). Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 2365–2376. Obtenido de <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/579865/1/PA09018.pdf>
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos: Betalaínas*. México: Pearson Educación.
- Castellanos, E., & Yahia, E. (2008). Identification and quantification of betalains from the fruits of 10 mexican prickly pear cultivars by high-performance liquid chromatography and electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of agricultural and food chemistry*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Elhadi_Yahia/publication/5276789_Identification_and_quantification_of_betalains_from_the_fruits_of_10_Mexican_prickly_pear_cultivars_by_high-performance_liquid_chromatography_and_electrospray_ionization_mass_spectromet
- Díaz, E., Rodríguez, E., & Díaz, C. (2006). Chemical characterization of opuntia dillenii and opuntia ficus indica fruits. *Journal of food chemistry*. Obtenido de <http://www.unav.es/preventiva/predimed/articulos/Food%20Chem.%202007-103-38-45.pdf>
- González, J., Seijas, N., & Seijas, P. (2010). Efecto de la temperatura y luminosidad sobre la estabilidad de las betalaínas obtenidas de “betarraga”. *Sciendo vol. 17(2) 2014 Universidad Nacional de Trujillo*. Obtenido de <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/248>
- Huaranga, M. (2014). Evaluación de betaninas y actividad antioxidante en pulpa concentrada de tuna (*Opuntia ficus indica*) ecotipo morado. Huancayo. Universidad del Centro del Perú. Obtenido de <http://intranet.cip.org.pe/imagenes/temp/tesis/43703679.pdf>

- Khatabi, O., Hanine, H., Elothmani, D., & Hasib, A. (2013). Extraction and determination of polyphenols and betalain pigments in the Moroccan Prickly pear fruits (*Opuntia ficus indica*). *Arabian Journal of Chemistry*. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535211001067>
- Ramírez, J. (2013). *Fenología y valor nutracéutico de diversas variedades pigmentadas de Tuna (Opuntia spp)*. México. Universidad Autónoma Chapingo. Obtenido de <http://www.chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCHA2013120710127902.pdf>
- Stintzing, F., Herbach, K., Mosshammer, M., Carle, R., Yi, W., Sellappan, S., . . . Felker, P. (2005). Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia spp.*) Clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/8074131_Color_Betalain_Pattern_and_Antioxidant_Properties_of_Cactus_Pear_Opuntia_spp_Clones
- Stintzing, F; Schieber, A; Carle, R. (2003). Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juices. *European Food Research and Technology*. Obtenido de <http://ftxt.eurekamag.com/003/003758465.pdf>
- Touil, A., Chemkhi, S., & Zagrouba, F. (2010). Physico-chemical Characterisation of *Opuntia dillenii* Fruit. *International Journal of Food. Volume 6, Issue 5*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Touil_Amira/publication/235782544_Physico-Chemical_Characterisation_of_Opuntia_dillenii_Fruit_2010/links/09e4151378e8c417c8000000.pdf
- Yanchapanta, D. (2011). Obtención de un colorante natural la betalaína a partir de la remolacha (*Beta vulgaris*) para su aplicación en alimentos y bebidas, sin que sus propiedades organolépticas (sabor y olor) afecten su utilidad. Ecuador. Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1764/1/SBQ17%20Ref.3401.pdf>