

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias



Una Institución Adventista

Efecto del pretratamiento en salmuera helada en la Deshidratación Osmótica de Aguaymanto (*Physalis peruviana L.*)

Por:

Zaida Lizbeth Gutierrez Coila

Asesor:

Ing. Alex Danny Chambi Rodriguez

Juliaca, diciembre de 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Ing. Alex Danny Chambi Rodriguez, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: "Efecto del pretratamiento en salmuera helada en la Deshidratación Osmótica de Aguaymanto (*Physalis peruviana L.*)" constituye la memoria que presentan el estudiante Zaida Lizbeth Gutierrez Coila para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería de Industrias Alimentarias, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 02 días, de diciembre de 2019




Ing. Alex Danny Chambi Rodriguez

Efecto del pretratamiento en salmuera helada en la Deshidratación
Osmótica de Aguaymanto (*Physalis peruviana L.*)

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentada para optar el grado de bachiller de Ingeniería de Industrias
Alimentarias


JURADO CALIFICADOR




Ing. Enrique Mamani Cuela
Presidente



Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe
Secretario



MSc. Carmen Rosa Apaza Humerez
Vocal



Ing. Edgar Mayta Pinto
Vocal



Ing. Alex Danny Chambi Rodriguez
Asesor

Juliaca, 02 de diciembre de 2019

Efecto del pretratamiento en salmuera helada en la Deshidratación Osmótica de Aguaymanto (*Physalis peruviana L.*)

Zaida Lizbeth Gutierrez Coila¹, Alex Danny Chambi Rodriguez², Joel Jerson Coaquira Quispe³

*Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos - Centro de Investigación en Ciencia de los Alimentos
EP. Ingeniería de Industrias Alimentarias, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión*

Resumen

La finalidad de este trabajo de investigación es evaluar la temperatura de congelación en la deshidratación osmótica de aguaymanto (*Physalis peruviana L.*); para el efecto de las muestras fueron sumergidas en una salmuera a -15 °C. Los factores fueron: temperatura (50 y 70°C) y tiempo de acondicionamiento de pretratamiento (60 y 90 min), las muestras se descongelaron por 60 s aproximadamente, luego las muestras fueron sumergidas en una solución de sacarosa a 60 °Brix por 90 min; la relación materia prima: solvente fue 1:6. La evolución de este efecto durante el tiempo se midió a través de: pérdida de peso (WR); contenido de sólidos totales (TS) y pérdida de agua (WL), los resultados demostraron que, si existe efecto significativo $p < 0.05$ en cuanto WR, TS y WL. Las muestras que se sometieron a 90 min de pretratamiento a una deshidratación osmótica a 70°C alcanzaron mayores valores de WL, TS y WR.

Palabras clave: Physalis peruviana L; deshidratación osmótica; salmuera helada

Summary

The purpose of this research work is to evaluate the freezing temperature in osmotic dehydration of aguaymanto (*Physalis peruviana L.*); for the effect of the samples they were immersed in a brine at -15 °C. The factors were: temperature (50 and 70°C) and pretreatment conditioning time (60 and 90 min), the samples were thawed for approximately 60 s, then the samples were immersed in a sucrose solution at 60 ° Brix for 90 min; The raw material: solvent ratio was 1: 6. The evolution of this effect over time was measured through: weight loss (WR); Total solids content (TS) and water loss (WL), the results showed that, if there is a significant effect $p < 0.05$ as WR, TS and WL. Samples that underwent 90 min of pretreatment to an osmotic dehydration at 70 ° C reached higher values of WL, TS and WR.

Keywords: Physalis peruviana L; osmotic dehydration; frozen brine

1. Introducción

La deshidratación osmótica (DO), es una técnica convencional con parámetros controlados como: tipo de soluto, la relación de concentración, temperatura, agitación, geometría de la materia (tamaño) y tiempo de proceso (Ahmed, Qazi, & Jamal, 2016; Prosapio & Norton, 2018), así mismo, esta técnica es de bajo costo, de humedad intermedia y de procesamiento reducido, que permite la retención de color, aroma, sabor y componentes nutricionales (Prosapio & Norton, 2018), la DO es el proceso de eliminación de agua por inmersión en una solución acuosa concentrada (salina o azucarada) (Tortoe, 2010), en este proceso el agua y los solutos naturales de la fruta se transfieren a la solución y el soluto se transfiere a la fruta (Khoyi & Hesari, 2007), la DO se ha combinado con otras técnicas, durante o después de la DO con el propósito de aumentar

la permeabilidad de la membrana celular y la tasa de transferencia de masa, haciendo esto posible mejorar el rendimiento de deshidratación (Ahmed et al., 2016).

El aguaymanto (*Physalis peruviana L.*), pertenece a la familia de las Solanáceas y al género *physalis*, tiene más de ochenta variedades que se encuentran en estado silvestre (Mendoza, Rodríguez, & Millan, 2012), el aguaymanto tiene características nutraceuticas, este es un alimento aceptado por mercados internacionales (Pinzòn, Reyes, Álvarez, Leguizamo, & Joya, 2015), que parecen minitomates, de color amarillo-anaranjados, estos son casi redondos, son bayas de 1,25 a 2,5 cm de diámetro y pueden pesar entre unos 4 y 10 g (Fischer, 1995), es un fruto que está encerrado dentro de un cáliz o capacho (Mendoza et al., 2012), esta fruta contiene entre 150 y 300 semillas aplanadas y de forma lenticular (Fischer, Almanza, & Miranda, 2014), sin embargo, este fruto es adquirido en gran cantidad los meses marzo a julio (PROMPERÚ, 2010), ya que requiere de condiciones climáticas, no obstante la maduración de este fruto es acelerada ocasionando el decrecimiento de la vida pos-cosecha (Pinzòn et al., 2015).

La baya es uno de los frutos carnosos, que suele tener un pericarpio grueso como también jugoso, que se divide en tres: epicarpio, mesocarpio y endocarpio; está constituido por células parenquimáticas. El parénquima de las bayas contiene grupos de esclereidas que estos se encuentran dispersos. Estos grupos de células funcionan como un mecanismo de soporte en el fruto (Fava, 2012).

La DO se ha combinado con otras técnicas, durante o después de la DO con el propósito de aumentar la permeabilidad de la membrana celular y la tasa de transferencia de masa, haciendo esto posible mejorar el rendimiento de deshidratación (Ahmed et al., 2016).

Como es bien sabido, la congelación de un alimento es la disminución de la temperatura por debajo de su punto de congelación del alimento, provocando la cristalización de agua, ocasionando un daño estructural al alimento (Otero, Guignon, & Sanz, 2013), teniendo en cuenta que la cáscara del aguaymanto representa el 95% de la superficie del fruto, por una película cerosa compuesta de terpenos de resina, donde el área del pedúnculo, tiene una microestructura porosa por donde se puede introducir sales y azúcares (Puente, Pinto, Castro, & Cortés, 2011). Debido a que el aguaymanto presenta esta capa hidrofoga serosa que impide el transporte de agua desde el interior del producto hasta la superficie limitando la transferencia de masa en las secciones internas de la fruta, la congelación y descongelación se puede considerar como un método previo para reducir la resistencia de la cáscara y volverla permeable y promover un alto intercambio del interior al exterior y viceversa (Sharif, Adewale, Dalli, & Rakshit, 2018).

El agua es uno de los principales factores que afecta la estabilidad física y química en el alimento, la reducción del agua puede aumentar la estabilidad. Una de las operaciones para el proceso de conservación de frutas es la deshidratación osmótica que implica una transferencia de masa en dimensiones donde es posible controlar este proceso al introducir sustancias deseadas en la matriz vegetal (Cieurzyńska, Kowalska, Czajkowska, & Lenart, 2016).

Se han realizado estudios sobre pretratamientos en la deshidratación osmótica de diversos alimentos como es el caso de los arándanos estos fueron tratados con microondas (Sharif et al., 2018), así también como campos eléctricos pulsados (PEF) o pretratamiento térmico (Yu, Jin, Fan, & Wu, 2018) y también pre tratados con nitrógeno líquido (Alfaro, Siramard, Chouljenko, & Sathivel, 2018). No obstante, hay otros pretratamientos como: pretratamiento al vacío acoplado a la deshidratación osmótica asistida por ultrasonido (Feng et al., 2019) y pretratamientos eléctricos (Yildiz, Icier, Eroglu, & Dagci, 2016), todos estos mostrando resultados para una deshidratación osmótica, así mismo se presentaron resultados de microestructuras a nivel del pedúnculo lugar por donde se realizó la transferencia de masa de los solutos del aguaymanto (Luchese, Gurak, & Marczak, 2015). Sin embargo, aún no se han realizado estudios de deshidratación osmótica de aguaymanto realizando pretratamiento de congelación y descongelación para poder permeabilizar la estructura hidrófoba y permitir la salida del agua del interior al exterior.

El propósito de este trabajo de investigación es, ver el efecto del pretratamiento con salmuera helada líquida en la deshidratación osmótica de aguaymanto (*Physalis peruviana L.*) en relación a la pérdida de peso (WR), sólidos totales (TS) y pérdida de agua (WL).

2. Materiales y Métodos

2.1. *Materia Prima*

Los aguaymantos fueron adquiridos en el mercado Santa Bárbara de la ciudad de Juliaca, se seleccionó de acuerdo con la forma y el tamaño, se almacenaron a 6 °C en un refrigerador (LG, modelo: GM-R611YP; México) antes de su uso, así mismo, se utilizó sacarosa y cloruro de sodio comercial.

2.2. *Acondicionamiento del Pretratamiento con salmuera líquida helada.*

Se preparó una salmuera con una concentración (25%), fue acondicionada en un sistema de congelación (LG, modelo: GM-R611YP; México), a -15 °C y se estandarizó el peso, las muestras fueron acondicionadas dentro del recipiente de salmuera en el sistema de congelación como un pretratamiento antes de realizarse la deshidratación con la finalidad de permeabilizar la estructura hidrófoba, la relación de fruta fue 1:5. Este pretratamiento consistió en la inmersión de la muestra a -15°C. Durante 90 min, 60 min y 0 min (control) en el sistema de congelación, después de este proceso se descongeló durante 1 min a temperatura ambiente.

2.3. *Deshidratación osmótica*

El tratamiento osmótico consistió en la inmersión de esferas de aguaymanto previamente tratadas, en soluciones de sacarosa de 60 °Brix que se midió con un refractómetro de mano (ATAGO N-4E; Japón) a temperaturas de 50 y 70°C durante 90 min. La relación de fruta de la solución fue de 1:6. Después del tratamiento, los aguaymantos fueron drenados por aproximadamente 1 min con agua destilada y levemente secadas con papel absorbente para retirar el exceso de líquido por aproximadamente 1 min, enseguida los aguaymantos fueron pesados, para luego deshidratarlos mediante un agitador magnético (VELP científica; código: F20530162; Europa). Las lecturas se realizaron cada 5 min hasta completar los 90 min. Todo este proceso se realizó por triplicado.

2.4. *Determinación de humedad*

El contenido de humedad se determinó así como lo describe Rocca & Massheroni, (2010), que se determina a través de la pérdida de peso por desecación en la estufa. Durante 2 h se las seco a 70°C y luego a 104°C por 72 h. En un principio el secado se realizó a menor temperatura, para evitar la pérdida abrupta de agua.

2.5. *Medición de la transferencia de masa*

La evaluación de transferencia de masa con el tiempo de cada uno de los tratamientos se midió como lo establece Rocca & Massheroni, (2010) a través de la pérdida de peso (WR), contenido de sólidos totales (TS) y pérdida de agua (WL), mostradas en las ecuaciones 1, 2, 3 y 4.

$$WR (\%) = \frac{m_i - m_f}{m_i} * 100 \dots\dots\dots Ec. (1)$$

Donde:

m_i : masa inicial del aguaymanto fresco

m_f : masa de muestra deshidratada osmoticamente a tiempo t

$$TS (\%) = \frac{s}{m_0} * 100 \dots\dots\dots Ec. (2)$$

$$H (\%) = 100 - TS (\%) \dots\dots\dots Ec. (3)$$

m_s : masa de la muestra seca

m_0 : masa de la muestra fresca o inicial

(%): porcentaje de humedad

m_s : masa de muestra seca; m_0 = masa de muestra fresca o inicial; $H(\%)$ = porcentaje de humeda

$$WL (\%) = (1 - \frac{TS^0}{100}) - (1 - \frac{TS}{100}) (1 - \frac{WR}{100}) * 100 \dots\dots\dots Ec. (4)$$

WR : pérdida de peso; = TS^0 contenido de solidos totales iniciales

2.6. *Diseño experimental y análisis estadístico*

El efecto de dos variables independientes x_1 (temperatura DO) y x_2 (tiempo congelación) a dos niveles WL, TS y WR (variables dependientes) se investigaron utilizando el diseño factorial 22. Los niveles codificados para variables independientes se muestran en la Tabla 1. El modelo propuesto para las respuestas (Y) fue:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_1 x_2$$

Donde β_0 es el valor del intercepto del experimento, β_1 , β_2 y β_3 son coeficientes de la regresión lineal respectivamente.

Los datos obtenidos de los experimentos (triplicado) fueron tratados de la siguiente manera: cálculo del promedio y desviación estándar para las variables de respuesta. Se ajustaron a una regresión lineal los promedios para obtener las ecuaciones de regresión. Se realizó un ANOVA para las variables independientes usando el software STATISTICA. Los valores experimentales y calculados se analizaron para el coeficiente de determinación (R^2), Las condiciones DO para las variables dependientes se pueden apreciar mediante los gráficos de superficie de respuesta y contornos respectivamente.

Tabla 1

Niveles codificados para las variables independientes.

Variables	Niveles codificados	
	-1	1
x_1 : Temperatura de DO (°C)	50	70
x_2 : Tiempo de congelación (min)	60	90

3. Resultados y Discusión

3.1. Efecto del pretratamiento en la DO en la pérdida de peso (WR), el contenido de sólidos totales (TS) y la pérdida de agua (WL)

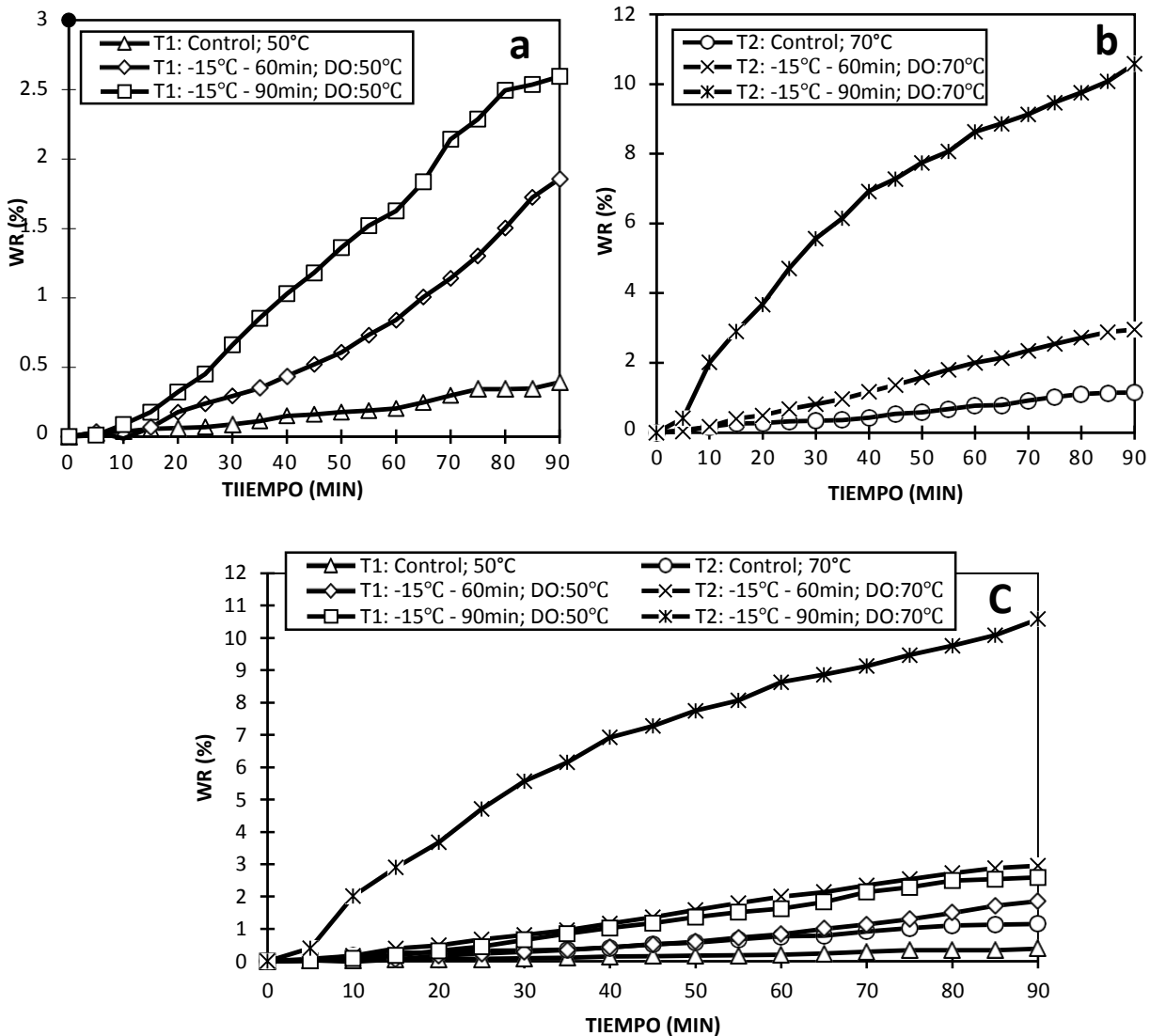


Figura 1: Pérdida de peso en el aguaymanto a 50°C y 70°C

Como se observa en la Figura 1, que el tratamiento a 70°C (T2): a una congelación constante de -15°C por 90 min; Deshidratado Osmóticamente (DO) a 70°C por 90 min tiene mayor pérdida de peso adquirida con un 10.58% así mismo, se observa la diferencia de los tratamientos de control (T1; T2); T1: muestra control; DO a 50°C el cual su pérdida de peso fue de 0.4%, así mismo, se aprecia la otra prueba control T2: muestra control ; DO a 70°C el cual su pérdida de peso fue de 1.2%.

Las Figuras 1, 2 y 3 se trabajaron en base a la humedad del aguaymanto, el cual se obtuvo un 81%.

La temperatura es un factor que influye mucho en la DO de aguaymanto, en este trabajo de investigación se trabajó con dos temperaturas 50°C y 70°C, pero se puede observar en los resultados de las Figuras 1, 2, 3 los tratamientos que mayor efecto tuvieron fueron los que tenían una temperatura de 70°C, en el trabajo de investigación de Luchese et al., (2015), mencionan que al trabajar a 70°C se obtienen un mejor DO. Es por

esto que al trabajar con esta temperatura podemos notar una gran diferencia a la temperatura de 50°C. (Luchese et al., 2015).

Ketata, Desjardins, & Ratti, (2013), menciona que observo microscópicamente la baya del arándano y confirmaron que después del pretratamiento con nitrógeno líquido, había una debilidad del epidermis, asimismo se observó una disminución del grosor de la cutícula, entonces teniendo en cuenta que los arándanos y aguaymantos son bayas, entonces al someter un alimento a congelación ocasiona daño estructural al alimento (Otero et al., 2013).

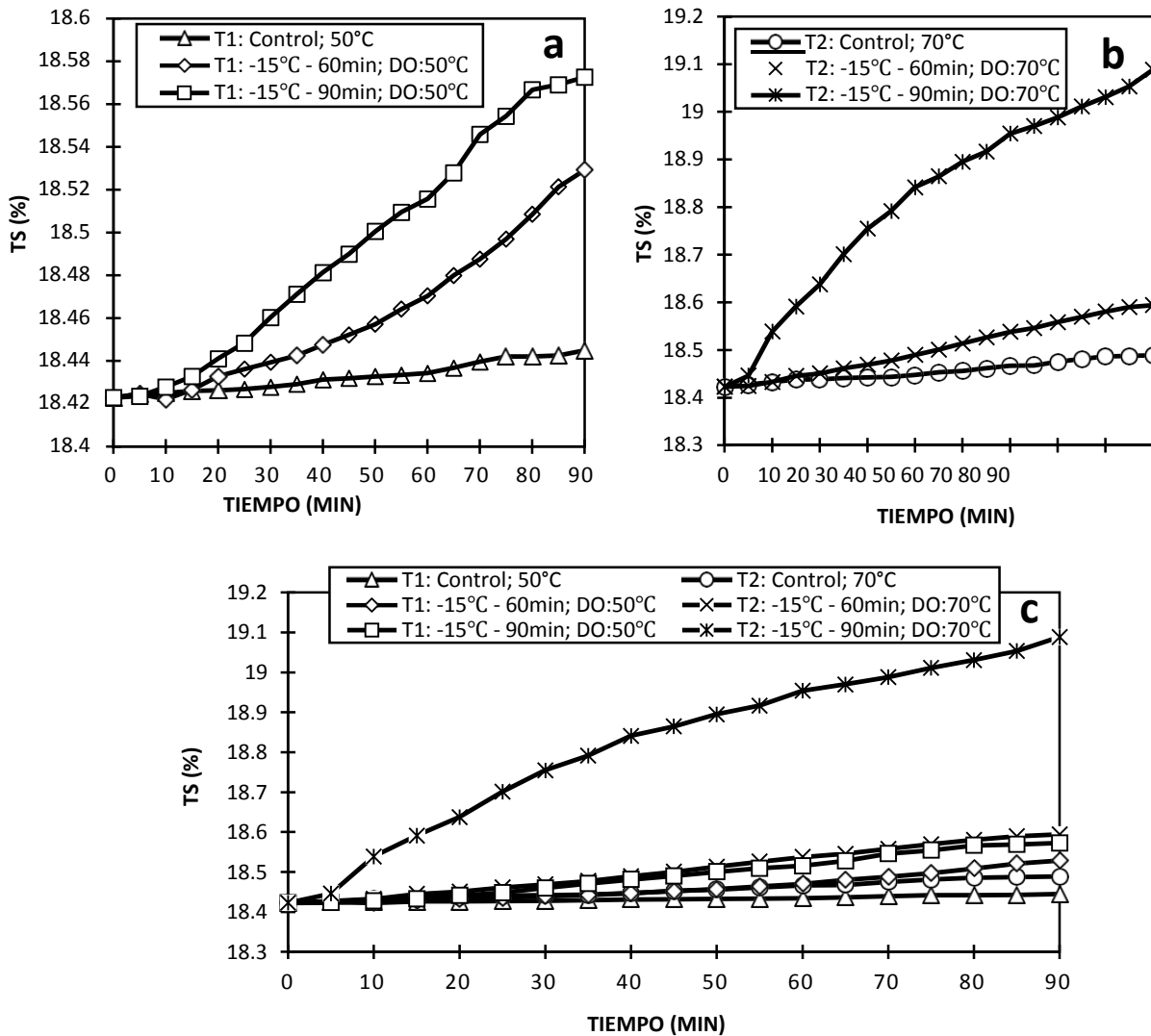


Figura 2: Contenido de sólidos totales en el Aguaymanto a 50°C y 70°C

Como se observa en la Figura 2, el tratamiento A 70°C (T2): a una congelación constante de -15°C por 90 min; Deshidratado Osmóticamente (DO) a 70°C por 90 min tiene mayor ganancia de solidos totales con un 0.7% así mismo, se observa la diferencia de los tratamientos de control (T1; T2); donde: T1: muestra control ; DO a 50°C el cual su ganancia de solidos fue de 0.02%, así mismo, se aprecia la otra prueba control T2: muestra control; DO a 70°C el cual su ganancia de solidos fue de 0.06%.

Cerdán & López (2014), menciona que obtuvieron 1.6% de sólidos totales en una solución azucarada de 10% durante 90 min, esto fue porque al aguaymanto le realizaron 62 agujeros con alfileres para acelerar la deshidratación osmótica, haciendo comparación con este trabajo de investigación solo se obtuvo 0.7% de ganancia de sólidos, pero esto fue porque al aguaymanto no se le realizó ningún agujero, incluso no se le quitó el pedúnculo para ver el efecto de este pretratamiento.

Como lo menciona Puente, Pinto, Castro, & Cortés (2011), en el área del pedúnculo donde es la ruptura del cáliz tiene una microestructura porosa, entonces el lugar por donde ingresa los sólidos se da por esta superficie, es por eso que en esta investigación no se quitó por completo el pedúnculo del aguaymanto.

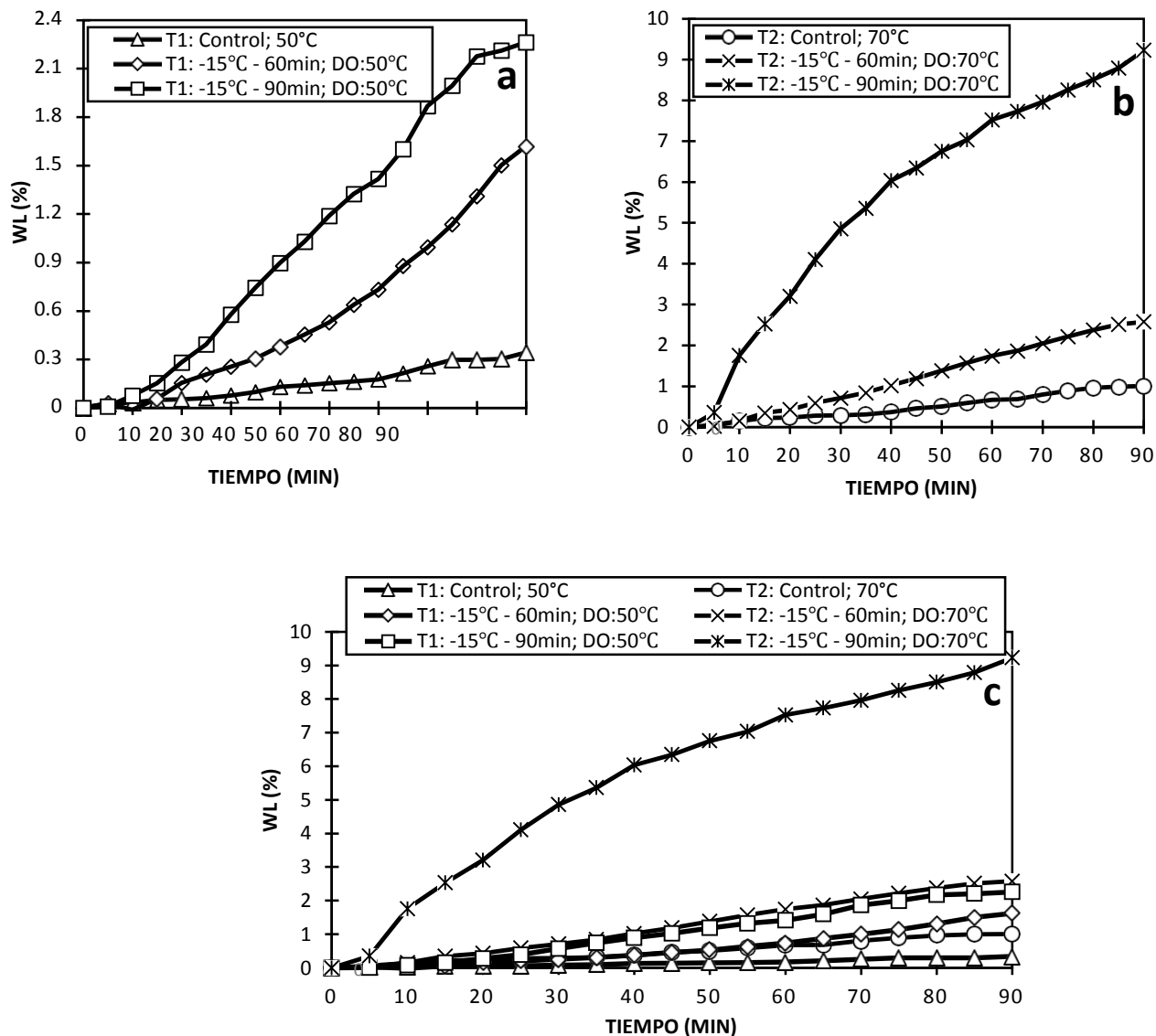


Figura 3: Pérdida de agua en el Aguaymanto a 50°C y 70°C

Como se observa la Figura 3, el tratamiento a 70°C (T2): a una congelación constante de -15°C por 90 min; Deshidratado Osmóticamente (DO) a 70°C por 90 min tiene mayor pérdida de agua con un 9.2% así mismo se observa la diferencia de los tratamientos de control (T1; T2); T1: muestra control ; DO a 50°C el cual su pérdida de agua fue de 0.3%, así mismo se aprecia la otra prueba control T2: muestra control ; DO a 70°C el cual su pérdida de agua fue de 1%. Cabe resaltar que existe un 6% de diferencia entre ambos tratamientos T1 y T2 a 90 min de DO.

Como se observa en la Figura 3, la pérdida de agua del tratamiento T2: a una congelación constante de -15°C por 90 min; Deshidratado Osmóticamente (DO) a 70°C por 90 min tiene una pérdida de agua de 9.2% cabe resaltar que Luchese et al., (2015) menciona que realizó la DO durante 10 horas a 70°C y que la pérdida de agua fue de aproximadamente del 40%, comparando con este trabajo de investigación solo se realizó durante 90 min. En la DO uno de los parámetros de control es el tiempo de proceso (Ahmed et al., 2016), existen diversos trabajos de investigación el cual trabajan entre: 120 min de DO (Cerdán & López, 2014), 3 horas de DO (Rossi et al., 2013), 10 horas de DO (Luchese et al., 2015), etc, este parámetro de control es debido a que cuando mayor sea el tiempo de DO más se verá la DO.

Giraldo, Duque & Mejía, (2005), concluye que los frutos de mora sufren relajación estructural al someterlos a tratamientos con disoluciones de 55 y 45 °Brix, mientras que los frutos de aguaymanto no manifiestan cambios en la estructura a altas concentraciones, pero a bajas concentraciones se deforman y desestructuran, en este trabajo de investigación se realizó con 60 °Brix, pero si tubo deformaciones en el aguaymanto este puede ser un factor de control, pero teniendo en cuenta que para la DO de aguaymanto no solo es este el único factor, la temperatura es uno también.

3.2. Análisis de datos experimentales

Tabla 2

Modelos de regresión para las variables del proceso y las propiedades del producto usando variables independientes temperatura de DO (x) y tiempo de congelación (y) de osmodeshidratado de aguaymanto.

Respuesta	Modelo	R ²
WR (%)	$35.13 - 0.69*x - 0.58*y + 0.012*x*y$	0.9616
TS (%)	$20.71 - 0.045*x - 0.04*y + 0.0008*x*y$	0.9519
WL (%)	$30.63 - 0.61*x - 0.51*y + 0.01*x*y$	0.9616

Nota: Información obtenida del software estadístico Statistica

Los modelos obtenidos para los parámetros de WL (%), TS (%) y WR (%) del efecto de pretratamiento de congelación y posterior deshidratación osmótica como funciones de variables independientes se presentan en la Tabla 2. En función a los resultados de la regresión la temperatura de DO y el tiempo de congelación presentan un efecto negativo sobre las variables dependientes (P<0.05). Sin embargo, la combinación de las variables independientes presentan un efecto positivo sobre las respuestas, encontrándose así una alta correlación entre las variables (P <0.05), estos resultados se pueden corroborar en la Tabla 3

Tabla 3

Tabla Análisis de varianza de los resultados para los modelos ajustados de la DO de aguaymanto.

Respuesta	Fuente	df	SC	MC	F - valor	P - valor
WR (%)	(1)Temperatura (°C)	44.4290	1	44.42901	91.49418	0.000075
	(2)Tiempo de congelación (°C)	47.4187	1	47.41873	97.65102	0.000062
	1 by 2	38.1540	1	38.15399	78.57182	0.000115
	Error	2.9136	6	0.48559		
	Total SS	139.2792	11			
TS (%)	(1)Temperatura (°C)	0.184423	1	0.184423	72.29401	0.000145
	(2)Tiempo de congelación (°C)	0.196061	1	0.196061	76.85606	0.000122

	1 by 2	0.160925	1	0.160925	63.08284	0.000212
	Error	0.015306	6	0.002551		
	Total SS	0.583719	11			
<hr/>						
WL (%)	(1)Temperatura (°C)	33.7831	1	33.78314	91.49417	0.000075
	(2)Tiempo de congelación (°C)	36.0565	1	36.05649	97.65103	0.000062
	1 by 2	29.0117	1	29.01173	78.57185	0.000115
	Error	2.2154	6	0.36924		
	Total SS	105.9058	11			

Significativo en $P < 0.05$, df: grados de libertad.

Nota: Información obtenida del software estadístico Statistica

La variación en la temperatura de DO y el tiempo de inmersión en la congelación reveló una pérdida de agua (WI, %), sólidos totales (TS%) y pérdida de peso al trabajar a 70 °C y 90 min. (Figura 4-6).

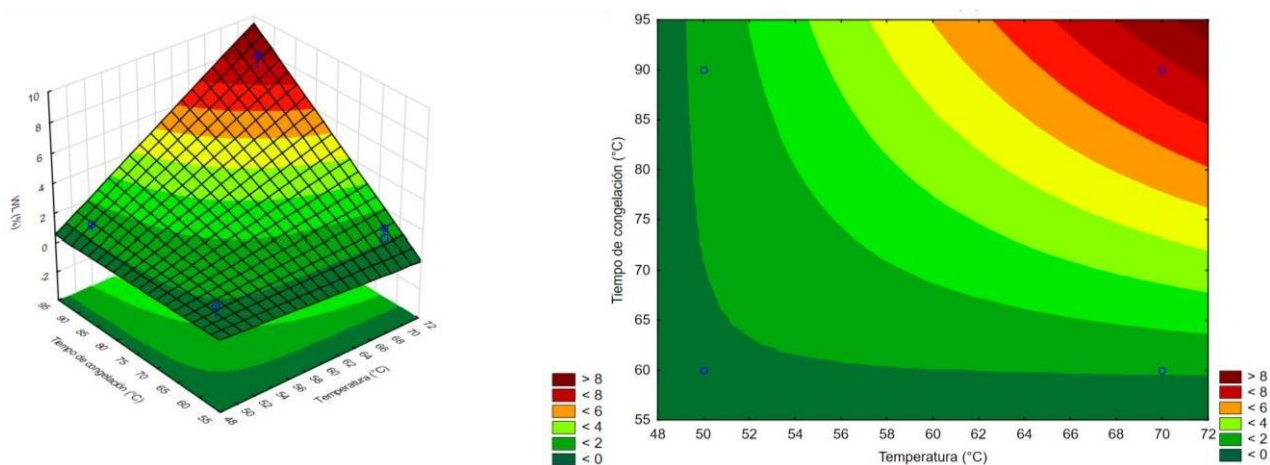


Figura. 4. Gráfico de superficie de respuesta y contorno para la temperatura (°C) y tiempo de congelación en la DO de aguaymanto en relación al porcentaje de pérdida de agua (WL, %).

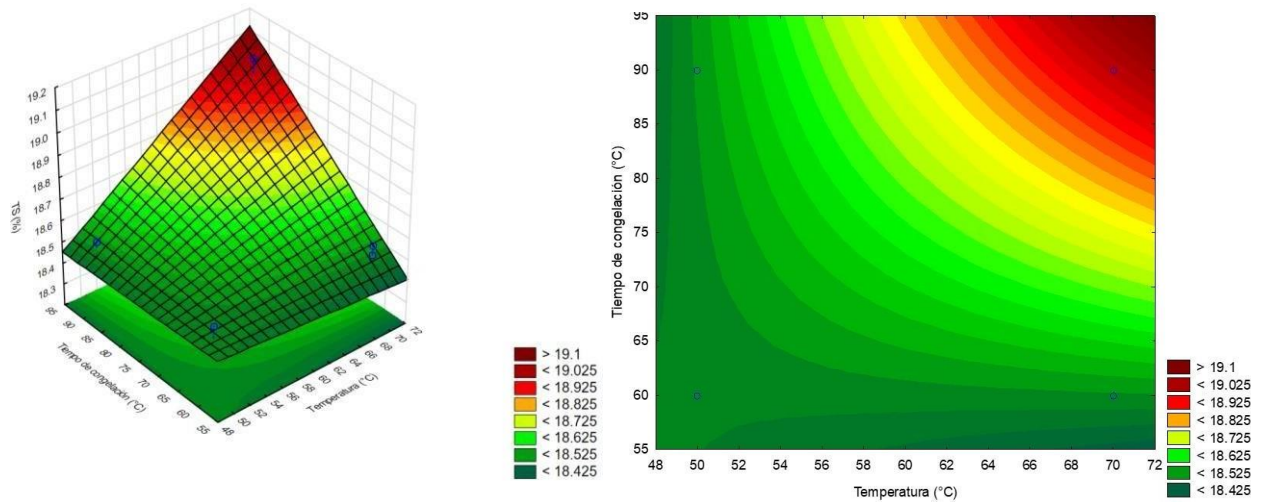


Figura. 5. Gráfico de superficie de respuesta y contorno para la temperatura (°C) y tiempo de congelación en la DO de aguaymanto en relación al porcentaje de contenido de sólidos totales (TS, %).

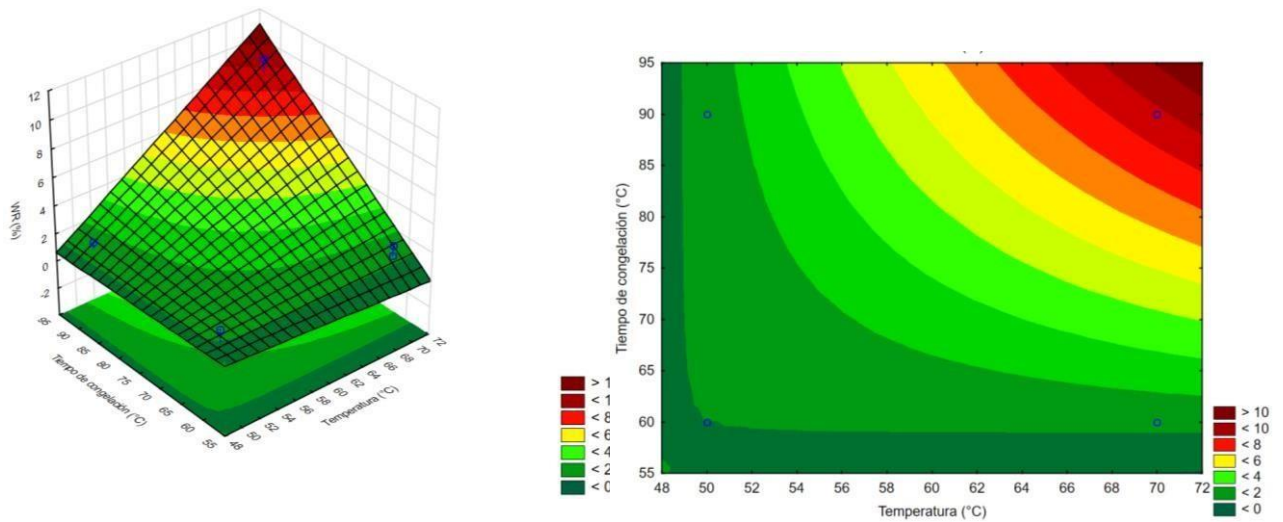


Figura. 6. Gráfico de superficie de respuesta y contorno para la temperatura (°C) y tiempo de congelación en la DO de aguaymanto en relación al porcentaje de pérdida de peso (WR, %).

4. Conclusiones

El efecto del pretratamiento el salmuera líquida helada en la deshidratación osmótica de aguaymanto, fue efectivo debido a que los distintos tratamientos tuvieron una diferencia significativa $p < 0.05$, entre las muestras sin pretratamiento se observa que la DO es lenta, pero los otros tratamientos se observa que la DO es más rápida; esto es debido a que la congelación provocó un daño a la estructura del aguaymanto haciendo que la capa hidrofoga (cáscara) sea permeable y así ocasionado el intercambio de masa.

Referencias

- Ahmed, I., Qazi, I. M., & Jamal, S. (2016). Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.01.003>
- Alfaro, L., Siramard, S., Chouljenko, A., & Sathivel, S. (2018). Effects of liquid nitrogen pretreatment on the osmotic dehydration and quality of cryogenically frozen blueberries (*Vaccinium angustifolium* Ait.). *Food Bioscience*, 22, 165–169. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.02.006>
- Cerdán, K., & López, C. (2014). *Efecto de la concentración de soluto en la Deshidratación Osmótica de Aguaymanto (Physalis peruviana)*. Universidad Señor de Sipán.
- Ciurzyńska, A., Kowalska, H., Czajkowska, K., & Lenart, A. (2016). Osmotic dehydration in production of sustainable and healthy food. *Trends in Food Science and Technology*, 50, 186–192. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.01.017>
- Fava, J. (2012). *Anatomía aplicada al diseño de tecnologías de procesamiento mínimo en frutos (bayas) de Solanum lycopersicum L. var. cerasiforme (Solanaceae) y Vitis labrusca L. (Vitaceae)*. “Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. <http://digital.bl.fcen.uba.ar>.”
- Feng, Y., Yu, X., Yagoub, A. E. G. A., Xu, B., Wu, B., Zhang, L., & Zhou, C. (2019). Vacuum pretreatment coupled to ultrasound assisted osmotic dehydration as a novel method for garlic slices dehydration. *Ultrasonics Sonochemistry*, 50, 363–372. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.09.038>
- Fischer, G. (1995). *Effect of root zone temperature and tropical altitude on the growth, development and fruit quality of cape gooseberry (Physalis peruviana L.)*. Universitat zu Berlin.
- Giraldo, G. A., Duque, A. L., & Mejía, C. M. (2005). *LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA COMO PRETRATAMIENTO EN LA CONSERVACIÓN DE MORA (Rubus glaucus) Y UCHUVA (Physalis peruviana L.) PRETREATMENT IN THE CONSERVATION OF BLACKBERRY (Rubus glaucus) AND UCHUVA (Physalis peruviana L.) WITH OSMOTIC DEHYDRATION*. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v12n1/v12n1a02.pdf>
- Ketata, M., Desjardins, Y., & Ratti, C. (2013). Effect of liquid nitrogen pretreatments on osmotic dehydration of blueberries. *Journal of Food Engineering*, 116(1), 202–212. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.10.035>
- Khoyi, M. R., & Hesari, J. (2007). *Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution*. 78, 1355–1360. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.01.007>
- Luchese, C. L., Gurak, P. D., & Marczak, L. D. F. (2015). Osmotic dehydration of physalis (*Physalis peruviana* L.): Evaluation of water loss and sucrose incorporation and the quantification of carotenoids. *LWT - Food Science and Technology*, 63(2), 1128–1136. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.04.060>
- Mendoza, J., Rodríguez, A., & Millan, P. (2012). *Caracterización Físico Químico de la Uchuva (Physalis peruviana) en la región de Silvia Cauca*. 10(2), 188–196.
- Otero, L., Guignon, B., & Sanz, P. D. (2013). Últimos avances en tecnologías de congelación de alimentos. *Alimentaria*, 440, 82–90.
- Pinzón, E., Reyes, A., Álvarez, J., Leguizamo, M., & Joya, J. (2015). *Comportamiento del fruto de uchuva Physalis peruviana L., bajo diferentes temperaturas de almacenamiento Postharvest behavior of cape gooseberry Physalis peruviana L. fruit under different storage temperatures*. 32(2)(0120–0135), 26–35. <https://doi.org/10.22267/rcia.153202.10>
- PROMPERÚ. (2010). *Productos Naturales. Productos Naturales*.
- Prosapio, V., & Norton, I. (2018). Simultaneous application of ultrasounds and firming agents to improve the quality properties of osmotic + freeze-dried foods. *LWT - Food Science and Technology*, 96(May), 402–410. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.05.068>
- Puente, L. A., Pinto, C. A., Castro, E. S., & Cortés, M. (2011). *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Research International*, 44(7), 1733–1740. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.09.034>
- Rocca, P. A. Della, & Massheroni, R. H. (2010). Modelos empíricos en la deshidratación osmótica de papas. *Modelos Empíricos En La Deshidratación Osmótica de Papas*, 2.
- Rossi, D., Fuentes, R., Pardo, F., Reyes, D., Tirado, R., Urbina, E., & Vega, J. (2013). Efecto de la

- temperatura y sinergismo de sacarosa, sacarina y sugar light en la deshidratación osmótica de aguaymanto (*Physalis peruviana*). *Efecto de La Temperatura y Sinergismo de Sacarosa, Sacarina y Sugar Light En La Deshidratación Osmótica de Aguaymanto (Physalis Peruviana)*, 3, 19–25.
- Sharif, I., Adewale, P., Dalli, S. S., & Rakshit, S. (2018). Microwave pretreatment and optimization of osmotic dehydration of wild blueberries using response surface methodology. *Food Chemistry*, 269(June), 300–310. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.087>
- Tortoe, C. (2010). *A review of osmodehydration for food industry*. 4(June), 303–324.
- Yildiz, H., Icier, F., Eroglu, S., & Dagci, G. (2016). Effects of electrical pretreatment conditions on osmotic dehydration of apple slices: Experimental investigation and simulation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 35, 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.05.001>
- Yu, Y., Jin, T. Z., Fan, X., & Wu, J. (2018). Biochemical degradation and physical migration of polyphenolic compounds in osmotic dehydrated blueberries with pulsed electric field and thermal pretreatments. *Food Chemistry*, 239, 1219–1225. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.071>

ANEXOS

Tabla 1

Pérdida de peso (WR); contenido de sólidos totales (TS) y pérdida de agua (WL).

Replicas	Temperatura	Tiempo (min)	WR		TS		WL	
1	50°C	0	0.17±	0.12	18.43 ±	0.01	0.15 ±	0.11
		60	0.50±	0.42	18.45 ±	0.02	0.44 ±	0.37
		90	0.50±	0.43	18.45 ±	0.02	0.43 ±	0.37
	70°C	0	0.57±	0.37	18.46 ±	0.02	0.50 ±	0.32
		60	0.50±	0.42	18.45 ±	0.02	0.43 ±	0.37
		90	6.88±	2.49	18.84 ±	0.15	6.00 ±	2.17
2	50°C	0	0.17 ±	0.12	18.43 ±	0.01	0.15 ±	0.11
		60	1.90 ±	1.19	18.53 ±	0.07	1.66 ±	1.04
		90	2.24 ±	1.08	18.55 ±	0.06	1.95 ±	0.94
	70°C	0	0.57 ±	0.37	18.46 ±	0.02	0.50 ±	0.32
		60	1.28 ±	0.92	18.50 ±	0.05	1.11 ±	0.80
		90	0.66 ±	0.49	18.46 ±	0.03	0.57 ±	0.43
3	50°C	0	0.17 ±	0.12	18.43 ±	0.01	0.15 ±	0.11
		60	0.57 ±	0.83	18.46 ±	0.05	0.50 ±	0.72
		90	1.85 ±	1.49	18.53 ±	0.09	1.62 ±	1.30
	70°C	0	0.57 ±	0.37	18.46 ±	0.02	0.50 ±	0.32
		60	2.05 ±	1.36	18.54 ±	0.08	1.78 ±	1.18
		90	9.78 ±	5.53	19.05 ±	0.37	8.53 ±	4.82
4	50°C	0	0.17 ±	0.12	18.43 ±	0.01	0.15 ±	0.11
		60	0.97 ±	0.67	18.48 ±	0.04	0.84 ±	0.58
		90	1.32 ±	0.99	18.50 ±	0.06	1.15 ±	0.86
	70°C	0	0.57 ±	0.37	18.46 ±	0.02	0.50 ±	0.32
		60	1.25 ±	1.06	18.49 ±	0.06	1.09 ±	0.93
		90	6.74 ±	4.59	18.84 ±	0.29	5.87 ±	4.00

Tabla 2

Estimaciones de efecto realizado a WR (%).

Factor	Effect	Std.Err.	t(6)	p	-95.%	+95.%	Coeff.	Std.Err.	-95.%	+95.%
Mean/Interc.	3.120855	0.201162	15.51414	0.000005	2.628629	3.613081	3.120855	0.201162	2.628629	3.613081
Replicat(1)	1.166355	0.568972	2.04993	0.086250	-0.225869	2.558579	0.583178	0.284486	-0.112935	1.279290
Replicat(2)	0.887080	0.568972	1.55909	0.169989	-0.505144	2.279304	0.443540	0.284486	-0.252572	1.139652
(1)Temperatura (°C)	3.848333	0.402324	9.56526	0.000075	2.863882	4.832785	1.924167	0.201162	1.431941	2.416392
(2)Tiempo de congelación (°C)	3.975707	0.402324	9.88185	0.000062	2.991255	4.960158	1.987853	0.201162	1.495628	2.480079
1 by 2	3.566230	0.402324	8.86407	0.000115	2.581779	4.550681	1.783115	0.201162	1.290889	2.275341

Nota: Información obtenida del software estadístico Statistica

Tabla 3

Estimaciones de efecto realizado a TS (%).

Factor	Effect	Std.Err.	t(6)	p	-95.%	+95.%	Coeff.	Std.Err.	-95.%	+95.%
Mean/Interc.	18.61588	0.014580	1276.786	0.000000	18.58020	18.65155	18.61588	0.014580	18.58020	18.65155
Replicat(1)	0.07485	0.041239	1.815	0.119442	-0.02606	0.17576	0.03743	0.020620	-0.01303	0.08788
Replicat(2)	0.05902	0.041239	1.431	0.202374	-0.04189	0.15992	0.02951	0.020620	-0.02095	0.07996

(1)Temperatura (°C)	0.24794	0.029161	8.503	0.000145	0.17659	0.31929	0.12397	0.014580	0.08829	0.15965
(2)Tiempo de congelación (°C)	0.25564	0.029161	8.767	0.000122	0.18429	0.32700	0.12782	0.014580	0.09215	0.16350
1 by 2	0.23161	0.029161	7.942	0.000212	0.16025	0.30296	0.11580	0.014580	0.08013	0.15148

Nota: Información obtenida del software estadístico Statistica

Tabla 4
Estimaciones de efecto realizado a WL (%).

Factor	Effect	Std.Err.	t(6)	p	-95.%	+95.%	Coeff.	Std.Err.	-95.%	+95.%
Mean/Interc.	2.721386	0.175413	15.51413	0.000005	2.292165	3.150607	2.721386	0.175413	2.292165	3.150607
Replicat(1)	1.017063	0.496144	2.04994	0.086250	-0.196957	2.231084	0.508532	0.248072	-0.098479	1.115542
Replicat(2)	0.773533	0.496144	1.55909	0.169990	-0.440487	1.987554	0.386767	0.248072	-0.220244	0.993777
(1)Temperatura (°C)	3.355748	0.350827	9.56526	0.000075	2.497306	4.214190	1.677874	0.175413	1.248653	2.107095
(2)Tiempo de congelación (°C)	3.466818	0.350827	9.88185	0.000062	2.608376	4.325260	1.733409	0.175413	1.304188	2.162630
1 by 2	3.109755	0.350827	8.86408	0.000115	2.251313	3.968197	1.554878	0.175413	1.125656	1.984099

Nota: Información obtenida del software estadístico Statistica

Tabla 5
Coeficiente de regresión a WR (%).

Factor	Regressn	Std.Err.	t(6)	p	-95.%	+95.%
Mean/Interc.	35.13004	6.239266	5.63048	0.001343	19.86311	50.39697
Replicat(1)	0.58318	0.284486	2.04993	0.086250	-0.11293	1.27929
Replicat(2)	0.44354	0.284486	1.55909	0.169989	-0.25257	1.13965
(1)Temperatura (°C)	-0.69914	0.102573	-6.81604	0.000489	-0.95013	-0.44815
(2)Tiempo de congelación (°C)	-0.58072	0.081575	-7.11890	0.000386	-0.78033	-0.38112
1 by 2	0.01189	0.001341	8.86407	0.000115	0.00861	0.01517

Nota: Información obtenida del software estadístico Statistica

Tabla 6
Coeficiente de regresión a TS (%)

Factor	Regressn	Std.Err.	t(6)	p	-95.%	+95.%
Mean/Interc.	20.70705	0.452223	45.78943	0.000000	19.60050	21.81360
Replicat(1)	0.03743	0.020620	1.81502	0.119442	-0.01303	0.08788
Replicat(2)	0.02951	0.020620	1.43104	0.202374	-0.02095	0.07996
(1)Temperatura (°C)	-0.04550	0.007435	-6.12074	0.000869	-0.06370	-0.02731
(2)Tiempo de congelación (°C)	-0.03780	0.005913	-6.39316	0.000690	-0.05227	-0.02333
1 by 2	0.00077	0.000097	7.94247	0.000212	0.00053	0.00101

Nota: Información obtenida del software estadístico Statistica

Tabla 7
Coeficiente de regresión a WL (%)

Factor	Regressn	Std.Err.	t(6)	p	-95.%	+95.%
Mean/Interc.	30.63342	5.440643	5.63048	0.001343	17.32065	43.94619
Replicat(1)	0.50853	0.248072	2.04994	0.086250	-0.09848	1.11554
Replicat(2)	0.38677	0.248072	1.55909	0.169990	-0.22024	0.99378

(1)Temperatura (°C)	-0.60965	0.089444	-6.81604	0.000489	-0.82851	-0.39079
(2)Tiempo de congelación (°C)	-0.50639	0.071133	-7.11890	0.000386	-0.68045	-0.33233
1 by 2	0.01037	0.001169	8.86408	0.000115	0.00750	0.01323

Nota: Información obtenida del software estadístico Statistica