

## CINÉTICA DE DEGRADACIÓN DE VITAMINA C Y COLOR DE PULPA DE PITAHAYA (*Hylocereus monacanthus*) PASTEURIZADA

### KINETICS OF DEGRADATION OF VITAMIN C AND PITAPAH PULP COLOR (*Hylocereus monacanthus*) PASTEURIZED

Ever Cabanillas Montenegro<sup>1</sup>  
Edward Florencio Aurora Vigo<sup>2</sup>



Recepción: 10 de febrero 2020

Aprobación: 27 de junio 2020

DOI: <https://doi.org/10.26495/tzh.v12i3.1325>

#### Resumen

*El objetivo de la investigación fue evaluar la cinética de degradación de vitamina C y Color (Luminosidad) en la pulpa de pitahaya (*Hylocereus monacanthus*), a temperaturas de 75, 80, 85, 90° C. La temperatura y tiempo tienen efecto significativo (al 95% de confiabilidad) sobre las variables dependientes, afectando negativamente. Tanto la degradación del ácido ascórbico como la degradación de los parámetros de color (luminosidad) fueron bien descritas por modelos cinéticos de primer orden y la dependencia de la temperatura fue satisfactoriamente representada por la ley de Arrhenius.*

**Palabras claves:** Vitamina C, Luminosidad, Cinética de degradación, Primer Orden, Arrhenius.

#### Abstract

*The objective of the research was to evaluate the kinetics of vitamin C degradation and Color (Luminosity) in pitahaya pulp (*Hylocereus monacanthus*), at temperatures of 75, 80, 85, 90 ° C. Temperature and time have a significant effect (95% reliability) on the dependent variables, affecting negatively. Both the degradation of ascorbic acid and the degradation of the color parameters (brightness) were well described by first-order kinetic models and the temperature dependence was satisfactorily represented by the Arrhenius law. through a mixture analysis that the best formulation it is 33% X, 35% T, 32%, which allowed greater acceptability.*

**Keywords:** Vitamin C, Luminosity, Degradation Kinetics, First Order, Arrhenius

## 1. Introducción

En el Perú existe una gran diversidad de cultivos especialmente frutales que no se ha fomentado su transformación a través de la agroindustria, que permita satisfacer los mercados locales, nacionales e internacionales, con productos que deben ser orgánicos. La naranjilla o lulo, la cocona, el sapote, la pitahaya y muchas otras, son frutales de gran interés por las diferentes propiedades nutricionales que tienen y no son aprovechadas industrialmente a pesar de su alto contenido de nutrientes como vitaminas, antioxidantes, minerales, etc.

La pitahaya (*Hylocereus monacanthus*) es una planta cactácea y fructífera, con frutos de color rosa y de pulpa color rosa, ricos en minerales y vitamina C. La pulpa de la pitahaya se consume

<sup>1</sup> Bachiller en Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior, Escuela de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior. Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo, Universidad Señor de Sipán, Pimentel – Chiclayo, Perú, [montenegroe@crece.uss.edu.pe](mailto:montenegroe@crece.uss.edu.pe),  <https://orcid.org/0000-0003-1044-8338>

<sup>2</sup> Magister en Gestión de Operaciones. Escuela de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior. Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo. Egresada de la Universidad Señor de Sipán, Pimentel – Chiclayo, Perú, [efaurora@crece.uss.edu.pe](mailto:efaurora@crece.uss.edu.pe),  <https://orcid.org/0000-0002-9731-4318>

fresca, en mermeladas o jugos de sabor agridulce, todo ello elaborado de manera artesanal. Este fruto exótico es uno de los más apetecidos, gracias a su sabor y color peculiar, que lo hace atractivo e interesante en comparación con otros productos. (Legaria, Alvarado, & Gaspar, 2005)

En la alimentación humana el ácido ascórbico o la vitamina C es muy importante, ya que este micronutriente ayuda en el metabolismo de la tirosina, en la producción de colágeno, fijación del hierro, en la transformación del ácido fólico a ácido folínico, síntesis de lípidos y proteínas. Así mismo se ha comprobado el papel preventivo de esta vitamina al disminuir las probabilidades de contraer males cardiovasculares, asmáticos, así como cánceres no hormonales.

Los estudios acerca de la velocidad de degradación de la vitamina C en función de las condiciones de procesamiento permiten elegir procesos alternativos u operaciones más eficientes para minimizar las pérdidas de calidad. Además, proporciona información sobre la degradación a lo largo de la vida útil del alimento. Se ha encontrado que para la mayoría de jugos filtrados o zumos ya se han definido sus modelos cinéticos, siendo muy específicas debido a la naturaleza de la composición del material evaluado, pero no existen muchos estudios para pulpas de frutas cuya composición ya no es la de un líquido si no de una suspensión de mayor viscosidad. Por ser una sustancia que presenta alta inestabilidad, el ácido ascórbico es frecuentemente utilizado como un índice de la calidad global de nutrientes de los alimentos durante el procesamiento y almacenamiento. Además, las pérdidas de ácido ascórbico están relacionadas con las reacciones deteriorantes que resultan en cambios indeseables de color y sabor. (Hiatt, Taylor, & Mauer, 2010)

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1. Materiales**

- Pitahaya: 10 kilogramo de fruta madura después de la antesis, es decir con la cáscara roja y la pulpa roja. Los frutos fueron de un tamaño mediano, con escamas foliadas de color verde. Procedente de la provincia de Rodríguez de Mendoza. - 2-6 Dicloroindofenol, marca SIGMA ALDRICH (1 Lt). - Ácido ascórbico marca SIGMA ALDRICH: 3 mg. - Ácido Oxálico: 10 gr. - Agua destilada: 4 Lt.

### **2.2. Métodos de Investigación**

#### **2.2.1. Proceso de Pasteurización de pulpa de pitahaya (*Hylocereaus monacanthus*)**

- Recepción/Pesaje: La fruta fue recepcionada y pesada, para realizar los balances de materia respectivos. - Selección: Esta etapa se realizó en una mesa de acero, donde serán seleccionados los frutos sanos, evitando el uso de los frutos excesivamente verdes y estropeados. - Lavado y Sanitización: El proceso consistió en primera etapa se roció chorros de agua de manera directa, para retirar el exceso de suciedad. La segunda etapa fue realizada a través de la inmersión de los frutos en baldes, con agua clorada a 10 ppm por 5 minutos. - Despulpado: Se realizó un cortado y pelado para la eliminación de la cascara. Luego se procederá a licuar y refinar en una malla. Se evaluó las propiedades físico-químicas, contenido de vitamina y color de la pulpa. - Envasado: Luego de obtener la pulpa de pitahaya, se envasó 15 gramos en cada uno de los tubos de ensayo y se taparon. - Pasteurización: Se llevó a cabo en un baño maría, para lo cual se reguló la temperatura en las condiciones propuestas según el diseño experimental, una vez alcanzada la temperatura se colocar el zumo en un vaso precipitado con agitación manual, se registró la temperatura y una vez que la pulpa alcance la temperatura deseada se controlara el tiempo según diseño experimental. Una vez concluido el proceso de pasteurización, el zumo se enfrió rápidamente en un baño con agua y hielo. La pulpa pasteurizada fue análisis de las propiedades fisicoquímicas, contenido de vitamina y color finales. - Enfriado. Luego que se pasteurizó la pulpa de pitahaya se enfrió rápidamente a 10°C, para luego ser analizada.

### 2.2.2. Método de Análisis físico-químicos de la pulpa de pitahaya sin tratamiento térmico.

Los análisis físicos químicos se realizaron por triplicado, según las referencias:

- pH: Medido en un pHmetro. - Acidez Titulable expresada como % de ácido cítrico: Realizada según el método de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC), conducida en pHmetro hasta alcanzar pH 8,2 referente al pH de cambio de coloración del indicador fenolftaleína. (AOAC, 1995) - Sólidos solubles (°Brix): Medido en refractómetro, con correcciones de acidez y temperatura. (Kimball, 1991).

### 2.2.3. Determinación de la concentración de la vitamina C.

La determinación de la concentración de vitamina C en las muestras, se realizó según el método oficial de la AOAC 967,21 - Método espectrofotométrico 2,6-dicloroindofenol (2-6 DFIF) para determinar ácido ascórbico en jugos y preparados vitamínicos (AOAC, 1995). El método utiliza una solución de ácido oxálico para la extracción del ácido ascórbico de la muestra.

### 2.2.4. Método de determinación de instrumental color

El color se determinó a través del uso cubetas con dimensiones estandarizadas, con un colorímetro y los resultados se denotarán de acuerdo con el sistema CIELAB (observador 10° e iluminador D65). Se obtuvo los valores de las coordenadas de b\* (que indica el color amarillo/azul), a\* (que indican la cantidad de color rojo/verde) y L\* (que simboliza la luminosidad y puede tomar valores entre 0 y 100). Luego, a partir de los valores de L\*, a\*, b, entre las muestras elaboradas de los diferentes tratamientos y la muestra sin tratamiento correspondiente en cada caso.

## 2.3. Técnicas y herramientas de recaudación de información

Se aplicó un Diseño de Bloque Completo al Azar (DBCA), diseño factorial de 4A x 8B con 3 repeticiones, donde el modelo estadístico fue:

$$y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- y<sub>ij</sub> = Variable respuesta
- μ = Media general
- A<sub>i</sub> = Efecto del factor Temperatura: 75, 80, 85 y 90 °C
- B<sub>j</sub> = Efecto del factor Tiempo: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 14 minutos.
- (AB)<sub>ij</sub> = Efecto de la interacción de los factores A y B.
- ε<sub>ij</sub> = Efecto del error experimental

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey con un nivel de 5% de significancia, para comparación entre las medias que se obtuvieron de tres repeticiones utilizando el programa Statgraphics Centurion XVII para Windows.

## 3. Resultados

### 3.1. Caracterización fisicoquímica de la pitahaya.

Los estudios cinéticos de degradación de vitamina C y color fueron conducidos a partir de la pulpa de pitahaya (*Hylocereaus monacanthus*) cuya variedad fue cáscara roja pulpa roja, producida en la cosecha de 2018, con las características descritas en la Tabla 1.

**Tabla 1**

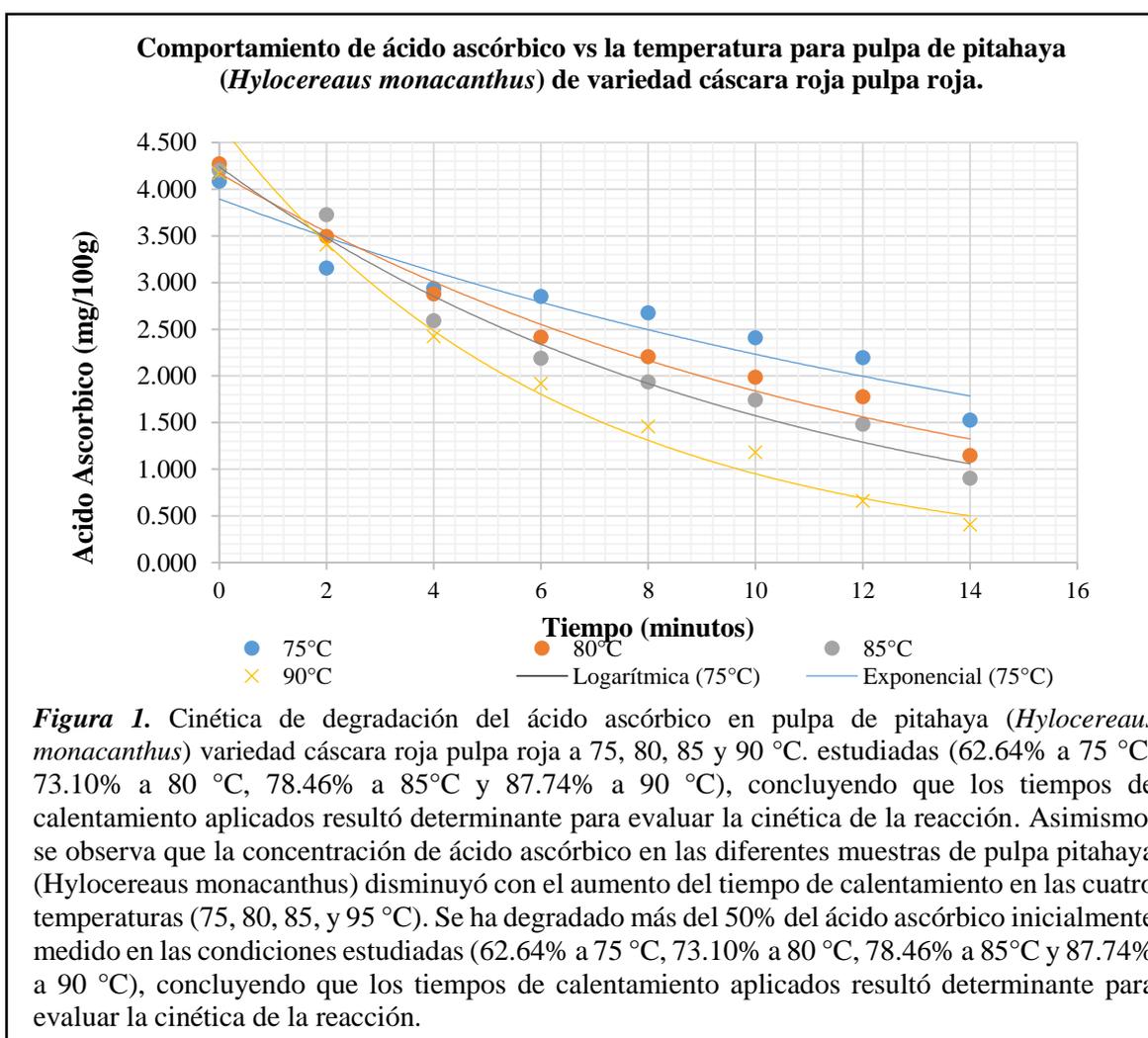
*Caracterización físico-química de la pulpa de pitahaya (*Hylocereaus monacanthus*) variedad cáscara roja pulpa roja.*

Propiedad	Variedad cáscara roja pulpa roja
Sólidos Solubles	12 ± 0.25
pH	5.067 ± 0.15
Acidez Titulable (g de ácido cítrico/100g de pulpa)	8.71 ± 0.24
Vitamina C (mg/100g)	4.185 ± 0.104

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Cinética de degradación de vitamina C.

Los datos obtenidos de la degradación de ácido ascórbico en las cuatro temperaturas estudiadas fueron analizados en cuanto al orden de reacción y luego se calculó los parámetros cinéticos por los métodos de Bigelow y de Arrhenius. Para la determinación del orden de reacción, fueron trazados los resultados de concentración de ácido ascórbico versus el tiempo de calentamiento a cada temperatura, como muestran la Figura 1.



Taoukis y Labuza (1996) y Labuza (1984) mencionan que la gran parte de las reacciones de alimentos se caracterizan como cinéticas de orden cero o primer orden. En el caso Texteira, Vitali, & Moura, (2004) citan reacciones de primer orden como las más frecuentes en alimentos, entre las más importantes: desarrollo microbiano, degradación de vitaminas y pigmentos durante el procesamiento y almacenamiento, inactivación enzimática y destrucción de toxinas por calentamiento. Con base en la literatura, en la tabla 3, se observa la cinética de degradación térmica del ácido ascórbico fueron probados en los modelos de cero y de primer orden.

**Tabla 2**

*Comparación entre los modelos de orden cero y primer orden para describir la cinética de degradación de ácido ascórbico en pulpa de pitahaya (*Hylocereaus monacanthus*) variedad cáscara roja pulpa roja.*

Parámetros Cinéticos	Cinética orden cero				Cinética de primer orden			
	75°C	80°C	85°C	90°C	75°C	80°C	85°C	90°C
<b>k</b>	-0.1457	-0.1984	-0.2209	-0.2634	-0.0557	-0.0820	-0.0991	-0.1598
<b>C0</b>	3.7509	3.9125	3.8950	3.7992	3.8956	4.1728	4.2405	4.7046
<b>R2</b>	0.9098	0.9484	0.9320	0.8990	0.8955	0.9581	0.9576	0.8976

*Fuente: Elaboración propia.*

Tanto la evaluación visual de la Figura 3, así como la medición de la correlación de los datos (R2) sugieren que el modelo de primer orden describe satisfactoriamente la cinética de degradación del ácido ascórbico en pulpa de pitahaya.

### 3.3 Análisis de varianza de los parámetros de temperatura y tiempo de en la pasteurización de pulpa de pitahaya (*Hylocereaus monacanthus*) de variedad cáscara roja pulpa roja

Según la tabla 3 de ANOVA, se observa que el tiempo (A), la temperatura (B) y la interacción de temperatura por tiempo (AB) presenta un valor-P menor que 0.05, mostrando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

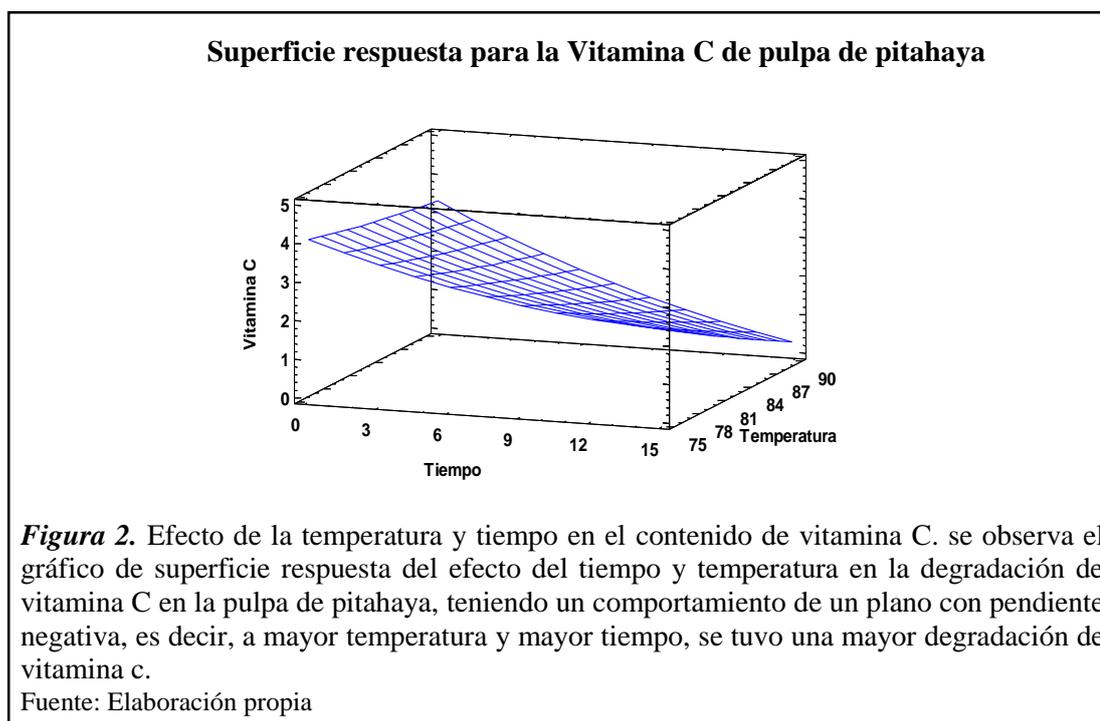
El R<sup>2</sup> de 77.2807 % de la desviación de la degradación en la vitamina C, indica un buen ajuste a un modelo de 1er orden, acorde a la Ecuación (8). El error del ANOVA fue medido a través de la desviación estándar de los residuos, y el error absoluto medio (MAE), obteniendo como resultado 0.51740 y 0.37457, respectivamente.

$$\text{Vitamina C} = 13.4757 + 0.23734 * \text{Tiempo} - 0.190308 * \text{Temperatura} + 0.0056999 * \text{Tiempo}^2 - 0.00581857 * \text{Tiempo} * \text{Temperatura} + 0.000865 * \text{Temperatura}^2 \text{ Ec. (8)}$$

**Tabla 3**

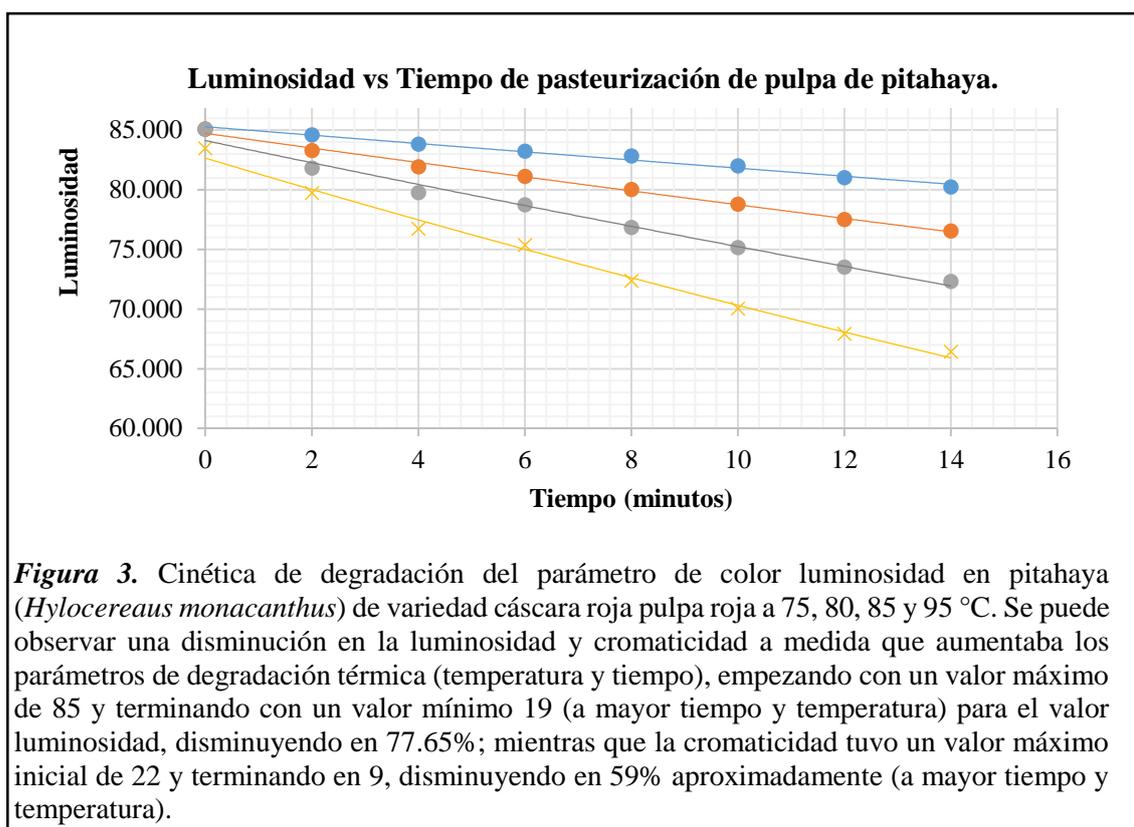
*Análisis de Varianza para la variable Vitamina C en la pulpa pasteurizada de pitahaya (*Hylocereaus monacanthus*) bajo el efecto de los tratamientos de Temperatura (A) y Tiempo (B)*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Medio Cuadrado	F-Valor	P- Valor Prob >F
<b>A:Tiempo</b>	53.4934	1	53.4934	199.82	<b>0.0000</b>
<b>B:Temperatura</b>	23.3977	1	23.3977	87.40	<b>0.0000</b>
<b>AA</b>	1.04796	1	1.04796	3.91	0.0510
<b>AB</b>	2.13291	1	2.13291	7.97	<b>0.0059</b>
<b>BB</b>	0.0448935	1	0.0448935	0.17	0.6832
<b>Residual</b>	0.0163956	2	0.00819779	0.03	0.9699
<b>Error Total</b>	23.558	88	0.267704		
<b>Total (corr.)</b>	103.691	95			
$R^2$	77.2807%				
$R^2$ (por Df)	75.4734%				
$S_{est}$	0.517401				
<b>MAE</b>	0.37457				
<b>DW</b>	1.097 (P=0.00)				



### 3.4 Cinética de degradación de color de pulpa de pitahaya pasteurizada.

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos de los parámetros de color medidos con la cromaticidad y luminosidad, para los diferentes tratamientos térmicos para pulpa de pitahaya (*Hylocereaus monacanthus*) de variedad cáscara roja pulpa roja.



### 3.5 Análisis de varianza de los parámetros de temperatura y tiempo de en la pasteurización en el color (Luminosidad) de la pulpa de pitahaya (*Hylocereaus monacanthus*) de variedad cáscara roja pulpa roja.

La tabla presenta el ANOVA para la variable dependiente Luminosidad, para cada uno de los efectos del tratamiento térmico (temperatura y tiempo), probando la significancia estadística de cada efecto como la temperatura y el tiempo para la degradación del color (luminosidad) en la pulpa de pitahaya (p- valor menor a 0.05).

**Tabla 4**

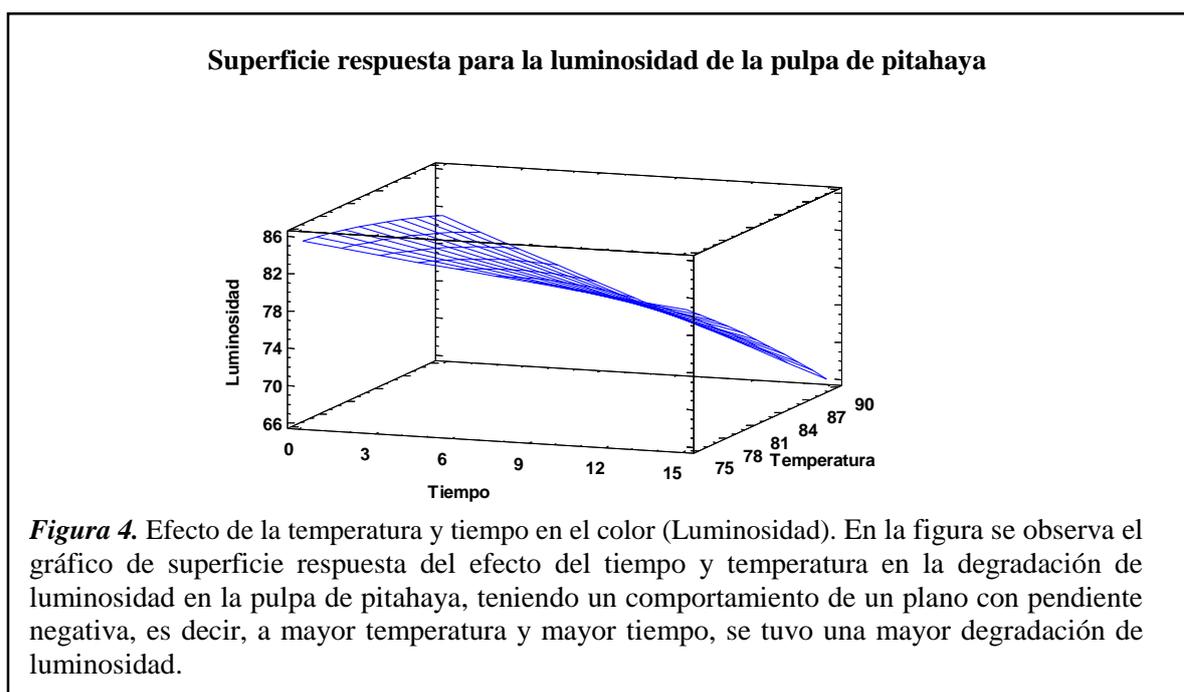
*Análisis de Varianza para la variable Luminosidad en la pulpa pasteurizada de pitahaya (*Hylocereaus monacanthus*) bajo el efecto de los tratamientos de Temperatura (A) y Tiempo (B)*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Medio Cuadrado	F- Valor	P-Valor Prob >F
A:Tiempo	885.636	1	885.636	231.89	0.0000
B:Temperatura	1042.65	1	1042.65	273.00	0.0000
AA	0.0428243	1	0.0428243	0.01	0.9159
AB	128.891	1	128.891	33.75	0.0000
BB	4.32056	1	4.32056	1.13	0.2904
Residual	0.00163333	2	0.00081666	0.00	0.9998
Error Total	336.088	88	3.81918		
Total (corr.)	2397.63	95			
<b>R<sup>2</sup></b>	85.9825%				
<b>R<sup>2</sup> (por Df)</b>	84.8675%				
<b>S<sub>est</sub></b>	1.95427				
MAE	1.07785				
DW	1.584 (P=0.0038)				

En este caso, el tiempo (B), la temperatura (A) e interacción temperatura x tiempo (AB), tienen un valor p menor a 0.05, resultando significativas (diferentes de cero) con un nivel de confianza del 95.0%.

El  $R^2$  de 85.9825%, indica un buen arreglo del modelo a los datos experimentales el modelo de primer orden para luminosidad, con una Ecuación (9).

$$\text{Luminosidad} = -48.5228 + 3.05267*\text{Tiempo} + 1.12725*\text{Temperatura} + 0.00115223*\text{Tiempo}^2 - 0.0452315*\text{Tiempo}*\text{Temperatura} - 0.00848583*\text{Temperatura}^2 \quad \text{Ec. (9)}$$



#### 4 Discusión

Según Rodríguez (2011) y Ordoñez (2013) determinaron que gran parte de las reacciones investigadas en alimentos se caracterizan como cinéticas de modelos de orden cero o primer orden, entre las más importantes: desarrollo microbiano, degradación de vitaminas y pigmentos durante el procesamiento y almacenamiento, inactivación enzimática y destrucción de toxinas por calentamiento.

Según Fernández et al. (2011), mencionó que la degradación de la vitamina C luego de los procesos de calor en diversos alimentos, debido a las reacciones químicas que implican la oxidación a la molécula dehidroascórbico (DHAA), la hidrólisis del DHAA al ácido 2,3-dicetogulónico y la formación de productos inactivos nutricionalmente (por polimerización).

Robertson y Samaniego (1986) reportaron un resultado similar al evaluar la degradación de ácido ascórbico en jugo de limón. La reacción de primer orden es válida solamente cuando el oxígeno está contenido en abundancia (biodegradación aeróbica) o cuando está completamente ausente (degradación anaeróbica). Cuando el oxígeno está presente en concentraciones limitadas, como en el presente estudio en que la incorporación de aire en la muestra no fue controlada, los autores reportan que la cinética de segundo orden observada puede representar que la cinética depende tanto de la concentración de oxígeno, como la de ácido ascórbico.

Van Boekel, (1996) sugiere además que los modelos de orden de reacción son netamente teóricos y que el uso de modelos de orden simple para describir reacciones complejas en los alimentos es útil cuando el interés es prever la vida de estante o estudiar alteraciones químicas durante el tratamiento procesamiento, pero no se recomienda para entender el mecanismo de la reacción química.

El modelo de segundo orden no es frecuentemente reportado en las investigaciones realizadas en alimentos. Van Boekel, (2008) reitera que, suponiendo que uno de los reactivos esté presente en exceso, la constante de degradación de segundo orden puede ser simplificada para una constante de "pseudo-primer orden". Esto refuerza la tesis de que la reacción encontrada experimentalmente no obligatoriamente describe bien el modelo de la reacción. Una solución a esta problemática puede ser la aplicación del modelado multi-respuesta, bastante utilizado para explicar científicamente los mecanismos de reacción, aunque no se utiliza frecuentemente en aplicaciones prácticas.

El modelo de primer orden también fue utilizado para describir la velocidad de degradación del ácido ascórbico en ketchup y en extracto de tomate. La elección de la cinética de primer orden permite además el cálculo de las constantes cinéticas por los modelos de Arrhenius y Bigelow. La temperatura, la composición biológica, la estructura molecular de la muestra, la presencia de oxígeno, la humedad, y el pH son algunos factores que puede influir en los parámetros cinéticos de la vitamina C, según estudios reportados por otras investigaciones.

El comportamiento de primer orden también fue estudiado por Barreiro et al. (1997) para degradación de color en productos como el tomate. Al mismo tiempo, Lee y Chen, (2002) describieron comportamiento cinético de primer orden para la degradación de licopeno en sistemas modelo a diferentes temperaturas. Para la evaluación de la intensidad del binomio tiempo y temperatura en la degradación del color, se determinaron las constantes cinéticas de degradación de los atributos de color también por el modelo de Bigelow.

Barreiro et al. (1997) estudió la degradación de color en la pulpa de tomate, encontrando similar perfil de degradación y parámetros cinéticos diferentes, que determinan mayor sensibilidad del color a la temperatura. Así mismo, los valores encontrados en la presente investigación se aproximan más de los obtenidos por Rajchl et al. (2010) estudiadas en ketchup. Las diferencias constatadas pueden deberse a las condiciones del estudio (tiempo de calentamiento, temperaturas evaluadas, aireación) y las características de composición de la matriz alimenticia utilizada.

Se puede observar una menor dependencia de la temperatura de los valores  $k$  de la temperatura; por lo tanto, se debe esperar un valor  $E_a$  más bajo para la degradación de TPC en el extracto de cerezas dulces. Los valores de las constantes de degradación se ajustaron a la ecuación de Arrhenius y se descubrió que la energía de activación era  $21.375 \text{ kJ mol}^{-1}$  para polifenoles de jengibre (Dutta et al., 2011),  $36.0 \pm 8.0 \text{ kJ mol}^{-1}$  para ciruelas,  $1.95 \pm 0.39 \text{ kJ mol}^{-1}$  para cerezas dulces,  $2.50 \pm 0.66 \text{ kJ mol}^{-1}$  para espinos amarillo y  $5.99 \pm 1.20 \text{ kJ mol}^{-1}$  para polifenoles de espinos negro, respectivamente. Una mayor energía de activación implica que la degradación de TPC es más susceptible al aumento de temperatura.

## 5 Conclusiones

- Los resultados obtenidos en esta investigación permiten concluir que el color y la concentración de ácido ascórbico son parámetros de calidad críticos que sufren cambios significativos a lo largo del tratamiento térmico de pulpa de tuna para ambas variedades estudiadas.
- Las características fisicoquímicas de la pulpa de pitahaya fueron las siguientes: Sólidos solubles ( $12 \pm 0.25$ ), Acidez ( $8.71 \pm 0.24$ ), pH ( $5.067 \pm 0.15$ ), y vitamina C ( $4.185 \pm 0.104$ ).

- Tanto la degradación del ácido ascórbico como la degradación de los parámetros de color (luminosidad) fueron bien descritas por modelos cinéticos de primer orden y la dependencia de la temperatura fue satisfactoriamente representada por la ley de Arrhenius, con una velocidad de 0,0557; 0,0820; 0,0991 y 0,1598 h<sup>-1</sup> a temperaturas de 75, 80, 85 y 90 °C respectivamente con una energía de activación de 70.4168 Kcal/mol para la degradación de vitamina C.
- A través del estudio de degradación cinética quedó claro la dependencia de la temperatura en las reacciones de degradación, haciéndose más evidente a temperaturas más elevadas.

## 6 Referencias

- Barboza, G., & Ibarz, A. (2003). *Unit Operations in Food Engineering*. Boca Raton: CRC Press LLC, 920 p. Recuperado de [https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/881630/mod\\_resource/content/0/Unit\\_Operations\\_in\\_Food\\_Engineering\\_-\\_A.\\_Ibarz\\_G.\\_Barbosa-Canovas\\_CRC\\_2003\\_WW.pdf](https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/881630/mod_resource/content/0/Unit_Operations_in_Food_Engineering_-_A._Ibarz_G._Barbosa-Canovas_CRC_2003_WW.pdf)
- Barreiro, J., Milano, M., & Sandoval, A. (1997). Kinetics of colour change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. *Journal of Food Engineering* 33, 359-371. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877497000356>
- Codex Alimentarius. (2005). *CODEX STAN 247-2005: NORMA GENERAL DEL CODEX PARA ZUMOS (JUGOS) Y NÉCTARES DE FRUTAS*. Obtenido de [www.codexalimentarius.net/web/index\\_es.jsp](http://www.codexalimentarius.net/web/index_es.jsp). Recuperado de [http://www.conciver.com/Codexstan%20247%20Zumos%20\(jugos\)%20y%20nectares%20de%20frutas.pdf](http://www.conciver.com/Codexstan%20247%20Zumos%20(jugos)%20y%20nectares%20de%20frutas.pdf)
- Corradini, M., & Peleg, M. (2006). Prediction of vitamins loss during non-isothermal heat process and storage with non-linear kinetic models. *Trends in Food Science & Technology*, V.17., 24-34. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224405002207?via%3Dihub>
- De Jong, P. (2008). *Thermal Processing of Milk in Advanced Dairy Science and Technology*. 1ed (Britz, T. J.; Robinson, R. K. UK: Blackwell Publishing Ltd. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=djFT2hP6UpAC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Thermal+Processing+of+Milk+in+Advanced+Dairy+Science+and+Technology&ots=n6ZdAdJ210&sig=gCQQXy4P1bXk7mMJFThv7frEg#v=onepage&q=Thermal%20Processing%20of%20Milk%20in%20Advanced%20Dairy%20Science%20and%20Technology&f=false>
- Fernández, A., Dos Santos, M., Da Silva, D., De Sousa, P., Maia, G. & De Figueiredo, R. (2011). Chemical and physicochemical characteristics changes during passion fruit juice processing. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*
- Fellows, P. (2000). *Food processing technology: principles and practice*. 2nd ed. Boca Raton: Woodhead publishing Ltda e CRC Press LLC. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=t4ykAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Food+processing+technology:+principles+and+practice.&ots=xftnqHfkVZ&sig=IjKQQAuUH5rjmtm\\_9i2BmQUu7iY#v=onepage&q=Food%20processing%20technology%3A%20principles%20and%20practice.&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=t4ykAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Food+processing+technology:+principles+and+practice.&ots=xftnqHfkVZ&sig=IjKQQAuUH5rjmtm_9i2BmQUu7iY#v=onepage&q=Food%20processing%20technology%3A%20principles%20and%20practice.&f=false)
- Hiatt, A., Taylor, L., & Mauer, L. (2010). Influence of simultaneous variations in temperature and relative humidity on chemical stability of two vitamin C forms and implications for shelf life models. *J Agric Food Chem*, 3532-3540. DOI:10.1021/jf903342f.
- House, J. (2007). *Principles of Chemical Kinetics*. (2nd Ed.) Burlington: Academic press. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=Df2B4Il\\_h\\_EC&oi=fnd&pg=PP1&dq=House,+J](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=Df2B4Il_h_EC&oi=fnd&pg=PP1&dq=House,+J)

CABANILLAS, E. y AURORA, E.F. Cinética de degradación de vitamina c y color de pulpa de pitahaya (*Hylocereus monacanthus*) pasteurizada. *Rev. Tzhoecoen.* Julio - septiembre 2020. Vol. 12 / N° 3, pp. 277-288 - ISSN: 1997-8731

.(2007).+Principles+of+Chemical+Kinetics.+2nd+Ed.+Burlington:+Academic+press.&ots=MQcb  
aofRKD&sig=BGintv6IAfKBG7TatZS0jxAPf90#v=onepage&q&f=false

Huachi , L., Yugsi, E., Paredes, M., Coronel, D., Verdugo, K., & Coba, P. (2015). DEVELOPMENT OF PITAHAYA(*Cereus*SP.)INECUADOR. *Revista de Ciencias de la Vida.* n.22, 24 - 22. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047267005.pdf>

Lee, M. T. and Chen B.H. (2002). Stability of lycopene during heating and illumination in a model system. *Food Chemistry* 78, 425–432. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=7088379&pid=S1665-2738200800030001000023&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=7088379&pid=S1665-2738200800030001000023&lng=es)

Jung , A., & Fryer, P. (1999). Optimising the quality of safe food: computational modelling of a continuous sterilisation process. *Chemical Engineering Science*, v.54, n.6, 717-730. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009250998002784>

Kimball, D. (1991). *Citrus processing quality control and technology*. New York: Chapman & Hall-ITP. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=19zuCAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2&dq=Citrus+processing+quality+control+and+technology.&ots=vGpjFVwJl-&sig=tVr4-8lr1jwqBTNdjA3WDVXQvoI#v=onepage&q=Citrus%20processing%20quality%20control%20and%20technology.&f=false>

Le Bellec, F., Vaillant, F., & Imbert, E. (2006). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. *EDP Sciences*, Vol. 61, 237-250. Recuperado de [https://agritrop.cirad.fr/534265/1/document\\_534265.pdf](https://agritrop.cirad.fr/534265/1/document_534265.pdf)

Legaria, J., Alvarado, M., & Gaspar, R. (2005). GENETIC DIVERSITY IN PITAHAYA (*Hylocereus undatus*Haworth. Britton and Rose). *ed de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 179-185. Recuperado de [https://www.redalyc.org/pdf/610/Resumenes/Resumen\\_61028301\\_1.pdf](https://www.redalyc.org/pdf/610/Resumenes/Resumen_61028301_1.pdf)

Lewis, M., & Heppell, N. (2000). Continuous thermal processing of foods: pasteurization and UHT sterilization. *Gaithersburg: Aspen Publishers.*, 447. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=6ROLbW8klRsC&dq=Continuous+thermal+processing+of+foods:+pasteurization+and+UHT+sterilization.&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiVzqgwejpAhVlHOAKHZeyDfoQ6AEIKjAA>

Ordoñez, L., Ospina, M., & Rodríguez, D. (2013). Cinética de degradación térmica de vitamina C en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Rev. Lasallista Investig.* vol.10 no.2, 44-55. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/695/69529816006.pdf>

Rajchl, A. , Voldřich, M., Čížková, H., Hronová, M., Ševčík, R., Dobiáš J., Pivoňka,J. (2010). Stability of nutritionally important compounds and shelf life prediction of tomato ketchup. *Journal of Food Engineering.* DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.01.035>

Robertson, G., & Samaniego, C. (1986). Effect of Initial Dissolved Oxygen Levels on the Degradation of Ascorbic Acid and the Browning of Lemon Juice during Storage. *Journal of Food Science*, 80. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.1986.tb10866.x>

Rodríguez, S., de Olivera, E., & Souza, E. (2011). *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits*. Brazil: Elsevier. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/book/9781845697334/postharvest-biology-and-technology-of-tropical-and-subtropical-fruits>

Tavares, J., Silva, C., Carvalho, L., Silva, M., & Santos, C. (2000). Estabilidade do Ácido ascórbico em suco de laranja submetido a diferentes tratamentos. *Magistra Cruz das Almas- BA*, v.12, n1/2. Recuperado de

CABANILLAS, E. y AURORA, E.F. Cinética de degradación de vitamina c y color de pulpa de pitahaya (*Hylocereus monacanthus*) pasteurizada. *Rev. Tzhoecoen*. Julio - septiembre 2020. Vol. 12 / N° 3, pp. 277-288 - ISSN: 1997-8731

<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=636070&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22A.%22&qFacets=autoria:%22A.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=7398>

- Teixeira , R., Vitali , A., & Quast, D. (1996). *Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados. (Manual Técnico, 6)*. Campinas.: ITAL. Recuperado de <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=412651&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22QUAST,%20D.%20G.%22&qFacets=autoria:%22QUAST,%20D.%20G.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>
- Texteira, R., Vitali, A., & Moura, S. (2004). *introdução à cinética de reação em alimentos. in: reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados. moura, S.C. S. R.; Germer, S. P. M. (3 ed.)* . Brazil.: Campinas: ITAL. Recuperado de [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612006000300035&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612006000300035&script=sci_arttext)
- Toledo, R. (1991). *Fundamentals of food process engineering. 2nd ed.* New York: Van Nostrand Reinhold . Recuperado de [https://scholar.google.com.pe/scholar?q=Fundamentals+of+food+process+engineering.&hl=es&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholart](https://scholar.google.com.pe/scholar?q=Fundamentals+of+food+process+engineering.&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart)
- Van Boekel, M. (1996). Statistical Aspects of Kinetic Modeling for Food Science Problems. *Journal of Food Science Volume 61,*, 185. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.1996.tb13138.x>
- Wyszecki, G., & Stiles, W. (1982). *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae. 2nd edition* . New York: John Wiley and sons. Recuperado de [https://scholar.google.com.pe/scholar?q=Color+Science:+Concepts+and+Methods,+Quantitative+Data+and+Formulae.&hl=es&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholart](https://scholar.google.com.pe/scholar?q=Color+Science:+Concepts+and+Methods,+Quantitative+Data+and+Formulae.&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart)