

Tiempo de reducción decimal para la vitamina C (D_T), en la pulpa de camu camu (*Myciaria dubia*)

Decimal reduction time for vitamin C (D_T), in the pulp of camu camu (*Myciaria dubia*)

¹Víctor Manuel Terry Calderón^a, ¹Luis Taramona Ruiz^b, ²José Candela Díaz^b, ²Jheny Gonzales Requejo^c

RESUMEN

La vitamina C es un micronutriente básico en la alimentación humana al estar asociada a la síntesis de diferentes moléculas de importancia en la salud humana, y a su efecto antioxidante relacionado con la reducción del riesgo de contraer diferentes tipos de cáncer, como lo evidencian diferentes estudios epidemiológicos. La concentración final es considerada como indicador de calidad nutricional durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos. La evaluación de la cinética de degradación térmica de la vitamina C en extracto acuoso de camu camu para un rango de temperatura entre 70 y 90 °C, fue llevado a cabo, durante 5, 15, 20 y 30 minutos, en equipo calefactor de baño de agua caliente, después del tratamiento térmico se determinó el empleando la Yodometría la concentración de vitamina C, en muestras. Después de los tratamientos térmicos (70, 80 y 90 °C), la concentración de la vitamina C en los extractos acuosos de camu camu disminuyó de 100 %, hasta 45 % en 30 minutos a 70 °C, de 100 % hasta 29,7 % en 30 minutos a 80 °C y de 100 % hasta 18,1 % en 30 minutos a temperatura de 90°C, y con la información obtenida por los experimentos se determinan las constantes cinéticas de destrucción térmica de la vitamina C, en camu camu, donde el tiempo de reducción decimal va desde $D(70\text{ °C}): 92\text{ min}$, $D(80\text{ °C}): 57,5\text{ min}$ y $D(90\text{ °C}): 41,82\text{ min}$ ($\ln 82,41^{0,99,48^{90}} = ccD$), la energía de activación, $E_a = 9766,1\text{ cal/mol}$ y el valor $Q_{10}: 1,2$ respectivamente.

Palabras clave: camu camu, tiempo de reducción decimal, proceso térmico.

ABSTRACT

Vitamin C is a micronutrient basic In food human being associated with the synthesis of different molecules of importance in human health, and its antioxidant effect related to the reduction of the risk of developing different types of cancer, as evidenced by different epidemiological studies. The concentration end is considered as a nutritional quality indicator during processing and storage of food. The assessment of the kinetics of thermal degradation of vitamin C In aqueous extract of Camu Camu for a temperature range between 70 and 90 °c, was carried out, during 5, 15, 20 and 30 minutes, in hot water bath heating equipment, after the heat treatment, it was determined by using the Iodometry vitamin C concentration in samples.

After the treatments thermal (70, 80 and 90 ° C), the concentration of Vitamin C in aqueous

extracts of Camu Camu decreased of 100 %, Up to 45% in 30 minutes at 70 ° C, from 100% to 29.7% in 30 minutes at 80 °c and from 100% to 18.1% in 30 minutes at temperature of 90 ° C, and with the information obtained by the experiments are determined the kinetic constants of thermal destruction of the vitamin C , in Camu Camu, where the decimal reduction time goes from $D (70 \text{ } ^\circ \text{C}): 92 \text{ min}$, $D (80 \text{ } ^\circ \text{C}): 57.5 \text{ min}$ and $D (90 \text{ } ^\circ \text{C}): 41,82 \text{ min}$, ($\ln 82,41^{99,48^{90}} = -ccD$) activation energy, $Ea = 9766.1 \text{ Cal/mol}$ and the value $Q_{10}: 1.2$ respectively.

keyword: Camu Camu, time of decimal reduction, thermal process.

¹Universidad Le Cordon Bleu

²Universidad Federico Villarreal

^aIngeniero pesquero

^bBiólogo

^cIngeniería Alimentaria

INTRODUCCIÓN

Durante el procesamiento de las frutas y hortalizas, este importante compuesto bioactivo se altera fácilmente por la acción de la temperatura, la luz, los cambios de pH y los iones metálicos (Robertson & Samaniego, 1986). La degradación de este antioxidante durante el procesamiento de los alimentos vegetales ha sido registrada previamente en diversas investigaciones (Fernández *et al.*, 2011; Georgé *et al.*, 2011; García, Martín & Martínez, 2012).

Entre los frutales nativos de la Amazonía Peruana destacables se tiene al Camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K.) pues es de gran importancia comercial por su alto contenido de vitamina C (ácido ascórbico), de aproximadamente 2800 mg/100 g de pulpa fresca, concentración ostensiblemente superior al de otros frutos (naranja con 92 mg/100 g de pulpa y limón con 44,2 mg/100 g de pulpa) y hortalizas del mundo, lo que le confiere gran potencial económico en la Agroindustria, pues se sabe según Villachica, (2008), que la vitamina C interviene en la totalidad de nuestros metabolismos: síntesis del colágeno, síntesis hormonales, estimulación de la cicatrización y propiedades antioxidantes.(Ramos *et al.*,2005).

Existen estudios que demuestran que la degradación del ácido ascórbico sigue una cinética de primer orden. Entre ellos los trabajos de Waletzko y Labuza (1976),

Saguy *et al.*, (1978). Sin embargo, se ha reportado que la cinética de primer orden es válida únicamente en los casos de degradación totalmente aeróbica o totalmente anaeróbica; en situaciones intermedias la reacción depende de las concentraciones de oxígeno y ácido ascórbico, según lo indicado por Singh *et al.*, (1976); Mendoza, (2017).

Estudios cinéticos de la degradación térmica de este compuesto bioactivo en diferentes productos alimentarios revelan que responde a una cinética de primer orden. A pesar de estos estudios, aún no existen investigaciones tendientes a evaluar la cinética de degradación térmica de la vitamina C durante el procesamiento de los frutos del camu camu, información de interés en el diseño de nuevos procesos que permitan obtener altos niveles de retención de este importante antioxidante. Todos los tratamientos a excepción de “fruto congelado” y “fruto-escaldado-congelado”, muestran una importante pérdida de Vitamina C al primer mes de conservación, observándose después una disminución de esta pérdida para todos los tratamientos. (Ramos *et al.*, 2005)

El tratamiento por “ebullición a presión atmosférica” concentró en 1,9 veces el contenido de vitamina C en pulpa de camu-camu con respecto al inicial y en 37,5 % en volumen, se obtuvo sabor extremadamente ácido, sin embargo, el color y consistencia se vieron alterados. (Ramos *et al.*,2005)

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la cinética de degradación térmica de

vitamina C en frutos de camu camu, en un rango de temperaturas de 70 °C a 90 °C, por tiempo definidos entre 0 y 30 minutos, determinando sus constantes cinéticas como la velocidad constantes deterioro (k), el tiempo de reducción decimal (D_T), el valor (Z), la energía activación (Ea) y Q_{10} .

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es del tipo experimental y aplicada, donde se estudia el deterioro de la vitamina C por efecto del calor y del tiempo

Equipos: balanza de precisión de 0,001 g termómetro 0 a 115 °C.

Material de laboratorio: bureta de 50 ml (2), pipetas (3), erlenmeyer de 250 ml (3), baño agua caliente, refractómetro y potenciómetro.

Reactivos: solución de Iodo 0,1 M, solución estándar de vitamina C, indicador: almidón soluble al 2 %.

Los ensayos programados fueron los siguientes:

La unidad experimental fue 5 ml de solución de vitamina C al 1 g/1000 ml colocados en tubos de ensayos, y sellados para evitar la evaporación.

Los parámetros de la cinética de degradación térmica de la vitamina C en pulpa de camu camu se calcularon de acuerdo con los siguientes modelos.

Ordóñez-Santos, Luis Eduardo, Ospina Portilla, María Alejandra, Rodríguez Rodríguez, Diana Ximena, (2013).

Para una reacción de primer orden se tiene la siguiente diferencial de orden uno

donde para un tiempo $t:0$; la concentración inicial $C: C_0$

$$\frac{dC}{dt} = -k \cdot C(t)$$

La ecuación integrada de primer orden tiene la siguiente solución general:

$$C = C_0 \cdot e^{-k(t)} \quad (1)$$

La ecuación de Nicolás Arrhenius, que relaciona la temperatura con la constante de velocidad de degradación de la vitamina C:

$$\ln(k) = \ln(k_0) - \frac{Ea}{R} \left(\frac{1}{T} \right) \quad (2)$$

El valor Q_{10} , relaciona para una diferencia de 10 °C las constantes de velocidad de deterioro (k).

$$Q_{10} = \frac{k_2}{k_1} \frac{10}{T_2 - T_1} \quad (3)$$

El Valor Z , la constante de resistencia térmica

$$Z = 10 \frac{\ln(10)}{\ln(Q_{10})} \quad (4)$$

El valor D , es el parámetro cinético que permite obtener los valores de destrucción térmica a diferentes valores de temperaturas, permitiendo simular el comportamiento de deterioro de la vitamina C.

$$D_1 = D_{ref} \cdot 10^{\frac{T_{ref} - T_1}{Z}} \quad (5)$$

Resumiendo: C , es la concentración de la vitamina C, k representa la constante de velocidad de deterioro de primer orden (min^{-1}), t es el tiempo de proceso térmico (min), Ea es la energía de activación dado en kcal/mol , el valor R es la constante de los gases ideales

dados en términos de energía ($1,987 \text{ cal/mol} \cdot ^\circ\text{K}$), (T_a) es la temperatura absoluta en $^\circ\text{K}$, K_0 es una constante de integración, Q_{10} es el cambio de la constante de velocidad al incrementarse la temperatura en 10°C , D es tiempo de reducción decimal en min, y Z es una constante de resistencia térmica en $^\circ\text{C}$.

RESULTADOS

Análisis fisicoquímicos y organolépticos

Estado de madurez de la materia prima: Cuadro mostrando el estado de madurez del fruto para su debida calificación.

Tabla 1. Estado de madurez sensorial del Camu camu.

Clase	Estado de madurez Coloración de la cascara	Secuencia fotográfica
1	100%	
2	75%	
3	50%	
4	25%	
5	0%	

El estado de madures con el cual se trabajo el camu camu fue calificado como maduro y se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Estado de madurez de la muestra.

Estado de madurez	Color de la cáscara	Aspecto del mesocarpio	Sabor
Maduro	Rojo (75%)	Incoloro translúcido	Acido

Los valores físicos y químicos obtenidos en el extracto de camu camu se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas

N	° Brix	Concentración de vitamina C mg/ 100 ml	pH
1	6,7	1480,00	3,1
2	6,9	1520,00	3.7
3	5,9	1350,00	2.9

El rendimiento de extracto acuoso (pulpa) y materia prima está en la tabla 4 donde se presenta las proporciones obtenidas

Tabla 4. Proporción de kg de pulpa / kg de camu camu

N° de muestra	kg de pulpa/kg de materia prima
1	0,467
2	0,397
3	0,406

Preparación de los extractos acuosos de camu camu

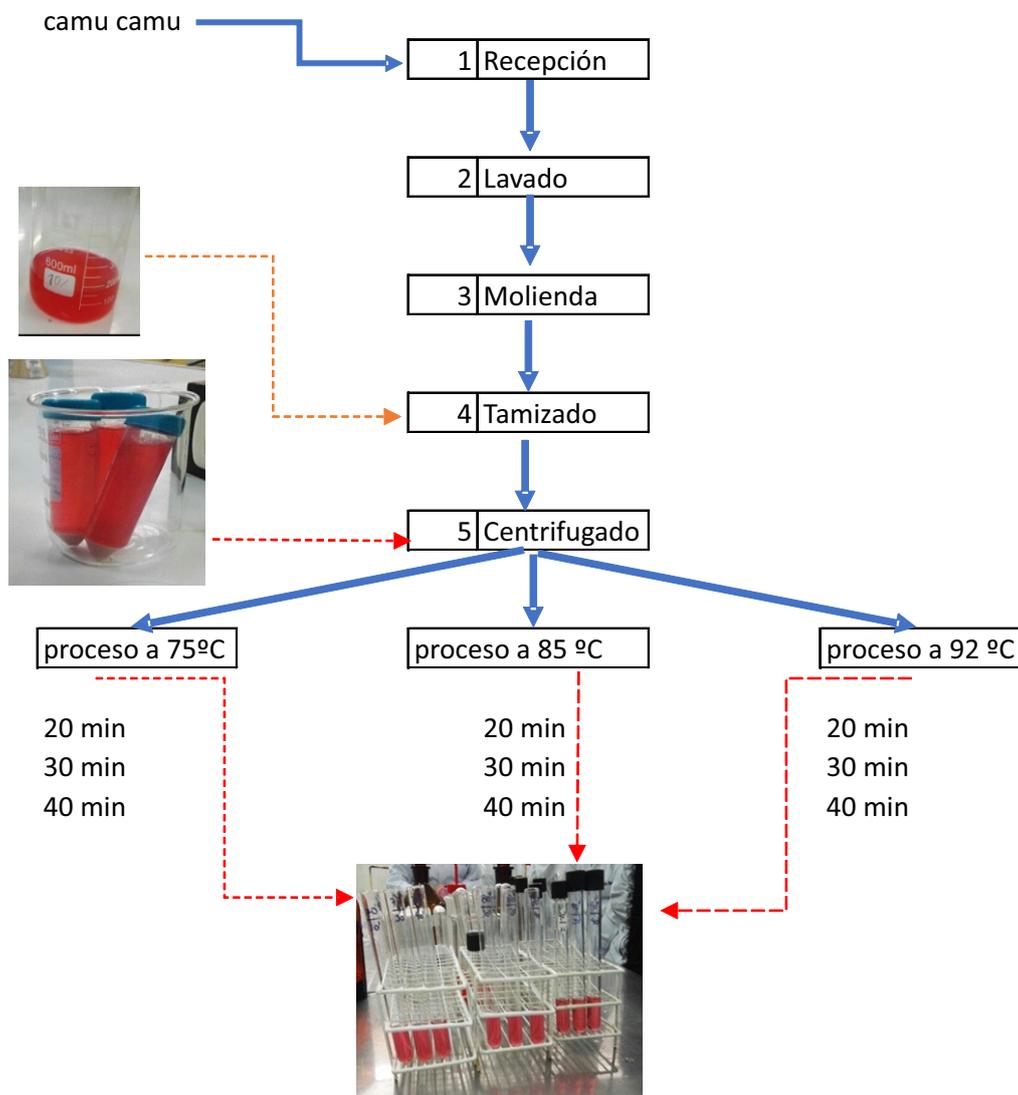


Figura 1. Diseño experimental para la obtención del extracto y su valoración

Los tratamientos: realizados fueron: a T1:70 °C con 5 unidades experimentales, T2: 80 °C con 5 unidades experimentales y T3: 90 °C con 5 unidades experimentales.

La variable respuesta fue la determinación de la vitamina C (8mg/ml) para cada temperatura y para los tiempos de 0 min hasta 30 min.

En la tabla siguiente se da los resultados de destrucción térmica de la vitamina C a las temperaturas programadas. Los valores de la constante de velocidad de destrucción térmica (k) se obtuvieron por análisis de regresión y el valor D por la ecuación: $D = \frac{2,3}{k}$

Tabla 5. Determinación de las constantes de velocidad de deterioro (k, min^{-1}) para los tratamientos T1: 70 °C, T2:80°C y T3: 90 °C,

Tiempo(t) mi	TRATAMIENTOS		
	T1: 70 °C C1 (mg/ml)	T2: 80°C C2 (mg/ml)	T3: 90°C C3 (mg/ml)
0	2,86	2.,86	2,86
5	2,30	1,90	1,75
15	2,00	1,28	1,10
20	1,70	1,02	0,80
30	1,30	0,84	0,52
Valor k (min^{-1})	0,025	0,04	0,055
Valor D (min)	92,00	57,50	41,82

C1,C2,y C3 concentración de vitamina C

T1, T2 y T3 temperaturas de los tratamientos

Cuyos resultados se aprecian en los siguientes gráficos.

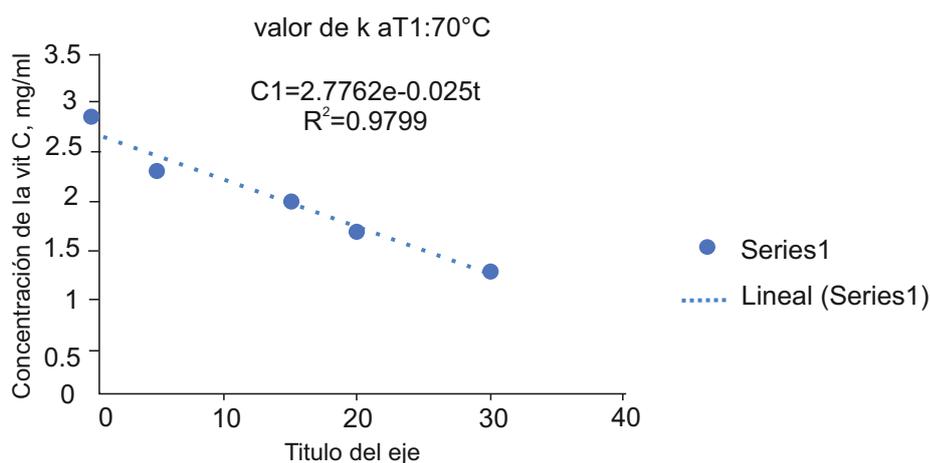


Figura 2. determinación de la constante de velocidad (k) a una temperatura de 70 °C

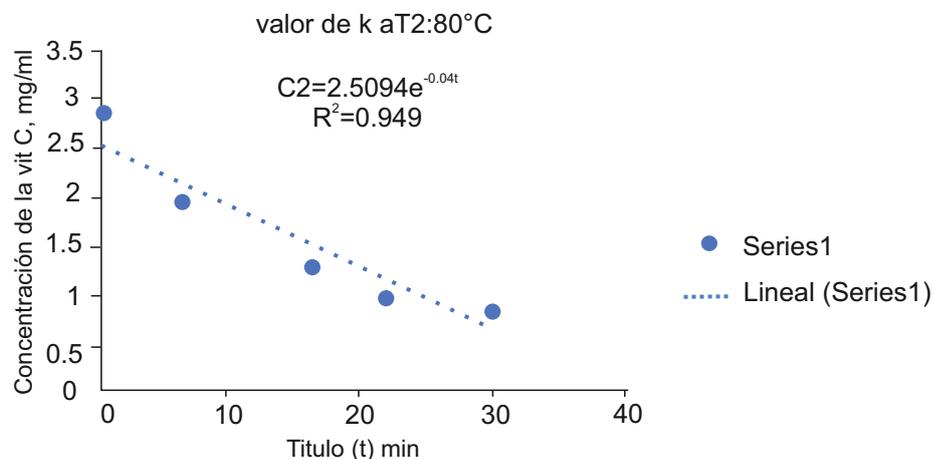


Figura 3. determinación de la constante de velocidad (k) a una temperatura de 80 °C

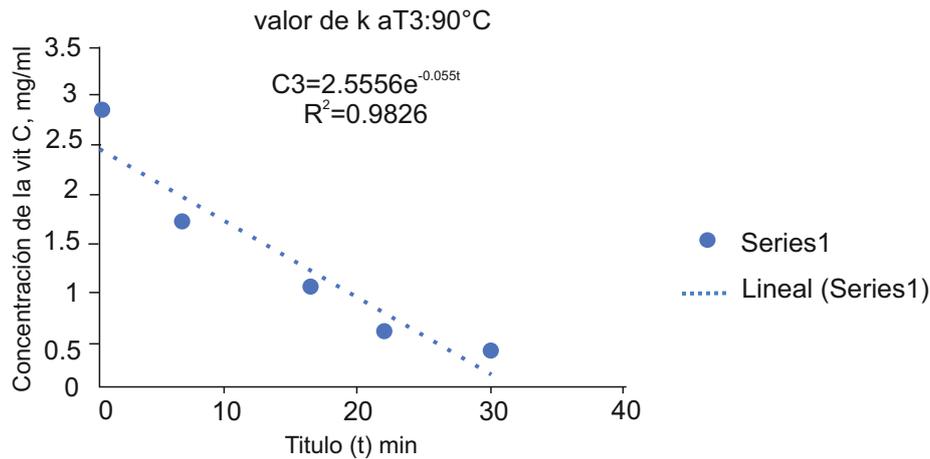


Figura 4. determinación de la constante de velocidad (k) a una temperatura de 90 °C

Calculo del valor Q10

$$Q_{10} = \frac{k_1}{k_2}^{\frac{10}{T_2 - T_1}}$$

Calculo de la energía de activación usando la ecuación de N, Arrhenius.

$$K = K_0 \cdot e^{-\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_a}\right)}$$

Reemplazando valores

$$Q_{10} = 1,6$$

Tabla 6. Variables de temperatura y de velocidad de deterioro para la aplicación de la ecuación de Arrhenius.

Calculo del valor Z

$$Z = 10 \frac{\ln(10)}{\ln(Q_{10})}$$

T °C	1/(T+273)	k min ⁻¹
70	0,002915452	0,025
80	0,002832861	0,040
90	0,002754821	0,055

Reemplazando valores

$$Z = 48,99^\circ\text{C}$$

T: temperatura °C / k: velocidad constante de deterioro min⁻¹

Determinación de la energía de activación (Ea)

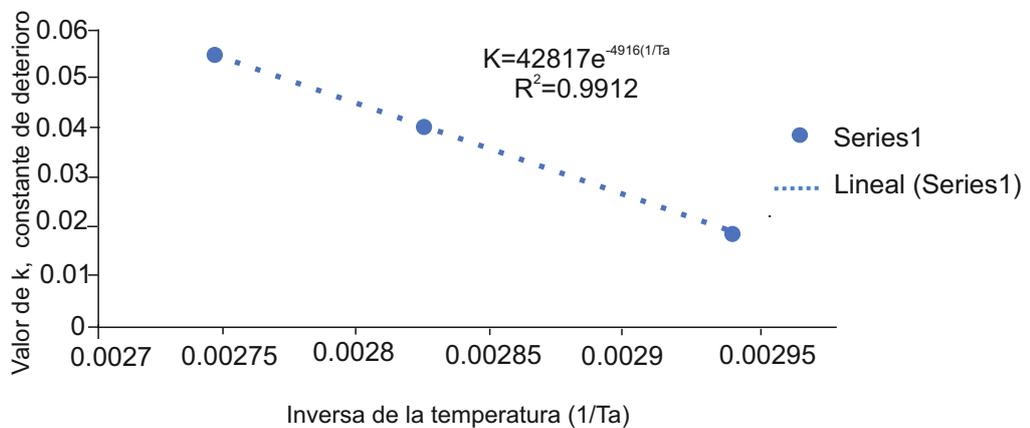


Figura 5. Determinación la energía de activación de la ecuación de N. Arrhenius

El valor absoluto de la pendiente B, obtenida por análisis de regresión

$$|B| = \frac{Ea}{R} = 4916$$

De donde

$$Ea = 9766, \text{ cal/mol}$$

Porcentaje de vitamina C, que se pierde durante el tratamiento térmico de las experiencias realizadas sobre extracto de acuoso de camu camu (pulpa)

Tabla 7. Perdida de porcentajes en la concentración de vitamina C por tratamiento térmico

Tiempo(t) min	TRATAMIENTOS		
	T1: 70 °C	T2: 80°C	T3: 90°C
0	C1% 100 ,00	C2% 100 ,00	C3 % 100 ,00
5	80 ,42	66 ,43	61 ,19
15	69 ,93	44 ,76	38 ,46
20	59 ,44	35 ,66	27 ,97
30	45 ,45	29 ,37	18 ,18

En la figura 6, se muestra la pérdida de vitamina C en porcentaje (%) debido a tiempo y a la exposición a la temperatura de procesamiento térmico

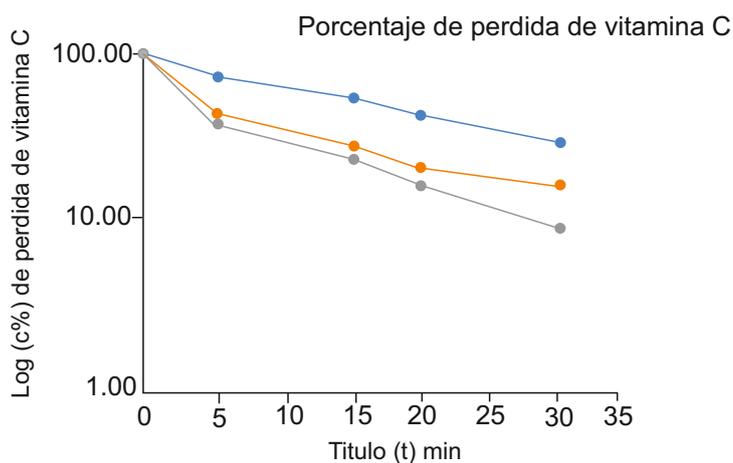


Figura 6. Porcentaje de pérdida de vitamina C por efecto del tratamiento térmico

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos concuerda con las apreciaciones mostradas por Mendoza(2017) quien menciona que las constantes de destrucción térmica (k), Energía de activación (Ea), valores de tiempo de reducción decimal (DT), Q10, y valor Z obtenidos en este estudio, responden a una cinética de primer orden, que en nuestro caso esta dentro de las temperaturas de 70 y 90 °C, donde la concentración de la vitamina C en los extractos acuosos de camu camu disminuyó de 100 %, hasta 45 % en 30 minutos a 70 °C, de 100 % hasta 29,7 % en 30 minutos a 80 °C y de 100 % hasta 18,1 % en 30 minutos a temperatura de 90 °C, las constantes cinéticas de destrucción térmica de la vitamina C, en camu camu, determinadas fueron: tiempo de reducción decimal $D_{70^{\circ}\text{C}}$: 92 min, $D_{80^{\circ}\text{C}}$: 57,5 min y $D_{90^{\circ}\text{C}}$: 41.82 min, la energía de activación, $Ea = 9766,1 \text{ cal/mol}$ y el valor Q_{10} : 1,2 respectivamente. Lo cual se determina que después de los tratamientos térmicos se presenta una reducción en su contenido incrementarse la temperatura y el tiempo del proceso térmico, y donde los parámetros cinéticos de este antioxidante se ajustaron a una cinética de primer orden cuyos valores se obtuvieron por análisis de regresión y a la ecuación de Arrhenius. Cuyas ecuaciones se muestra en el trabajo de Ordóñez-Santos, Luis Eduardo, Ospina Portilla, María Alejandra, Rodríguez Rodríguez, Diana Ximena,(2013) y aplicada a este

investigación.

CONCLUSIONES

En esta investigación se puede determinar que la degradación térmica de la vitamina C en frutos de camu camu aumenta al incrementar la temperatura y el tiempo del proceso, y la degradación de este antioxidante puede ser explicada a través de una cinética de primer orden y la ecuación de Arrhenius en el rango de temperaturas de 70- 90 °C. Con su tiempo de reducción decimal $D_{90^{\circ}\text{C}}^{48^{\circ}\text{C}} = 41,882 \text{ min}$. Se ha considerado para el presente estudio el grado de madurez del camu camu y podemos recomendar que en otras investigaciones se estudien el efecto que tiene el grado de madurez, el contenido de humedad, y el pH, así como degradación térmica de la vitamina C en los derivados del camu camu . Los resultados obtenidos en la presente investigación pueden ser de gran interés a la agroindustria procesadora de camu camu, en la optimización de los tratamientos térmicos y en el diseño de equipos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arevalo, et al. (2007). *Tiempo de vida útil de la fruta de camu-camu (Myciaria rubia h.b.k.(mc vaugh) almacenado a diferentes condiciones*. Departamento de Termofluidodinámica – Faculdade de Engenharia Química: Universidade Estadual de Campina

- SP,Brasil. Telefone: (19) 3788-3906, Fax: (19) 3788-3922
roarpba@feq.unicamp.broutheo@feq.unicamp.br
- Estrada et al.,(2009). Proceso para obtener bebida nutraceutica a partir de *Myrciaria dubia* (camu camu), orientado a reducir efecto genotóxico en niños de edad escolar. *Per. Quím. ing. Quím. vol. 12 n.º 2*, 2009. Págs. 34-41
- Ordóñez-Santos, Luis Eduardo, Ospina Portilla, María Alejandra, Rodríguez Rodríguez, Diana Ximena,(2013) Cinética de degradación térmica de vitamina C en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.). Revista Lasallista de Investigación [en línea] 2013, 10 (Julio-Diciembre) : [Fecha de consulta: 6 de noviembre de 2017] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69529816006>> ISSN 1794-4449
- Pinedo, (2007). El camu camu y sus usos populares como planta medicinal. *Revista de Agroecología*. LEISA 23.3. diciembre 2007, pág 22-24. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana – UANP, Iquitos, Perú
- Ramos et al. (2005), Evaluación de factores de procesamiento y conservación de pulpa de *Myrciaria dubia* h.b.k. (camu-camu) que reducen el contenido de vitamina (ácido ascórbico). *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, v.2 n° 2 p. 89 - 99 (2002) Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias UNAP, Iquitos Perú ISSN
- Salinas-Hernández, et al.,(2007). *Modelación del deterioro de productos vegetales frescos cortados*. División Académica de Ciencias Agropecuarias. UJAT. (GAGA) Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Carretera a La Victoria 0.6 km. C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. gustavo@cascabel.ciad.mx. (MEP) Instituto de Tecnología de Alimentos-UNL, Argentina. (FUM) División Académica de Ciencias Básicas. UJAT
- Villachica (2008). *El cultivo de camu camu en la Amazonia Peruana*, Tratado de Cooperación Amazónica, secretaria Pro Tempore, Lima Perú, Pag 3,7.

CORRESPONDENCIA

Mag. Víctor Manuel Terry Calderón
victor.terry@ulcb.edu.pe

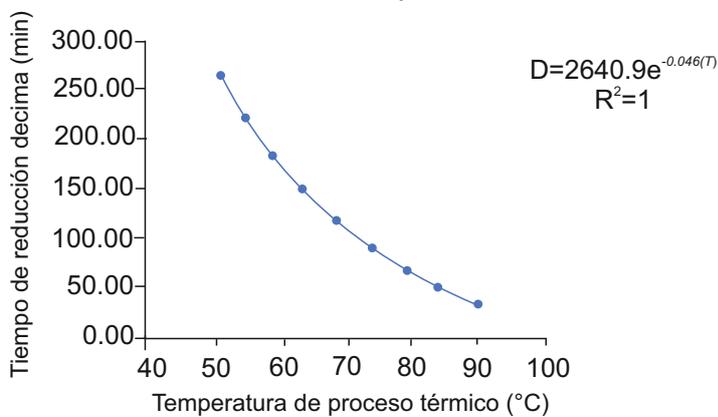
ANEXOS

**Simulación del tiempo de reducción valor D, para temperaturas entre 50 y 90 °C
Que determina el tiempo que se requiere para reducir la concentración de vitamina C en un 10%**

El valor Vía experimental $D_{90^{\circ}\text{C}}^{48^{\circ}\text{90}^{\circ}\text{C}} = 41,882.\text{min}$

Temperatura (T) °C	Tiempo de reducción Decimal (min)
50	263,96
55	209,66
60	166,53
65	132,28
70	105,07
75	83,45
80	66,29
85	52,65
90	41,82

Gráfica del tiempo de reducción



Donde la ecuación que representa el proceso y se utiliza para simular cualquier valor de tiempo decimal sería:

$$D=2640,9e^{-0,046(T)}$$

D: tiempo de reducción decimal (min) ; T Temperatura °C