



Artículo de investigación

Influencia de las condiciones de almacenamiento en la degradación de vitamina C

Influence of storage conditions on the degradation of vitamin C

María Riera^a, Yunet Gómez Salcedo^a

^aUniversidad Técnica de Manabí, Ecuador.

DOI: <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.29489.53600>

Recibido: 12-04-2019

Aceptado: 30-09-2019

Resumen

En este trabajo se estudia la influencia de las condiciones de almacenamiento y la adición de azúcar en la degradación de la vitamina C presente en los jugos frescos de maracuyá, pitahaya, limón y grosella. Se almacenaron muestras a 8 y 28 °C con y sin adición de azúcar durante ocho horas a fin de monitorear la variación en la concentración de la vitamina C presente. Para ambas temperaturas, los jugos de maracuyá y pitahaya se ajustaron a una cinética de orden cero cuando se adicionó azúcar y primer orden sin adición de esta, mientras que los jugos de limón y grosella, respondieron una cinética de primer orden para todas las condiciones de estudio. La velocidad de reacción aumentó en las muestras que no contenían azúcar y cuya temperatura de almacenamiento fue 28°C. El tiempo de vida media promedio fue de 4,14 horas y el porcentaje de pérdida de vitamina C estuvo entre un 40 y 80%, siendo la pitahaya la que presentó mayor concentración a lo largo del tiempo. Se concluye que las condiciones de almacenamiento influyen en la degradación de vitamina C presente en los jugos cítricos frescos.

Palabras clave: Ácido ascórbico; degradación; almacenamiento; cinética; cítricos.

Código UNESCO: 3303.13 – Tecnología de la conservación.

Abstract

In this work we studied the influence of storage conditions and the addition of sugar in the degradation of vitamin C present in fresh juices of passion fruit, pitahaya, lemon and currant. Samples were stored at 8 and 28°C with and without sugar for eight hours, to monitor the variation in the concentration of vitamin C present. For both temperatures, the juices of passion fruit and pitahaya were adjusted to zero-order kinetics with sugar and first order without sugar, while lemon and redcurrant juices responded to a first order kinetics for all conditions of study. The reaction rate increased in the samples that did not contain sugar and whose storage temperature was 28 °C. The average half- life time was 4.14 hours and the percentage of loss of vitamin C was between 40 and 80%, being the pitahaya presenting the highest concentration over time. It is concluded that storage conditions influence the degradation of vitamin C present in fresh citrus juices.

Keywords: Ascorbic acid; degradation; storage; kinetics; citrus.

UNESCO Code: 3303.13 - Conservation Technology.

1. Introducción

Dentro del procesamiento de frutas en la industria de alimentos se encuentra la producción de jugos envasados. Independientemente de la fruta, formulación del producto y tratamiento que se utilice, este se caracteriza en base a parámetros tales como azúcares reductores, acidez titulable, aceptabilidad y contenido de vitamina C [1]. La vitamina C o ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$), es un antioxidante hidrosoluble derivado del metabolismo de la glucosa necesaria para la síntesis de las fibras de colágeno. Está presente de manera natural en algunos alimentos y entre los que reportan altos niveles de vitamina C se encuentran los tomates, patatas, brócoli, coliflor, espinacas y frutos cítricos como la lima, el limón, naranja, entre otros [2].

Los jugos naturales de frutas tienen un mayor contenido de ácido ascórbico que los jugos comerciales [3], razón por la cual en ocasiones son enriquecidos con esta vitamina. Está comprobado que los materiales de envasado, además de las condiciones de la temperatura de almacenamiento, afectan aspectos en el producto a comercializar tales como aroma, color y cantidad de vitamina C [4]. De la misma manera, el proceso empleado para la obtención del producto es un factor de incidencia, puesto que tratamientos térmicos como la concentración y el pasteurizado, tienden a degradar los jugos por pérdida de compuestos volátiles responsables de su sabor, aroma y contenido de vitaminas.

La degradación del ácido ascórbico (AA) durante el almacenamiento, es una variable importante para los productores de este sector de la industria de alimentos, por ser uno de los principales problemas relacionados con la pérdida de calidad nutricional en algunos jugos, lo cual además incide en su vida útil [5].

Trabajos realizados han evaluado la cinética de la degradación térmica del AA en pulpa de mango deshidratada [6], jugo de naranja pasteurizado [7], jugo fresco de fresa [8], jugo de guayaba refrigerado [9], entre otros. Estudiar el efecto que tienen la temperatura y las condiciones de almacenamiento, permite identificar cuáles de estas son las más adecuadas para garantizar una menor incidencia en la concentración de vitamina C.

El Ecuador se caracteriza por poseer una economía agrícola, con producción de frutas cítricas tales como el maracuyá, la pitahaya y el limón. Para estas frutas en el año 2017 se registró una producción de 11170 Tn, 4284 Tn y 30702 Tn respectivamente, de acuerdo al último reporte del Ministerio de Agricultura y Ganadería del país [10]. Existen otras que se cultivan a pequeña escala como sucede con la grosella. Aunque la mayoría de la producción de estos rubros se destina a su consumo como fruta fresca en el mercado local e internacional, no deja de ser una oportunidad de negocio para la industria de alimentos si surge el interés por parte de estas, para el desarrollo de bebidas que partan del procesamiento de dichas frutas. Teniendo en cuenta que una de las etapas que inciden en la calidad de jugos envasados es el almacenamiento, se realizó el presente estudio con el objetivo de determinar la cinética de la degradación de la vitamina C en jugo fresco de cuatro frutas cítricas diferentes: Maracuyá (*Passiflora edulis*), pitahaya (*Hylocereus undatus*), limón (*Citrus limon*) y grosella (*Phyllanthus acidus*), a fin de determinar el orden y constante cinética, lo cual es fundamental para predecir la vida útil de los jugos de fruta.

2. Desarrollo

2.1 Metodología

Las frutas utilizadas en la experimentación fueron adquiridas en un mercado local de la ciudad de Portoviejo, provincia de Manabí. El jugo se preparó dependiendo de las características de cada fruta. La maracuyá (M) y pitahaya (T), luego de cortarla en dos mitades, se extrajeron las semillas y se

licúo. El limón (L), se picó en dos mitades y exprimió para extraer el jugo y en cuanto a la grosella (G), se lavó, cortó en trozos pequeños y se procedió a licuar. En todos los casos se trabajó con 240 g de fruta (peso final a licuar o exprimir).

Una vez obtenida la pulpa de la fruta fresca, se filtró para separar los residuos sólidos de los concentrados líquidos. Luego se diluyó el concentrado líquido mediante la adición de agua (1:4 v/v) para obtener jugo de fruta fresco. Posteriormente, se prepararon cuatro tipos de jugos para cada fruta (muestras 1 al 4). Las muestras 1 y 3 se almacenaron a una temperatura ambiente (aprox. 28 °C), mientras que las muestras 2 y 4 se mantuvieron a temperatura refrigerada (aprox. 8 °C). Se añadió azúcar (5,5% m/v) a las muestras 1 y 2, en cuanto a las muestras 3 y 4 se almacenaron sin adición de azúcar. Todas las muestras se guardaron en recipientes de vidrio herméticamente cerrados y en ningún caso se aplicaron tratamientos térmicos. El almacenamiento fue de 8 horas y a cada hora transcurrida se determinó la concentración de ácido ascórbico [8]. Se consideraron dos factores de interés: temperatura (8°C, 28 °C) y adición (si, no) de azúcar. La variable respuesta de los tratamientos fue el porcentaje de degradación del AA (4).

El AA se determinó por triplicado por medio de titulación iodométrica la cual es una de las técnicas empleadas para la determinación de ácido ascórbico, usando como reactivo valorante una solución de yodo 0.05M [11]. Los datos obtenidos en la experimentación se utilizaron con las expresiones cinéticas [12] de la ley de velocidad integrada (1), tiempo de vida media (2, 3) y porcentaje de degradación del AA (4).

$$\int_{[A]_0}^{[A]} -\frac{d[A]}{[A]^n} = k \int_0^t dt \quad (1)$$

$$t_{1/2} = \frac{[A]_0}{2k} \quad \text{Orden cero} \quad (2)$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} \quad \text{Orden uno} \quad (3)$$

$$\% \text{ Degradación} = \frac{[A] - [A]_0}{[A]} \times 100\% \quad (4)$$

[A] y [A]₀ son los límites de integración correspondientes a la concentración a un tiempo t y concentración inicial del ácido ascórbico (mg.mL⁻¹), d[A] es el diferencial de la concentración, [A]ⁿ es la variable a integrar, n es el orden de la reacción, k es la constante de la velocidad de la reacción, t es el tiempo (h), dt es el diferencial del tiempo, t_{1/2} es el tiempo que tarda en consumirse la mitad del ácido ascórbico (h). Para determinar los parámetros cinéticos se utilizó el método de mínimos cuadrados. Los respectivos cálculos y representaciones gráficas, fueron posibles con la ayuda del software RStudio versión 3.5.1.

2.2 Resultados

Con los datos obtenidos en la experimentación se aplicó la ley de velocidad integrada, lo que a su vez permitió determinar el comportamiento cinético para la degradación de ácido ascórbico de cada fruta en diferentes condiciones de operación. En las Figuras 1 y 2 se presentan los gráficos de degradación de vitamina C para las frutas estudiadas en las diferentes condiciones operacionales con su respectivo ajuste lineal.

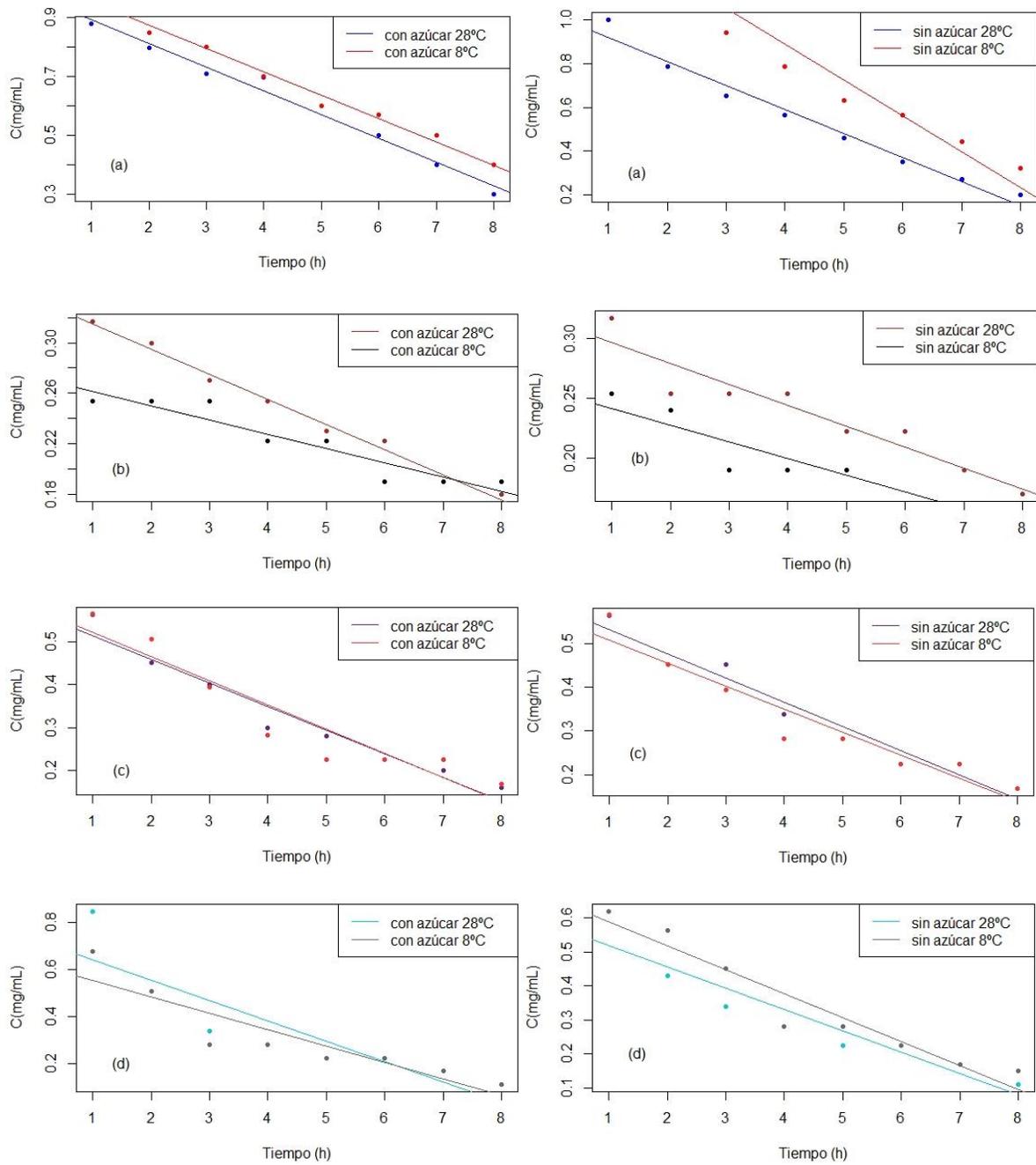


Figura 1. Degradación de vitamina C para las muestras a 28 y 8 °C, ajustadas al modelo cinético de orden cero (a) Maracuyá, (b) Pitahaya, (c) Limón, (d) Grosella.

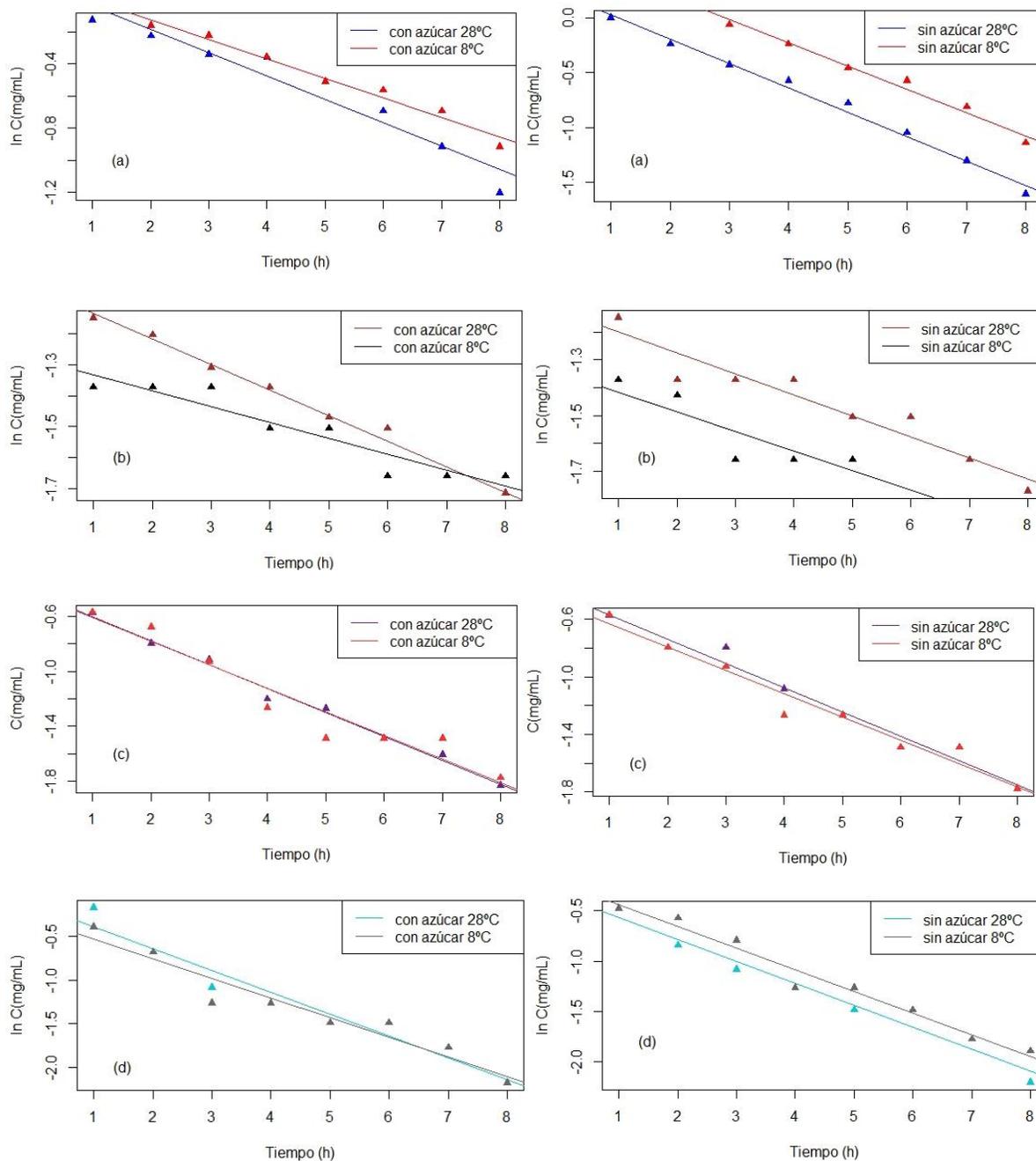


Figura 2. Degradación de vitamina C para las muestras a 28 y 8 °C, ajustadas al modelo cinético de orden uno (a) Maracuyá, (b) Pitahaya, (c) Limón, (d) Grosella.

Los parámetros cinéticos (Cuadro 1) se calcularon con ayuda de la función summary de RStudio, lo que a su vez permitió determinar los órdenes cinéticos para las muestras en las diferentes condiciones de almacenamiento. En función de ello se seleccionó el mejor ajuste lineal encontrado y para este se determinó el tiempo de vida media.

Cuadro 1. Parámetros cinéticos de la degradación de vitamina C en jugo de frutas

Fruta	Temp. (°C)	Azúcar	Orden 0		Orden 1		Orden de reacción	Ao (mg.mL ⁻¹)	t _{1/2} (h)
			k (mg.mL ⁻¹ .h ⁻¹)	R ²	k (h ⁻¹)	R ²			
Maracuyá	28	Con	0,081	0,982	0,145	0,934	0	0,938	3,232
	8		0,079	0,985	0,121	0,984	0	1,034	4,267
	28	Sin	0,110	0,974	0,223	0,990	1	-	3,115
	8		0,164	0,943	0,213	0,992	1	-	3,254
Pitahaya	28	Con	0,020	0,990	0,082	0,989	0	0,335	2,032
	8		0,011	0,893	0,051	0,892	0	0,273	2,655
	28	Sin	0,018	0,901	0,075	0,914	1	-	9,192
	8		0,014	0,858	0,070	0,880	1	-	9,850
Limón	28	Con	0,055	0,951	0,175	0,991	1	-	3,970
	8		0,057	0,884	0,172	0,929	1	-	4,040
	28	Sin	0,055	0,953	0,169	0,975	1	-	4,113
	8		0,052	0,916	0,162	0,963	1	-	4,282
Grosella	28	Con	0,086	0,787	0,250	0,946	1	-	2,768
	8		0,070	0,825	0,225	0,931	1	-	3,076
	28	Sin	0,063	0,891	0,217	0,964	1	-	3,197
	8		0,071	0,930	0,215	0,974	1	-	3,229

En todas las muestras la velocidad de reacción aumentó sin la adición de azúcar, con la temperatura y el tiempo de almacenamiento. Resultados similares reportan un aumento en la tasa de degradación de AA cuando el almacenamiento se realiza a temperaturas más altas [13]. Las altas temperaturas tienen efectos sobre el contenido de vitamina C de las frutas, pues aumenta su rapidez de oxidación en la medida que esta se eleva [14][15]. La pérdida de vitamina C durante el almacenamiento puede atribuirse a la reacción de ácido ascórbico con el oxígeno disuelto presente, dado que el AA es un antioxidante natural presente en la mayoría de las frutas y su degradación, es un resultado de los mecanismos aeróbicos y anaeróbicos que ocurren simultáneamente y afectan la calidad de los jugos de frutas [16]. Otro aspecto a considerar es el tipo de envase usado durante el almacenamiento, el cual al ser de vidrio translúcido favoreció la incidencia de la luz solar (radiación UV) sobre los jugos, siendo un factor externo que contribuye con la oxidación de la vitamina C [17].

Los modelos de reacción para la degradación del ácido ascórbico en el jugo de maracuyá y pitahaya, respondieron a una cinética de orden cero y primer orden en las condiciones de trabajo con y sin adición de azúcar respectivamente, independientemente de la temperatura. En el jugo de limón y grosella, sin importar la temperatura y la adición de azúcar, la degradación de este antioxidante se ajusta a la cinética de primer orden. La cinética descrita se seleccionó considerando los mejores coeficientes de regresión (R²), cuyos valores superaron a 0,90 excepto para la pitahaya con y sin azúcar a 8°C los cuales estuvieron bastante cercanos a éste. En el caso de maracuyá 8°C con adición de azúcar y pitahaya con adición de azúcar, se seleccionó como orden de reacción 0 pese a los cercanos resultados obtenidos para R², en base a los resultados reportados por otros autores para investigaciones previas con estas frutas [18].

Mendoza-Corvis et. al. (2015) reportaron para un producto en polvo elaborado a base de pulpa de mango y lactosuero que fue almacenado durante ocho semanas, una cinética de primer orden para las temperaturas 4 y 28 °C [19]. Burdulu et. al. (2006), también obtuvieron una cinética de primer orden

para la degradación del ácido ascórbico en concentrados de jugo de cítricos (naranja, limón, pomelo, mandarina), durante un almacenamiento de ocho semanas a 28, 37 y 45 °C [20]. De la misma manera Páez et. al. (2007), registraron una cinética de primer orden para el jugo de maracuyá fresco refrigerado a 10 °C [18]. Sapeia y Hwa (2014), estudiaron la influencia de la adición de azúcar y la temperatura de almacenamiento (8 y 28 °C) en la degradación de la vitamina C en jugo fresco de fresa, obteniendo en todos los casos una cinética de orden cero [8]. Las diferencias obtenidas para los parámetros cinéticos de la maracuyá y pitahaya respecto al limón y la grosella, puede deberse a la matriz biológica de la fruta, su genética o diferencias entre los contenidos de humedad en cada una de ellas [21].

La adición de azúcar en el jugo puede retrasar la tasa de degradación de la vitamina C, puesto que su presencia disminuiría la concentración de oxígeno disuelto, así como la actividad de agua, lo cual otorga estabilidad y con ello retrasaría el proceso de oxidación del ácido ascórbico [8]. Se ha demostrado que el azúcar funciona como un estabilizante de la concentración del AA y en los jugos naturales y pulpas de frutas como el limón, naranja, jugo de grosella, pulpa de rosa mosqueta o albaricoque cuyo contenido en estado fresco es de 10 mg a 100 mg por 100 g de material, es necesario usar el estabilizador en una cantidad de al menos el orden del ácido ascórbico presente para que cumpla esta función [22]. Investigaciones previas han reportado menor disminución en la degradación de vitamina C al añadir azúcar en sus muestras [19] [23].

El tiempo de vida media promedio fue de 4,14 horas y éste aumentó con la disminución de la temperatura, lo que indica que mientras menor es la temperatura, la reducción de la concentración de vitamina C se hace más lenta. La tendencia del $t_{1/2}$ es decrecer cuando se incrementa la temperatura durante los tratamientos térmicos [24].

Estadísticamente no se demostró influencia significativa de los factores evaluados sobre el porcentaje de reducción de AA en los jugos de frutas analizados (p -valor $\geq 0,05$). No obstante, se observa que los valores de pérdidas de AA variaron entre un 40,00 y 80,00% (Figura 3), siendo mayor para las temperaturas de 28°C y más aún cuando no se adicionó azúcar a la muestra. En general la menor reducción para la concentración de AA, se tuvo para el jugo de fruta con azúcar almacenado a 8°C y particularmente, la pitahaya fue la que presentó menor reducción de AA en cada una de las condiciones de estudio con un promedio general de pérdida de 38,00%. Estudios realizados con el jugo de fresa fresca [8], mango y lactosuero [25], remolacha y miel de abeja [26], encontraron menor reducción en la concentración de AA, para la menor temperatura de almacenamiento.

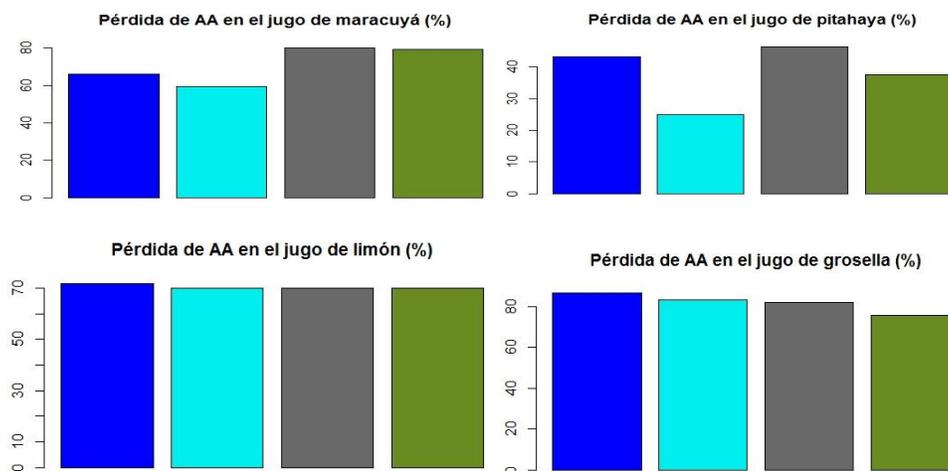


Figura 3. Pérdida de AA en % para los jugos de fruta estudiados.
■ con azúcar 28°C, ■ con azúcar 8°C, ■ sin azúcar 28°C, ■ sin azúcar 8°C.

3. Conclusiones

La degradación del ácido ascórbico en los jugos de maracuyá y pitahaya correspondió a una cinética de orden cero cuando fue adicionada azúcar a la muestra y de primer orden sin la adición de azúcar. Los jugos de limón y grosella registraron una cinética de primer orden para todas las condiciones de estudio. El porcentaje de pérdida de ácido ascórbico en los jugos analizados estuvo entre un 40 y 80%, siendo menor para la pitahaya. Los resultados indican que la temperatura de almacenamiento y la adición de azúcar en los jugos de frutas cítricas, específicamente los de maracuyá, pitahaya, limón y grosella, afectan notablemente el contenido de ácido ascórbico presente en estos. Las pérdidas del contenido de ácido ascórbico en los jugos fueron mayores al incrementar la temperatura de operación, y en la mayoría de los casos se constató que la adición de azúcar desfavorece el proceso de degradación del ácido ascórbico.

Referencias

- [1] A. E. Cañizares Chacín, O. Bonafine, D. Laverde, R. Rodríguez, y J. R. Méndez Natera. Caracterización química y organoléptica de néctares a base de frutas de lechosa, mango, parchita y lima. *Rev. Cient. UDO Agric.*, 9(1):74-79, 2009.
- [2] F. Valdés. Vitamina C. *Actas Dermosifiliogr.*, 97(9):557-568, 2006.
- [3] L. A. Sulayman, H. I. Alaohehe, S. A. Ali, y E. A. Elhefian. Comparison of Vitamin C in Various Fresh and Commercial Fruit Juices Commonly Consumed in the Northwestern Region of Libya. *Explor. Publ.*, 7(1): 1-4, 2018.
- [4] Z. Ayhan, H. W. Yeom, Q. H. Zhang, y D. B. Min. Flavor, Color and Vitamin C Retention of Pulsed Electric Field Processed Orange Juice in Different Packaging Materials, *J. Agric. Food Chem.*, 49(2):669-674, 2001.
- [5] V. P. Valdramidis, P. J. Cullen, B. K. Tiwari, y C. P. O'Donnell. Quantitative modelling approaches for ascorbic acid degradation and non-enzymatic browning of orange juice during ultrasound processing. *Journal Food Eng.*, 96(3):449-454, 2010.
- [6] F. A. Mendoza-Corvis, M. R. Arteaga-Márquez, y O. A. Pérez-Sierra. Degradación de la vitamina C en un producto de mango (*Mangifera indica* L) y lactosuero. *Corporación Colomb. Investig. Agropecu. Corpoica Cienc Tecnol Agropecu. Mosquera*, 18(1):125-137, 2017.
- [7] H. Remini, C. Mertz, A. Belbahi, N. Achir, M. Dornier, y K. Madani. Degradation kinetic modelling of ascorbic acid and colour intensity in pasteurised blood orange juice during storage. *Food Chem.*, 173:665-673, 2015.
- [8] L. Sapei y L. Hwa, Study on the Kinetics of Vitamin C Degradation in Fresh Strawberry Juices, *Procedia Chem.*, 9:62-68, 2014.
- [9] P. Sinchaipanit, M. Ahmad, y R. Twichatwitayakul. Kinetics of Ascorbic Acid Degradation and Quality Changes in Guava Juice during Refrigerated Storage. *J. Food Nutr.* 3(8):550-557, 2015.
- [10] INEC - ESPAC. Cifras Agroecónómicas. Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>.
- [11] M. Alvarez, A.; Jorrat, S.; Genta. Caracterización físico-química de jugo de limón de Tucumán. *RIA. Rev. Investig. Agropecu.*, 34(2):49-56, 2005.
- [12] T. Engel y P. Reid, Química Física. Madrid, 2006.
- [13] J. Zhang, H. Han, J. Xia, y M. Gao, Degradation Kinetics of Vitamin C in Orange and Orange Juice during Storage, *Adv. J. Food Sci. Technol.*, 12(10):555-561, 2017.
- [14] A. El-Ishaq y S. Obirinakem. Effect of Temperature and Storage on Vitamin C Content in Fruits Juice. *Int. J. Chem. Biomol. Sci.*, 1(2):17-21, 2015.
- [15] Z. Ramos A., L. García, y M. Pinedo. Evaluación de factores de procesamiento y conservación de pulpa de *Myrciaria Dubia* H. B. K. (Camu-Camu) que reducen el contenido de vitamina C (Ácido ascórbico). *Rev. Amaz. Investig.* 2(2):89-99, 2002.

- [16] R. García-Torres, N. R. Ponagandla, R. L. Rouseff, R. M. Goodrich-Schneider, y J. I. Reyes-De-Corcuera. Effects of dissolved oxygen in fruit juices and methods of removal. *Rev. Food Sci. Food Saf.*, 8(4):409-423, 2009.
- [17] M. Avello y M. Suwalsky. Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea (Concepción)*, 494(2):161-172, 2006.
- [18] G. Páez, J. Freay, M. Moreno, Z. Mármol, K. Araujo, y M. Rincón. Cinética de la degradación del ácido ascórbico en jugo de parchita, *Afinidad: Revista de química teórica y aplicada*, 65(533):51-55, 2008.
- [19] F. A. Mendoza-Corvis, E. J. Hernández, y L. E. Ruiz. Efecto del escaldado sobre el color y cinética de degradación térmica de la vitamina C de la pulpa de mango de hilacha (Mangífera indica var magdalena river), *Inf. Tecnol.*, 26(3):9-16, 2015.
- [20] H. S. Burdurlu, N. Koca, y F. Karadeniz. Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage, *J. Food Eng.*, 74(2):211-216, 2006.
- [21] L. E. Ordóñez y L. S. Yoshioka. Cinética de degradación térmica de vitamina C en pulpa de mango (Mangifera indica L, *Vitae*, 19(1): S81-S83, 2012.
- [22] J. Opplt. Stabilizing ascorbic acid with thio-sugars. Official Gazette of the United States Patent Office, Department of Commerce, serial 2-585-580, 1952.
- [23] G. L. Robertson y C. M. Samaniego-Esguerra. Effect of soluble solids and temperature on ascorbic acid degradation in lemon juice stored in glass bottles. *J. Food Qual.*, 13(5):361-374, 1990.
- [24] L. E. Ordóñez-Santos, M. A. O. Portilla, y D. X. R. Rodríguez. Cinética de degradación térmica de vitamina C en frutos de guayaba (Psidium guajava L.). *Rev. Lasallista Investig.*, 10(2):44-51, 2013.
- [25] F. A. Mendoza-Corvis. Degradación de la vitamina C en un producto de mango (Mangifera indica L.) y lactosuero. *Corpoica Cienc. y Tecnol. Agropecu.*, 18(1):125-137, 2016.
- [26] C.A. García, W. Sánchez y J.F. Cortéz. Determinación de la vida útil de la bebida a base de jugo de remolacha y miel de abeja elaborada por la empresa Vida Saludable del Perú E. I. R. L. Título profesional en Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú, 2014.

Sobre las autoras

Maria Riera

Ingeniero Industrial
Maestría en Ingeniería Química
Profesora auxiliar
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
Correo: mriera@utm.edu.ec
[ORCID](#)

Yunet Gómez Salcedo

Ingeniero Químico
Maestría en Ingeniería Ambiental
Profesora auxiliar.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
Correo: ygomez@utm.edu.ec
[ORCID](#)