

Degradación del ácido ascórbico en néctar de durazno enriquecido

Degradation of ascorbic acid in enriched peach nectar

<https://doi.org/10.5281/zenodo.6505535>

AUTORES: Luis Alberto Cedeño Sares^{1*}

Raúl Díaz Torres²

Gabriela Armijos Cabrera³

Delly Maribel San Martín Torres⁴

Martha Ileana Porras Fernández⁵

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: lcedeno@utmachala.edu.ec

Fecha de recepción: 15 / 09 / 2021

Fecha de aceptación: 22 / 12 / 2021

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del procesamiento y condiciones de almacenamiento sobre el contenido de ácido ascórbico (AA) en un néctar de durazno comercial, enriquecido con vitamina C. La pérdida total de AA durante el procesamiento fue de 54.15 %, ocurriendo principalmente durante la pasteurización y posterior enfriamiento. Durante el almacenamiento se comprobó que la degradación de AA es dependiente de la

^{1*} Ingeniero Químico, Master en Ciencia Alimentaria, Universidad Técnica De Machala, E-mail lcedeno@utmachala.edu.ec

² Ingeniero Químico, PhD Ciencia de los Alimentos, Universidad de la Habana, E-mail rauldiaztor@yahoo.com

³ Ingeniero Químico, Magister Ingeniería Industrial y Productividad, Universidad Técnica De Machala, E-mail gvarmijos@utmachala.edu.ec

⁴ Ingeniero Químico, Magister en Química aplicada, Universidad Técnica De Machala, E-mail dsanmartin@utmachala.edu.ec

⁵ Ingeniero Químico, Magister en Química aplicada, Universidad Técnica De Machala, E-mail mporras@utmahala.edu.ec

temperatura y exposición a la luz. Se encontraron valores para la constante de velocidad de degradación (k) de -0.0066, -0.0118 y -0.0171 dia^{-1} para el almacenamiento a 22 °C, sin exposición a la luz; 22 °C, con exposición a la luz y 45 °C, sin exposición a la luz, respectivamente.

Palabras clave: ácido ascórbico, almacenamiento, cinética, néctar de durazno.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of processing and storage conditions on the content of ascorbic acid (AA) in a commercial peach nectar, enriched with vitamin C. The total loss of AA during processing was 54.15%, occurring mainly during pasteurization and subsequent cooling. During storage, it was found that AA degradation is dependent on temperature and light exposure. Values of -0.0066, -0.0118 and -0.0171 day^{-1} were found for the degradation rate constant (k) for storage at 22 °C, without exposure to light; 22 °C, with exposure to light and 45 °C, without exposure to light, respectively.

Keywords: ascorbic acid, storage, kinetics, peach nectar.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las necesidades de los consumidores han cambiado, al punto de buscar alimentos que no solamente sean agradables y nutritivos, sino también que puedan considerarse funcionales. Debido a esto, muchos consumidores utilizan su dieta como medio para mejorar la salud, buscando alimentos o ingredientes alimentarios que brinden beneficios para la salud que tradicionalmente han estado asociados con los medicamentos (Karelakis *et al.*, 2020).

Debido a lo antes expuesto, la industria alimentaria se enfrenta a la necesidad de intensificar cada año su potencial de innovación, proporcionando una exuberante variedad de productos alimenticios y diversidad de bebidas, disponibles incluso en los lugares más alejados de nuestra geografía, adaptando gran parte de su oferta a los objetivos nutricionales de los consumidores, basados en las nuevas recomendaciones de salud (Aranceta Bartrina, 2018).

Por otra parte, el escenario epidemiológico causado por el SARS-CoV-2, ha cambiado los hábitos de vida de la población mundial. Factores como el aislamiento obligatorio han

contribuido a los cambios en los hábitos alimentarios de la población mundial (Rodrigues, *et al.*, 2021). Al mismo tiempo, se sabe que el sistema inmune es capaz de controlar adecuadamente la infección por el SARS-CoV-2 en un 81% de los pacientes, cursando de una forma asintomática o con sintomatología moderada (Sanz, Lahoz, & Martín, 2021).

Como las frutas y verduras tienen el potencial de mejorar el sistema inmunológico, esto ha dado un impulso significativo al consumo de alimentos y bebidas ricos en vitaminas y minerales, estimulando el mercado global de bebidas nutritivas, batidos y jugos, con un crecimiento de la demanda del 2,4% anualmente, hasta el año 2027. Debido a las restricciones en el consumo fuera de casa, muchos los compran para el consumo en el hogar, lo que beneficia a las industrias procesadoras, que, ante esta creciente demanda, deben evitar prácticas de fabricación que reduzcan su valor nutricional (GIA, 2021).

La calidad nutricional de los zumos de frutas se relaciona principalmente con su contenido de ácido L-ascórbico (AA), que es la forma principal de la vitamina C. Este compuesto es muy reactivo y muy sensible a los agentes fisicoquímicos y condiciones del medio (Al Fata *et al.*, 2018).

Dado que la vitamina C se caracteriza por su baja estabilidad térmica y la tendencia a oxidarse fácilmente, los procesos que utilizan temperatura elevada provocan pérdidas de la misma en comparación con el material de entrada. Estas pérdidas pueden ser del 20% al 90% en dependencia del nivel de temperatura, la duración del procesamiento y si hay contacto con el oxígeno (Mieszczakowska-Fraç, Celejewska, & Płocharski, 2021).

A pesar de lo expuesto, es una práctica general que, se apliquen tratamientos térmicos a zumos y néctares de fruta, para extender la vida de anaquel e inactivar microorganismos y enzimas. Este tratamiento es una de las causas principales de la degradación de AA, aunque otros factores como el pH o la radiación UV, también contribuyen (Aguilar *et al.*, 2019; Wurlitzer *et al.*, 2019; Cheng *et al.*, 2020). Por este motivo, frecuentemente se añade AA durante el proceso industrial para enriquecer nutricionalmente el producto y compensar las pérdidas mencionadas (Nowicka, Teleszko, & Wojdyło, 2019).

Una vez pasteurizado el producto, este puede ser envasado en diferentes tipos de envase. Si se emplean envases de vidrio, es usual emplear el proceso de llenado en caliente, mantenimiento de la temperatura y enfriamiento, el cual debe aplicarse con cuidado (Matche,

2018), ya que, aunque el vidrio se utiliza frecuentemente en el envasado de bebidas derivadas de frutas o vegetales, debido a sus excelentes propiedades de barrera contra gases, estos envases tienen la desventaja de romperse fácilmente durante el transporte y procesamiento tecnológico (Ghoshal, 2019).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del procesamiento y condiciones de almacenamiento sobre el contenido de AA en un néctar de durazno comercial.

METODOLOGÍA

Reactivos

Los reactivos empleados para la determinación del ácido ascórbico fueron de grado analítico, adquiridos de Merck.

Obtención de las muestras

Se empleó un néctar de durazno comercial procedente de una planta industrial de Guayaquil, Ecuador, con las siguientes características: pH a 25°C, 3.62; Acidez expresada como porcentaje de ácido cítrico, 0.31; sólidos solubles a 20 °C; 9.62 y densidad a 25 °C, 1.03 g/mL. Previo a la realización de las determinaciones, se comprobó que el proceso estuviera bajo control estadístico.

La toma de muestras se realizó minimizando la influencia de los aspectos ambientales, para ello, las muestras se envasaron en frascos de vidrio de 1000 ml, color ámbar, tapados, los que se colocaron en un baño de hielo para lograr un enfriamiento rápido para su transporte al laboratorio.

Determinación del contenido de ácido ascórbico

El contenido de AA fue determinado mediante el procedimiento reportado por Nakilcioğlu-taş & Ötleş (2020) con modificaciones, mediante una reacción colorimétrica. Para ello, se empleó una curva estándar de AA con disoluciones 1 a 5 mg/100 mL preparada a partir de una disolución madre de AA (0.1% (w/v)) que contenía AA puro y disolución de ácido oxálico (0.4% (w/v)). Se utilizó como blanco una mezcla de 1 volumen de agua destilada y 9 volúmenes de disolución 2,6-diclorofenol indofenol, mientras que para la curva estándar se empleó una disolución de AA en lugar de agua destilada. La absorbancia fue medida a 518 nm empleando un espectrofotómetro Shimadzu UV-Vis MINI-1240

Evaluación del proceso

Se realizó un muestreo (seis réplicas) para determinar la concentración de ácido ascórbico durante la preparación de 4 lotes en días diferentes, en cada uno de los siguientes puntos: salida del mezclador, entrada al pasteurizador, salida del pasteurizador, llenadora de botellas, zona de enfriamiento y entrada al almacén.

La pasteurización se realiza mediante una técnica de alta temperatura, corto tiempo (92 °C, 3 segundos), para minimizar las pérdidas de AA.

Determinación de la degradación del AA en diferentes condiciones de almacenamiento.

Se realizaron tres tipos de almacenamiento en botella de vidrio, durante 60 días, con el néctar de durazno recién elaborado, obtenido del proceso industrial. Las determinaciones de AA se realizaron cada 10 días, por triplicado, a tres botellas de cada tratamiento.

Tratamiento A. Almacenamiento a 22 °C, con exposición a la luz

Tratamiento B. Almacenamiento a 22 °C, sin exposición a la luz

Tratamiento C. Almacenamiento a 45 °C, sin exposición a la luz

Estudio cinético durante el almacenamiento

La degradación del AA en cada tratamiento, se puede definir con la siguiente ecuación diferencial general para cualquier orden de reacción:

$$(dC / dt) = \pm kC^n \quad (1)$$

Para el orden cero ($n = 0$) y el primer orden ($n = 1$), se pueden obtener, respectivamente, las siguientes ecuaciones:

$$C = C_0 \pm k_0t \quad (2)$$

$$\ln (C/ C_0) = \pm k_1t \quad (3)$$

Dónde: C_0 , es la concentración inicial de AA (mg L^{-1}); C , es la concentración de AA de compuestos (mg L^{-1}) a cualquier tiempo de proceso; k_0 y k_1 , son las constantes aparentes de velocidad de reacción ($\text{mg L}^{-1} \text{s}^{-1}$ y s^{-1} , para $n = 0$ y $n = 1$, respectivamente); t , es el tiempo (s) de proceso en segundos.

Para estudios de vida de anaquel a menudo se emplea el concepto $t_{0.5}$, que, en este caso, representa el tiempo que demora la concentración de ácido ascórbico en reducirse a la mitad de su valor inicial, y el tiempo de reducción decimal (D) que se define en este caso como el tiempo requerido para reducir la concentración de ácido ascórbico en un ciclo logarítmico

los que pueden ser calculados del modelo cinético que se aplique. Según el orden de reacción que brinde un mejor ajuste (Abioye et al, 2013).

También es de interés práctico el coeficiente de temperatura Q_{10} que indica cuantas veces cambia la velocidad de una reacción al modificar la temperatura $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Dhakal, & Heldman, 2019) y el coeficiente Z que representa el cambio de temperatura que provoca un cambio de velocidad de reacción por un factor de 10 e indica la dependencia del proceso de degradación del AA con la temperatura durante el procesamiento o almacenamiento (Abioye *et al.*, 2013).

El coeficiente Q_{10} puede ser evaluado mediante la ecuación (4), y mientras que el valor Z pueden ser hallado empleando la ecuación (5) (Dhakal, & Heldman, 2019)

$$Q_{10} = (k_{T2}/k_{T1})^{(10/T2-T1)} \quad (4)$$

$$Z = 10 \ln(10)/\ln(Q_{10}) \quad (5)$$

Análisis estadístico

Los resultados fueron expresados como la media más desviación estándar. Los datos del proceso fueron sometidos a un análisis de varianza y se realizó la prueba de Rangos Múltiples de Duncan para comprobar las diferencias entre medias. En la prueba de almacenamiento, se empleó un análisis de regresión lineal para determinar la cinética del proceso. Para el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico *Statgraphics Centurion version XIX*, (Statpoint Technologies, Inc., Warrenton, VA, USA).

RESULTADOS

La tabla 1 muestra los resultados de la concentración de AA en los diferentes puntos del proceso de elaboración, donde la concentración de vitamina C disminuye a medida que el producto avanza en el flujo de producción.

Tabla 1. Contenido medio de ácido ascórbico (mg/100 g) en los diferentes puntos del proceso.

Punto de Medición	Lote				Media	Pérdida acumulada (%)
	1	2	3	4		
Salida del mezclador	103,81	104,68	104,86	104,75	104,53 a	0
Entrada pasteurizador	101,93	101,5	101,81	101,67	101,73 b	2,68
Salida pasteurizador	71,66	71,78	72,87	72,27	72,15 c	30,98

Llenadora de botellas	65,63	65,55	66,06	66,04	65,82 d	37,03
Zona de enfriamiento	48,88	49,41	49,89	49,83	49,50 e	52,64
Entrada al almacén	48,01	47,84	47,95	48,92	47,93 f	54,15

Letras diferentes en una columna, indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$)

Efectos del almacenamiento

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos para la concentración de AA durante el almacenamiento en las tres condiciones estudiadas. Como se aprecia, la concentración disminuye con el tiempo en los tres casos, tal como se espera, pero tanto elevar la temperatura como la exposición a la luz producen un efecto indeseable.

Tabla 2. Variación con el tiempo de la concentración del ácido ascórbico (mg/100 g) en el néctar de durazno almacenado, a diversas temperaturas y con o sin exposición a la luz.

Tiempo (días)	Tratamientos		
	22 °C Sin luz	22 °C Con luz	45 °C Sin luz
0	45,3 ± 0,2 a	45,3 ± 0,2 a	45,3 ± 0,2 a
10	41,8 ± 0,2 b	37,3 ± 0,2 h	36,7 ± 0,2 n
20	39,9 ± 0,2 c	34,0 ± 0,2 i	30,5 ± 0,2 ñ
30	37,4 ± 0,2 d	29,5 ± 0,2 j	26,2 ± 0,2 o
40	35,0 ± 0,2 e	26,4 ± 0,2 k	21,7 ± 0,2 p
50	32,2 ± 0,2 f	24,0 ± 0,2 l	18,0 ± 0,2 q
60	30,4 ± 0,2 g	21,9 ± 0,2 m	16,5 ± 0,2 r

Medias ± desviación estándar (n = 9). Las medias con letras diferentes, en la misma fila o columna, difieren significativamente ($p \leq 0.05$).

Los valores de AA obtenidos durante el almacenamiento, para cada una de las tres condiciones estudiadas fueron analizados mediante regresión lineal, empleando las ecuaciones (2) y (3), para identificar el modelo cinético más apropiado para la degradación de AA. Los resultados del estudio cinético se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Coeficientes de determinación (R^2) y datos cinéticos después de los tratamientos térmicos

R^2	
Orden de reacción	Datos cinéticos (para n=1)

Temperatura (°C)	Luz	Cero	Uno	Ecuación del Modelo $Y = k_1 t + A$	$t_{0,5}$ (días)	D (días)	Q_{10}	z (°C)
22	No	0,9955	0,9965	$Y = -0,0066 t - 0,0022$	105,0	15,97		
22	Si	0,9538	0,9872	$Y = -0,0118 t - 0,0472$	58,7	8,93	1,51	55,87
45	No	0,9569	0,9933	$Y = -0,0171 t - 0,0325$	40,5	6,16		

Y: $\ln C/Co$, donde C concentración de AA a cualquier tiempo (mg/100 g); Co concentración inicial de AA (mg/100 g); k: constante aparente de velocidad de reacción (día^{-1}); t: tiempo (día); A: constante del modelo (mg/100 g).

DISCUSIÓN

Efectos del procesamiento

Como es de esperar la concentración de vitamina C fue disminuyendo a medida que el producto avanza en el flujo de producción y el mayor porcentaje de pérdida se corresponde al proceso de pasteurización, pese a que este se realiza por el sistema de alta temperatura y corto tiempo. También se observa una disminución notable de la concentración de AA en la zona de enfriamiento, ya que el producto se envasa y cierra en caliente (temperatura de 75 °C) y sale del túnel de enfriamiento a 45 °C hacia el área de almacenamiento. En ambas etapas la pérdida observada es debida, principalmente, a la termosensibilidad de esta vitamina. El análisis de varianza no mostró diferencia entre los lotes estudiados ($p \leq 0,05$).

La pérdida total de AA asciende a 54.15 %, un resultado similar al observado por Ordóñez-Santos y Vázquez-Riascos (2010) en la conversión de pulpa de guayaba en néctar, pero inferior al 63 % de pérdida reportado por Omayio *et al.* (2019) en la producción de jugo de guayaba.

Efectos del almacenamiento

Como se observa en la tabla 3, el análisis de regresión muestra un mejor ajuste cuando se emplea el modelo cinético de primer orden que cuando se emplea el modelo de orden cero.

También puede observarse, si se comparan los valores de la constante aparente de velocidad a 22 y 45 °C, almacenados sin luz, que la velocidad de deterioro aumenta con la temperatura. Estos resultados coinciden con lo reportado por otros autores (Remini *et al.*, 2015; Chauhan, Thakur, & Thakur, 2019), Los resultados también muestran que la exposición a la luz afecta negativamente el contenido de AA, lo que concuerda con lo reportado en la literatura (Bal *et al.*, 2014; Embaby & Mokhtar, 2019).

Los valores de k_1 obtenidos en este trabajo (tabla 3) se encuentran entre 6.6 y 17.1 $\times 10^{-3} \text{ d}^{-1}$. Abioye *et al.* (2013), encontraron durante el almacenamiento de una bebida de baobab, valores entre 5.26 y 29.95 $\times 10^{-3} \text{ d}^{-1}$ a 0 y 40 °C, respectivamente; Remini *et al.* (2015) encontraron valores entre 18.3 y 587.5 $\times 10^{-3} \text{ d}^{-1}$ en jugo de naranja, dependiendo de las características del jugo y la temperatura de almacenamiento; durante el almacenamiento de varios tipos de jugos de naranja, Akyildiz, Mertoglu, & Agcam (2021), encontraron valores de k entre 1.74–4.86 $\times 10^{-3} \text{ d}^{-1}$ a 4 °C y entre 3.44–12.45 $\times 10^{-3} \text{ d}^{-1}$ a 25 °C, según el tipo de jugo.

En general, los valores de k_1 encontrados en este trabajo, concuerdan con los resultados de la literatura. Esto significa que la velocidad de degradación de AA se ve notablemente afectada por la temperatura de almacenamiento y es un parámetro crítico para extender la vida útil de cualquier producto procesado y fortificado con AA. pero los valores específicos dependen de la matriz alimentaria.

En relación al tiempo de vida media, los valores encontrados en esta investigación se encuentran entre 40.5 y 105 días, según el tipo de almacenamiento. En la literatura (Akyildiz *et al.*, 2021) se reportan valores en el rango de 142.86–400.83 días y 56.11–210.63 días para diferentes tipos de jugo de naranja, almacenados a 4 y 25 °C, respectivamente, mientras que Remini *et al.* (2015) reportan valores entre 1.2 y 37.8 días. Respecto al valor Z , el resultado obtenido en este trabajo es superior al reportado por Abioye *et al.* (2013) de 25.96 °C, durante el almacenamiento de una bebida de baobab. Estas diferencias pueden ser atribuidas al empleo de diferentes matrices alimentarias y a los intervalos de temperatura estudiados.

Los valores del tiempo de vida media y del tiempo de reducción decimal, resultan menores cuando mayores son los valores de k_1 , indicando que. para las condiciones estudiadas, la mayor vida útil del producto ocurre cuando se almacena a 22 °C, protegido de la luz, mientras

que el valor de Q_{10} indica la dependencia de la degradación del ácido ascórbico con la temperatura.

Según la base de datos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América (USDA, 2015) el néctar de durazno enlatado y fortificado con ácido ascórbico (producto similar), debe contener el equivalente a 17,59 mg de ácido ascórbico / 100 g de néctar, Si se emplea el modelo obtenido para las mejores condiciones de almacenamiento para calcular este valor para el tiempo deseado de vida útil (180 días), se encuentra que el néctar estudiado presentaría un valor de solamente 13,78 mg de ácido ascórbico / 100 g de néctar, inferior al deseado, por lo cual debe incrementarse el nivel de fortificación del producto, considerando las pérdidas del proceso y las que ocurrirán durante el almacenamiento, según las condiciones a las que ocurra.

CONCLUSIONES

Los resultados encontrados en este estudio muestran que el AA se degrada tanto durante el proceso de obtención del néctar, como durante su almacenamiento.

Para lograr alcanzar el estándar deseado en cuanto a contenido de AA, debe ser re evaluado el proceso de fortificación, considerando cuales serían las condiciones reales de almacenamiento.

Tanto la temperatura de almacenamiento como evitar la exposición a la luz son factores críticos para mantener el valor nutricional deseado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abioye, A. O., Abioye, V. F., Ade-Omowaye, B. I., & Adedeji, A. A. (2013). Kinetic modeling of ascorbic acid loss in baobab drink at pasteurization and storage temperatures. *IOSR J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol*, 7(2), 17-23.
- Aguilar, K., Garvín, A., Lara-Sagahón, A., Ibarz, A., (2019) Ascorbic acid degradation in aqueous solution during UV-Vis irradiation, *Food Chemistry*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem>
- Akyildiz, A., Mertoglu, T. S., & Agcam, E. (2021). Kinetic Study for Ascorbic Acid Degradation, Hydroxymethylfurfural and Furfural Formations in Orange

- Juice. *Journal of Food Composition and Analysis*, 103996. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103996>
- Al Fata, N., Georgé, S., Dlalah, N., Renard, C. (2018). Influence of partial pressure oxygen on ascorbic acid degradation at canning temperature. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 49, 215-221. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.11.007>
- Aranceta Bartrina, J. (2018). Papel de la gastronomía y de las nuevas tecnologías en la configuración de una alimentación saludable. *Nutrición Hospitalaria*, 35(SPE4), 3-9. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.2118>
- Bal, L. M., Ahmad, T., Senapati, A. K., & Pandit, P. S. (2014). Evaluation of quality attributes during storage of guava nectar cv. *Lalit from different pulp and tss ratio*. *J Food Process Technol*, 5(329), 2. <https://dx.doi.org/10.4172/2157-7110.1000329>
- Chauhan, M., Thakur, N. S., & Thakur, A. (2019). Development of spiced squash (appetizer) from wild prickly pear (*Opuntia dillenii* Haw.) and its quality evaluation during storage. *Journal of Applied and Natural Science*, 11(2), 315-320. <https://doi.org/10.31018/jans.v11i2.2049>
- Cheng, C.-X.; Jia, M.; Gui, Y. and Ma, Y (2020). Comparison of the effects of novel processing technologies and conventional thermal pasteurization on the nutritional quality and aroma of Mandarin (*Citrus unshiu*) juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 64: 102425. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102425>
- Dhakal, S., & Heldman, D. R. (2019). Application of Thermal Kinetic Models in Liquid Foods and Beverages with Reference to Ascorbic Acid, Anthocyanin and Furan—a Review. *Journal of Food Science and Technology Nepal*, 11, 1-13. <https://doi.org/10.3126/jfstn.v11i0.29645>
- Embaby, H. E. S., & Mokhtar, S. M. (2019). Impact of adding goldenberry (*Physalis peruviana* L.) on some quality characteristics and bio-functional properties of pasteurized carrot (*Daucus carota* L.) nectar. *Journal of food science and technology*, 56(2), 966-975. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-03563-y>
- Ghoshal, G. (2019). Recent development in beverage packaging material and its adaptation strategy. *Trends in Beverage Packaging*, 21-50. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816683-3.00002-5>

- Ghoshal, G. (2019). Recent Development in Beverage Packaging Material and its Adaptation Strategy. In Trends in Beverage Packaging, (pp. 21-50). doi: [10.1016/B978-0-12-816683-3.00002-5](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816683-3.00002-5).
- GIA, Global Industry Analysts. (2021) Fruit and Vegetable Juices - Global Market Trajectory & Analytics 2021-2027. Disponible en: https://www.researchandmarkets.com/reports/338669/fruit_and_vegetable_juices_global_market
- Karelakis, C., Zevgitis, P., Galanopoulos, K., & Mattas, K. (2020). Consumer trends and attitudes to functional foods. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, 32(3), 266-294. <https://doi.org/10.1080/08974438.2019.1599760>.
- Matche, R. S. (2018). Packaging technologies for fruit juices. In *Fruit Juices* (pp. 637-666). Academic Press.
- Mieszczakowska-Frać, M., Celejewska, K., & Płocharski, W. (2021). Impact of innovative technologies on the content of vitamin C and its bioavailability from processed fruit and vegetable products. *Antioxidants*, 10(1), 54. <https://doi.org/10.3390/antiox10010054>
- Nakilcioǒlu-Taş, E., & Ötleş, S. (2020). Kinetic modelling of vitamin C losses in fresh citrus juices under different storage conditions. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020190328>
- Nowicka, P., Teleszko, M. and Wojdyło, A. (2019). Changes of peach juices during the shelf-life and their in vitro effect on glycolipid digestion and neurotransmitter metabolism. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(5): 1865-1873. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14091>
- Omayio, D. G., Abong, G. O., OKoth, M. W., Gachuri, C. K., & Mwang'ombe, A. W. (2019). Current status of guava (*Psidium Guajava* L.) production, utilization, processing and preservation in Kenya: a review. *Current Agriculture Research Journal* 7.3: 318-331.
- Ordóñez-Santos, L. E., & Vázquez-Riascos, A. (2010). Effect of processing and storage time on the vitamin C and lycopene contents of nectar of pink guava (*Psidium guajava* L.). *Archivos latinoamericanos de nutricion*, 60(3), 280.

- Remini, H., Mertz, C., Belbahi, A., Achir, N., Dornier, M., & Madani, K. (2015). Degradation kinetic modelling of ascorbic acid and colour intensity in pasteurised blood orange juice during storage. *Food chemistry*, 173, 665-673. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.069>
- Rodrigues, J. F., dos Santos Filho, M. T. C., de Oliveira, L. E. A., Siman, I. B., de Fátima Barcelos, A., Ramos, G. L. D. P. A., ... & Arriel, R. A. (2021). Effect of the COVID-19 pandemic on food habits and perceptions: A study with Brazilians. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 992-1001. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.09.005>
- Sanz, J. M., Lahoz, A. G., & Martín, R. O. (2021). Papel del sistema inmune en la infección por el SARS-CoV-2: inmunopatología de la COVID-19. *Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 13(33), 1917-1931. <https://doi.org/10.1016/j.med.2021.05.005>
- USDA (2015) National Nutrient Database for Standard Reference Release 28: Nutrients: Vitamin C, total ascorbic acid (mg) disponible en <https://ods.od.nih.gov/pubs/usdandb/VitaminC-Food.pdf>
- Wurlitzer, N. J., Dionísio, A. P., Lima, J. R., Garruti, D. D. S., Silva Araújo, I. M. D., da Rocha, R. F. J., & Maia, J. L. (2019). Tropical fruit juice: Effect of thermal treatment and storage time on sensory and functional properties. *Journal of food science and technology*, 56(12), 5184-5193. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03987-0>