

ARTÍCULO ORIGINAL**Determinación de la vida útil de cerveza artesanal tipo “Amber Ale” mediante pruebas aceleradas a tres temperaturas de almacenamiento****Determination of the shelf life of amber ale craft beer using accelerated tests at three storage temperatures**

Yoner Salas-Pastor¹^{*}, Julio Ramos¹, Natalia Chavez¹, Orlando Bolaños¹, Rodrigo Lozada¹, Elisa Diaz¹, Luz Vigo¹,
Rafael López¹ y Josué Limay¹

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la vida útil de la cerveza artesanal de tipo “Amber Ale” de la marca 4 diablos del distrito, provincia y departamento de Cajamarca. El problema radica en la falta de estudios específicos sobre la vida útil de cervezas artesanales de tipo “Amber Ale”, lo cual es crucial para garantizar la calidad, seguridad y satisfacción del consumidor, así como la viabilidad comercial del producto. Para la estimación de la vida útil se utilizó el modelo matemático planteado por Arrhenius, evaluando el parámetro fisicoquímico (pH) a través del método acelerado, en el que se trabajó a tres temperaturas de almacenamiento (20, 35 y 45 °C). Teniendo como resultado una cinética de orden cero estimando una vida útil de fisicoquímica considerando de 168.09 días para el parámetro de pH. Se concluye que el tiempo de vida útil de la cerveza artesanal tipo “Amber Ale” para una temperatura de 5 °C es de 5 meses y 18 días.

Palabras clave: Cerveza artesanal; arrhenius; vida útil; ph; sensorial.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the shelf life of “Amber Ale” craft beer of the 4 diablos brand in the district, province and department of Cajamarca. The problem lies in the lack of specific studies on the shelf life of “Amber Ale” craft beers, which is crucial to guarantee quality, safety and consumer satisfaction, as well as the commercial viability of the product. For the estimation of shelf life, the mathematical model proposed by Arrhenius was used, evaluating the physicochemical parameter (pH) through the accelerated method, which worked at three storage temperatures (20, 35 and 45 °C). The result was a kinetic of zero order, estimating a physicochemical shelf life of 168.09 days for the pH parameter. It is concluded that the shelf life of the craft beer type “Amber Ale” for a temperature of 5 °C is 5 months and 18 days.

Keywords: Craft beer; arrhenius; shelf life; ph; sensory

* Autor para correspondencia

¹ Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Email: yasalasp@unc.edu.pe, jramoss22_1@unc.edu.pe, nchavezp22_2@unc.edu.pe, sbolanosz21_1@unc.edu.pe, alozadaf21_1@unc.edu.pe, rdiaz21_1@unc.edu.pe, lvigol22_1@unc.edu.pe, rlopezm22_1@unc.edu.pe, elimayc21_1@unc.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La industria de la cerveza artesanal ha experimentado un crecimiento significativo sostenido en los últimos años (Espaliat, 2017), impulsado por la demanda de productos de alta calidad y sabores únicos (Espositi, et al, 2015), siendo las cervezas Ale, el segundo tipo más consumido, las cuales destacan por su carbonatación moderada y mayor graduación alcohólica en comparación con las Lager (García et al., 2015). Mascia et al. (2016) encontraron que 6 meses de envejecimiento en cámara frigorífica no modificaron significativamente la percepción sensorial de las cervezas artesanales de trigo duro fermentadas con levaduras de masa madre; así mismo Salek, et al (2022) reportan que el almacenamiento en frío de la cerveza lager checa durante 6 meses mantiene la frescura y los atributos sensoriales, al tiempo que afecta el contenido total de polifenoles, la turbidez y los atributos sensoriales. Sin embargo, uno de los desafíos más críticos que enfrentan las cervezas artesanales es su determinación precisa de la vida útil, la cual está en función al tipo y condiciones de proceso, la que debe consignarse en el envase de acuerdo a la legislación de cada país (Mesa y Aymerich, 2021); siendo el pH un parámetro crítico en la calidad de la cerveza artesanal, que afecta su sabor, estabilidad microbiológica (CDR BeerLab, 2018), el envejecimiento (Habschied et al., 2023; Guyot-Declerck et al., 2005; Mascia, et al., 2016; Morales, 2018; Ripari et al., 2019) que tiene que se produce por (E)-2-nonenal, metional, 3-metilbutanal, 2-furfuril etil éter, -damascenona y acetaldehído (Saison, et al. 2009), las condiciones de almacenamiento y transporte, así como la percepción sensorial del producto que es crucial para la aceptación del consumidor (Gabrielyan et al. 2014). Para la evaluación de vida útil en cerveza artesanal es necesario un enfoque integral en la evaluación de fisicoquímica, teniendo como desafíos para esta industria emergente seguir innovando en sus métodos de producción, uso de enzimas exógenas, presión hidrostática y la gestión de procesos (Buzrul et al., 2005; Nsogning et al., 2015). El modelo de Arrhenius ha sido ampliamente utilizado para predecir la estabilidad de productos alimenticios bajo diferentes condiciones de almacenamiento (Reyna, 2020), demostrando su eficacia para predecir la vida útil (Mendoza, et al., 2022).

La determinación de la vida útil de la cerveza artesanal tipo “Amber Ale” es crucial para garantizar la calidad y estabilidad del producto durante su almacenamiento y distribución. Utilizar el modelo matemático de Arrhenius para evaluar el pH a diferentes temperaturas proporciona una metodología científica robusta para su predicción. Este enfoque no solo beneficia a los productores al optimizar sus procesos de producción y almacenamiento, sino que también asegura a los consumidores un producto de alta calidad. Además, este estudio contribuye al conocimiento científico en el campo de la

tecnología de alimentos y bebidas, ofreciendo datos valiosos que pueden ser aplicados a otros tipos de cervezas artesanales.

El propósito de esta investigación fue determinar la vida útil de la cerveza artesanal tipo “Amber Ale” de la marca 4 Diablos del distrito, provincia y departamento de Cajamarca.

MATERIALES Y MÉTODOS

La unidad de análisis fueron botellas de cerveza artesanal tipo “Amber Ale”, se utilizó 33 unidades de 330 mL de la marca 4 diablos del distrito, provincia y departamento de Cajamarca – Perú, la cual se sometió a 3 temperaturas de almacenamiento evaluando el pH.

Modelo matemático de Arrhenius. Las cervezas artesanales fueron sometidas a temperaturas de almacenamiento (20, 35 y 45 °C) en incubadoras de marca Incubacell por un periodo de 30 días, evaluando el pH como parámetro fisicoquímico cada 3 días. Para determinar el orden de reacción, se utilizó el coeficiente de determinación (R^2), relacionando el valor crítico (A) frente al tiempo de almacenamiento para un posible orden cero, y $\ln A$ frente al tiempo de almacenamiento para un posible orden uno. Se seleccionó el orden de reacción que presentó el mayor R^2 . La ecuación cinética de reacción linealizada para un orden de reacción cero fue fundamental para este análisis.

Asimismo, se calculó la energía de activación (E_a) a partir de la gráfica de $\ln(k)$ frente a $1/T_{abs}$ (K), donde la pendiente de la gráfica correspondió a E_a/R y el intercepto a $\ln k_0$. Los valores obtenidos de E_a y K_0 se utilizaron para calcular la constante de velocidad K a 5 °C, utilizando la temperatura absoluta de 278 K (Malvais, 2017).

Medición de pH. Se llevó a cabo un proceso sistemático que comenzó con el calentamiento de la muestra en un vaso de precipitado a 60 °C durante 10 minutos. Este paso fue crucial, ya que permitió la liberación del dióxido de carbono disuelto, evitando interferencias que pudieran afectar la precisión de las lecturas de pH (Habschied et al., 2022). Posteriormente, se tomaron 50 mL de la cerveza calentada y se dejaron enfriar a temperatura ambiente. Antes de realizar las mediciones, se calibró el pH-metro de la marca Biobase con soluciones buffer de pH: 4, pH: 7 y pH: 10, para asegurar la exactitud del instrumento (Smith, 2019). Se llevaron a cabo tres mediciones independientes de pH de la misma muestra, evaluando la cerveza artesanal a diferentes temperaturas de almacenamiento (20, 35 y 45 °C). En cada medición, la sonda del pH-metro se sumergió en la muestra y se esperó hasta que la lectura se estabilizara, garantizando la obtención de un valor confiable. Las lecturas se registraron meticulosamente, y se repitieron dos veces más para asegurar la reproducibilidad y la validez de los datos. Este enfoque riguroso permitió analizar cómo las variaciones de temperatura afectan el pH de la cerveza, que influye en la calidad y el perfil sensorial del producto final (Peters & Hennings, 2020).

RESULTADOS

Medición de pH

Los resultados de las evaluaciones de pH para las temperaturas de almacenamiento van desde 4.52 hasta 4.20 para 20 °C; 4.52 hasta 3.56 para 35 °C y 4.52 hasta 3.55 para 45 °C.

Tabla 1

pH en la cerveza artesanal almacenada a 20, 35 y 45 °C.

Tiempo (días)	pH: 20 °C	pH: 35 °C	pH: 45 °C
1	4.52	4.52	4.52
3	4.50	4.46	4.44
6	4.48	4.33	4.29
9	4.46	4.22	4.19
12	4.43	4.12	4.06
15	4.36	4.08	3.94
18	4.33	3.94	3.80
21	4.28	3.83	3.75
24	4.25	3.80	3.66
27	4.22	3.65	3.55
30	4.20	3.56	3.47

Al graficar el pH vs tiempo de almacenamiento (Figura 1) se observa que la cinética es de orden 0.

Figura 1

pH vs tiempo de almacenamiento (días)

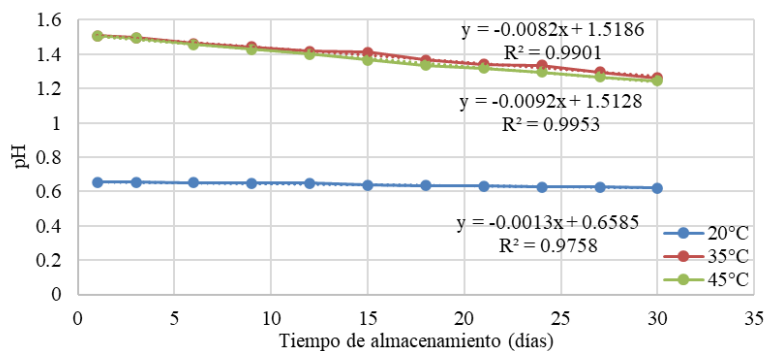


Tabla 2

Resultados de R2 de la gráfica orden 0

Orden de reacción	R ²		
	20 °C	35 °C	45 °C
0	0.9758	0.9901	0.9953

En la Tabla 3 se muestran los datos para estimar de la Energía de Activación E_a , mediante la ecuación de Arrhenius.

Tabla 3
Expresión de resultados de la gráfica $\ln(k)$ vs tiempo de almacenamiento

T (°C)	T (K)	1/T	k	Ln (k)
20	293	0.0034	0.0123	-4.398
35	308	0.0032	0.0330	-3.411
45	318	0.0031	0.0367	-3.305

Figura 2
 $\ln(k)$ vs $1/T$ (K)

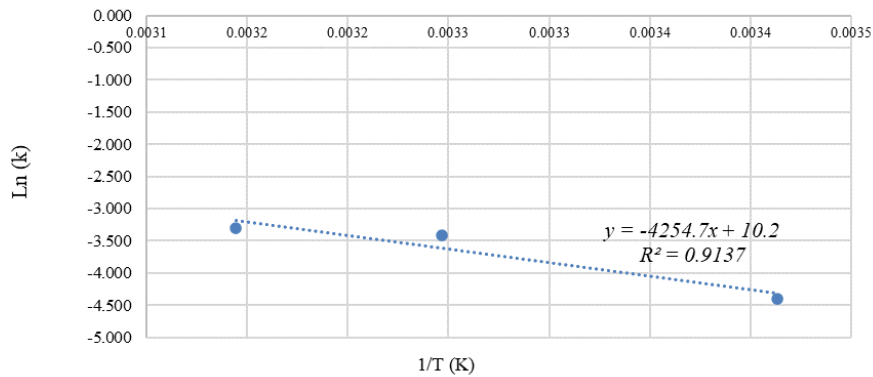


Tabla 4
Calculando el valor de k a 5 °C, y la E_a , utilizando la ecuación de Arrhenius

T (°C)	T (K)	1/T	k	Ln (k)
5	278	0.0036	0.0060683	-5.1047
$E_a = 35.3678$		KJ /mol		

Para la estimación de la vida útil de cerveza artesanal, el pH inicial (A_0) es 4.52 y el pH crítico de aceptabilidad comercial (A) es 3.5, siendo k valores a diferentes temperaturas y t tiempo de vida útil, estimando para una temperatura de almacenamiento a 5 °C un tiempo de 5 meses y 18 días.

Tabla 5
Vida útil de la cerveza artesanal tipo “Amber Ale” en relación con el pH

k	T (°C)	t (días)	t (meses)
0.0061	5	168.09	5.60
0.0123	20	82.93	2.76
0.033	35	30.91	1.03
0.0367	45	27.79	0.93

DISCUSIÓN

En la Tabla 1 y Figura 1, se muestra los valores obtenidos de pH para las diferentes temperaturas de almacenamiento, mediante un ajuste a una cinética de reacción de orden cero, determinando la E_a (Tabla 3, Figura 2 y Tabla 4), estableciendo un tiempo de vida útil de 5 meses con 18 días (Tabla 5) para la cerveza artesanal “Amber Ale” almacenada a 5 °C; el pH tiene importancia en la conservación de la cerveza artesanal tipo “Amber Ale”, ya que afecta su sabor y estabilidad microbiológica (CDR BeerLab, 2018), siendo un parámetro que debe mantenerse en 3.5, de acuerdo con la norma NTP 213.014 (INACAL, 2016). Esto implica que cualquier variación que lleve el pH a niveles críticos puede comprometer la calidad del producto, este aspecto es respaldado por Peters & Hennings (2020), quienes afirmaron que para garantizar la estabilidad de la cerveza a lo largo del tiempo debe estar en un rango pH de 3.5 a 4.0. Los valores obtenidos de pH varían entre 3.47 a 4.54 (Tabla 1) estando dentro del rango de pH (4.01 a 4.77) reportado por Choi, et al. (2022) para la cerveza tipo Ale; valores inferiores a 4.00 pueden estar asociados una menor oxidación, mayor estabilidad sensorial y frescura lo que asegura una mayor duración en cervezas artesanales (García et al., 2021 & Smith, 2019), contribuyendo a una mayor duración hasta de 6 meses el almacenamiento en frío ya que mantiene la frescura y los atributos sensoriales sin afectar contenido total de polifenoles y turbidez (Mascia et al., 2016 & Salek, et al, 2022). Morales (2018) encontró que la vida útil sensorial de cervezas artesanales supera los 30 días, pudiendo consumirse hasta un año cuando estas embotelladas (Čejka, 2013), ya que luego ocurrirá un deterioro fisicoquímico, estos estudios están acordes con la vida útil estimada de 5 meses y 18 días para la cerveza artesanal “Amber Ale” almacenada a 5 °C.

CONCLUSIONES

El tiempo de vida útil de la cerveza artesanal tipo “Amber Ale” mediante pruebas aceleradas, considerando como parámetro crítico el pH es de 5 meses y 18 días para una temperatura de almacenamiento de 5 °C.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Buzrul, S., Alpas, H. y Bozoğlu, F. (2005). Efectos de la alta presión hidrostática en la vida útil de la cerveza lager. *European Food Research and Technology*, 220, 615-618. <https://doi.org/10.1007/S00217-004-1086-Z>
- Čejka, P., Čulík, J., Horák, T., Jurková, M., y Olšovská, J. (2013). Uso de indicadores químicos del envejecimiento de la cerveza para la comprobación ex post de las condiciones de almacenamiento y la predicción de la estabilidad sensorial de la cerveza. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 61 51, 12670-5. <https://doi.org/10.1021/jf403361h>

- CDR BeerLab (2018). Los análisis para el control del proceso de elaboración de cerveza. Recuperado de CDR BeerLab.
- Choi, J., Kwon, Y., Jeong, S., Kang, H. y Kang, J. (2022). Comparación de las características de calidad de las cervezas tipo ale y tipo lager disponibles comercialmente. *Revista Coreana de Conservación de Alimentos*. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2022.29.2.292>
- Espaliat, M. (2017). Economía circular y sostenibilidad. Nuevos enfoques para la creación de valor. *CreateSpace*.
- Esposti, R., Fastigi, M., & Viganò, E. (2015). Il movimento italiano delle birre artigianali: il caso dei birrifici agricoli. *Agriregionieuropa*, 11(43)
- García, J., Martínez, L., & Torres, P. (2021). Impacto del pH en la estabilidad de la cerveza artesanal. *Revista de Ciencias Cerveceras*, 15, 123-134.
- García, X. (2015). Los orígenes y la implantación de la industria cervecera en España, XVI-1913 (*Tesis doctoral, Universidad de Barcelona*). Recuperado de <https://www.tdx.cat/handle/10803/130897#page=4>
- Gabrielyan, G., McCluskey, J., Marsh, T. y Ross, C. (2014). Disposición a pagar por atributos sensoriales en la cerveza. *Agricultural and Resource Economics Review*, 43, 125-139. <https://doi.org/10.1017/S1068280500006948>
- Guyot-Declerck, C., François, N., Ritter, C., Govaerts, B., y Collin, S. (2005). Influencia del pH y el envejecimiento en las propiedades organolépticas de la cerveza. Un análisis sensorial basado en datos de AEDA. *Food Quality and Preference*, 16, 157-162. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2004.04.007>
- Habschied, K., Ćosić, I., Šarić, G., Krstanović, V. y Mastanjević, K. (2023). Análisis sensorial acoplado con análisis de cromatografía de gases/espectrometría de masas en la evaluación de cerveza artesanal. *Fermentación*. <https://doi.org/10.3390/fermentation9080747>
- Habschied, K., Krstanović, V. y Mastanjević, K. (2022). Evaluación de la calidad de la cerveza: un aspecto sensorial. *Bebidas*. <https://doi.org/10.3390/beverages8010015>
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2016). *NTP 213.014: Cerveza. Requisitos*. Lima, Perú: INACAL.
- Mendoza, J. J. G., Alava, R. C. P., & Zambrano, R. L. B. (2022). Calidad fisicoquímica y sensorial de cerveza artesanal estilo blonde ale con infusión de flor deshidratada de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*). *Manglar*, 19(4), 331-339. <https://doi.org/10.57188/manglar.2022.042>
- Malvais, D. R. E. (2017). *Estudio de vida de anaquel de bebidas saborizadas* [Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/67547>
- Mascia, I., Fadda, C., Karabín, M., Dostálek, P., & Caro, A. (2016). Envejecimiento de cerveza artesanal de trigo duro fermentada con levaduras de masa madre. *Lwt - Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 65, 487-494. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2015.08.026>
- Mesa, H. y Aymerich, G. (2021). Plan de negocio Marca de cerveza artesanal. *Trabajo de Grado*. Universidad de La Laguna. Recuperado de:

<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/24353/Plan%20de%20negocio%20Marca%20de%20cerveza%20artesanal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Morales, A. (2018). Evaluación de la vida útil de cervezas artesanales: un enfoque sensorial y físico-químico. *Journal of Brewing Science*, 32, 45-52.
- Morales, M. (2018). Reacciones químicas en la cerveza. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/20105/20112>
- Nsogning, S., Zarnkow, M., Becker, T., Merz, A., y Schöenberg, S. (2015). Uso de enzimas exógenas y gestión de procesos para mejorar la vida útil de la cerveza opaca tradicional. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 73, 22-28. <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2015-0121-01>
- Peters, H., & Hennings, K. (2020). La importancia del control del pH en la conservación de cervezas. *Food Chemistry*, 123, 678-685.
- Reyna Zurita, E. (2020). Parámetros de calidad para cerveza artesanal. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de [UNAM](https://www.unam.mx).
- Ripari, V., Tomassetti, M., Cecchi, T. y Berardi, E. (2019). Primer estudio del envejecimiento de la cerveza de masa madre a través de la huella química de los marcadores volátiles. *Food Analytical Methods*, 12, 2459-2468. <https://doi.org/10.1007/s12161-019-01592-7>
- Saison, D., Schutter, D., Uyttenhove, B., Delvaux, F., y Delvaux, F. (2009). Contribución de los compuestos que provocan el envejecimiento al sabor añejo de la cerveza lager mediante el estudio de sus umbrales de sabor. *Química alimentaria*, 114, 1206-1215. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2008.10.078>.
- Salek, RN, Lorencová, E., Gál, R., Kůrová, V., Opustilová, K. y Buňka, F. (2022). Propiedades fisicoquímicas y sensoriales de las cervezas lager checas con valores crecientes de extracto de mosto original durante el almacenamiento en frío. *Foods (Basilea, Suiza)*, 11 (21), 3389. <https://doi.org/10.3390/foods11213389>
- Smith, R. (2019). Factores que afectan la estabilidad sensorial de las cervezas artesanales. *International Journal of Beer Studies*, 11(2), 99-110.