


Artículo original


ESTABILIDAD DE BEBIDA FUNCIONAL DE SUERO DESLACTOSADO CON *Passiflora mollissima* EN CONDICIONES TERMALES: UN ESTUDIO DE VIDA ÚTIL

STABILITY OF LACTOSE-FREE WHEY FUNCTIONAL BEVERAGE WITH *Passiflora mollissima* UNDER THERMAL CONDITIONS: A SHELF-LIFE STUDY


DANIELA CECILIA VALDEZ HERRERA¹

 <https://orcid.org/0000-0003-4527-8869>


CRISTHEL LUCIANA BERMEJO MALLEA²

 <https://orcid.org/0000-0002-9982-8910>

CESAR ANTONIO HUAYNA MARIN³

 <https://orcid.org/0000-0003-2167-180X>

ANABEL DEL ROSARIO CRISOSTO FUSTER⁴

 <https://orcid.org/0000-0002-6290-8802>

Recibido: 29/06/2022

Aceptado: 15/09/2022

Publicado: 18/10/2022

¹Área de Control de Calidad, Agroindustrias González SAC, Tacna, Perú

²Área de procesos, MUNAY Tacna SAC, Tacna, Perú

^{3,4}Facultad de Ingeniería, Universidad Privada de Tacna, Perú

E-mail: ¹danielavalh@gmail.com, ²cristhelbermejo@gmail.com, ³ceer2804@gmail.com,
⁴andcrisosto@upt.pe



Resumen

En la búsqueda de darle utilidad al lactosuero (LS), que es un subproducto generado en la industria láctea con propiedades altamente nutritivas, desechado en gran medida al medio ambiente generando problemas ambientales con efectos al suelo y reducción de la vida acuática cuando indispone el oxígeno disuelto debido a su carga contaminante; diversos estudios han demostrado que se puede emplear el LS en productos de consumo humano y animal, no obstante, por su contenido de lactosa suele ser problema para personas intolerantes a dicho azúcar. Por tal motivo, se evaluó una bebida a base de suero deslactosado (SD) proveniente de la fabricación de queso con la adición de pulpa y mesocarpio de *Passiflora mollissima* (PM), así como también, se determinó sus características fisicoquímicas, nutricionales, sensoriales y vida útil según el método de Labuza (1985). Los resultados indican que la bebida posee características nutricionales atractivas. La vida útil estimada fue de 18 días almacenados a 20 °C, que se traduce como la degradación cinética del producto expresado en el aumento de acidez, al mismo tiempo, la evaluación de las características sensoriales durante el tiempo de estudio arrojó una vida útil más corta, probablemente debido a la detección de suero que podría influir en la aceptación por parte del panel sensorial, hecho que ocurrió a partir del día 15. Dadas las limitaciones del estudio, falta por determinar entre otros aspectos, los microbiológicos.

Palabras clave: Suero deslactosado; lactosa; vida útil; *Passiflora mollissima*.

Abstract

In the search of giving utility to the lactoserum (LS), which is a by-product generated in the dairy industry, with highly nutritious properties, it is largely discarded to the environment generating environmental problems with effects to the soil and reduction of aquatic life when it interferes with the dissolved oxygen due to its pollutant load. Several studies have shown that LS can be used in products for human and animal consumption; however, due to its lactose content, it is usually a problem for people intolerant to this sugar. For this reason, a beverage based on lactose-free whey (LFW) from cheese production with the addition of *Passiflora mollissima* (PM) pulp and mesocarp was evaluated, and its physicochemical, nutritional, sensory, and shelf life characteristics were determined according to Labuza's method (1985). The results indicate that the beverage has attractive nutritional characteristics. The estimated shelf life was 18 days stored at 20 °C, which translates as the kinetic degradation of the product expressed in the acidity rise, at the same time, the evaluation of the sensory characteristics during the study time showed a shorter shelf life, probably due to the detection of whey that could influence the acceptance by the sensory panel, a fact that occurred from day 15. Given the limitations of the study, it remains to be determined among other aspects, such as microbiological aspects.

Keywords: lactosed whey; lactose; shelf life; *Passiflora mollissima*.

1. Introducción

El suero lácteo es un subproducto de la producción de quesería que se genera en grandes volúmenes, se ha estimado alrededor de 200 millones de toneladas al año (Banaszewska et al., 2014) y gran parte es descartada como efluente generando problemas ambientales que afecta el suelo y reduce la vida acuática cuando indisponen el oxígeno disuelto. El desaprovechamiento se debe principalmente a la poca disponibilidad de tecnologías apropiadas, la poca regulación ambiental y alimentaria (Rodríguez-Basantes et al., 2020), por ello el reaprovechamiento permite la posibilidad de utilizar algunos nutrientes en la producción de otros productos. Su contenido de proteínas, vitaminas minerales y lactosa hace que el LS sea una opción interesante de aprovecharlos. En ese sentido, Molero-Mendez et al. (2017) indica que se compone de 5 % lactosa, 93 % agua, 0,85 % proteína, 0,53 % minerales y 0,36 % grasa, otros compuestos que se encuentra es la vitamina B (Barukčić et al., 2019); por otro lado, se ha estudiado diferentes técnicas para recuperar sus componentes según Sparsh y Parag (2017), tales como la separación por membranas y otras técnicas novedosas de separación intensificada. Un compuesto importante es la lactosa que es un azúcar que resulta de la unión de dos moléculas: una de glucosa y una de galactosa, en lactosueros dulces se encuentra en aproximadamente 44,00 a 46,00 g/L y en lactosueros ácidos y de 46,00 a 52,00 g/L en LS dulce (Poveda, 2013). La lactosa del LS se aplica en la producción de los principales productos lácteos, a menudo para estandarizar los niveles de proteína en los productos lácteos finales (Banaszewska et al., 2014).

La lactosa como componente significativo del LS puede ayudar a absorber el calcio cuando está presente en la leche (Hae – Soo et al., 2012), contrariamente en ciertas personas con deficiencia en lactasa o malabsorción de lactasa podrían existir alteraciones en la absorción de este compuesto (Madeiros et al., 2012). Así mismo, en ocasiones, la deficiencia de lactasa ocasiona la intolerancia a la lactosa, por ello la lactosa que no se digiere se deposita en el intestino y es descompuesta por bacterias, provocando la producción de gases. Estas deficiencias están relacionadas al origen étnico; aproximadamente de 15 a 80 % de población adulta presenta baja actividad de β -galactosidasa que es la responsable de la intolerancia a la lactosa.

Para personas con intolerancia a la lactosa es necesario que se elimine este disacárido para la formulación de productos como bebidas para no generar problemas digestivos, aunque no existen antecedentes del uso de DS para tal fin. Algunos estudios (Cappato et al., 2018; Amaral et al., 2018) han investigado el uso de pulpa de frutas para enmascarar las características sensoriales del suero con la finalidad de mejorar la aceptabilidad sensorial de la bebida, así como incrementar el valor biológico del producto.

Para formular la BSD se puede usar la PM (conocida como tumbo), que es una fruta que contiene compuestos fenólicos y una alta capacidad reductora. Estas características convierten al fruto con buenas propiedades funcionales.

2. Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la estabilidad de BSD proveniente de la fabricación de queso con la adición de pulpa y mesocarpio de PM en condiciones termales, con la finalidad de estimar su vida útil en función de las características sensoriales y fisicoquímicas.

3. Metodología

Para la elaboración de la bebida funcional se empleó LS sin sal procedente de la planta lechera Tacna de la región Tacna, así como pulpa y mesocarpio de PM procedente de un mercado local de la misma región. Los componentes adicionales empleados fueron la sacarosa, como estabilizante se usó Carboximetilcelulosa (CMC). El proceso de elaboración se efectuó en el Laboratorio de Procesos Agroindustriales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna.

3.1. Deslactosado de suero

La hidrólisis de lactosa del suero se realizó a una temperatura de $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$, por un tiempo de una hora con agitación previa antes de la adición de la enzima y posterior agitación continua por 15 min hasta asegurar la distribución adecuada en todo el suero. Se empleó la enzima β -galactosidasa, altamente purificada, estandarizada y neutra en forma líquida, marca HA-LACTASE TM a razón de 1,5 ml por litro por recomendación de fabricante. La determinación de la presencia de lactosa en el compuesto deslactosado se efectuó mediante los Métodos Oficiales de Análisis Internacional (AOAC; por sus siglas en inglés) N.º 984.15, 21st. Ed. (2019) para determinación de lactosa en Leche "Método enzimático", estas determinaciones se realizaron en un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL-DA).

3.2. Formulación de la bebida deslactosada con pulpa de *Passiflora mollissima*

El suero deslactosado (SD), la pulpa y mesocarpio de PM se mezclaron con otros componentes en diferentes proporciones bajo un diseño de mezclas. Tal como se aprecia en la tabla 1, las formulaciones se realizaron tomando como referencia a la NTP 103.001:2018 para la elaboración de jugos, néctares de fruta y refrescos.

El procesamiento consistió en seleccionar las frutas de PM sin defectos ni daños, luego se lavaron y extrajeron la pulpa y el mesocarpio de forma manual; para separar las semillas, se depuró en un tamiz de malla 3. El LS se filtró en un dispositivo convencional y se mezcló con los demás insumos, el homogenizado de la mezcla se llevó a cabo en una licuadora industrial de 2 Hp y capacidad de 20 litros, durante 1 min. Seguidamente, se pasteurizó en una marmita enchaquetada a $75\text{ }^{\circ}\text{C}$, marca IMKA de 20 litros con agitador, luego se realizó el shock térmico con agua fría. Una vez enfriado a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ se envasó en botellas de plástico PET de 120 mL. Finalmente, las muestras envasadas se dividieron en tres grupos para ser almacenados a; 10, 20 y $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ en refrigerador marca Coldex y dos estufas INCUCCELL de 55 L con rango de trabajo de 5 a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ para controlar los parámetros que definen su vida útil.

3.3. Determinación de vida útil

La metodología para determinación de vida útil consiste en determinar el tiempo en que un producto alimenticio mantiene sus características como aptas para consumo, y por tanto, aceptado por el consumidor, para tal propósito se determina la velocidad con que cambia un parámetro con respecto al tiempo a diferentes condiciones de temperatura luego se calcula el

valor Q10 que representa la razón de las constantes de velocidad de reacción a las temperaturas fijadas. Los muestreos se prologaron durante 21 días y la frecuencia de análisis fue dos veces por semana.

Por tanto, para determinar la degradación cinética que predice la variación de la acidez, se empleó la fórmula descrita por Labuza (1985) que se representa mediante un modelo de reacción de orden cero según la ecuación (1):

$$-\frac{dX}{dt} = K \quad (1)$$

Donde X es el valor cuantitativo del factor de calidad o la reacción de deterioro, K es la constante o tasa específica de reacción que depende de la temperatura (t). Integrando la ecuación (1), se linealiza para tener una recta con pendiente K.

$$X_f = X_0 - Kt_u \quad (2)$$

Con X_0 como intersección en el eje Y

La constante de velocidad de reacción es función de la temperatura, esta relación es representada por el modelo de Arrhenius, que representa la dependencia de la constante de reacción con la temperatura, tal como se muestra en la ecuación (3).

$$K = Ae^{-E_a/RT} \quad (3)$$

Donde E_a es la energía de activación de la reacción (Kcal/mol), R es la constante universal de los gases (8,314472 j/Kmol), T es la temperatura absoluta (K) y K es la constante preexponencial o factor de frecuencia (1/día).

Aplicando logaritmos a la ecuación (3), se linealiza con pendiente E_a/R , el término E_a representa el valor de la energía de activación.

$$\ln K = \ln A - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T} \quad (4)$$

3.4. Evaluación fisicoquímica

Los parámetros determinados fueron humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra cruda, carbohidratos, azúcares totales y energía proveniente de carbohidratos, grasas y proteínas. Los métodos utilizados fueron según lo indicado en la FAO, Food and Nutrition Paper volumen 14/7; página 205 para humedad, página 221 – 223 para proteína cruda, página 212 para grasa, página 228 – 229 para cenizas y página 230 fibra cruda. En el caso de carbohidratos se determinó por diferencia y para calorías por cálculo según la Tabla de Composición de Alimentos, Ácidos Grasos y Aminoácidos de Teodoro (2005).

Para el control fisicoquímico de las muestras en anaquel se realizó el control de la acidez como acidez titulable expresada en ácido cítrico. 20,0 mL de bebida se vertió en un Erlenmeyer y se le agregó 40,0 mL de agua destilada. En seguida, se adicionó 4 gotas de fenolftaleína; una vez agitado, se tituló con hidróxido de sodio (0,1 N), agitando hasta que la muestra se torne

color rosa, hasta color estable por 15 segundos. Se determinó el consumo de la solución y se calculó el porcentaje de acidez titulable expresado en ácido cítrico. Para la determinación de °Brix, se midió 5 ml de muestra y se diluyó con 10 mL de agua destilada, se temperó a 20 C y luego se realizó la lectura del porcentaje en peso de azúcar en grados Brix.

3.5. Evaluación sensorial

Para determinar el nivel de aceptación de la BSD con PM, se realizó una evaluación sensorial con un panel entrenado con 5 jueces, los atributos evaluados consistieron en color, olor, sabor, textura, empleando una escala hedónica de 7 puntos: me gusta mucho (7), me gusta (6), me gusta ligeramente (5), no me gusta ni me disgusta (4), me disgusta ligeramente (3), me disgusta (2), me disgusta mucho (1), similares a los empleados por otros investigadores (Molero-Méndez, et al., 2017; D'Ortignacq, 2015; Hernández-Monzón et al., 2021; Valle, 2022).

4. Resultados

4.1. Deslactosado de suero

El análisis de la lactosa presente en el suero sin la aplicación de la enzima β -galactosidasa y el SD, se realizaron por triplicado, resultando $3,65 \pm 0,46$ % de lactosa en la muestra de control (LS) y menor a una décima en términos porcentuales en el LS con aplicación de la enzima ($< 0,1$ %). Posteriormente, se empleó el SD para la formulación de la bebida funcional. Aunque no se analizó el desdoblamiento de la lactosa en galactosa y glucosa (Martínez et al., 2013), se asume que el suero hidrolizado contiene dichos azúcares.

4.2. Características de la bebida

La tabla 3 presenta la formulación de los diferentes tratamientos y resultados de la evaluación sensorial. A partir de la evaluación sensorial por atributos, se agrupó las puntuaciones para formular la aceptación general, sobre la base de estas puntuaciones; la muestra que resultó con mejor la aceptación sensorial fue el tratamiento 12 que estaba compuesta de 10 % de pulpa, 22 % de mesocarpio de PM, 55,6% de SD, 12 % de sacarosa y 0,4 % de CMC.

A pesar de no encontrar un modelo estadísticamente significativo que permita analizar el efecto de sus componentes sobre la variable respuesta para el diseño de mezclas, el experimento sirvió para analizar estadísticamente y prever la formulación más aceptada a partir de los tratamientos.

Tabla 1

Ensayos físicoquímicos en bebida funcional de lactosuero con pulpa y mesocarpio de *Passiflora mollissima*

Análisis	Ensayo	Resultado	Unidades
1	Humedad	84,76	g/100 mL
2	Proteína	0,22	g/100 mL
3	Grasa	0,00	g/100 mL
4	Cenizas	0,34	g/100 mL
5	Fibra cruda	0,00	g/100 mL
6	Carbohidratos	14,68	g/100 mL
7	Energía total	59,60	Kcal/100 mL
8	Energía proveniente de carbohidratos	98,52	%
9	Energía proveniente de grasas	0,00	%
10	Energía proveniente de proteína	1,48	%
11	Azúcares totales	14,65	g/100mL
12	pH	4,3±0,13	--
13	Acidez	1,35±0,05	%

Nota. Métodos de ensayo utilizado: (1) FAO Food and Nutrition Paper volumen 14/7; página 205 para humedad; (2) Métodos de ensayo utilizado: 1. FAO Food and Nutrition Paper volumen 14/7; página 221 – 223 para proteína cruda. (3) Métodos de ensayo utilizado: 1. FAO Food and Nutrition Paper volumen 14/7; página 212 para grasa. (4) Métodos de ensayo utilizado: 1. FAO Food and Nutrition Paper volumen 14/7; página 228 – 229 para cenizas. (5) Métodos de ensayo utilizado: 1. FAO Food and Nutrition Paper volumen 14/7; página 230 fibra cruda. (6) Tabla de Composición de Alimentos, (7) Ácidos Grasos y Aminoácidos Agapito (2005)- carbohidratos se determinó por diferencia. Tabla de Composición de Alimentos, Ácidos Grasos y Aminoácidos de Agapito - calorías por cálculo. (8), (9), (10) Tabla de Composición de Alimentos, Ácidos Grasos y Aminoácidos Agapito (2005), por cálculo.

Tabla 2

Resultados de la evaluación sensorial en escala hedónica

N°	Pulpa de PM (%)	Mesocarpio de PM (%)	SD (%)	Sacarosa (%)	CMC (%)	Aceptación sensorial \bar{x} ± DE
1	12,8	20,0	55,0	12,0	0,2	5,69 ± 0,86 cd
2	10,0	20,0	57,8	12,0	0,2	5,56 ± 1,03 cd
3	10,8	22,0	55,0	12,0	0,2	5,31 ± 0,97 bcd
4	10,0	22,0	55,8	12,0	0,2	5,13 ± 0,96 bcd
5	10,0	22,0	55,0	12,8	0,2	5,06 ± 1,29 bcd
6	10,8	20,0	55,0	14,0	0,2	5,63 ± 0,81 cd
7	10,0	20,8	55,0	14,0	0,2	5,19 ± 1,17 bcd
8	10,0	20,0	55,8	14,0	0,2	5,19 ± 0,81 bcd
9	12,6	20,0	55,0	12,0	0,4	5,31 ± 0,70 bcd
10	10,0	20,0	57,6	12,0	0,4	5,56 ± 0,73 cd
11	10,6	22,0	55,0	12,0	0,4	5,5 ± 0,93 cd
12	10,0	22,0	55,6	12,0	0,4	5,88 ± 0,81 d
13	10,0	22,0	55,0	12,6	0,4	5,50 ± 0,81 cd
14	10,6	20,0	55,0	14,0	0,4	4,88 ± 0,89 bc
15	10,0	20,6	55,0	14,0	0,4	4,50 ± 1,32 ab
16	10,0	20,0	55,6	14,0	0,4	3,94 ± 1,48a

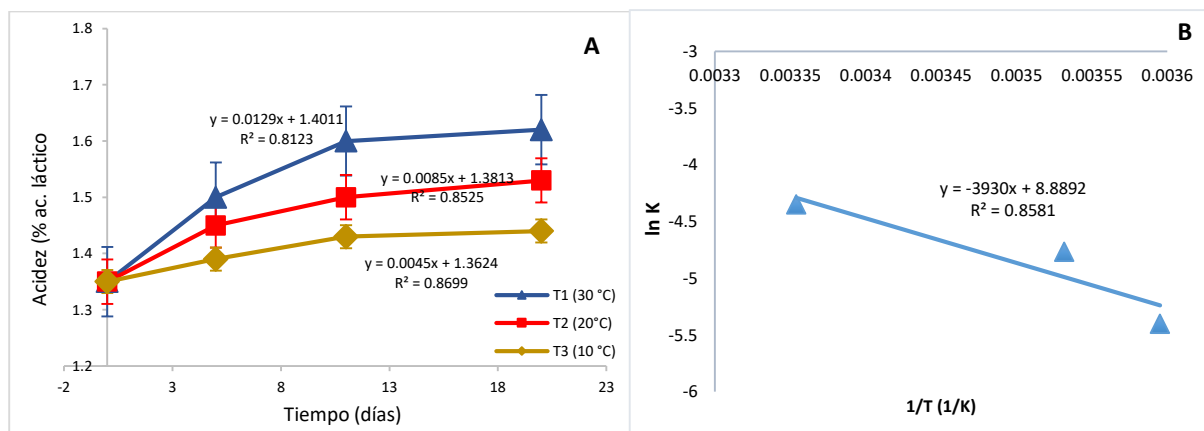
Nota. Medias con las mismas letras no difieren entre sí al nivel de 5 % de probabilidad para prueba de múltiples rangos (p -valor = 0,0042). PM= *Passiflora mollissima*, SD = suero deslactosado, CMC = Carboximetilcelulosa, DE = desviación estándar.

4.3. Vida Útil

La vida útil se estimó en función de los parámetros de variación de acidez expresada en ácido cítrico y variación de la aceptación sensorial. Se evaluó por 20 días a tres temperaturas, tal como se muestra en la figura 1A, donde el porcentaje de acidez aumenta respecto al tiempo y es mayor a temperaturas de 30 °C, los modelos de regresiones lineales observadas en cada tratamiento explican en rangos mayores al 80 % a la varianza, siendo valores (R^2) adecuados para procesos físicos y controlados.

Figura 1

Variación de porcentaje de ácido cítrico en función del tiempo a diferentes temperaturas y $\ln K$ en función de $1/T$



Con las tres constantes, representadas por las pendientes de las curvas (K), representados en logaritmos ($\ln K$) y las temperaturas a la inversa ($1/T$) se graficó la curva representada en la figura 1B, donde se muestra la ecuación (5) que representa el modelo clásico de Arrhenius.

$$K = K_0 e^{\frac{-E_a}{RT}} \quad (5)$$

La fórmula logarítmica de la ecuación (5) es la siguiente:

$$\ln K = -E_a \frac{1}{RT} + \ln K_0 \quad (6)$$

Al reemplazar los valores de la figura 2, se tiene:

$$\ln K = -3930 \frac{1}{T} + 8,8892 \quad (7)$$

Por tanto, el valor de la energía de activación considerando $E_a/R = m$, donde m (-3930) es la pendiente y $R = 8,314472$ j/Kmol, resulta una energía de activación (E_a) de 32,675 kJ/mol. La energía de activación encontrada correspondería a una velocidad de reacción sensible a los cambios de temperatura.

Por lo tanto, el cálculo de factor preexponencial (K_0) a partir de $\ln K_0$ de la ecuación (6) resulta:

$$K_0 = e^{8,8892}, \text{ siendo } K_0 = 7\,253,21429 \text{ días}^{-1}$$

La solución de la ecuación (6), considerando de orden reacción cero y asumiendo K como la variación de la acidez, da como resultado la siguiente expresión:

$$\ln\left(\frac{Ac.\text{final}}{Ac.\text{inicial}}\right) = k_0 * t \quad (8)$$

La ecuación (8) permite calcular el tiempo necesario para que la acidez llegue al valor inaceptable a una temperatura dada. Los valores de energía de activación y factor preexponencial permiten calcular el valor de la constante de reacción a 10 °C, 20 °C y 30 °C.

Los valores de las constantes de reacción a las temperaturas estudiadas, se calcula partir de la ecuación (5):

$$K_{10\text{ }^\circ\text{C}} = 7253,21429 * e^{\left[\frac{-32675,88}{8,314472*278,15}\right]}$$

$$K_{10\text{ }^\circ\text{C}} = 0,005300962 \text{ días}^{-1}$$

$$K_{20\text{ }^\circ\text{C}} = 0,006803153 \text{ días}^{-1}$$

$$K_{30\text{ }^\circ\text{C}} = 0,013676386 \text{ días}^{-1}$$

Al despejar la ecuación (8) se puede calcular la vida útil del producto en días en función de las temperaturas:

$$t = \frac{\ln\left(\frac{Ac.\text{final}}{Ac.\text{inicial}}\right)}{K_0} \quad (9)$$

Al reemplazar los valores de acidez inicial (1,35) y acidez final de 1,44 % en la ecuación (9) se tiene lo siguiente:

$$t_{10\text{ }^\circ\text{C}} = \frac{\ln\left(\frac{1,44}{1,35}\right)}{0,005300962}$$

$$t_{10\text{ }^\circ\text{C}} = 12,17 \text{ días}$$

$$t_{20\text{ }^\circ\text{C}} = 18,39 \text{ días}$$

$$t_{30\text{ }^\circ\text{C}} = 13,33 \text{ días}$$

Vida útil sensorial

En la figura 5, se muestra los resultados de la aceptabilidad sensorial ajustada a la cinética de orden cero, similar a la evaluación de vida útil en función de la acidez. Para evitar valores negativos en las pendientes (K), se transformó los puntajes de aceptación sensorial en su contraparte como rechazo sensorial, que consiste en calcular el rechazo que indirectamente otorgan los jueces al puntuar la aceptación sensorial. La evaluación culmina cuando los jueces puntúan por encima de 3,5 de rechazo (o la aceptación es por debajo de ese valor) en la escala

evaluada. Las regresiones lineales observadas en cada tratamiento explican en rangos mayores al 95 % a la varianza.

Siguiendo el procedimiento anterior de cálculo se obtuvo una energía de activación $E_a=1,370$ kJ/mol. Se asume 1,1 como valor de rechazo inicial, que resultó en el primer día de evaluación y, 3,5 el valor de rechazo final cuando los jueces indican que el producto ya no es aceptable para consumo. Aplicando la ecuación (9) y con los valores calculados para las constantes de reacción $K_{10^\circ\text{C}} = 0,162244614$ días⁻¹, $K_{20^\circ\text{C}} = 0,16395089$ días⁻¹ y $K_{30^\circ\text{C}} = 0,168822339$ días⁻¹, se determinó la vida útil a las temperaturas estudiadas:

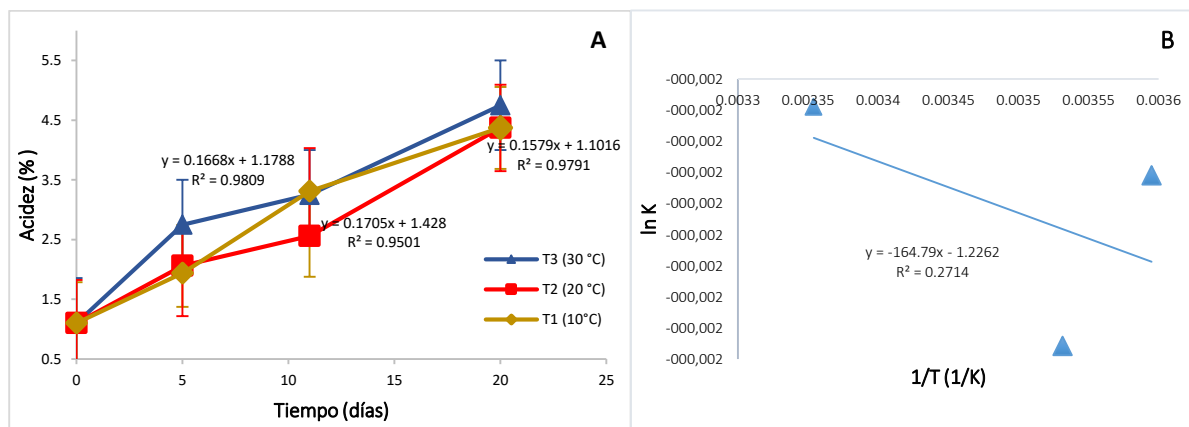
$$t_{10^\circ\text{C}} = 8,502302736 \text{ días}$$

$$t_{20^\circ\text{C}} = 8,413817252 \text{ días}$$

$$t_{30^\circ\text{C}} = 8,664934101 \text{ días}$$

Figura 2

Variación de la aceptación sensorial en función del tiempo a diferentes temperaturas (A) y $\ln k$ en función de $1/T$ (B)



5. Discusión

Los ensayos fisicoquímicos de la bebida resultaron similares productos formulados con LS; la acidez ($1,35 \pm 0,05$ %) es ligeramente superior al valor encontrado (0,61 %) para acidez de una bebida fermentada a base de suero de leche por Molero-Méndez et al. (2017). Su variación durante la evaluación de vida útil es indicativo de deterioro por el probable proceso de fermentación que podría haber ocurrido durante el tiempo de evaluación; no obstante, al tener un contenido mínimo de lactosa, se podría atribuir a la presencia de azúcares provenientes de la PM. Desde otra perspectiva, el contenido de azúcares reductores le confieren un atractivo nutricional para los consumidores parcialmente intolerantes a la lactosa, la misma que se ve hidrolizada al realizar el deslactosado (lactosa < 0,1 %), por lo que el contenido total de azúcares (14,65 g/100 mL) de la bebida es representado por los sólidos solubles que incluyen la sacarosa incorporada y en parte por la glucosa y galactosa proveniente del desdoblamiento de la lactosa,

por otro lado, el valor energético también resulta atractivo nutricionalmente (98,52 % proveniente de carbohidratos) porque presenta un bajo aporte calórico.

La bebida funcional resulta prometedora porque sensorialmente es aceptable, no obstante, la vida útil resultó corta siendo aproximadamente 8 días en promedio a diferencia de la vida útil fisicoquímica expresada en el aumento de acidez (de 18 días a 20 °C). Estas diferencias se deberían a que los jueces detectaron el suero como componente, lo que probablemente induzca al rechazo, al respecto en estudios similares encontraron que los parámetros fisicoquímicos son limitantes y más significativos a la hora de determinar la vida útil (Gómez, 2014). En otros estudios de bebidas a base de suero lácteo, realizada por Londoño et al. (2008), determinaron una vida útil aceptable durante el periodo de almacenamiento de 21, donde la aceptación sensorial no variaba, aunque el suero no era deslactosado.

Existe diferencia entre los valores de energía de activación encontrada para la evaluación sensorial y fisicoquímica (32,675 kJ/mol y 1,370 kJ/mol). Se evidencia que la sensibilidad de las reacciones a la temperatura es menor en la evaluación sensorial que en la fisicoquímica, tal como afirman Torres y Vidaurre (2015), al sostener que cuanto menor es la E_a , menor es la sensibilidad a la degradación.

Los parámetros estudiados en los modelos empíricos muestran que el aumento de temperatura tiene efectos adversos sobre el deterioro del producto durante el almacenamiento. Aunque al comparar los valores de constante de reacción (K) para ambos métodos, se encontró que la velocidad de deterioro percibido por los jueces (en promedio 0,16 días⁻¹) es mayor que los encontrados para el deterioro fisicoquímico representado por el aumento de acidez ($K_{10\text{ °C}} = 0,0053$, $K_{20\text{ °C}} = 0,0068$, $K_{30\text{ °C}} = 0,0136$). Valores similares fueron encontrados para extractos acuosos y sumos por Zapata et al. (2016) cuando determinaron la constante de reacción (K) a 10 °C en 0,0046 días⁻¹ en función de parámetros fisicoquímicos. Las diferencias en la estimación de la velocidad de deterioro estarían explicadas por el hecho que las respuestas sensoriales son, en algunos casos, subjetivas debido a que los supuestos subyacentes son irrazonables y no verificables (Mohammadi et al., 2011).

Dada las limitaciones de estudio, queda por determinar los aspectos microbiológicos y ensayos de vida útil con la adición de algún conservante, aspecto que fue obviado con la finalidad de obtener la bebida funcional sin adición de dichos insumos. También es un interés teórico, investigar que ocurre con la acidez del producto que resulta al mezclar la pulpa de la fruta y el SD, ya que en este estudio se expresa la acidez en ácido cítrico y no en ácido láctico porque teóricamente la lactosa que da origen a este ácido es mínima (< 0,1 %).

6. Conclusiones

La bebida a partir de suero deslactosado con adición de pulpa y mesocarpio de *Passiflora mollissima* posee características fisicoquímicas atractivas desde el punto de vista nutricional. La mayor vida útil estimada a partir de los tres tratamientos fue de 18 días almacenados a 20 °C, que se traduce como la degradación cinética del producto expresado en el aumento de ácido cítrico. Al mismo tiempo, la evaluación de las características sensoriales durante el tiempo de estudio arrojó una vida útil más corta, probablemente debido a la detección de suero que

podría influir en la aceptación por parte del panel sensorial, hecho que ocurrió a partir del día 15.

7. Referencias Bibliográficas

- AOAC 984.15, 21st. Ed. (2019). Lactose in milk "Enzymatic method" Official Methods of Analysis of AOAC International, 21 ST Edition (2019) – (03 vol.) OMA print (21st Edition, 2019) ISBN: 0935584897
- Banaszewska, A., Cruijssen, F., Claassen, G. D. H., & Vorst, J. G. A. J. van der. (2014). Effect and key factors of byproducts valorization: The case of dairy industry. *Journal of Dairy Science*, 97(4), 1893-1908. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7283>
- D'Ortignacq Ramos, E. D. L. Á. (2015). Clarificación de néctar de árbol (*Solanum beataceum* Cav) mediante el uso de pectinasas (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2015). <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/5623>
- Gómez Ruz, M. J. (2014). Determinación de vida útil de pulpa de frutilla, mediante pruebas aceleradas, elaborada por Agroindustria Rocofrut SA. <http://www.repositorio.uchile.cl/handle/2250/130063>
- Hae-Soo Kwaka, Won-Jae Lee, Mee-Ryung Lee. Revisiting lactose as an enhancer of calcium absorption. *Internat. Dairy J.* 2012; 22 (2): 147-51. ISSN 0958-6946. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.09.002>.
- Hernández-Monzón, Aldo, Rodríguez-Villacis, Diómedes, Romagosa-Ibieta, Sarai, Valdés-Marín, Madelay, & Duarte-García, Cira. (2021). Evaluación de la calidad sensorial y la aceptabilidad de diferentes productos alimenticios elaborados con adición de jugo de sábila (*Aloe vera*) y su relación con la dosis empleada. *Tecnología Química*, 41(3), 480-498. Epub 30 de diciembre de 2021. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852021000300480&lng=es&tlng=es.
- Irena, Lisak Jakopović Katarina, Rajka Božanić (2019). Whey and Buttermilk—Neglected Sources of Valuable Beverages. Editor(s): Alexandru Mihai Grumezescu, Alina Maria Holban. *Natural Beverages*. Academic Press. Pages 209-242. ISBN 9780128166895, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816689-5.00008-0>.
- Londoño Uribe, Margarita María, Sepúlveda Valencia, José Uriel, Hernández Monzón, Aldo, & Parra Suescún, Jaime Eduardo. (2008). Bebida fermentada de suero de queso fresco inoculada con *Lactobacillus casei*. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61 (1), 4409-4421. Recuperado el 08 de octubre de 2022, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472008000100017&lng=en&tlng=es.
- Mohammadi Moghaddam, T., Salehi, F. y Razavi, SM (2011). Modelo de aceptabilidad sensorial de la mermelada de Pistacho Green Hull usando el enfoque difuso. *Revista de frutos secos*, 02 (02), 1-8. [doi: 10.22034/jon.2011.515749](https://doi.org/10.22034/jon.2011.515749)

- Martínez Rodríguez, Angelly Patricia, De Paula, Claudia Denise, & Simanca, Mónica María. (2013). Bebida láctea fermentada a partir de suero de quesería con adición de pulpa de maracuyá. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 36(3), 203-209. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702013000300002&lng=es&tlng=es.
- Molero-Méndez, MS, Flores-Rondon, C., Leal-Ramirez, M., & Briñez-Zambrano, WJ (2017). Evaluación sensorial de bebidas fermentadas probióticas a base de suero. *Revista Científica, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia*, 27 (2), 70-77. <http://www.fcv.luz.edu.ve/images/stor>
- Molero-Méndez, M., Aiello-Mazzarri, C., Araujo-Morillo, J., & Briñez-Zambrano, W. (2017). Calidad fisico-química, microbiológica y vida útil de bebidas probióticas fermentadas a base de lactosuero. *Revista Científica*, 27(5), 265-269. <https://www.redalyc.org/journal/959/95953315002/html/>
- Medeiros LC, Lederman HM, de Morais MB. (2012) Malabsorción de lactosa, ingesta de calcio y masa ósea en niños y adolescentes. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.*2012; 54: 204-9. DOI: [10.1097/MPG.0b013e3182380604](https://doi.org/10.1097/MPG.0b013e3182380604)
- Poveda E, Elpidia. (2013). Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad. *Revista chilena de nutrición*, 40(4), 397-403. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182013000400011>
- Rodríguez-Basantes, Adriana Isabel, Abad-Basantes, Cristian Augusto, Pérez-Martínez, Amaury, & Diéguez-Santana, Karel. (2020). Elaboración de una bebida a base de suero lácteo y pulpa de *Theobroma grandiflorum*. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(2), 166-175. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(18\)166-175](https://doi.org/10.18684/bsaa(18)166-175)
- Sparsh Ganju, Parag R. Gogate (2017) A review on approaches for efficient recovery of whey proteins from dairy industry effluents. *Journal of Food Engineering*. Volume 215. Pages 84-96, ISSN 0260-8774. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.07.021>.
- Torres y., & vidaurre M. (2015). Cinética de la degradación de compuestos fenoles y antocianinas en una bebida funcional a base de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.). *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2(2), 7-7. <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/253/263>
- Valle Córdova, M. L. (2022). Elaboración y evaluación sensorial del néctar de guanabana (*Annona muricata*) edulcorado con miel de abeja para su aceptación en la región Piura-2022. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3711>
- Zapata, L. M., Castagnini, J. M., Quinteros, C. F., Carlier, E., Jimenez-Veuthey, M., & Cabrera, C. (2016). Estabilidad de antocianinas durante el almacenamiento de jugos de arándanos. *Vitae*, 23(3), 173-183.