

**DURABILIDAD DE UNA LECHE FERMENTADA SIMBIÓTICA
ELABORADA A PARTIR DE UNA PASTA DE FRIJOL CAUPÍ**

María Natividad del Río-Morales^{1*}, Marbelis Valdés^{2,3}, Anabel Frías-Chirino¹ y Danilo Bejerano-Salgado^{2,3}

¹ Universidad Tecnológica de La Habana. José Antonio Echeverría. Calle 114 entre Rotonda y Ciclo Vía.

E-mail: natydelrio@nauta.cu

² Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Carretera al Guatao km 3 ½, La Habana, C.P. 17100, Cuba

³ Universidad del Bio Bio, Chillán, Chile

Recibido: 02-04-2023 / Revisado: 05-05-2023 / Aceptado: 30-05-2023 / Publicado: 03-06-2023

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar la durabilidad de una leche fermentada simbiótica elaborada a partir de la pasta de frijol caupí. Se elaboraron a escala de planta piloto tres lotes experimentales del producto, de 100 kg cada uno. Este fue envasado en potes de polipropileno de 450 mL y almacenados a 4 ± 2 °C. Durante el período de almacenamiento se realizaron determinaciones físico-químicas, microbiológicas y sensoriales. La estimación de la durabilidad se realizó mediante análisis de regresión basada en la función de riesgos para datos incompletos de fallos ($\alpha = 0,05$), ajustándose los datos a la distribución de Weibull. El fallo del producto fue debido a la pérdida de la calidad sensorial relacionada con el desarrollo de un sabor ácido intenso, coincidiendo con la infracción de los límites de acidez titulable (1,20 % m/m). La durabilidad calculada del producto fue de 14 días.

Palabras clave: leche vegetal, frijol caupí, simbiótica, durabilidad.

ABSTRACT

Shelf-life of a symbiotic fermented milk made from a cowpea bean paste.

The objective of the work was to determine the shelf-life of a symbiotic fermented milk made from cowpea bean paste. Three experimental batches of the product, each weighing 100 kg, were prepared on a pilot plant scale. This was packaged in 450 mL polypropylene pots and stored at 4 ± 2 °C. During the storage period, physical-chemical, microbiological and sensory determinations were made. Shelf-life estimation was performed by regression analysis based on the hazard function for incomplete failure data ($\alpha = 0.05$), adjusting the data to the Weibull distribution. The failure of the product was due to the loss of sensory quality related to the development of an intense acid taste, coinciding with the violation of the titratable acidity

limits (1.20% m/m). The calculated shelf-life of the product was 14 days.

Keywords: fermented milk, symbiotic, shelf-life.

INTRODUCCIÓN

Los alimentos son sistemas fisicoquímicos y biológicos activos, por lo que la calidad de los mismos es un estado dinámico que paulatinamente va reduciendo sus niveles con el paso del tiempo. Existe un tiempo determinado, después de haber sido producido, en que el producto mantiene un nivel requerido de sus propiedades sensoriales y de inocuidad bajo ciertas condiciones de almacenamiento. La vida útil de un alimento es el período de tiempo durante el cual un alimento se conserva apto para el consumo de acuerdo con los requisitos sanitarios, sensoriales, nutricionales y funcionales por encima de un grado límite de calidad, previamente establecido como aceptable (1, 2).

Las leches vegetales son suspensiones coloidales o emulsiones constituidas por material vegetal disuelto y desintegrado que se definen como: sustitutos de origen vegetal extraídos de leguminosas, semillas y cereales (ej: arroz, avena, soya, almendra, cebada, coco, quinoa, nuez) que tienen en apariencia semejanza con la leche animal (3).

En respuesta a las demandas de los consumidores de ingerir comidas saludables y preventivas surgen nuevas tipologías de alimentos, como los alimentos funcionales o los enriquecidos, dentro de los cuales las leches vegetales fermentadas tienen una gran representación ofertando alimentos enriquecidos en calcio, vitaminas o fibras (prebióticos), con fitoesteroles o con cepas microbianas que ejercen un efecto beneficioso sobre la salud (probióticos). Como resultado, las leches fermentadas han logrado ser no sólo fuentes que contienen excelentes nutrientes sino, además, constituir alimentos funcionales de gran importancia terapéutica para cualquier persona (4).

Las leches vegetales fermentadas con una combinación de microorganismos probióticos y un compuesto prebiótico son las denominadas simbióticas, consideradas en este campo de

alimentos funcionales productos muy amigables con la salud humana (5).

Los productos tipo yogur a base de vegetales están destinados a ser consumidos después de un período de almacenamiento en condiciones refrigeradas, de manera similar a la contraparte láctea. En estas condiciones, la persistencia de texturas óptimas y las características sensoriales durante un período relativamente largo se consideran cruciales (6). Algunos de los cambios que ocurren durante el almacenamiento incluyen separación de la fase acuosa, pérdida de viscosidad, aparición de malos olores e intensificación general del olor y sabor ácido (6). El pH de la leche vegetal fermentada suele ser inferior a 4,5 y, al igual que el yogur convencional la acidificación posterior debido a la actividad viable del cultivo iniciador se observa típicamente durante el almacenamiento refrigerado (7). De acuerdo con estudios de durabilidad realizados (8), se plantea que, de manera general, la disminución del pH oscila entre 0,5 y 1,0 unidades de pH y también se observa una disminución moderada en la viabilidad de los inóculos durante el almacenamiento, aunque también han encontrado densidades superiores a 10^8 ufc/mL después de 20 a 30 días en 4 °C. Por otro lado, fuertes condiciones ácidas, presencia de bacteriocinas y otros compuestos antimicrobianos sintetizados por las bacterias ácido lácticas, así como una alta densidad celular de los cultivos iniciadores, constituyen factores contaminantes, como microorganismos de deterioro a los productos tipo yogur de origen vegetal (9).

Teniendo en cuenta la alta actividad del agua y la susceptibilidad general de los ingredientes vegetales al deterioro, además de la contaminación microbiana pueden ocurrir modificaciones físico-químicas de los productos fermentados tipo yogur no lácteos desde la producción hasta el tiempo de consumo (6).

Actualmente en Cuba se valoran diferentes alternativas para combatir la crisis económica que atraviesa el país, y una de estas alternativas de aprovechamiento para la industria alimentaria es la especie *Vigna unguiculata* L., conocida

comúnmente como frijol caupí (10). El frijol caupí es una legumbre con propiedades nutricionales con capacidad para coexistir con otros cultivos en regiones semiáridas. Este cultivo se encuentra entre los granos más importante de África, Asia y algunas regiones de Sudamérica, constituyendo la mayor fuente de proteína de la dieta humana en esas zonas dado que las semillas contienen entre 27 y 28 % de proteína, 47 y 49 % de almidón; 1,5 % de grasas y entre 2,8 y 5,2 % de celulosa (11).

Contribuyendo con ideas innovadoras y dadas las características nutricionales del frijol caupí y los beneficios aportados por estos microorganismos para la salud humana, en el Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia (IIIA) se desarrolló una bebida fermentada a partir de una pasta de frijol caupí, considerándose 7 % m/m de sólidos totales para la estandarización de la leche vegetal de la pasta de frijol caupí, y con niveles de inoculación del cultivo de Bioyogur del 5 % m/m (12). El producto obtenido presentó una adecuada calidad higiénico-sanitaria y alta valoración de sus características sensoriales. De ahí que, este trabajo tuvo como objetivo determinar la durabilidad de una leche fermentada simbiótica elaborada a partir de la pasta de frijol caupí.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la obtención de la leche fermentada simbiótica a partir de la pasta de frijol caupí requerida se emplearon los equipos, instalaciones y la tecnología de elaboración de leches fermentadas de soya de la planta piloto de lácteos del IIIA, así como, el procedimiento de obtención establecido en esta planta para leches fermentadas de soya, los cuales están recogidos en la norma empresarial correspondiente (13).

Durante los experimentos se usaron las materias primas siguientes: pasta de frijol caupí con un contenido de sólidos totales entre 15 y 16 % m/m (IIIA); cuyos indicadores de calidad se informan en (11); azúcar refino, saborizante de plátano PCY-71 (IIIA), color amarillo ocaso, FOS y cultivo

probiótico de Bioyogur conformado por *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus thermophilus* en relación (1:1) con una acidez de 0,90 % m/m, expresada en ácido láctico (IIIA).

La leche fermentada no láctea fue elaborada a partir de la pasta de frijol caupí; estandarizando leche vegetal caupí a 7 % m/m de sólidos totales. Una vez mezclados los componentes (leche de caupí, color amarillo ocaso, FOS y azúcar) se precalentó a temperatura de 65 a 70 °C y se homogeneizó a 150 kgf/cm². Posteriormente se pasteurizó a 90 °C durante 5 min y se refrescó hasta 45 °C, donde se añadió el sabor plátano según los niveles establecidos para la leche fermentada de soya aromatizada con plátano producida en el IIIA, temperatura a la cual se inoculó la leche vegetal con el cultivo probiótico (Bioyogur con niveles de inoculación del 5 % m/m), para dar comienzo al proceso de fermentación láctica. Después de inoculada, la leche vegetal se envasó en botijas y se incubó a una temperatura entre 43 y 45 °C por un periodo de tiempo entre 1,5 y 2,5 h, hasta alcanzar una acidez aproximadamente a 0,27 % de ácido láctico. Una vez coagulada la leche, se refrescó el producto con agua fría entre 8 y 10 °C y se conservó a 4 °C.

Para el estudio de durabilidad, el producto se envasó en potes de polipropileno de 450 mL con tapas de presión, embalado en caja de cartón corrugado y conservado entre 4 y 6 °C. La calidad inicial de los lotes es reportada (12).

Se aplicó un diseño de muestreo parcialmente escalonado, a tiempo 0, 7, 10, 15 días y finalmente diario hasta el fallo. Por cada lote evaluado se muestrearon aleatoriamente 17 muestras para los análisis de acidez de acuerdo con la norma correspondiente (14), microbiológicos y evaluación sensorial. La evaluación sensorial de las muestras se realizó mediante la prueba de aceptación y rechazo indicando en la boleta la causa del rechazo (alteraciones en el sabor, aspecto, consistencia entre otras), para ellos se emplearon 10 catadores expertos. Los lotes se consideraron rechazados siempre que se alcanzó en el dictamen el número mínimo significativo de juicios de

fallo (muestras rechazadas) para $\alpha = 0,05$ dada por una distribución binomial (15).

Para la evaluación microbiológica se tomaron cinco muestras representativas, controlando que los conteos de hongos y levaduras (16) y el desarrollo de microorganismos coliformes (17) no fuesen superiores a los que establece la norma cubana vigente (18).

Los resultados de los tiempos de rechazo fueron procesados por las técnicas análisis de Weibull, basadas en la función de riesgos para datos incompletos de fallos, ajustándose los datos a la distribución de Weibull. Se probó la bondad de ajuste de los datos a la distribución propuesta mediante la técnica no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov (15).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

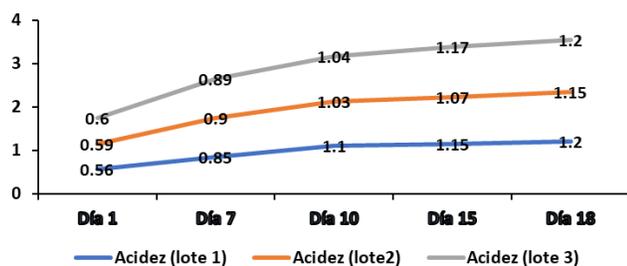


Fig. 1. Comportamiento de la acidez de la leche fermentada durante el período de conservación para cada lote de producto.

Por otra parte, todos los indicadores microbiológicos estuvieron acorde a lo establecido en la norma cubana (18), por lo que se puede catalogar la leche fermentada no láctea como un producto inocuo (Tabla 1). El conteo de células viables, cumplió con el mínimo terapéutico establecido según la norma cubana de leches fermentadas (19) y los valores alcanzados son similares a los reportados por otras leches fermentadas no lácteas (5, 20).

Del comportamiento de la acidez de la leche fermentada durante el almacenamiento para cada lote evaluado (Fig. 1) puede apreciarse como a medida que transcurre el tiempo los valores correspondientes a la acidez aumentan, comportamiento lógico ya que el uso del prebiótico FOS mantiene la viabilidad de la bacteria probiótica encargada del metabolismo fermentativo del producto generando una alta concentración de biomasa, lo cual se traduce en un aumento de la acidez (5). Este comportamiento se corresponde a los criterios emitidos por el grupo de catadores especializados en el momento de la evaluación sensorial del producto, donde los primeros lotes evaluados en los primeros días del estudio alcanzaron el mayor número de aceptación, sin embargo, a partir del día 15 se comenzó a rechazar el producto siendo la principal causa del rechazo una alteración del sabor del producto provocado por un aumento del sabor ácido en el mismo.

Tabla 1. Resultados del estudio de durabilidad del producto refrigerado a 4 °C

Día	Lote	Acidez (% ácido láctico)	Evaluación sensorial		Microbiología (UFC/mL)			
			Acepto	Rechazo	Coli. total	Coli. fecal	Moho	Levadura
1	1	0,56	10	0	(-)	(-)	(-)	(-)
	2	0,59	10	0	(-)	(-)	(-)	(-)
	3	0,60	10	0	(-)	(-)	(-)	(-)
7	1	0,85	10	0	(-)	(-)	(-)	(-)
	2	0,90	10	0	(-)	(-)	(-)	(-)
	3	0,89	10	0	(-)	(-)	(-)	(-)
10	1	1,10	9	1	(-)	(-)	(-)	(-)
	2	1,03	9	1	(-)	(-)	(-)	(-)
	3	1,04	9	1	(-)	(-)	(-)	(-)
15	1	1,15	6	4	(-)	(-)	(-)	(-)
	2	1,07	7	3	(-)	(-)	(-)	(-)
	3	1,17	9	1	(-)	(-)	(-)	(-)
18	1	1,20	4	6	(-)	(-)	(-)	(-)
	2	1,15	3	7	(-)	(-)	(-)	(-)
	3	1,20	2	8	(-)	(-)	(-)	(-)

(-): ausencia

El final de la durabilidad estuvo determinado en todos los casos por el rechazo de los catadores a partir del desarrollo de un sabor ácido intenso que resultó coincidente con la

infracción de los límites de acidez titulable característicos en las leches fermentadas de origen vegetal.

La Tabla 2 expone los resultados del tiempo de vida, sus intervalos de confianza al 95 % y de la prueba de Kolmogorov-Smirnov obtenidos del análisis de Weibull para el producto fermentado no lácteo con sabor platanito. Debido a que el valor de p en la prueba de Kolmogorov-Smirnov fue mayor que 0,05; la distribución probabilística de los tiempos de fallo para un nivel de significación $\alpha = 0,05$ pudo ser descrita por la ley de Weibull. El valor de durabilidad, con una probabilidad de fallo menor de 0,05, fue de 14 días, este resultado fue superior a los alcanzados por otros investigadores que trabajaron en leches fermentadas de origen vegetal y las mismas condiciones de almacenamiento (5, 20).

Tabla 2. Resultados del análisis de Weibull

Probabilidad de falla	Tiempo de vida	Intervalo de confianza al 95 % del tiempo de vida		Kolmogorov-Smirnov	
		Límite inferior	Límite superior		
0,01	13,05	8,81	15,30	DPLUS	0,24
0,05	14,39	11,01	16,10	DMINUS	0,32
0,10	15,14	12,26	16,60	DN	0,32
0,20	15,90	13,56	17,12	P-Value	0,20
0,50	17,08	15,65	18,25		

CONCLUSIONES

Durante 14 días de conservación a 4 ° C, la leche fermentada simbiótica a partir del frijol caupí en envases de propietileno de 450 mL mantuvo buenos índices de calidad e inocuidad encontrándose que el valor de viabilidad de *L. acidophilus* cumplió con el mínimo terapéutico establecido según la norma cubana de leches fermentadas para los productos probióticos.

REFERENCIAS

1. Bejerano-Salgado D, Pino JA, Duarte-García C, Bolumen S, Riera-González G. Estimación de la vida útil del filete de atún (*Thunnus atlanticus*) en aceite vegetal. *Cienc Tecnol Aliment* 2022; 32(1):26-32.
2. Santos R, Ramos M, Beldarraín T, Sevillano E, Barrero E, Vergara N, Carrillo C, Casaña C. Durabilidad de

hamburguesas de cerdo congeladas. *Cienc Tecnol Aliment* 2017; 27(1):50-3.

3. Águila C. Desarrollo de leches fermentadas simbióticas con cultivo mixto probiótico y fructooligosacáridos (tesis en opción al Máster en Ciencias y Tecnología de los Alimentos). La Habana: Universidad de La Habana. Instituto de Farmacia y Alimentos; 2020.
4. Valdés M, Iglesias D, Matínez L, Guzmán T. Empleo de fructooligosacárido en el desarrollo de una leche fermentada simbiótica saborizada. *Cienc Tecnol Aliment* 2022; 32(1):63-8.
5. Rodríguez O, Rodríguez JA, Pérez ER, Hernández O, Nieto M, Núñez de Villavicencio M, Santos B. Influencia de un prebiótico cubano en la calidad de una leche fermentada simbiótica durante su conservación. *Cienc Tecnol Aliment* 2018; 28(1):22-6.
6. Montemurro M, Pontonio E, Coda R, Rizzello CG. Plant-based alternatives to yogurt: state-of-the-art and perspectives of new biotechnological challenges. *Foods* 2021; 10, 316. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/foods10020316>
7. Bernat N, Chafer M, Chiralt A, Gonzalez-Martínez Ch. Vegetable milks and their fermented derivative products. *Intern J Food Stud* 2014; 3:93-124.
8. Lorusso A, Coda R, Montemurro M, Rizzello CG. Use of selected lactic acid bacteria and quinoa flour for manufacturing novel yogurt-like beverages. *Foods* 2018; 7:51. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/foods7040051>
9. Pontonio E, Raho S, Dingo C, Centrone D, Carofiglio VE, Rizzello CG. Nutritional, functional, and technological characterization of a novel gluten-and lactose-free yogurt-style snack produced with selected lactic acid bacteria and Leguminosae flours. *Front Microbiol* 2020; 11:1664. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01664>

10. González D. Evaluación agronómica del cultivo intercalado caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) – sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) y calidad nutricional de su forraje (tesis en opción al título de Ingeniera agrónoma). Villa Clara. Cuba Universidad Central Marta Abreu de las Villas, 2014.
11. Cuñarro R, Hernández I, Urra I, Ruiz F, Díaz M, Fito DE, Grau JC. El cultivo de algunas legumbres para la producción local de alimentos y la mitigación del cambio climático. Parte I. El cultivo del frijol carita o caupí (*Vigna unguiculata* Lin). *Cienc Univ* 2018; 16(1): 1-12.
12. Valdés M, Padrón I, Castro Y, Rodríguez E, Bejerano D, Martínez L, González J, Duarte C. Desarrollo de una bebida fermentada a partir de una pasta de frijol caupí. *Cienc Tecnol Aliment* 2022; 32(2):18-22.
13. NEIAL 110-6737-130-12. Producto de soya Yoyur. Control del proceso productivo. Cuba; 2012.
14. NC ISO 11869. Determinación de acidez titulable. Método potenciométrico. Cuba; 2006.
15. Nuñez de Villavicencio M, Hernández-Álvarez R, Rodríguez-Álvarez I, Rodríguez JL, Torres-López Y. Metodología para la estimación de la vida útil de los alimentos. I. Procedimiento general. *Ciencia y Tecnología de Alimentos* 217; 27(1):58-64.
16. NC1004. Microbiología de alimentos de consumo humano y animal. Guía General para la enumeración de levaduras y mohos. Técnica de placa vertida a 25 °C. Cuba; 2016.
17. NC ISO 4832. Microbiología de alimentos de consumo humano y animal. Guía general para la enumeración de los coliformes. Técnica de placa vertida. Cuba; 2013.
18. NC 585. Contaminantes microbiológicos en alimentos. Requisitos sanitarios. Cuba; 2017.
19. NC ISO 7889. Enumeración de microorganismos característicos y la viabilidad celular. Cuba; 2009.
20. Brito A, Perea J. Aceptación y durabilidad de dos leches fermentada probióticas con aportes de fibra dietética. *Cienc Tecnol Aliment* 2010; 20(1):7-9.