

Desarrollo de kéfir de soya (*Glycine max*) como alternativa fermentada funcional y estrategia de fortalecimiento productivo para mujeres artesanas de Guanajuato, México

Development of soy kefir (*Glycine max*) as a functional fermented alternative and productive strengthening strategy for artisan women of Guanajuato, Mexico

Jesús Alberto Sánchez Valtierra

jesanchez@uveg.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0005-7198-1197>

Universidad Virtual del Estado de Guanajuato, México

RESUMEN:

El kéfir es una bebida fermentada reconocida por su compleja microbiota simbiótica y sus beneficios nutricionales y funcionales. El presente estudio tuvo como objetivo desarrollar y evaluar experimentalmente un kéfir de soya (*Glycine max*) como alternativa productiva potencial para mujeres artesanas rurales de Guanajuato, México. Se elaboró kéfir de soya con granos de kéfir caracterizados morfológicamente ($n = 3$ repeticiones experimentales), durante 24 h a 25 °C. Los parámetros fisicoquímicos mostraron reducción significativa del pH (6.7 ± 0.1 a 4.5 ± 0.2 ; $p < 0.001$), incremento de acidez titulable y reducción de °Brix, confirmados mediante prueba t de Student pareada. El recuento microbiano alcanzó 1.2×10^8 UFC/mL de bacterias ácido-lácticas y 3.4×10^6 UFC/mL de levaduras. La evaluación sensorial ($n = 30$) reportó aceptación global de 7.8 ± 0.3 en escala hedónica de nueve puntos. El modelo productivo presentó un costo estimado de \$19.80 MXN por litro, con alta percepción de viabilidad comercial entre las participantes. Se concluye que el kéfir de soya es una alternativa tecnológica viable, funcional y socialmente pertinente bajo condiciones semiartesanales controladas.

Palabras clave: kéfir de soya; fermentación; soya; alimentos funcionales; desarrollo rural.

ABSTRACT:

Kefir is a fermented beverage recognized for its complex symbiotic microbiota and its nutritional and functional benefits. The present study aimed to develop and experimentally evaluate a soy-based kefir (*Glycine max*) as a potential productive alternative for rural artisan women in Guanajuato, Mexico. Soy kefir was produced using morphologically characterized kefir grains ($n = 3$ experimental replicates) and fermented for 24 h at 25 °C. Physicochemical parameters showed a significant reduction in pH (6.7 ± 0.1 to 4.5 ± 0.2 ; $p < 0.001$), an increase in titratable acidity, and a decrease in °Brix, confirmed through a paired Student's t-test. Microbial counts reached 1.2×10^8 CFU/mL of lactic acid bacteria and 3.4×10^6 CFU/mL of yeasts. Sensory evaluation ($n = 30$) reported an overall acceptance score of 7.8 ± 0.3 on a nine-point hedonic scale. The production model showed an estimated cost of \$19.80 MXN per liter, with a high perceived level of commercial feasibility among participants. It is concluded that soy kefir represents a technologically viable, functional, and socially relevant alternative under controlled semi-artisanal conditions.

Keywords: soy kefir; fermentation; soybean; functional foods; rural development.

INTRODUCCIÓN

El kéfir es un sistema fermentativo complejo formado por bacterias ácido-lácticas (BAL), levaduras y bacterias ácido-acéticas organizadas en una matriz polisacárida simbiótica conocida como kefirán, capaz de transformar diversos sustratos en alimentos funcionales (Cheng et al., 2024; Tingirikari et al., 2024). Tradicionalmente producido a partir de leche animal, su adaptación a matrices vegetales responde a tendencias globales relacionadas con sostenibilidad, salud y diversificación alimentaria (Apalowo et al., 2024).

La leche de soya representa una alternativa tecnológica relevante debido a su elevado contenido proteico (3.0–3.5%), presencia de isoflavonas con actividad estrogénica y antioxidante, y ausencia de lactosa, lo que amplía su consumo a poblaciones vegetarianas e intolerantes a productos lácteos (Jurado Salazar, 2025). No obstante, la fermentación en matrices vegetales implica desafíos microbiológicos derivados de la ausencia de lactosa como sustrato energético principal, lo que puede modificar la dinámica de crecimiento y la composición del consorcio microbiano (Karaçalı et al., 2018).

La diversidad microbiológica del kéfir se adapta al sustrato fermentado, modificando perfiles nutricionales y sensoriales (Ströher et al., 2025). Se ha demostrado que géneros como *Lactobacillus* spp., *Leuconostoc* spp. y

Kluyveromyces spp. pueden utilizar oligosacáridos de soya como fuente alternativa de carbono, aunque con tasas de crecimiento menores que en sustratos lácteos (Karaçali et al., 2018). La producción artesanal de kéfir ha emergido paralelamente como alternativa económica local con potencial de impacto social (Bresciani et al., 2024).

En el estado de Guanajuato, las mujeres artesanas enfrentan desafíos estructurales relacionados con precariedad laboral, brecha salarial de género y dificultad para conciliar la vida productiva y reproductiva (Del Carpio et al., 2024; Valdez Bocanegra et al., 2025). La transferencia de tecnologías alimentarias de bajo costo puede representar una vía de fortalecimiento económico comunitario que no requiere infraestructura especializada.

Aunque existen estudios sobre fermentación de matrices vegetales mediante kéfir, la mayoría se ha centrado exclusivamente en la caracterización fisicoquímica o microbiológica del producto. Son limitadas las investigaciones que integran simultáneamente la validación tecnológica del proceso con su implementación como estrategia productiva comunitaria en contextos rurales latinoamericanos.

En este sentido, el presente estudio propone un enfoque integrador que articula evaluación experimental del kéfir de soya y análisis de su viabilidad socio-productiva con perspectiva de género. En consecuencia, persiste una brecha investigativa en la integración simultánea entre validación experimental del proceso fermentativo y evaluación de su aplicabilidad socio-productiva en contextos rurales latinoamericanos.

El objetivo del presente estudio fue desarrollar y evaluar un kéfir de soya mediante fermentación artesanal controlada, analizando sus características fisicoquímicas, microbiológicas, sensoriales y su viabilidad como modelo productivo comunitario con perspectiva de género.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental aplicado con enfoque tecnológico-social, ejecutado en condiciones semiartesanales controladas. El esquema metodológico correspondió a un diseño pre-post de un solo grupo (before-after design), empleado para evaluar los cambios inducidos por el proceso fermentativo sobre las variables fisicoquímicas del sistema.

Se realizaron tres repeticiones independientes del proceso de fermentación ($n = 3$), efectuándose dos mediciones por réplica para cada parámetro evaluado. El diseño consideró un único grupo experimental con mediciones antes y después de la fermentación, cuyos resultados fueron analizados mediante prueba t de Student para muestras pareadas, con el propósito de determinar diferencias significativas atribuibles al tratamiento fermentativo bajo condiciones controladas.

El tamaño de muestra experimental ($n = 3$) se estableció conforme a diseños exploratorios de fermentación artesanal reportados en estudios preliminares de matrices vegetales.

Selección y caracterización de los granos de kéfir

Los granos de kéfir utilizados procedieron de una cepa artesanal mantenida en leche de vaca entera por productoras locales de Irapuato, Guanajuato, con más de cinco años de propagación continua. Previamente a su adaptación, los granos fueron lavados con agua estéril con el fin de eliminar residuos del medio de cultivo previo.

Antes del experimento, se realizó su caracterización morfológica, observándose color blanco-amarillento, textura gelatinosa irregular, diámetro promedio de 0.8–1.2 cm y una relación superficie/volumen característico de granos metabólicamente activos. Posteriormente, los granos fueron activados en leche de soya durante 48 h a 20 °C antes de su utilización como inóculo, conforme al protocolo de adaptación descrito por Karaçali et al. (2018). La concentración bacteriana inicial de los granos, estimada previamente a su activación en leche de soya, fue de aproximadamente $1.0\text{--}5.0 \times 10^6$ UFC/mL conforme a lo reportado por dichos autores para cepas artesanales adaptadas, alcanzando al término de la fermentación 1.2×10^8 UFC/mL, lo que representa un incremento de entre 24 y 120 veces respecto al inóculo inicial. Este crecimiento es consistente con lo documentado por Karaçali et al. (2018), aunque inferior al reportado en sustratos lácteos convencionales, donde las BAL pueden alcanzar 10^9 UFC/mL bajo las mismas condiciones de tiempo y temperatura, debido a la mayor disponibilidad de lactosa como sustrato energético. La tasa de crecimiento microbiano observada en la leche de soya —estimada entre el 2,300 y el 11,900% respecto al inóculo inicial— confirma la capacidad de adaptación

metabólica del consorcio kefirico a oligosacáridos de soya (rafinosa, estaquiosa) como fuentes alternativas de carbono, si bien con una eficiencia fermentativa moderada en comparación con los sistemas lácteos.

No se realizó identificación molecular de la microbiota debido a las condiciones operativas del laboratorio artesanal; sin embargo, este análisis se plantea como línea futura de investigación orientada a la caracterización microbiológica avanzada del consorcio fermentativo.

Proceso participativo con mujeres artesanas

Participaron 12 mujeres artesanas del municipio de Irapuato, Guanajuato, seleccionadas mediante convocatoria abierta a través de redes sociales. Los criterios de inclusión fueron: ser mujer mayor de 18 años, contar con actividad artesanal documentada y disponibilidad de tiempo (mínimo 6 h semanales durante el periodo del proyecto). Se realizaron cuatro sesiones de capacitación-producción de tres horas cada una, en las que las participantes elaboraron el kéfir de soya siguiendo el protocolo establecido. Al término del proceso, se aplicó una encuesta de percepción (escala Likert 1–5) sobre facilidad de aprendizaje, costo de producción y potencial comercial. El estudio contó con consentimiento informado de todas las participantes.

Preparación de la leche de soya

1. Remojo de granos de soya (*Glycine max* var. Williams) en agua potable durante 12 h a temperatura ambiente.
2. Molienda húmeda (relación 1:6 p/v soya:agua) y filtración mediante manta de cielo doble.
3. Ajuste de sólidos totales al 11% (p/v) por refractometría.
4. Tratamiento térmico a 95 °C durante 10 min para inactivación de inhibidores de tripsina y lipoxigenasa.
5. Enfriamiento a 25 °C antes de la inoculación.

Proceso de fermentación

Las condiciones de fermentación fueron: inóculo de granos de kéfir adaptados al 5% p/v, temperatura de 25 ± 1 °C (incubadora de temperatura controlada), tiempo de 24 h y modalidad estática. El proceso se realizó por triplicado en recipientes de vidrio de 500 mL previamente esterilizados en autoclave (121 °C, 15 min).

Análisis fisicoquímicos

Se determinaron: pH mediante potenciometría (pH-metro Hanna HI98130, calibrado con buffer pH 4.0 y 7.0); acidez titulable expresada como porcentaje de ácido láctico (titulación con NaOH 0.1 N, indicador fenoltaleína); sólidos solubles totales por refractometría (°Brix); y proteína cruda por el método Kjeldahl (factor de conversión 6.25), según la AOAC (2019).

Análisis microbiológicos

Se realizaron en medio agar MRS (De Man, Rogosa y Sharpe) a 37 °C durante 48 h en condiciones de anaerobiosis para recuento de BAL, y agar DRBC (Dichloran Rosa de Bengala Cloranfenicol) a 25 °C durante 5 días para levaduras viables. Las diluciones decimales se prepararon en solución salina 0.85%. La metodología siguió los protocolos de Oros, Góngora, et al. (2019). Los resultados se expresaron como UFC/mL (media de tres réplicas).

Evaluación sensorial

Se realizó con un panel semientrenado integrado por 30 participantes voluntarios (14 mujeres, 16 hombres; edad promedio 28.4 ± 6.1 años), sin alergias a soya ni condición que afectara la percepción sensorial. Se evaluaron sabor, aroma, textura y aceptación global mediante escala hedónica estructurada de nueve puntos (1 = me disgusta extremadamente; 9 = me gusta extremadamente), con muestras servidas a 8 °C en vasos codificados de 30 mL, con agua entre muestras.

Análisis estadístico

Los datos fisicoquímicos se analizaron mediante prueba *t* de Student para muestras pareadas (inicio vs. final de fermentación), con nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Se reportan medias ± desviación estándar. La verificación del supuesto de normalidad se realizó con la prueba de Shapiro-Wilk. Los resultados sensoriales se reportan como media ± DE. El análisis se realizó con el software estadístico R v.4.3.2 (R Core Team, 2023).

Análisis de costos de producción

Se estimaron los costos directos de producción por litro de kéfir de soya considerando insumos (soya, agua, energía), amortización de equipo básico, y mano de obra valuada al salario mínimo vigente en México (2024: \$248.93 MXN/día). Los precios de insumos corresponden a cotizaciones en mercado local de Irapuato, Guanajuato.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios fisicoquímicos durante la fermentación

Los parámetros fisicoquímicos registrados antes y después del proceso fermentativo se presentan en la Tabla 1, junto con el análisis estadístico correspondiente (Tabla 2). La prueba t de Student pareada confirmó diferencias significativas ($p < 0.001$) en pH, acidez titulable y °Brix, mientras que el contenido proteico no mostró cambios significativos ($p = 0.612$).

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos del kéfir de soya antes y después de la fermentación (media $\pm$ DE, $n = 3$).

Parámetro	Inicial	Final	Valor p
pH	6.7 ± 0.1	4.5 ± 0.2	<0.001
Acidez (% ác. láctico)	0.12 ± 0.01	0.78 ± 0.05	<0.001
°Brix	10.2 ± 0.3	7.1 ± 0.4	<0.05
Proteína (%)	3.1 ± 0.2	3.0 ± 0.1	0.612 ns

ns = no significativo ($p \geq 0.05$). Análisis por prueba t de Student pareada, $\alpha = 0.05$.

Tabla 2 Análisis de varianza (ANOVA de una vía) de los parámetros fisicoquímicos.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	Valor p
pH — Tiempo	9.88	1	9.88	246.2	$<0.001^*$
Acidez — Tiempo	0.443	1	0.443	311.4	$<0.001^*$
°Brix — Tiempo	14.52	1	14.52	128.8	$<0.001^*$
Proteína — Tiempo	0.005	1	0.005	0.29	0.612 ns

SC = Suma de cuadrados; gl = grados de libertad; CM = Cuadrado medio. $*p < 0.05$; ns = no significativo.

El empleo simultáneo de prueba t pareada y ANOVA de una vía permitió corroborar la consistencia del efecto temporal desde enfoques estadísticos complementarios. El ANOVA se empleó como análisis confirmatorio del efecto temporal observado mediante prueba t pareada.

La reducción del pH de 6.7 ± 0.1 a 4.5 ± 0.2 confirma la actividad metabólica activa del consorcio microbiano sobre el sustrato vegetal, mediante la producción de ácidos orgánicos —principalmente ácido láctico y acético— a partir de los carbohidratos disponibles en la leche de soya (rafinosa, estaquiosa y sacarosa). Este comportamiento es consistente con lo reportado por Karaçali et al. (2018) en fermentación de soya con kéfir, aunque los tiempos de acidificación reportados por dichos autores fueron ligeramente mayores (28–30 h), posiblemente por diferencias en la composición del inóculo o en la temperatura de fermentación.

El pH final alcanzado (4.5) fue ligeramente superior al reportado en sistemas lácteos tradicionales (≈ 4.2), lo cual podría atribuirse a la menor disponibilidad de azúcares fermentables en matrices vegetales y a diferencias en la actividad metabólica del consorcio microbiano adaptado a soya. Este comportamiento sugiere una cinética fermentativa moderada característica de sustratos no lácteos.

La reducción de °Brix (de 10.2 a 7.1) refleja el consumo de carbohidratos solubles por parte de los microorganismos, fenómeno esperado en sistemas fermentativos con sustratos oligosacáridos.

El contenido proteico se mantuvo estadísticamente estable ($p = 0.612$), aunque es razonable suponer que ocurrió hidrólisis proteica parcial —generando péptidos de menor peso molecular— sin reducción neta de nitrógeno

total medido por Kjeldahl; este fenómeno ha sido documentado en fermentaciones de soya con lactobacilos (Apalowo et al., 2024) y constituye una línea de investigación complementaria que requeriría análisis de electroforesis o cromatografía para su verificación en futuros estudios.

Recuento microbiano

Los resultados del recuento al término de la fermentación se presentan en la Tabla 3. Las BAL alcanzaron 1.2×10^8 UFC/mL y las levaduras viables 3.4×10^6 UFC/mL.

Tabla 3. Recuento microbiano al final del proceso de fermentación (media de n = 3 réplicas).

Microorganismo	UFC/mL final
Bacterias ácido-lácticas (BAL)	1.2×10^8
Levaduras viables	3.4×10^6

UFC = Unidades Formadoras de Colonias. Medios: agar MRS (BAL) y agar DRBC (levaduras).

Estos valores cumplen los rangos internacionales para kéfir artesanal funcional (BAL $\geq 10^7$ UFC/mL; levaduras $\geq 10^4$ UFC/mL) reportados por Bresciani et al. (2024).

La viabilidad de ambos grupos microbianos en el sustrato vegetal demuestra la capacidad de adaptación metabólica del consorcio simbiótico, fenómeno documentado en revisiones globales de la microbiota del kéfir (Ströher et al., 2025). La proporción BAL:levaduras observada (~35:1) es característica de kéfir funcional y favorece un perfil organoléptico equilibrado.

La identificación a nivel de especie mediante secuenciación del gen 16S ARNr (para BAL) e ITS (para levaduras) se propone como objetivo de estudios posteriores bajo condiciones de laboratorio equipado, lo que permitiría determinar si géneros como *Lactobacillus kefirifaciens*, *Leuconostoc mesenteroides* o *Kluyveromyces marxianus* —frecuentes en kéfir artesanal latinoamericano (Ströher et al., 2025)— están presentes en este consorcio. Valores comparables a los reportados en kéfir vegetal fermentado a escala piloto.

Evaluación sensorial

Los resultados sensoriales se presentan en la Tabla 4. Todos los atributos superaron el umbral de 7.0 puntos, indicando aceptación favorable del producto.

Las muestras se evaluaron mediante diseño monádico secuencial con orden de presentación aleatorizado para minimizar sesgos de posición.

Tabla 4. Evaluación sensorial del kéfir de soya mediante escala hedónica (1–9). Media $\pm$ DE (n = 30).

Atributo	Media $\pm$ DE (1–9)
Sabor	7.6 ± 0.4
Aroma	7.2 ± 0.6
Textura	7.4 ± 0.5
Aceptación global	7.8 ± 0.3

La aceptación global de 7.8 ± 0.3 es relevante considerando que la leche de soya sin fermentar presenta sabores residuales indeseables atribuidos a la actividad de lipoxigenasa y a la presencia de aldehídos de cadena corta.

La fermentación ácida redujo significativamente estos compuestos mediante acidificación del medio e inhibición enzimática, en concordancia con Karaçalı et al. (2018). El atributo con menor puntuación fue el aroma (7.2 ± 0.6), lo que sugiere la posibilidad de incorporar aromatizantes naturales (como vainilla o canela) para mejorar la aceptación en mercados más amplios.

Proceso participativo y percepción de las productoras

Las 12 mujeres artesanas que participaron en el proceso de capacitación-producción completaron las cuatro sesiones programadas (tasa de retención: 100%).

Los resultados de la encuesta de percepción (escala Likert 1–5) indicaron: facilidad de aprendizaje del proceso 4.6 ± 0.5 ; percepción de bajo costo de producción 4.4 ± 0.7 ; potencial de comercialización local 4.8 ± 0.4 ; intención de continuar produciendo 4.9 ± 0.3 .

Estos hallazgos son coherentes con la experiencia documentada en Brasil por Ströher et al. (2024), donde grupos de mujeres productoras de kéfir artesanal reportaron alta satisfacción con la actividad y capacidad de generar ingresos complementarios.

Desde la perspectiva del desarrollo rural con enfoque de género, la producción artesanal de alimentos fermentados cumple condiciones favorables para contextos de vulnerabilidad laboral femenina: bajo umbral de inversión inicial, proceso técnico fácil de aprender sin escolaridad avanzada, posibilidad de integrarse al ciclo doméstico sin abandono de otras actividades, y mercado local con demanda creciente de alimentos funcionales (Del Carpio et al., 2024; Valdez Bocanegra et al., 2025).

El estudio se desarrolló conforme a principios éticos de investigación social aplicada, garantizando participación voluntaria, consentimiento informado y confidencialidad de la información. Debido a su carácter formativo y no clínico, no requirió evaluación por comité de ética institucional.

Viabilidad económica del modelo productivo

La Tabla 5 presenta el análisis de costos estimados de producción por litro de kéfir de soya bajo condiciones artesanales en el contexto de Irapuato, Guanajuato.

Tabla 5. Estimación de costos de producción por litro de kéfir de soya (precios de mercado local, Irapuato, Gto., 2024).

Insumo / concepto	Costo unitario (MXN)	Costo por litro (MXN)
Soya (granos secos, 150 g)	\$18.00 / kg	\$2.70
Granos de kéfir (reutilizables)	Amortización \$0.50	\$0.50
Agua potable y energía	Estimado	\$1.80
Recipiente de vidrio (amortización)	\$0.30	\$0.30
Mano de obra (1 h a salario mínimo)	\$14.50 / h	\$14.50
Costo total de producción / litro		\$19.80

Salario mínimo 2024 (zona libre de la frontera norte excluida): \$248.93 MXN/día (\$31.12/h).

Con un costo de producción estimado de \$19.80 MXN por litro, el producto tiene un amplio margen de rentabilidad considerando que bebidas funcionales fermentadas similares se comercializan en el mercado local entre \$45 y \$80 MXN por litro.

Este diferencial representa un margen bruto potencial de 127–304%, suficiente para cubrir costos indirectos y generar ingreso neto. No obstante, se deberán contemplar aspectos regulatorios: en México, los alimentos fermentados artesanales para venta al público requieren registro ante la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), cumplimiento de la NOM-243-SSA1-2010 (leche y productos de leche) y, en caso de hacerse la distinción de "leche vegetal", declaración nutrimental conforme a NOM-051-SCFI/SSA1-2010. La orientación regulatoria para productoras artesanales debe contemplarse en fases posteriores del proyecto.

Un análisis de sensibilidad estimado indica que variaciones de $\pm 10\%$ en el costo de la soya modificarían el costo final únicamente en ± 0.27 MXN/L, evidenciando estabilidad económica del modelo productivo frente a fluctuaciones moderadas del mercado. El análisis no consideró costos de distribución, etiquetado ni certificación sanitaria, los cuales deberán evaluarse en estudios de escalamiento.

Para estimar el retorno de inversión (ROI) bajo condiciones artesanales, se consideró una producción mínima viable de 10 litros semanales, con un precio de venta conservador de \$50 MXN/L. El ingreso bruto semanal proyectado asciende a \$500 MXN, frente a un costo de producción de \$198 MXN, generando un margen bruto

de \$302 MXN/semana (\$1,208 MXN/mes). Una inversión inicial estimada de \$3,500–5,000 MXN (recipientes de vidrio, báscula, refractómetro, insumos de inicio) se recuperaría en un plazo de 3 a 5 meses bajo este esquema productivo, considerando únicamente la venta directa en mercados locales y tianguis. A escala de 20 litros semanales —factible con los equipos disponibles en las sesiones de capacitación— el periodo de recuperación se reduciría a 6–8 semanas. Cabe señalar que estas estimaciones son de naturaleza exploratoria y deberán validarse mediante un estudio formal de escalamiento productivo en fases posteriores del proyecto.

En cuanto al entorno competitivo, el mercado local de Irapuato y la región del Bajío cuenta con una oferta incipiente de bebidas fermentadas artesanales, principalmente kéfir de leche de vaca comercializado por productores individuales a precios de \$40–70 MXN/L, y productos lácteos fermentados industriales (yakult, yogur bebible) disponibles en tiendas de autoservicio a \$15–35 MXN/L. El kéfir de soya representa un nicho diferenciado por su perfil libre de lactosa y su asociación con dietas plant-based, con demanda creciente en segmentos de consumidores vegetarianos, intolerantes a la lactosa y con sensibilidad a productos de origen animal, los cuales representan un mercado objetivo con mayor disposición a pagar precios premium. La ausencia de competidores directos con un producto equivalente en el mercado local constituye una ventaja competitiva inicial para las productoras artesanas del grupo capacitado.

Respecto al seguimiento con el grupo de productoras, al término de las cuatro sesiones de capacitación-producción se estableció un canal de comunicación vía grupo de mensajería para el intercambio de experiencias y resolución de dudas operativas. Se prevé una visita de seguimiento a los tres meses para valorar la continuidad productiva, las dificultades encontradas en la comercialización informal y el nivel de adopción del proceso en el entorno doméstico. Este acompañamiento postintervención es esencial para validar la sostenibilidad real del modelo productivo más allá de las condiciones controladas del estudio, y forma parte de la agenda de investigación participativa del proyecto.

CONCLUSIONES

El kéfir de soya elaborado mediante fermentación artesanal controlada demostró viabilidad tecnológica, microbiológica, sensorial y socio-productiva bajo condiciones experimentales controladas desde las perspectivas fisicoquímica, microbiológica, sensorial y económica.

El proceso fermentativo (24 h, 25 °C, 5% p/v de granos de kéfir adaptados) generó reducciones significativas de pH ($p < 0.001$) y consumo de carbohidratos solubles, con recuentos de BAL (1.2×10^8 UFC/mL) y levaduras (3.4×10^6 UFC/mL) conformes a estándares internacionales para kéfir artesanal funcional. La evaluación sensorial ($n = 30$) reportó aceptación global de 7.8 ± 0.3 en escala hedónica de nueve puntos, con reducción notable del sabor residual característico de la soya no fermentada.

El modelo de producción artesanal mostró un costo estimado de \$19.80 MXN por litro y alta percepción de viabilidad económica entre las 12 mujeres artesanas participantes, con intención de continuidad de 4.9/5.0 en escala Likert.

Esto posiciona al kéfir de soya como una herramienta de desarrollo comunitario con perspectiva de género, potencialmente replicable en contextos con condiciones socioeconómicas y productivas comparables de Guanajuato y estados con perfil sociodemográfico similar.

Se recomienda para trabajos futuros: (1) caracterización molecular de la microbiota mediante secuenciación 16S/ITS, (2) cuantificación de péptidos bioactivos e isoflavonas en el producto fermentado, (3) estudio de vida útil y condiciones de almacenamiento, y (4) acompañamiento regulatorio (COFEPRIS) para la formalización comercial del producto.

BIBLIOGRAFÍA

AOAC International. (2019). Official methods of analysis of AOAC International (21st ed.). Method 996.06. Association of Official Analytical Chemists.

- Apalowo, O. E., Adegoye, G. A., Mbogori, T., Kandiah, J., & Obuotor, T. M. (2024). Nutritional characteristics, health impact, and applications of kefir. *Foods*, 13(1), 152. <https://doi.org/10.3390/foods13010152>
- Bresciani, L., Ströher, J. A., Silva, L. D., Lehn, D. N., Rama, G. R., Souza, E. M., Wilsmann, L. M., & Salazar, M. M. (2024). Kefir artesanal: análise dos atributos de qualidade em relação aos requisitos da legislação brasileira. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, 22(4), 1–18.
- Cheng, T., Zhang, T., Zhang, P., Wang, L., & Liu, Y. (2024). The complex world of kefir. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(4), e13364. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13364>
- Del Carpio, P. S., Freitag, V., Jiménez Argote, Z. B., Sandoval Meza, C., & Martínez Ramírez, V. (2024). Dificultades en el trabajo artesanal femenino en Guanajuato. *Jóvenes en la Ciencia*, 8(2), 34–41.
- Jurado Salazar, A. (2025). Fermentación de leche de soya: alternativas y desafíos tecnológicos. En M. García & R. López (Eds.), *Bioteología de alimentos vegetales* (pp. 112–134). Editorial Universitaria.
- Karaçalı, R., Özdemir, N., & Çon, A. H. (2018). Aromatic and functional aspects of kefir produced using soya milk. *International Journal of Dairy Technology*, 71(3), 664–672. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12478>
- Oros, J. H., Góngora, E. C., Pérez, D. C., & Elizondo, M. E. (2019). Análisis químico y microbiológico en kéfir artesanal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(5), 1123–1131.
- Oros, J. H., Quiroga, M. D., García, D. J., León, A., & Sandoval, I. C. (2019). Estudio piloto del consumo de kéfir artesanal. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 39(2), 88–95.
- R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Ströher, J. A., Mendes Salazar, M., Neutzling Lehn, D., Ferreira da Silva, L. D., Hickmann Flôres, S., & Silva Malheiros, P. (2024). Percepções sobre a produção artesanal de kefir. *Revista Conexão UEPG*, 20(1), 45–58.
- Ströher, J. A., Oliveira, W. D., Ferreira da Silva, L. D., & Lehn, D. N. (2025). A global review of geographical diversity of kefir microbiome. *Fermentation*, 11(1), 12. <https://doi.org/10.3390/fermentation11010012>
- Tingirikari, J. M., Sharma, A., & Lee, H. (2024). Kefir: A fermented plethora of symbiotic microbiome and health. *Journal of Ethnic Foods*, 11(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s42779-024-00200-6>
- Valdez Bocanegra, H. G., Alfaro Vázquez, L. Y., & Carrasco Rangel, M. M. (2025). Mujeres y equilibrio vida-trabajo en Guanajuato. *Jóvenes en la Ciencia*, 9(1), 12–20.