VOLUMEN 48
XXXI Verano De la Ciencia
ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

Evaluación del producto de fermentación de los granos de kéfir en malta

Evaluation of fermentation product obtained from kefir nodules in malt

Evelyn Michelle Pérez Palacios[1], Emili Ariana Rivera Molina[1], Héctor Hernández Escoto[3], Juan Carlos Torres Guzmán[2], Karla Yadira Cervantes Quintero[3]

[1] Licenciatura en Biología Experimental, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato
[2] Departamento de Biología, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato.
[3] Departamento de Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato, ky.cervantes@ugto.mx

Resumen

Los nódulos de kéfir (tíbicos) son un consorcio simbiótico de bacterias y levaduras que producen una bebida fermentada, el kéfir de agua, la cual es reconocida por diversas propiedades, entre las que se encuentran: la regulación de la microbiota intestinal y su potencial antibacteriano. En este estudio se evaluó el desarrollo de los tíbicos en dos diferentes medios: piloncillo y mosto de malta blanca. Adicionalmente, se evaluó el producto de fermentación del mosto mezcla de maltas (malta blanca-malta oscura) utilizando diferentes proporciones peso-volumen de tibicos (5%, 10% y 20%). Los resultados mostraron que la hidrólisis previa de la malta incrementa la disponibilidad de azúcares reductores, que fueron consumidos durante la fermentación. Adicionalmente, fue de interés dilucidar si el producto de la fermentación presenta actividad antibacteriana frente a *Bacillus spp.*, *Escherichia coli* y *Salmonella spp*. Se observó que el kéfir obtenido a partir del mosto de mezcla de maltas presenta actividad antibacteriana frente a las bacterias evaluadas, lo que evidencia el potencial de la malta como sustrato para la producción del kéfir. Estos resultados representan una base para futuras investigaciones orientadas a optimizar el proceso, la cuantificación de etanol y la caracterización de metabolitos responsables de las características organolépticas y la actividad biológica.

Palabras clave: Tíbicos, fermentación, kéfir de agua, malta, piloncillo, actividad antibacteriana.

Antecedentes

El kéfir es conocido por producir una bebida fermentada de un sabor ácido y textura ligeramente viscosa, con un toque sutil de efervescencia debido a la carbonatación natural que ocurre durante el proceso de fermentación (Azizi et al., 2021a). Se conocen 2 variantes principales, dependiendo del sustrato utilizado para su fermentación, el kéfir lácteo y el kéfir de agua. Este producto es conocido por el uso de un iniciador específico, los granos de kéfir (Azizi et al., 2021a). Estos granos son un impresionante consorcio simbiótico tan complejo que contiene bacterias ácido lácticas (BAL), bacterias ácido acéticas (BAA) y levaduras(Tingirikari et al., 2024), las cuales son envueltas por una matriz de polisacáridos compleja, compuesta principalmente de dextrano y una fracción levana(Fels et al., 2018)

Estos nódulos de kéfir, conocidos como granos de kéfir, son el iniciador único y esencial para elaborar esta bebida fermentada, tiene una apariencia de simetría irregular y lobulada, similar a las flores de coliflor, su color varía de blanco a amarillo, en el caso del kéfir de leche, mientras que los granos del kéfir de agua suelen ser traslúcidos o blanco-grisáceos, además poseen una consistencia gelatinosa ((Azizi et al., 2021a; Shen et al., 2018; Tingirikari et al., 2024). La forma más común y conocida de obtener nuevos nódulos de kéfir es mediante el mismo ciclo de este, durante cada proceso de fermentación, los microorganismos consumen el sustrato y aumentan su biomasa entre un 5 y 7%. A medida que los granos aumentan su tamaño, tienden a dividirse en granos más pequeños. Estos nuevos nódulos mantienen la misma comunidad microbiana y se utilizan como iniciadores de la siguiente tanda de kéfir (Azizi et al., 2021b; Egea et al., 2022; Tingirikari et al., 2024).

Después de cada tanda nueva de kéfir, los nódulos se separan mediante filtración, se lavan y se vuelven a introducir en sustrato nuevo y fresco para iniciar una nueva fermentación (Azizi et al., 2021b; Tingirikari et al., 2024). La composición fisicoquímica del kéfir puede variar dependiendo del origen de los granos, los métodos de cultivo, las materias primas y la tecnología de procesamiento(Tingirikari et al., 2024). La preparación de este consiste en agua potable, una fuente de carbono, principalmente azúcar morena o mascabado siendo el sustrato principal, y una fuente de nitrógeno, se suelen añadir frutas secas (como higos secos o pasas), también se pueden utilizar jugos de frutas (como manzana, uva y pera), extractos de vegetales (soja, zanahoria) o incluso miel como sustrato (Azizi et al., 2021b). La concentración de azúcar suele rondar entre el 6% a 10% (p/v), mientras que la concentración de granos ronda entre el 1% al 20% (p/v) de granos respecto al líquido, siendo una relación 1:10. La mezcla se coloca en un frasco de vidrio, tapado con la misma tapa o semi abierto, sólo cubierto con un paño, permitiendo la fermentación a temperatura ambiente durante 24 a 72 horas(Azizi et al., 2021b; de Almeida et al., 2025; Lynch et al., 2021; Wen et al., 2024a).

***Tabla 1**. Comparativa de Kéfir de Leche vs Kéfir de Agua.*

Características	Kéfir de leche	Kéfir de agua
Sustrato principal	Leche animal (vaca, cabra, oveja, búfala o camello).	Solución de agua con azúcar (sacarosa/mascabado) y frutas secas.
Apariencia de los nódulos	Opacos, blancos o amarillentos, en forma de pequeñas flores de coliflor.	Translúcidos o blanco-grisáceos; estructura quebradiza y cerosa, similar a la sal de roca.
Exopolisacárido de los nódulos	Compuesta principalmente por el polisacárido kefirán.	Compuesta predominantemente por dextrano (α -glucanos).
Microbiología destacada	Dominan especies de *Lactococcus* y hay una menor prevalencia de bacterias ácido áceticas y levaduras del tipo *Saccharomyces*.	Mayor prevalencia de bacterias ácido acéticas y levaduras *Saccharomyces*.

Modificado de Lynch et al., 2021

Los beneficios del kéfir de agua muestran que puede inducir apoptosis en líneas celulares de leucemia, cáncer de mama, gástrico y colorrectal, reducir la glucemia, mejorar el perfil lipídico y controlar la diabetes (Azizi et al., 2021b; de Almeida et al., 2025; Egea et al., 2022). Además, ayuda a tratar la hipertensión arterial y reducir el colesterol en modelos animales (Azizi et al., 2021a; Rodríguez et al., 2023). Adicionalmente, se ha reportado su potencial como suplemento nutricional para abejas, así como para la producción de bebidas alcohólicas de bajo contenido alcohólico, aptas para niños y mujeres embarazadas, al mantener un contenido alcohólico por debajo del 0.5 % (Rodríguez et al., 2023; Wen et al., 2024b).

Las ventajas para el cuerpo humano reportadas están principalmente relacionadas con la salud gastrointestinal y su efecto probiótico: modula la microbiota y mejora la digestión (Azizi et al., 2021b; de Almeida et al., 2025; Shen et al., 2018). Posee propiedades antimicrobianas ya que inhibe el crecimiento de diversos patógenos como *E. coli*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans* (Azizi et al., 2021b). Este efecto se debe a la producción de ácidos orgánicos (láctico y acético) que bajan el pH, así como la liberación de bacteriocinas y peróxido de hidrógeno (Azizi et al., 2021b; Tingirikari et al., 2024). Aporta efectos antiinflamatorios e inmunomoduladores, se ha observado que ayuda en el tratamiento de afecciones como la colitis, artritis, asma y alergias (Azizi et al., 2021b; de Almeida et al., 2025; Tingirikari et al., 2024). Por último, se reportó actividad anticancerígena donde se ha propuesto como adyuvante para mejorar la eficacia de la quimioterapia (Azizi et al., 2021b; Díaz López, 2025)

ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

Materiales y métodos

Ensayos de hidrólisis de malta

a) Mosto de mezcla de malta: Se prepararon suspensiones al 25 % (p/v) de una mezcla de malta blanca y malta oscura, a un volumen final de 50 mL, similar al empleado por Tequilera Corralejo®. Las suspensiones al 25% se hidrolizaron en un baño de agua a 68 °C durante 130 minutos. Al finalizar el proceso, el mosto se filtró con gasa para retirar los residuos sólidos y se esterilizó. El medio obtenido se utilizó posteriormente como sustrato para el proceso de fermentación.
b) Mosto de malta blanca: Se prepararon suspensiones de malta blanca a concentraciones de 10%, 15% y 20% (m/v) en matraces de 500 mL a un volumen final de 150 mL. Las suspensiones se sometieron a hidrólisis en un baño de agua a 68 °C durante 130 min. Al finalizar el proceso, el mosto fue filtrado para retirar los residuos sólidos y posteriormente transferido a matraces estériles, donde se pasteurizó a 94 °C durante 10 min. Inmediatamente después, los matraces se enfriaron en un baño de hielo durante 15 min.

En ambos tratamientos, durante la hidrólisis, se tomaron muestras de 1 mL a 0, 30, 60, 100 y 130 min para evaluar la liberación de azúcares reductores. Las muestras obtenidas fueron analizadas posteriormente mediante el método del ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) (Miller, 1959).

Ensayos de crecimiento los nódulos de tíbicos

a) Crecimiento en medio de piloncillo: Los medios de piloncillo se prepararon a concentraciones de 10%, 15% y 20% (p/v), utilizando agua destilada como disolvente. Una vez preparados, los medios fueron esterilizados a 121 °C durante 15 min y se dejaron enfriar a temperatura ambiente previo a su uso.
b) Crecimiento en medio de mosto blanco: Se utilizó el medio de mosto de malta blanca previamente preparado.

Los medios de piloncillo y mosto blanco fueron inoculados con 15.2 g de tíbicos por tratamiento e incubados a 28 °C. Se realizaron muestreos a las 0, 20, 24, 26, 48, 72, 92 y 96 horas con la finalidad de evaluar el consumo de azúcares, mediante el método DNS, durante el crecimiento de los cultivos. Al finalizar el tiempo de incubación se cuantificó el peso húmedo de los tíbicos.

Ensayo de fermentación

Este ensayo se llevó a cabo en medio de mosto de mezcla de malta, previamente hidrolizado. Se prepararon tres condiciones de fermentación, los cuales consistieron en la adición de 5%, 10% y 20% (p/v) de tíbicos en 50 mL de medio. Posteriormente, los cultivos se incubaron a 28 °C durante un periodo de 24 h; las tomas de muestra se realizaron en los tiempos 0, 5, 21 y 24 h, respectivamente.

Medición de azúcares por método DNS

La concentración de azúcares reductores se determinó mediante el método del ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS)(Miller, 1959). Para ello, se mezcló un volumen de muestra de 250 µL de muestra con 250 µL de reactivo DNS y la mezcla se incubó en baño María a 100 °C durante 15 min. Posteriormente, las muestras se enfriaron a temperatura ambiente y se aforaron a 2.5 mL de agua destilada antes de medir la absorbancia a 540 nm en un espectrofotómetro. La concentración de azúcares reductores se calculó mediante una curva de calibración elaborada con dextrosa empleando las concentraciones de 0.1,0.2,0.5,0.6,0.8,1,1.2,1.4,1.6,1.8 y 2 g/L.

Actividad antibacteriana

Se preparó un preinóculo, de bacterias previamente recuperadas en medio LB sólido, en un matraz de 50 mL con 10 mL de medio LB líquido estéril (2.5 g de peptona biotriptasa, 2.5g de NaCl y 1.25 g de extracto de levadura, aforar a 250 mL) de cada una de las bacterias empleadas *E. coli*, *Salmonella spp*. y *B. subtilis*,

incubando aproximadamente 18 h a 37 °C en agitación. Se adicionó 1 mL del preinóculo a 50 mL de medio LB en matraces de 250 mL, incubando a 37 °C en agitación hasta alcanzar una DO de 0.5 a 600 nm. Una vez que el inóculo alcanzó la DO_{600} de 0.5, se añaden 100 μL de cada una de las suspensiones bacterianas a los pozos correspondientes a: los controles negativos; los tratamientos donde además se adicionan 30 μL del producto de fermentación a las 24h; y los controles positivos a los cuales se les adicionó también 16 μL de ampicilina a una concentración de 100 μg/mL. En los pozos correspondientes a los blancos, se adicionaron 100 μL de medio LB líquido y 30 μL de mosto de mezcla de malta. Todos los pocillos se llevaron a volumen final de 160 μL con agua destilada estéril. La placa se cerró, se mezcló y fue sellada con papel parafilm para incubarla a 37 °C por 24 horas. Al finalizar la incubación, la placa se mezcló durante 40 s para llevar a cabo la lectura a 595 nm.

Resultados y discusión

El establecimiento del crecimiento óptimo del cultivo de tíbicos se realizó empleando piloncillo, el medio nutrimental coloquialmente empleado, y mosto de malta blanca previamente hidrolizada.

Durante la hidrólisis de malta blanca se puede observar un evidente incremento en la concentración de azúcares reductores (Figura 1A). Esto se debe a que el tratamiento de la malta en agua caliente permite la liberación de los azúcares. Adicionalmente, las enzimas amilasas cortan el almidón que se encuentra en esta mezcla. Durante la hidrólisis se descomponen azúcares complejos (no reductores) en formas más simples por la acción de enzimas específicas (De Schepper et al., 2021). Una vez que ya están disponibles los azúcares *Saccharomyces* puede utilizar la enzima invertasa para hidrolizar la sacarosa, la cual rompe el disacárido en dos moléculas, la glucosa y la fructosa. Estos monosacáridos reductores quedan disponibles, permitiendo su disponibilidad para el desarrollo de otros microorganismos presentes en los tíbicos (de Almeida et al., 2025; Lynch et al., 2021).

Durante el crecimiento de los tíbicos en el medio de mosto blanco hay un decremento en la concentración de azúcares reductores del medio (Figura 1B), esto se debe a que los azúcares disponibles son empleados por el consorcio microbiano en los tíbicos para producción de energía y metabolitos como ácido láctico, etanol y dióxido de carbono (Lynch et al., 2021; Egea et al., 2020; de Almeida et al., 2025). Algo muy importante a notar es que, durante los tiempos de 92, y 96 h de crecimiento en mosto blanco, existe una mayor dispersión en los datos, como se logra apreciar en las barras de error (Figura 1B). Conforme avanza el crecimiento de los nódulos de tíbicos, el medio experimenta cambios fisicoquímicos derivados de la acumulación de biomasa microbiana, metabolitos y polisacáridos extracelulares, lo que incrementa la heterogeneidad del sistema (Lynch et al., 2021; Wen et al., 2024; de Almeida et al., 2025). Estas condiciones generan pequeñas diferencias durante el muestreo entre réplicas que pueden traducirse en una mayor variabilidad experimental. Otro factor son concentraciones más bajas de azúcares reductores, cualquier pequeña diferencia entre réplicas puede aumentar la desviación estándar. Por último, una incorrecta homogeneización de la muestra provoca que no exista la misma proporción de azúcares, presentando variaciones durante la determinación por DNS (Miller,1986). En estudios posteriores sería recomendable incrementar el número de réplicas experimentales para disminuir la variabilidad observada.

Al determinar el peso húmedo de los tíbicos al término del crecimiento en mosto blanco (Figura 1C), se observó un crecimiento creciente dependiente de la concentración, presentando mayor cantidad de biomasa (peso húmedo) en el tratamiento al 20%. Este resultado preliminar sugiere que el crecimiento de los tíbicos correlaciona con la concentración de nutrientes que se encuentren en el medio de crecimiento. Sin embargo, al compararlo con el 20% del medio de piloncillo se aprecia que este último fue el mejor para favorecer el crecimiento de la biomasa. Cabe recalcar que el peso húmedo representa tanto el crecimiento de la biomasa como el contenido de agua retenido por los gránulos, por lo que ambos factores pueden contribuir a las diferencias observadas entre tratamientos.

VOLUMEN 48
XXXI Verano De la Ciencia
ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

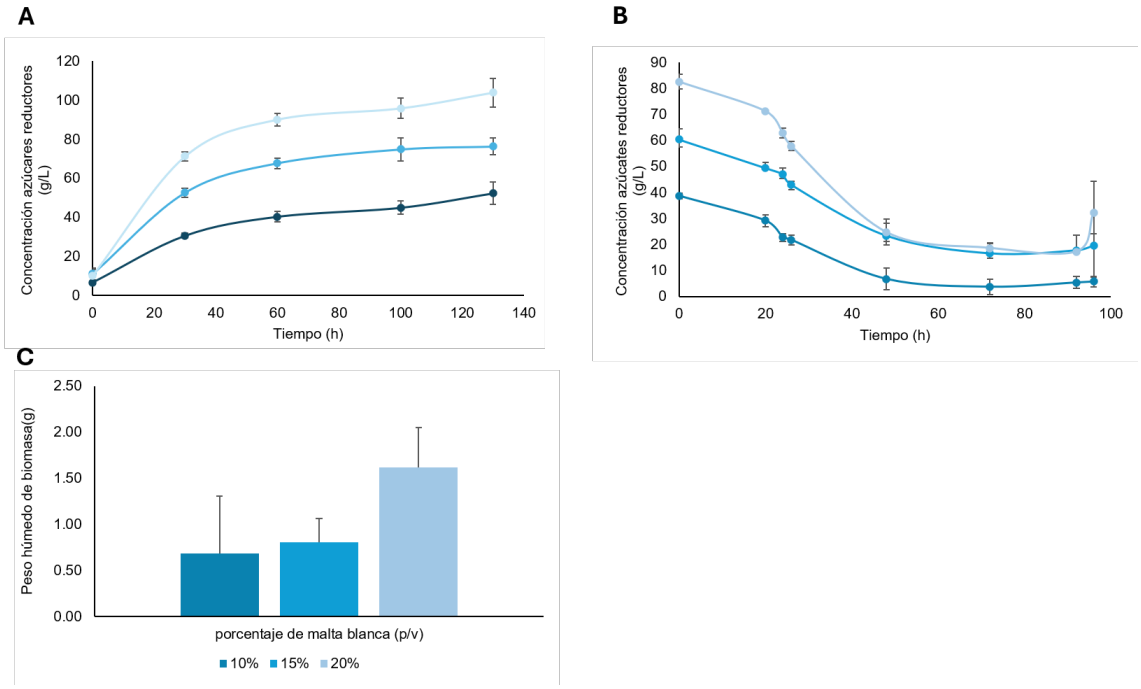


Figura 1. Crecimiento de tíbicos en mosto de malta blanca. ***A)*** *Se muestra la concentración de azúcares reductores durante la hidrólisis de malta blanca en función del tiempo.* ***B)*** *Se muestra el consumo de azúcares reductores por parte de los tíbicos en función del tiempo.* ***C)*** *La gráfica representa el peso húmedo del tíbicos al crecer en diferentes porcentajes de malta blanca. Los datos representan el promedio de tres réplicas experimentales. El color ● corresponde a la concentración al 20%, el color ● al 15% y el color ● al 10%, las barras de error representan el error estándar.*

Por otro lado, al crecer los tíbicos en medio de piloncillo, se observa un comportamiento diferente al crecimiento en mosto blanco. La concentración de azúcares reductores no presentó una disminución continua, sino que hay presencia de fluctuaciones entre los distintos tiempos de muestreo, observándose también un incremento en los últimos tiempos (Figura 2A). Este comportamiento sugiere que el comportamiento es más complejo que el observado en el mosto blanco. Una posible explicación es la propia composición del piloncillo, que se trata de un sustrato complejo que contiene principalmente sacarosa, pero también glucosa, fructosa, minerales y otros compuestos provenientes de la caña de azúcar debido al escaso procesamiento de esta misma (Jaffé, 2015). Es posible que durante el crecimiento ocurra una variación entre el consumo de los azúcares y la liberación de nuevos monosacáridos, lo que podría explicar las fluctuaciones observadas en la concentración de azúcares reductores a lo largo del experimento. Al igual que en el mosto blanco, el incremento en los últimos tiempos de muestreo, reflejándose en la dispersión, puede atribuirse a la creciente heterogeneidad del sistema, lo que dificulta la obtención de muestras completamente homogéneas (Lynch et al., 2021; Wen et al., 2024; de Almeida et al., 2025).

El peso húmedo de los nódulos de tíbicos mostró una tendencia creciente conforme aumentó la concentración de piloncillo, alcanzando el mayor crecimiento en el tratamiento al 20 % (Figura 2B). Esto nos sugiere que a medida que aumenta la concentración de piloncillo, se proporcionan condiciones más favorables para el desarrollo de los tíbicos. Esto puede atribuirse a que el piloncillo, además de aportar los carbohidratos necesarios para fermentar, conservas minerales y otros micronutrientes provenientes de la caña de azúcar que favorecen la actividad metabólica y, por tanto, el crecimiento de los tíbicos (Jaffé, 2015; Egea et al., 2020; de Almeida et al., 2025).

Una vez definido que el óptimo crecimiento de los tíbicos es en medio de piloncillo al 20%, se procedió a realizar los ensayos de fermentación.

VOLUMEN 48
XXXI Verano De la Ciencia
ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

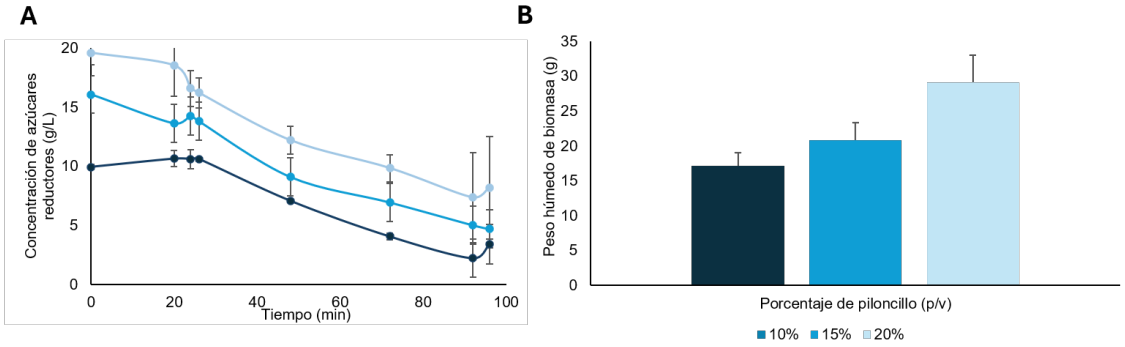


Figura 2. Crecimiento de Tibicos en medio de piloncillo. ***A)*** *Concentración de azúcares reductores durante el crecimiento de los tibicos en concentraciones de 10%, 15% y 20% p/v de piloncillo. B) La gráfica representa el peso húmedo del tibicos al crecer en diferentes porcentajes de piloncillo. Los datos representan el promedio de tres réplicas experimentales. El color ● corresponde al 20%, el color ● corresponde al 15% y el color ● al 10%, las barras de error corresponden al error estándar.*

Para realizar la fermentación se empleó una mezcla de malta blanca y oscura, ya que la malta empleada puede generar diferentes cualidades organolépticas al fermentado(Liguori et al., 2021). Al realizar la hidrólisis de la mezcla de maltas blanca y oscura para el proceso de fermentación, se determinó que la concentración de azúcares fue creciente, presentando un comportamiento muy similar a la hidrólisis de malta blanca (Figura 3A). Esto indica que las enzimas presentes en malta continúan hidrolizando el almidón, liberando azúcares reductores, que pueden ser utilizados por el consorcio microbiano (De Schepper et al., 2021). En esta etapa se evaluó la fermentación del mosto de la mezcla de malta con tres concentraciones distintas de tíbicos (5%, 10% y 20%). Durante el proceso de fermentación (Figura 3B), se observó una disminución gradual en la concentración de azúcares reductores para los tres tratamientos, esto confirma que los azúcares fueron consumidos por los microorganismos presentes en los tíbicos para mantener en correcta función su metabolismo y producir compuestos derivados de la fermentación, como son los ácidos orgánicos, el etanol y dióxido de carbono (Lynch et al., 2021; de Almeida et al., 2025). Sin embargo, las concentraciones de azúcares no siguieron una correlación con el inóculo de tíbicos, ya que la concentración de 10% de nódulos de tíbicos (p/v) presentó valores superiores con relación a la de 20%, aunque las 3 condiciones muestran una tendencia de consumo similar. Este comportamiento se puede deber a la variabilidad experimental derivada del muestreo y al momento de realizar las pruebas mediante el método DNS, más que a un efecto biológico. Como perspectiva, se recomienda incrementar el número de réplicas experimentales para verificar el resultado.

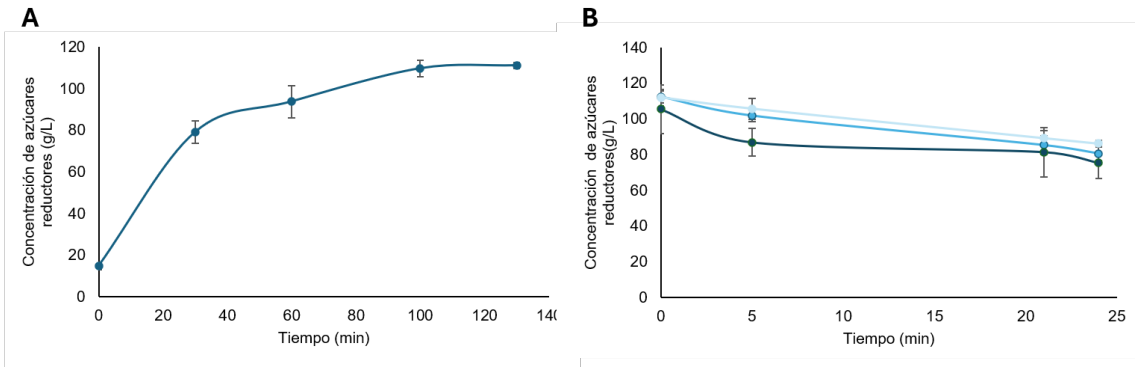


Figura 3. Fermentación en mosto de mezcla de maltas. ***A)*** *Se muestra la concentración de azúcares reductores durante la hidrólisis que sufren los granos de malta.* ***B)*** *Se muestra la concentración de azúcares reductores en función del tiempo durante el proceso de fermentación realizada por los tíbicos. En B el color ● corresponde al 10%, el color ● corresponde al 5% y el color ● al 20% p/v de tíbicos/mosto de mezcla de maltas. Los datos representan el promedio de tres réplicas experimentales, las barras de error corresponden al error estándar.*

ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

Se ha descrito que el kéfir proveniente de la fermentación de tíbicos de agua suele presentar un efecto antimicrobiano (de Almeida et al., 2025). Fue de nuestro interés determinar si bajo nuestro proceso fermentativo, el kéfir obtenido presenta la misma característica.

En el ensayo de actividad antibacteriana (Figura 4), se evidencia una relación entre la concentración del fermentado y la inhibición del crecimiento bacteriano. El efecto más evidente fue con *Bacillus spp*. (Gram positiva), donde el kéfir obtenido con 10% y 20% p/v de tíbicos, redujeron prácticamente por completo el crecimiento bacteriano. Adicionalmente, *E. coli* y *Salmonella spp*, ambas bacterias Gram negativas, presentaron también una disminución importante con respecto al control negativo, lo que demuestra que el kéfir obtenido del proceso de fermentación posee actividad antibacteriana frente a bacterias Gram positivas y Gram negativas. Se sugiere que el proceso de fermentación para la obtención del kéfir produce metabolitos entre los cuales se encuentran ácidos orgánicos (principalmente ácido láctico y acético), etanol, dióxido de carbono, bacteriocinas y otros compuestos, los cuales actúan disminuyendo el pH del medio e interfieren con el crecimiento y metabolismo de otros microorganismos (Lynch et al., 2021; de Almeida et al., 2025).

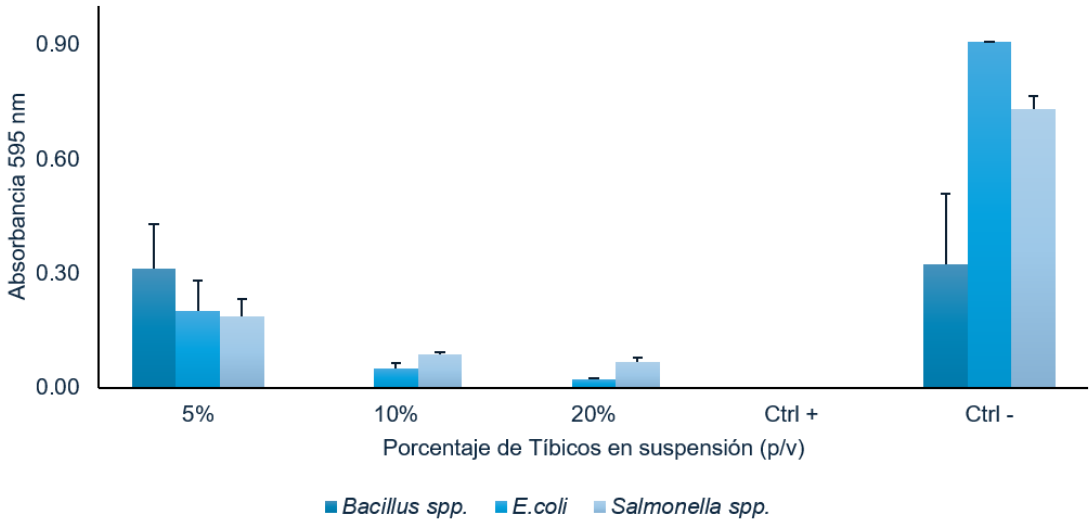


Figura 4. Actividad antibacteriana del Kéfir obtenidos de la fermentación, empleando concentraciones de 5%, 10% y 20% p/v de tíbicos, evaluada frente a Bacillus spp., Escherichia coli y Salmonella spp. mediante la medición de absorbancia a 595nm (Abs 596nm). Los datos representan el promedio de las tres réplicas experimentales e incluyen el control positivo(ampicilina) y control negativo para la comparación de la actividad antibacteriana.

Finalmente, se realizó una evaluación organoléptica preliminar, donde se analizó el aroma al término de cada fermentación, presentando un aroma con notas a chocolate con una percepción etílica, con un sabor cítrico efervescente característico de las bebidas fermentadas. Sin embargo, la nitidez de la percepción variaba entre de acuerdo al porcentaje de tíbicos empleado. Estas diferencias podrían estar relacionadas con variaciones en la producción de compuestos volátiles, como etanol, ácidos orgánicos, ésteres y otros metabolitos secundarios generados durante la fermentación por el consorcio microbiano del kéfir (Wen et al., 2024; Lynch et al., 2021). Como perspectiva, es necesario un análisis de cata bajo una normativa definida. Adicionalmente, se puede implementar la cuantificación de compuestos característicos mediante técnicas analíticas, como cromatografía de gases-masas (GC-MS), lo que nos permitiría relacionar objetivamente el perfil aromático con la composición química del fermentado.

Conclusión

En conjunto, los resultados indican que el medio de piloncillo al 20%p/v fue el medio donde se obtiene una mayor cantidad de biomasa húmeda. Por otro lado, la mezcla de malta blanca y malta oscura es una buena opción como sustrato para la fermentación de los tíbicos, ya que permitió el consumo de azúcares reductores, la producción de metabolitos con actividad antibacteriana contra las bacterias probadas y el desarrollo de compuestos aromáticos característicos de una bebida fermentada. Estos hallazgos sugieren que este sustrato puede ser una alternativa para el desarrollo de bebidas fermentadas con posibles propiedades antimicrobianas.

Referencias

Azizi, N. F., Kumar, M. R., Yeap, S. K., Abdullah, J. O., Khalid, M., Omar, A. R., Osman, M. A., Mortadza, S. A. S., & Alitheen, N. B. (2021a). Kefir and its biological activities. In *Foods* (Vol. 10, Number 6). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/foods10061210

Azizi, N. F., Kumar, M. R., Yeap, S. K., Abdullah, J. O., Khalid, M., Omar, A. R., Osman, M. A., Mortadza, S. A. S., & Alitheen, N. B. (2021b). Kefir and its biological activities. In *Foods* (Vol. 10, Number 6). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/foods10061210

de Almeida, K. V., Sant' Ana, C. T., Wichello, S. P., Louzada, G. E., Verruck, S., & Teixeira, L. J. Q. (2025). Water Kefir: Review of Microbial Diversity, Potential Health Benefits, and Fermentation Process. In *Processes* (Vol. 13, Number 3). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/pr13030885

De Schepper, C. F., Michiels, P., Buvé, C., Van Loey, A. M., & Courtin, C. M. (2021). Starch hydrolysis during mashing: A study of the activity and thermal inactivation kinetics of barley malt α-amylase and β-amylase. *Carbohydrate Polymers*, *255*. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117494

Díaz López, C. (2025). Potential beneficial effects of kefir in cancer. *Pharmacy & Pharmacology International Journal*, *13*(5), 180–185. https://doi.org/10.15406/ppij.2025.13.00482

Egea, M. B., Santos, D. C. dos, Oliveira Filho, J. G. de, Ores, J. da C., Takeuchi, K. P., & Lemes, A. C. (2022). A review of nondairy kefir products: their characteristics and potential human health benefits. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 62, Number 6, pp. 1536–1552). Taylor and Francis Ltd. https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1844140

Fels, L., Jakob, F., Vogel, R. F., & Wefers, D. (2018). Structural characterization of the exopolysaccharides from water kefir. *Carbohydrate Polymers*, *189*, 296–303. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.02.037

Liguori, L., De Francesco, G., Orilio, P., Perretti, G., & Albanese, D. (2021). Influence of malt composition on the quality of a top fermented beer. *Journal of Food Science and Technology*, *58*(6), 2295–2303. https://doi.org/10.1007/s13197-020-04740-8

Lynch, K. M., Wilkinson, S., Daenen, L., & Arendt, E. K. (2021). An update on water kefir: Microbiology, composition and production. In *International Journal of Food Microbiology* (Vol. 345). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109128

Miller. (1959). miller1959. *Analytical Chemistry*, *31*, 426–428.

Rodríguez, M. A., Fernández, L. A., Díaz, M. L., Pérez, M., Corona, M., & Reynaldi, F. J. (2023). Microbiological and chemical characterization of water kefir: An innovative source of potential probiotics for bee nutrition. *Revista Argentina de Microbiologia*, *55*(2), 176–180. https://doi.org/10.1016/j.ram.2022.09.003

Shen, Y., Kim, D.-H., Chon, J.-W., Kim, H., Song, K.-Y., & Seo, K.-H. (2018). Nutritional Effects and Antimicrobial Activity of Kefir (Grains). *Journal of Milk Science and Biotechnology*, *36*(1), 1–13. https://doi.org/10.22424/jmsb.2018.36.1.1

Tingirikari, J. M. R., Sharma, A., & Lee, H. J. (2024). Kefir: a fermented plethora of symbiotic microbiome and health. In *Journal of Ethnic Foods* (Vol. 11, Number 1). BioMed Central Ltd. https://doi.org/10.1186/s42779-024-00252-4

Wen, S., Dong, N., Zhang, Y., Yang, B., Wang, B., Dai, Y., Lin, X., Dong, L., & Zhang, S. (2024a). Metabolic profiling of wort fermented with water kefir grains and its effect on wort quality. *Food Bioscience*, *59*. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104181

Wen, S., Dong, N., Zhang, Y., Yang, B., Wang, B., Dai, Y., Lin, X., Dong, L., & Zhang, S. (2024b). Metabolic profiling of wort fermented with water kefir grains and its effect on wort quality. *Food Bioscience*, *59*. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104181