



UNIVERSIDAD CONCEPCIÓN DEL URUGUAY

CENTRO REGIONAL ROSARIO

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

LICENCIATURA EN BROMATOLOGÍA

“OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE FERMENTACIÓN
DE KÉFIR DE AGUA PARA REGULAR EL PH SEGÚN LOS REQUISITOS DEL
CÓDIGO ALIMENTARIO ARGENTINO”

AUTORA: EPSTEIN, ESTEFANÍA

DIRECTORA: ANA CLARA MARTINO

CODIRECTORA: VERONICA GLADINE

Rosario, Santa Fe, Argentina

Noviembre de 2024

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

“Las opiniones expresadas por los autores de esta Tesina no representan necesariamente los criterios de la Carrera de Licenciatura en Bromatología de la Universidad de Concepción del Uruguay”.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

La presente investigación se llevó a cabo en la universidad de Concepción del Uruguay de la ciudad de Rosario.

Para ello se analizaron 9 muestras de kéfir fermentados a distintas temperaturas y durante distintos tiempos de fermentación.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a la Ing. Ana Clara Martino, directora de esta tesina, por su acompañamiento y orientación a lo largo de la investigación.

Agradezco también a la Ing. Mónica Servilan, coordinadora de la carrera, por su apoyo académico y predisposición durante todo el proceso.

De manera especial a la profesora Gladine, por su colaboración y predisposición en el laboratorio, brindándome la asistencia técnica necesaria para realizar correctamente las mediciones de pH.

A todas ellas, mi sincero reconocimiento por su compromiso en la formación de los estudiantes.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

ÍNDICE

1. RESUMEN	10
3. JUSTIFICACIÓN	11
2. INTRODUCCIÓN	12
4. ANTECEDENTES	14
5. PLANTEO DEL PROBLEMA	17
6. OBJETIVOS	18
6.1 Objetivo General	18
6.2 Objetivos específicos	18
7. MARCO TEÓRICO	19
7.1 Fermentación	19
7.1.1 Beneficios que los alimentos fermentados aportan a la salud	20
7.1.2 Bebidas fermentadas	21
7.1.3 Control de pH en la fermentación	21
7.2 Kéfir	22
7.2.1 Historia del origen del kéfir	23
7.2.2 Tipos de kéfir	24
7.2.2.1 Kéfir de agua	25

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

7.2.2.2 Kéfir de leche	27
7.2.2.3 Kéfir de té o kombucha	29
7.2.3 Gránulos de kéfir	30
7.2.3.1 Kefiran	31
7.2.4 Composición química y nutricional del kéfir	32
7.2.4.1 Contenido de dióxido de carbono	35
7.2.4.2 Contenido de lactosa/ácido láctico	35
7.2.4.3 Contenido de etanol	35
7.2.4.4 Otros componentes	36
7.2.5 Efectos beneficiosos para la salud	37
7.2.5.1 El kéfir como producto probiótico	38
7.2.5.2 Actividad antimicrobiana	39
7.2.5.3 Sistema digestivo	39
7.2.5.4 Sistema inmune	40
7.2.6 Microbiología de los gránulos de kéfir	40
7.2.6.1 Bacterias ácido lácticas	44
7.2.6.2 Levaduras	45
7.2.7 Elaboración de kéfir de agua, manejo y mantenimiento	46
7.2.8 Regulación alimentaria de kéfir de agua y estándares de calidad	46

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

8. MATERIALES Y MÉTODOS	49
8.1 Tipo de estudio	49
8.2 Referente empírico	49
8.3 Población.....	49
8.4 Criterios de inclusión	50
8.5 Criterios de exclusión	50
8.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	50
8.7 Variables e indicadores de estudio	52
9. RESULTADOS ALCANZADOS	53
9.1. Análisis de las variables	53
9.2 Conformación de la muestra	53
9.3 Información recolectada	54
9.4 Análisis de los resultados	55
10. DISCUSIÓN	63
11. CONCLUSIONES	66
12. RECOMENDACIONES	68
13. BIBLIOGRAFÍA	69

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Composición química y valores nutricionales del kéfir</i>	34
Tabla 2 <i>Bacterias y levaduras presentes en los gránulos de kéfir de agua</i> .	42
Tabla 3 <i>Bacterias ácido lácticas identificadas en gránulos de kéfir</i>	43
Tabla 4 <i>Levaduras lactosa-fermentativas y no lactosa-fermentativas identificadas en gránulos de kéfir</i>	44
Tabla 5 <i>Recuento de microorganismos específicos presentes en el cultivo iniciador y producto final</i>	47
Tabla 6 <i>Criterios microbiológicos de kéfir de agua</i>	47
Tabla 7 <i>Variables e indicadores de estudio</i>	52
Tabla 8 <i>Resultados obtenidos de las muestras</i>	54
Tabla 9 <i>Comparación de pH a distintas temperaturas y tiempos de fermentación</i>	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 <i>Gránulos de kéfir de agua</i>	26
Ilustración 2 <i>Granulo de kéfir de origen bulgárico</i>	28
Ilustración 3 <i>Aspecto físico de la kombucha</i>	29
Ilustración 4 <i>Estructura química del kefiran</i>	31
Ilustración 5 <i>pH obtenido a cada temperatura y tiempo de fermentación</i>	56
Ilustración 6 <i>Fermentación por 48hs</i>	57
Ilustración 7 <i>Fermentación a 20°C</i>	58

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”	
Ilustración 8 <i>Fermentación a 30°C</i>	59
Ilustración 9 <i>Fermentación a 40°C</i>	60
Ilustración 10 <i>Comparación de la variable de pH a distintas temperaturas de fermentación</i>	61
Ilustración 11 <i>Variación del pH por su tiempo de fermentación</i>	62

1. RESUMEN

El kéfir es una bebida fermentada que ha ganado popularidad debido a sus múltiples beneficios para la salud. Su producción depende de acción simbiótica de bacterias y levaduras presentes en los gránulos de kéfir y se ve influenciada por el tiempo y la temperatura de fermentación.

Esta tesina tuvo como objetivo optimizar las condiciones de tiempo y temperatura de fermentación del kéfir de agua para asegurar un pH dentro del rango permitido por el Código Alimentario Argentino (entre 3,0 y 4,5). Para ello se elaboraron 9 muestras fermentadas a 20°C, 30°C y 40°C durante 24, 48 y 72 horas respectivamente. Los resultados mostraron que el tiempo de fermentación tuvo más influencia en el descenso de pH que la temperatura, aunque esta última puede acelerar levemente el proceso. En todos los casos, el pH final se mantuvo dentro del rango permitido, lo cual sugiere que en la producción artesanal de kéfir se alcanza el pH deseado. La fermentación durante 48hs a 30°C se presenta como la condición más eficiente para alcanzar el pH deseado conforme al Código Alimentario Argentino.

Además se plantea que otros factores como el sustrato y la calidad del cultivo podrían influir significativamente en la evolución del pH, dejando paso futuras nuevas investigaciones.

Palabras clave: *Kéfir de agua, pH, fermentación, tiempo, temperatura.*

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

3. JUSTIFICACIÓN

El Código Alimentario Argentino exige que el kéfir fermentado se mantenga dentro de un rango de pH para garantizar que el alimento sea seguro para consumo humano y conserve sus propiedades.

La demanda creciente y la necesidad de cumplir con las regulaciones del Código Alimentario Argentino hacen indispensable una investigación más profunda sobre los procesos involucrados.

Este estudio fue necesario para identificar y ajustar las condiciones óptimas de producción del kéfir, en lo que respecta al tiempo y la temperatura de fermentación para obtener un pH adecuado, garantizando un producto de mayor calidad para los consumidores.

2. INTRODUCCIÓN

El kéfir de origen túbico es una bebida fermentada a base de agua, cuyo proceso de fermentación se lleva a cabo por acción de bacterias ácido lácticas, ácido acéticas y levaduras, al incorporar azúcar de mascabo u otros sustratos. Los túbicos tienen la capacidad de fermentar diversos líquidos azucarados, metabolizando los azúcares para producir ácido láctico, etanol y dióxido de carbono (López-Rojo y col., 2017).

Este producto está asociado a múltiples beneficios para la salud, debido a su contenido de bacterias probióticas. Sin embargo, el proceso de fermentación se puede ver influenciado por distintas variables, entre ellas la temperatura y el tiempo de fermentación, las cuales afectan tanto el crecimiento y actividad de los microorganismos presentes impactando en las características organolépticas y de calidad del kéfir, entre ellas el pH. Mantener los valores de pH dentro de un rango específico es fundamental para garantizar la seguridad microbiológica y cumplir con las normativas establecidas en el Código Alimentario Argentino.

Actualmente, este código ha implementado normativas específicas relacionadas con la inocuidad del kéfir, lo que destaca la importancia de controlar estos parámetros para asegurar un producto apto para el consumo humano.

El presente estudio surge de mi experiencia previa elaborando kéfir de manera artesanal, actividad que actualmente llevo a cabo en un local comercial destinado a la venta de este producto. La investigación tiene como objetivo aplicar conocimientos científicos para optimizar la producción de kéfir, asegurando que su pH cumpla con los estándares de seguridad y calidad exigidos. En particular, en este trabajo se enfocó en

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

evaluar como la temperatura y el tiempo de fermentación influyen en el valor de pH con el fin de optimizar su producción y asegurar que se cumplan con los requerimientos establecidos en el código.

4. ANTECEDENTES

1. Un estudio llevado a cabo por Yola Desnera Putri, Nur Asni Setiani y Sohadi Warya, en Indonesia, en el año 2020, titulado **Efecto de la temperatura, el tiempo de incubación y almacenamiento sobre el contenido de ácido láctico, el pH y la viscosidad del kéfir de leche de cabra** tuvo como objetivo estudiar la influencia de la temperatura, la fermentación y el tiempo de almacenamiento sobre la cantidad de ácido láctico, el pH y la viscosidad del kéfir.

La fermentación del kéfir se realizó a dos temperaturas diferentes (temperatura ambiente y 37°C) durante 24 y 48 hs. Las condiciones de almacenamiento de los productos de kéfir se realizaron en frío y a temperatura ambiente durante 4 a 28 días. El contenido de ácido láctico se basó en el ácido orgánico total determinado mediante titulación ácido-base. Los resultados mostraron que el contenido promedio de ácido láctico en kéfir fermentado durante 48 h a temperatura ambiente y 37 °C fue de 0,9% a 2,2% con un pH y características de viscosidad de 4,1 a 4,3 y 1400 a 1600 cPs, respectivamente. Mientras tanto, durante 24 días de almacenamiento, el contenido promedio de ácido láctico fue de 1,97% a 3,54%, donde las características de pH y viscosidad fueron de 3,5 a 4,5 y de 3400 a 6400 cPs, respectivamente. El tiempo óptimo de conservación del kéfir de leche de cabra se obtiene del día 4 al 12 y se pueden conservar hasta 24 días sin que se deterioren los productos de kéfir (Yola Desnera Putri, Nur Asni Setiani y Sohadi Warya, 2020).

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

2. El estudio sobre las variaciones de pH en kéfir durante la fermentación, publicado por Ribeiro, Ana C., Lemos, Álvaro T., Lopes, Rita P., Mota, Maria J., Inácio, Rita S., Gomes, Ana M. P., Sousa, Sérgio, Delgadillo, Ivonne y Saraiva, Jorge A., en Portugal, en el año 2020, titulado **El efecto combinado de la presión y la temperatura en la producción de kéfir: un estudio de caso de fermentación de alimentos en condiciones no convencionales**, muestra que la temperatura influye significativamente en la acidificación. A temperaturas más bajas, la fermentación toma más tiempo para alcanzar un pH de 4.4, debido a la menor actividad microbiana. A medida que la temperatura aumenta, el proceso es más rápido y se incrementa la producción de ácido láctico y acético, lo que afecta la disminución del pH. Esto se observa tanto a nivel atmosférico como a bajo presión, mostrando cómo las condiciones afectan el desarrollo de la fermentación.

El propósito de este trabajo fue estudiar la producción de kéfir bajo presión (7–50 MPa) a diferentes temperaturas (17–32 °C). El tiempo de fermentación para producir kéfir fue similar a todas las temperaturas (17, 25 y 32 °C) hasta 15 MPa, en comparación con la presión atmosférica. A 50 MPa, la velocidad de fermentación fue más lenta, pero la diferencia se redujo a medida que aumentó la temperatura. Durante la fermentación, la concentración de ácido láctico y acético aumentó mientras que el ácido cítrico disminuyó. Los volúmenes de activación positivos (V_a) obtenidos indican que la presión disminuyó la velocidad de fermentación, mientras que el aumento de temperatura condujo a la atenuación del efecto de la presión (menor V_a). Por otro lado, se observaron energías de activación más altas (E_a) con el aumento de la presión, lo que indica que la fermentación

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

se volvió más sensible a la temperatura. La condición que dio como resultado una fermentación más rápida, una acidez titulable más alta y una mayor concentración de ácido láctico fue 15 MPa/32 °C (Ribeiro et al., 2020).

3. Un artículo científico publicado por Monar Miguel, Dávalos Irene, Zapata Sonia, Caviedes Mario, Ramírez-Cárdenas Lucía, en la revista Avances en Ciencias e Ingenierías, en Ecuador, en el año 2014, titulado **Caracterización química y microbiológica del kéfir de agua artesanal de origen ecuatoriano**, determinó los cambios de acidez y °Brix del kéfir de agua artesanal, elaborado con tres tipos de endulzantes (panela, miel de abeja y azúcar blanca granulada), a diferentes tiempos de fermentación (24, 48 y 72 horas). Un grupo focal evaluó los prototipos y seleccionó tres debido a sus características sensoriales, midiéndose también la acidez y °Brix para obtener las especificaciones químicas. De acuerdo a la ponderación de las variables de respuesta se escogieron dos tratamientos para recuento microbiano. El tratamiento con mayor aceptación debido a sus características químicas, microbiológicas y sensoriales fue el de miel de abeja a las 48 horas de fermentación (Monar y col, 2014).

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

5. PLANTEO DEL PROBLEMA

¿Cuál es el tiempo y temperatura óptimo de fermentación de kéfir de agua para cumplir con los requisitos del Código Alimentario Argentino?

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo General

Evaluar la influencia de diferentes temperaturas y tiempos de fermentación en los valores de pH del kéfir de agua para optimizar el proceso de fermentación para que cumpla con los requisitos establecidos por el Código Alimentario Argentino.

6.2 Objetivos específicos

- ✓ Elaborar kéfir de agua a diferentes temperaturas y tiempos de fermentación.
- ✓ Determinar la variación del pH del kéfir a diferentes temperaturas de fermentación.
- ✓ Analizar la influencia del tiempo de fermentación en las muestras de distintas temperaturas en la valoración del pH.
- ✓ Comparar los valores obtenidos de pH con los estándares requeridos en el Código Alimentario Argentino.
- ✓ Proponer un protocolo de fermentación óptimo para la producción de kéfir que cumpla con las regulaciones de pH según el Código Alimentario Argentino.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

7. MARCO TEÓRICO

7.1 Fermentación

La fermentación es la transformación de los alimentos por diversas bacterias y hongos y por las enzimas que estos producen. Los seres humanos aprovechan este poder transformador para elaborar alcohol, para conservar los alimentos y para volverlos más digeribles, menos tóxicos o más sabrosos.

Los biólogos emplean el término fermentación para describir el metabolismo anaerobio, la producción de energía a partir de nutrientes sin oxígeno.

Los alimentos fermentados son fenómenos naturales que los seres humanos observaron y aprendieron a cultivar. En función del lugar se observaron fenómenos naturales diferentes, pues en cada entorno se producían excedentes de alimentos distintos, que se procesaban de maneras diferentes y se guardaban en condiciones determinadas.

La acidificación (producto del ácido láctico y ácido acético) es el medio principal de conservación de los alimentos por la fermentación. La fermentación puede dilatar la vida de los alimentos de varias maneras. En primer lugar, los organismos que se cultivan adquieren en el alimento una posición dominante, con lo que imponen a muchas otras bacterias e impiden su desarrollo. Uno de los mecanismos por los que se protegen es por la producción de bacteriocinas, proteínas que son antibacterianas contra otras bacterias estrechamente relacionadas con ellas. Además los productos residuales del metabolismo de los organismos fermentadores (principalmente alcohol, ácido láctico, ácido acético y dióxido de carbono) tienen efectos inhibidores sobre otros procesos microbianos y

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

enzimáticos, contribuyendo así a mantener un entorno selectivo que limita lo que puede crecer en él y fomenta la conservación de los alimentos.

La mayoría de los alimentos conservados por fermentación no se conservan indefinidamente. El plazo durante el cual los alimentos fermentados se mantienen estables y conservan su atractivo tiene su límite en el tipo de alimento; su pH, actividad acuosa y salinidad; de la temperatura y humedad del entorno; y de como se almacena (Katz; Sandor Ellix, 2012).

7.1.1 Beneficios que los alimentos fermentados aportan a la salud

Los alimentos fermentados en su conjunto son muy nutritivos y fáciles de digerir. La fermentación pre digiere los alimentos, con lo que aumenta la biodisponibilidad de sus nutrientes y, en muchos casos, la fermentación genera nutrientes adicionales o elimina antinutrientes o toxinas. Los fermentos con bacterias productoras de ácido láctico vivas son especialmente favorables para la salud digestiva, para la función inmunitaria y para el bienestar general.

La predigestión: la fermentación es la acción digestiva de las células bacterianas y fúngicas y de sus enzimas. Los compuestos orgánicos se metabolizan en formas más elementales. Los minerales quedan más biodisponibles, y determinados compuestos difíciles de digerir se disgregan.

Mejora nutricional: es el proceso de la predigestión, muchos fermentos acumulan niveles incrementados de vitaminas del grupo B, entre ellos tiamina, riboflavina y niacina en comparación con los niveles de los ingredientes brutos anteriores a la fermentación.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

La destoxificación: la fermentación puede eliminar de los alimentos diversos compuestos químicos, transformándolos en algunos casos de antinutrientes en nutrientes (Katz; Sandor Ellic, 2012).

7.1.2 Bebidas fermentadas

El consumo de bebidas fermentadas ha sido asociado con efectos beneficiosos para la salud, como la prevención de enfermedades intestinales y fortalecimiento del sistema inmunológico. Existe una muy amplia variedad de bebidas fermentadas, en las que intervienen un gran número de especies de bacterias lácticas y algunas levaduras.

Entre estas bebidas fermentadas se encuentra el kéfir que es una bebida a base de agua o leche, producida por la acción de bacterias ácido lácticas, levaduras y bacterias ácido acéticas, la cual es sometida tanto a fermentación láctica como alcohólica. Estas bacterias y levaduras que contiene el kéfir se han asociado con efectos probióticos, pueden mostrar efecto sobre la colonización en el intestino, disminuyendo el número de infecciones intestinales; así como otros beneficiosos para la salud como la estimulación del sistema inmunológico, tratamiento y/o prevención de enfermedades (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

7.1.3 Control de pH en la fermentación

En todo proceso de fermentación, el control del pH es de suma importancia, puesto que los microorganismos y las enzimas de los microorganismos realizan una mejor actividad a un pH adecuado o más propiamente llamado pH óptimo. En el caso de los granos de kéfir, se sabe que su pH óptimo en el medio de cultivo es de 4,4 Entonces, es

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

evidente que para un mejor rendimiento de biomasa de la microbiota de los granos de Kéfir es necesario mantener el medio de cultivo lo más cerca posible a este valor de pH. Además es el pH óptimo para el normal crecimiento de los granos de kéfir (Arévalo Ortiz y Quispe Cáceres, 2008).

7.2 Kéfir

El kéfir es un producto fermentado característico, que le proporciona su particular sabor ácido a la bebida final obtenida (Fernández Pérez MD, 2017). Los gránulos de kéfir, comunidades de microorganismos que se agrupan en una matriz polisacárida denominada kefirano, son los responsables de esta fermentación. Estos gránulos son un ejemplo de simbiosis entre levaduras y bacterias y se han utilizado a través del tiempo para producir el kéfir, que actualmente es consumido en todo el mundo a pesar de su origen caucásico. En esa relación simbiótica, se han aislado e identificado una amplia variedad de especies microbianas que comprenden levaduras y bacterias (Lopitz-Otsoa et al., 2006).

Algunos de los más destacados microorganismos presentes en los granos de este producto, que posteriormente se transfieren al medio donde crecen y realizan su actividad, son *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Acetobacter*, *Saccharomyces*, *Leuconostoc* y *Kluyveromyces*, entre otros. Estos microorganismos llevan a cabo una doble fermentación, láctica y alcohólica. Esta reacción puede desarrollarse en varios medios, uno de los más conocidos y utilizados es la leche (Fernández Pérez MD, 2017).

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

Al ser un alimento probiótico ha demostrado ser beneficioso para la salud, siendo de gran interés para la industria alimentaria en la actualidad. Según se afirma, ha demostrado actividades antibacterianas, antifúngicas y antitumorales.

La importancia de la relación simbiótica entre las levaduras y bacterias parece clara, ya que ambas son necesarias para producir los componentes que son beneficiosos para la salud (Lopitz-Otsoa et al., 2006).

El kéfir se produce en diversos países, aunque Rusia es el país de mayor consumo (aproximadamente unos cinco litros por habitante al año). Este debe tener una composición homogénea. Su sabor debe ser fresco y ácido, con un tenue sabor a levaduras.

Los granos de kéfir constan de proteínas, polisacáridos y una mezcla de diversos tipos de microorganismos, tales como las levaduras y bacterias formadoras de aromas y ácido láctico (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

Tienen un color amarillento y poseen un diámetro de 15 a 20 mm, su forma es completamente irregular, insolubles en agua y en algunos disolventes. Cuando ocurre el proceso de fermentación, las bacterias producen el ácido láctico y las levaduras el alcohol y el anhídrido carbónico a partir del sustrato (Ruiz Arana et al., 2017).

7.2.1 Historia del origen del kéfir

El kéfir es una bebida refrescante que se originó en el norte de las montañas del Cáucaso. Su historia se remonta a la antigüedad, los campesinos preparaban el *ayrag* dejando reposar la leche de sus animales en odres fabricados a partir de pieles de cabras

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

que nunca se lavaban o limpiaban y que colgaban cerca de la puerta de la casa en el exterior o el interior según la estación.

Según se iba desarrollando la fermentación se iba añadiendo leche fresca para remplazar el *ayrag* que se iba consumiendo. En cierto momento se observó que la corteza esponjosa y blanquecina de la parte interior de la piel era capaz, si se le añadía leche, de dar una bebida similar (si no mejor) al *ayrag* original, el cual se denominó kéfir; lo que llevo a la producción del primer gránulo de kéfir y la fermentación natural tuvo lugar comenzando así una larga tradición de producción de kéfir.

Los gránulos de kéfir eran considerados como un regalo de Alá entre los musulmanes, donde se ha consumido corrientemente durante miles de años por lo que también se les conoce como “los granos del profeta Mahoma”. De acuerdo con la leyenda Mahoma, era estricto en guardar el secreto de la preparación de kéfir a gente fuera de la fe, de lo contrario los gránulos perderían su fuerza mágica. Tal vez esta es la razón por la que el método de preparación de kéfir fue un secreto durante mucho tiempo (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

7.2.2 Tipos de kéfir

Según Fernández Pérez en su artículo “Estudio de la comunidad microbiana del kéfir y aislamiento de microorganismos con actividad antimicrobiana”, existen tres tipos más de kéfir, el de agua, el de leche y el de té (kombucha) (Fernández Pérez MD, 2017).

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

El kéfir de agua que está compuesto por agua azucarada fermentada, mientras que el de leche es una bebida proveniente de la leche fermentada. Los dos poseen la misma microflora, cada una adaptada a sus respectivos medios (Ruiz Arana et al., 2017).

Del primer tipo se obtiene un agua gaseosa parecida a un refresco con un ligero sabor a cítricos, del segundo tipo se obtiene una leche ligeramente más densa, con textura parecida al yogurt y del último una bebida con un sabor parecido a una infusión (Fernández Pérez MD, 2017).

La diferencia que existe entre el kéfir de leche con el de agua y la kombucha, es que, en estos últimos, no es necesario que esté presente la lactosa para su posterior fermentación (Ruiz Arana et al., 2017).

7.2.2.1 Kéfir de agua

El kéfir de agua es una bebida fermentada consumida de forma casera principalmente en México y Brasil. Es elaborado a base de una solución de sacarosa, generalmente entre 3 y 10 %; frutas frescas, principalmente limones; frutas secas como higos y un inóculo de microorganismos denominado túbicos.

Producto de la fermentación durante uno o dos días a temperatura ambiente se obtiene una bebida carbonatada ligeramente coloreada, con sabor levemente ácido por la producción de ácido láctico y ácido acético, poca concentración de azúcar y una ligera cantidad de alcohol (Monar et al, 2014).

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

Ilustración 1

Gránulos de kéfir de agua



Nota. Elaboración propia.

En su estructura conviven por medio de una simbiosis diversas bacterias y levaduras similares al kéfir de leche. Estos son encargadas de desarrollar la doble fermentación ácido láctica y alcohólica. Estos gránulos tienen una apariencia gelatinosa irregular de consistencia elástica con un color amarillo o anaranjado. Estos a diferencia de los gránulos del kéfir de leche son más pequeños y la estructura no es en racimos, en lo que refiere al sabor se asemeja a la limonada, de apariencia es transparente y tono marrón claro. En su aspecto externo su superficie es rugosa y compacta, según estudios se indican que, si uno de los granos es arrojado sobre una superficie, estos revotarían como si fueran elásticos (Fernández Pérez MD, 2017).

La simbiosis entre levaduras y bacterias en los tíficos ocurre debido a que el crecimiento de las levaduras se produce por la acidificación del medio creado por las

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

bacterias; mientras que el crecimiento de las bacterias es estimulado por la producción de factores de crecimiento (vitaminas) y compuestos nitrogenados solubles por parte de las levaduras (Monar et al., 2014).

Se dice que es una adaptación durante muchos años del tradicional kéfir de leche procedente del Cáucaso, pero cultivado en agua con azúcares o jugos de frutas. Proceden del Tíbet, de ahí el nombre de Tibícos (Echeverría Herrera LA, 2008).

7.2.2.2 Kéfir de leche

Como lo mencionan García Torres y Hernández de Bermúdez en su tesis llamada “Fermentación de leche descremada UHT a partir de gránulos de kéfir” el kéfir de origen búlgarico es una bebida a base de leche, producida por la acción de bacterias ácido lácticas, levaduras y bacterias ácido acéticas. La leche es sometida tanto a fermentación láctica como alcohólica, lo que la convierte en un producto muy particular con propiedades únicas. Una de sus características principales es la presencia de dióxido de carbono producido por las levaduras, dando como resultado una bebida gaseosa y espumosa. Tiene un ligero contenido de alcohol a diferencia de otros productos lácteos debido a que no resulta de la actividad metabólica de una sola especie si no de la mezcla de la microbiota confinada en la matriz del “grano de kéfir”.

El producto es originario de Rusia, donde se consume en gran cantidad, así como en otras repúblicas soviéticas y países de Europa del Este (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

Ilustración 2

Granulo de kéfir de origen bulgárico



Nota. Elaboración propia

El kéfir de origen bulgárico puede ser producido utilizando leche de vaca, oveja y cabras y es vendido en Europa bajo una variedad de nombres incluyendo kéfir, kiafur, kefyr, kefer, knapon, kepi y kippe. El inóculo grano de kéfir se encuentra en un soporte producido por el mismo y permite su reutilización retirándolo por filtración de la leche fermentada. El kéfir puede ser consumido en su forma natural. La producción casera tradicional de kéfir se ha unido a la producción comercial en muchos países, y esta ha ayudado a incrementar el consumo de kéfir (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

7.2.2.3 Kéfir de té o kombucha

La kombucha o conocido como kéfir de té, es una bebida que contiene un conjunto de microorganismos que viven en simbiosis, una bacteria de ácido acético *Acetobacter xylinum* y dos tipos de levaduras, *Zygosaccharomyces rouxii* y *Candida sp.* Estos microorganismos simbióticos crecen sobre una bebida de té azucarada fría, en este tipo de fermentación se usa el té negro, verde o rojo.

Ilustración 3

Aspecto físico de la kombucha



Nota. Elaboración propia

El continuo crecimiento de estos microorganismos crea un círculo denso en la superficie de la solución, el cual va adquiriendo grosor con el paso de los días. Los microorganismos van consumiendo el azúcar del té.

El tipo de fermentación de la kombucha es diferente a los otros tipos de kéfir, ya que el proceso consiste en tapar el recipiente. Para evitar el contacto del producto con el

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

exterior, esta fermentación se lleva a cabo solo si el recipiente está tapado (Fernández Pérez MD, 2017).

7.2.3 Gránulos de kéfir

El cultivo de kéfir está compuesto por gránulos de kéfir, los cuales juegan un papel importante en la producción del mismo debido a que son los responsables de la fermentación.

Los gránulos de kéfir representan un ecosistema único formado por una relación simbiótica entre una microbiota compleja constituida por más de 50 especies de bacterias lácticas, ácido acéticas y levaduras, incrustados en una matriz compleja de proteínas y carbohidratos. La matriz está formada por un polisacárido de glucosa y galactosa que recibe el nombre de kefirano el cual está constituido 24% por carbohidratos y 13% por proteínas (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

El polisacárido es un polímero de glucosa con enlaces α 1-6. Se ha identificado al *Lactobacillus hilgardii* como la principal bacteria encargada de la producción del polímero, por medio de la enzima glicosiltransferasa (Fernández Pérez MD, 2017).

Las bacterias lácticas, acéticas y levaduras que se encuentran en el grano del kéfir intercambian sus productos metabólicos principalmente como fuente de energía y como factor de crecimiento. El tamaño del gránulo de kéfir es de 3 a 30mm (Lopitz-Otsoa et al., 2006).

Los gránulos de kéfir se mantienen a temperatura ambiente de 19 a 20°C, no deben superar los 30°C, ya que las bacterias y levaduras podrán verse alteradas (Plaza Chacho JC, 2019).

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

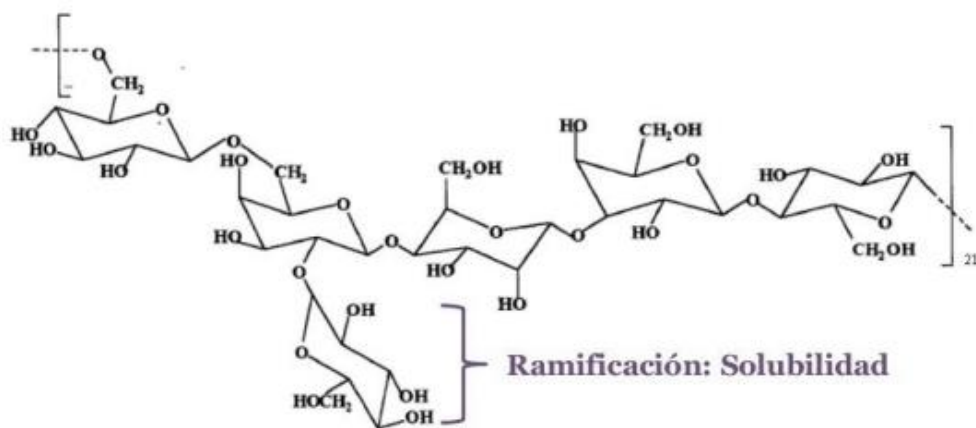
La biomasa de los gránulos de kéfir aumenta lentamente después de fermentaciones sucesivas, los gránulos, aumentan alrededor de 5-7% de su biomasa. Durante la fermentación las proporciones de los gránulos de kéfir aumentan, este aumento va a depender de las condiciones del proceso de fermentación tales como; el medio, la temperatura, el tiempo, presencia o ausencia de oxígeno, entre otros (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

7.2.3.1 Kefiran

Estudiando la estructura de los gránulos de kéfir se observó que algunas de las bacterias estaban encapsuladas por un polisacárido al que se le llamó kefiran el cual estaba conformado por proporciones aproximadamente iguales de glucosa y galactosa.

Ilustración 4

Estructura química del kefiran



Nota. Tomado de *Fermentación de leche descremada UHT a partir de gránulos de kéfir*, por García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015, (p. 51).

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

Es un exopolisacárido ramificado hidrosoluble, producido por los gránulos o por microorganismos aislados de estos (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

7.2.4 Composición química y nutricional del kéfir

El kéfir se caracteriza por su distinto sabor, típico de levaduras, y un efecto efervescente sentido en la boca (Lopitz-Otsoa et al., 2006). Los principales productos de la fermentación del kéfir son ácido láctico, etanol y CO₂, los cuales confieren a esta bebida viscosidad, acidez y un bajo contenido de alcohol. También se puede encontrar otros componentes minoritarios como diacetilos, acetaldehídos, etilo y aminoácidos, que contribuyen a la composición de su sabor. Realmente, la composición química y microbiológica del kéfir es variable y no está bien definida (Pallarés MI, 2016). Depende de la procedencia, el contenido graso en el caso de ser de leche y la composición de los gránulos o cultivos, entre otros (Otles y Cagindi, 2003).

El producto final está muy influenciado por la fuente de gránulos de kéfir utilizado durante la fabricación.

Generalmente, el pH es entre 4,2 y 4,6. Los ingredientes más comúnmente medidos como indicadores de calidad, en kéfir de leche, son el CO₂, proteínas, lípidos, lactosa, etanol, y ácido láctico.

El kéfir de agua además contiene vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales que ayudan al cuerpo en el mantenimiento de sus funciones vitales. Presenta un alto contenido en proteínas fácilmente digeribles, por estar parcialmente hidrolizadas. Tiene un elevado contenido de triptófano y es rico en minerales como calcio, magnesio y fosforo

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

y en vitaminas especialmente vitamina B12, tiamina, ácido fólico y vitamina K. También es buena fuente de biotina, que facilita la asimilación de otras vitaminas como el ácido fólico, el ácido pantoténico y vitamina B12 (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

La composición química promedio para un kéfir hecho con leche se muestra en la Tabla III.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

Tabla 1

Composición química y valores nutricionales del kéfir

Componentes	por 100g	Componentes	por 100g
Energía	56 kcal	Contenido mineral	
Grasa (%)	3.5	Calcio (g)	0.12
Proteína (%)	3.3	Fósforo (g)	0.10
Lactosa (%)	4.0	Magnesio (g)	12
Agua (%)	87.5	Potasio (g)	0.15
		Sodio (g)	0.05
		Cloruro (g)	0.10
		Oligoelementos	
Ácido de la leche (g)	0.8	Hierro (mg)	0.05
Alcohol etílico (g)	0.9	Cobre (µg)	12
Ácido láctico (g)	1	Molibdeno (µg)	5.5
Colesterol (mg)	13	Manganeso (µg)	5
Fosfatos (mg)	40	Zinc (mg)	0.36
Amino ácidos esenciales (g)	0.05		
Triptófano	0.35	Compuestos	-
Fenilalanina +	0.34	Aromáticos	-
Tirosina	0.21	Acetaldehído	-
Leucina	0.17	Diacetilo	-
Isoleucina	0.12	Acetoina	
Treonina	0.27		
Metionina + Cisteína	0.22		
Lisina			
Valina			
Vitaminas (mg)		Vitaminas (mg)	
A	0.06	B ₁₂	0.5
Caroteno	0.02	Niacina	0.09
B ₁	0.04	C	1
B ₂	0.17	D	0.08
B ₆	0.05	E	0.11

Nota. Tomado de *A probiotic dairy-composition, nutritional and therapeutic aspects Kefir*, por Otles S., Cagindi O., 2003 (p.57).

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

7.2.4.1 Contenido de dióxido de carbono

El dióxido de carbono se forma principalmente durante la fermentación alcohólica del sustrato. Las levaduras y muchas bacterias ácido lácticas heterofermentativas, son las responsables de la producción de dióxido de carbono en el kéfir. El contenido de dióxido de carbono aumenta durante la fermentación mientras el pH desciende. Por sí mismo, el dióxido de carbono tiene mal gusto, pero posee una influencia en el sabor y contribuye a la frescura percibida. Además, se produce un efecto hormigueo/espumoso, que es característico para el kéfir (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

7.2.4.2 Contenido de lactosa/ácido láctico

Durante la fermentación se produce ácido láctico tanto en el kéfir de agua como en el de leche. Estudios han reportado que la cantidad de ácido láctico en el kéfir de agua va a depender de la cantidad de sustrato que se utilice para su fermentación (López-Rojó et al., 2017).

En el kéfir de leche la lactosa se degrada a ácido láctico, lo que causa que el pH baje y que la leche espese (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

Su contenido en ácido láctico es de 0.7 – 1.0 %, en su mayoría no suele sobrepasar el 0.5 % (Plaza Chacho JC, 2019).

7.2.4.3 Contenido de etanol

El etanol da el característico sabor alcohólico al producto kéfir. La producción de etanol en el kéfir es compleja; levaduras y bacterias heterofermentativas ambas producen

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

etanol. La cantidad de etanol producido es dependiente del proceso de fermentación y el tipo de recipiente utilizado (bien tapado o no). La concentración final de alcohol se determina en su mayor parte por el número de levaduras presente en los gránulos añadidos y por la duración de la fermentación.

La mayor cantidad de etanol es producido durante la fermentación alcohólica. El etanol parece ser producido hasta el final del proceso de fermentación, y su formación puede continuar incluso cuando el pH ha disminuido hasta el punto en el que las bacterias ácido lácticas en los productos ya no son activas. La concentración de etanol se puede aumentar en el producto final mediante el aumento de la temperatura durante la fermentación (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

La cantidad final de etanol va a depender de la disponibilidad de sustrato durante el proceso de fermentación. Su producción se atribuye principalmente a la presencia de levaduras fermentadoras como *S. cerevisiae*, *C. guilliermondii*, así como a las bacterias *B. polymyxa*, *B. coagulans*, y bacterias heterolácticas, que son capaces de producir etanol a partir de la fuente de carbono (López-Rojo et al., 2017).

7.2.4.4 Otros componentes

El ácido acético contribuye tanto al gusto y al sabor que se produce durante la degradación de citrato y también en el catabolismo del sustrato. Sin embargo, el exceso de acetato no es deseable, ya que podría causar un sabor fuerte.

El diacetil es reconocido como un compuesto que contribuye al sabor "mantecoso" específico de la mantequilla y queso crema. En productos frescos fermentados por un

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

cultivo mixto, el diacetil está presente en baja concentración, no más de 1-3 mg/l. Generalmente, esta concentración da un buen sabor a los productos fermentados.

El acetaldehído da un sabor a manzana verde o frutado, es un compuesto volátil importante que contribuye al sabor (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

7.2.5 Efectos beneficiosos para la salud

En los países soviéticos, ya se relacionaba el kéfir con la salud desde hace décadas. Allí se recomendaba su consumo a la gente sana para disminuir el riesgo de algunas enfermedades. El consumo de leche fermentada se relacionaba con gran variedad de beneficios para la salud, no solo por su microflora, sino también a la presencia de algunos compuestos, productos del metabolismo como, por ejemplo, los ácidos orgánicos (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

Dentro de sus beneficios, se puede destacar que actúa como protector contra las infecciones intestinales. De acuerdo a las investigaciones realizadas por expertos se ha demostrado que las bacterias lácticas pueden ejercer una actividad antimicrobiana sobre algunos componentes patógenos de la flora intestinal, esto se debe a la acumulación de bacteriocinas, antibióticos, agua oxigenada, ácido láctico y ácido benzoico.

Es por eso que ayuda a controlar los diferentes tipos de diarreas en el hombre. Las bacterias lácticas constituyen un verdadero antídoto eficaz contra las infecciones entéricas (Plaza Chacho JC, 2019).

Contiene compuestos microbianos que son capaces de regenerar la microbiota intestinal y que combaten a las bacterias patógenas que crecen en el aparato digestivo,

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

las cuales pueden producir una gran cantidad de patologías, como la gastroenteritis. Además de competir con estos microorganismos, actúan sobre el sistema inmunológico. Es por ello que ciertos estudios relacionan este producto con la prevención del cáncer de colon (Fernández Pérez MD, 2017).

7.2.5.1 El kéfir como producto probiótico

La población ha evolucionado y ha pasado de querer comer alimentos que aporten mucha energía a querer alimentos saludables, alimentos naturales que puedan generar beneficios sistémicos sobre su proceso de salud-enfermedad.

Entre estos productos se encuentran los probióticos como el kéfir. El gran número de microorganismos presentes en el kéfir y sus interacciones microbiológicas, los compuestos bioactivos que presentan, resultado del metabolismo microbiano, y los beneficios asociados al uso de esta bebida confiere al kéfir el status de un probiótico natural.

Varios estudios han mostrado que el kéfir y sus constituyentes tienen actividades antimicrobianas, antitumorales, anticarcinogénicas e inmunomoduladoras y también mejora la digestión de la lactosa, entre otros aspectos. El kéfir contiene numerosas poblaciones de microorganismos diferentes, que se denominan cultivos microbianos y están vivos en el producto. Estos ayudan principalmente a la flora intestinal a eliminar posibles patógenos presentes en el organismo, aumentar la población de los mismos en el tracto digestivo y así ayudar a la digestión.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

La composición de dichas poblaciones es compleja y variada, sin embargo, hay determinados microorganismos que están siempre presentes, como algunas especies predominantes de *Lactobacillus*, también presentes en el yogur (Pallarés MI, 2016).

7.2.5.2 Actividad antimicrobiana

Múltiples estudios corroboran la actividad antimicrobiana in vitro del kéfir, contra una gran variedad de bacterias, tanto gram-positivas como gram-negativas, y también contra algunos hongos (Otlés y Cagindi, 2003).

Estudios indican que la actividad antimicrobiana del kéfir se asocia a la producción de ácidos orgánicos, péptidos (bacteriocinas), dióxido de carbono, peróxido de hidrógeno, etanol y diacetilo. Estos compuestos pueden tener efectos beneficiosos, no solo reduciendo patógenos transmitidos por los alimentos y bacterias de descomposición durante la producción y almacenamiento de esta bebida, sino también en el tratamiento y prevención de gastroenteritis e infecciones vaginales (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

7.2.5.3 Sistema digestivo

El efecto causado por el consumo del kéfir en la composición de la microbiota intestinal puede ser debido a una combinación de factores, tales como la inhibición directa del patógeno mediante ácidos y producción de bacteriocinas, además de la exclusión competitiva de patógenos en la mucosa intestinal. El consumo de kéfir aumenta significativamente el recuento de bacterias ácido lácticas en la mucosa intestinal y; las enterobacterias y poblaciones de clostridios se reduce.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

Se muestra una clara mejora en la digestión y absorción de la lactosa en los productos fermentados, debido a la actividad de la β -galactosidasa microbiana. Una proporción de la población global es incapaz de digerir la lactosa, debido a insuficiencia intestinal de β -galactosidasa activa.

Debido a la presencia de β -galactosidasa, los productos de leches fermentadas hacen que sean adecuados para el consumo de personas intolerantes a la lactosa (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

7.2.5.4 Sistema inmune

Se observó que el kefir era capaz de modificar el balance de las células inmunes en la mucosa intestinal, demostrando la habilidad inmunomoduladora del kéfir en la respuesta inmune de la mucosa intestinal de los ratones. La administración de kéfir también induce a una respuesta en la mucosa intestinal, sugiriendo que los componentes del kéfir pueden estimular células del sistema inmune innato. Por otra parte, también se ha demostrado que el kéfir lácteo posee actividades antimutagenicas y antitumorales que los ubican dentro del grupo de los alimentos funcionales más efectivos (Farnworth ER, 2005).

7.2.6 Microbiología de los gránulos de kéfir

Es probable que la flora de los gránulos de kéfir varíe unos de otros (Plaza Chacho, 2019).

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

En el kéfir las bacterias ácido lácticas son las principales responsables de la conversión del sustrato presente (lactosa o glucosa) en ácido láctico, lo que resulta en una disminución del pH y conservación del kéfir. Otros componentes microbianos incluyen levaduras que fermentan el sustrato produciendo etanol y dióxido de carbono. También participan en el proceso levaduras de fermentación no-lácticas y bacterias del ácido acético (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

Son varios los estudios que se han realizado para determinar cuáles son las bacterias y levaduras presentes en los gránulos de kéfir de agua. Según Teixeira et al. al aislar un total de 289 bacterias y 129 levaduras, durante el proceso fermentativo, el 57.65% fueron bacterias ácido lácticas, el 30,86 % levaduras y el 11,48% bacterias acéticas.

La simbiosis entre levaduras y bacterias en los gránulos de kéfir se lleva a cabo debido a que el crecimiento de las levaduras se produce por la acidificación del medio creado por las bacterias; mientras que el crecimiento de las bacterias es estimulado por la producción de factores de crecimiento y compuestos nitrogenados solubles por parte de las levaduras (Teixeira et al., 2010).

En la Tabla II se indican las bacterias y levaduras presentes en los gránulos de kéfir de agua.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

Tabla 2

Bacterias y levaduras presentes en los gránulos de kéfir de agua

BACTERIAS	%
<i>Lactobacillus paracasei</i>	23.8
<i>Acetobacter lovaniensis</i>	16.61
<i>Lactobacillus parabuchneri</i>	11.76
<i>Lactobacillus kefir</i>	10.03
<i>Lactococcus lactis</i>	10.03
<i>Lactobacillus casei</i>	8.6
<i>Lactobacillus paracasei subsp. Paracasei</i>	7.96
<i>Leuconostoc citreum</i>	5.54
<i>Lactobacillus paracasei subsp. Tolerans</i>	3.11
<i>Lactobacillus buchneri</i>	2.42

LEVADURAS	%
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	54.26
<i>Kluyveromyces lactis</i>	20.15
<i>Lachancea meyersii</i>	10.85
<i>Kazachstania aerobia</i>	14.73

Nota. Tomado de *Microbial communities and chemical changes during fermentation of sugary Brazilian kéfir*. Por Teixeira et al., 2010, World J Microbiol Biotechnol, vol 26, (p. 1241).

Con el fin de entender mejor el proceso de fermentación y a la vez evaluar los beneficios de la salud al consumir kéfir, el perfil microbiológico de este ha sido muy estudiado por investigadores para identificar las bacterias y levaduras en los gránulos de kéfir y en el producto final. Los primeros estudios revelaban que muchas de las bacterias estaban relativamente unidas, lo que era una dificultad para aislarlas e identificarlas. Los estudios de los gránulos de kéfir son difíciles porque cuando varios microorganismos son separados de un cultivo puro estos no crecen o tienen una disminución de la actividad bioquímica; es por esto que el kéfir es citado como un ejemplo de simbiosis, el crecimiento

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

y la supervivencia de las cepas individuales dependen de la presencia de los demás (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

La Tabla III muestra las bacterias ácido lácticas homofermentativas, incluyendo especies de *Lactobacillus* y de *Lactococcus*, y las bacterias ácido lácticas heterofermentativas que han sido identificadas en los gránulos de kéfir de leche y en su producto de bebida fermentada (Farnworth ER, 2005).

Tabla 3

Bacterias ácido lácticas identificadas en gránulos de kéfir

LAB Homofermentativas:		LAB Heterofermentativas:
<i>Lactobacillus</i> <i>spp:</i>	<i>Lactococcus</i> <i>spp:</i>	<i>L. kefir</i> , <i>L. parakefir</i> , <i>L. fermentum</i> & <i>L. brevis</i>
<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	<i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	Cepas citrato-positivas de <i>L. lactis</i> (<i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> biovar <i>diacetylactis</i>)
<i>L. helveticus</i>	<i>L. lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>cremoris</i>
<i>L. kefiranofaciens</i> subsp. <i>kefiranofaciens</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i>
<i>L. kefiranofaciens</i> subsp. <i>kefirgranum</i>		
<i>L. acidophilus</i>		

Nota. Tomado de *Innovación de producto alimentario y plan de emprendimiento*, por Pallarés M.I., 2016, (p.22).

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

Se ha identificado al *Lactobacillus brevis* como la especie microbiana responsable de la producción del polisacárido con el que están formados los gránulos (Echeverría Herrera LA, 2008).

Las principales levaduras, capaces o no de fermentar lactosa, encontradas en el kéfir de leche y en los gránulos de kéfir son las que aparecen en la Tabla IV (Pallarés MI, 2016).

Tabla 4

Levaduras lactosa-fermentativas y no lactosa-fermentativas identificadas en gránulos de kéfir

Levaduras lactofermentativas	Levaduras no lactofermentativas
<i>Kluyveromyces marxianus/Candida kefir</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
<i>Kluyveromyces lactis</i> var. <i>lactis</i>	<i>Torulaspora delbrueckii</i>
<i>Debaryomyces hansenii</i>	<i>Pichia fermentans</i>
<i>Dekkera anomala</i>	<i>Kazachstania unispora</i>
	<i>Saccharomyces turicensis</i>
	<i>Issatchenkia orientalis</i>
	<i>Debaryomyces occidentalis</i>

Nota. Tomado de *Innovación de producto alimentario y plan de emprendimiento*, por Pallarés M.I., 2016, (p.23).

7.2.6.1 Bacterias ácido lácticas

Dentro de las bacterias ácido lácticas se incluyen tres géneros tradicionales *Lactobacillus*, *Leuconostoc* y *Pediococcus*. Sin embargo, se incluye también a los

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

géneros *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactococcus* y *Vagococcus* (Monar et al., 2014).

Las bacterias *Lactobacillus* son una clase funcional de bacterias fermentadoras no patógenas, no toxigénicas, Gram positivas, caracterizadas por producir ácido láctico a partir de carbohidratos, lo que las hace útiles para la fermentación de alimentos, pueden ejercer una función doble, actuando como agentes fermentadores de alimentos y pudiendo además generar efectos beneficiosos a la salud. Han sido utilizadas para la conservación de alimentos mediante fermentación durante miles de años. Reducen el pH, lo que impide la contaminación provocada por posibles patógenos (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

Algunos estudios muestran que las bacterias ácido lácticas estimulan el sistema inmune, aumentando el número de macrófagos, linfocitos e inmunoglobulina A (IgA). Estos efectos ayudan a mejorar la resistencia del hospedador frente a la colonización de microorganismos patógenos (Monar et al., 2014).

7.2.6.2 Levaduras

El crecimiento de muchas bacterias aisladas de los gránulos de kéfir se mejora cuando se añade extracto de levadura al medio de crecimiento, lo que indica que las levaduras que se encuentran en los gránulos de kéfir son esenciales para mantener la integridad y la viabilidad de la población de la microflora; debido a que proveen nutrientes esenciales para el crecimiento como aminoácidos y vitaminas, alteran el pH, secretan etanol y producen dióxido de carbono.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

Durante la fermentación alcohólica producida por las levaduras se forma dióxido de carbono y etanol, ambos compuestos son, entre otros, los responsables del sabor característico de los productos de kéfir (García Torres y Hernández de Bermúdez, 2015).

La calidad organoléptica presente en el kéfir se debe a la presencia de *S. cerevisiae*. Este género permite que la bebida tenga un fuerte y típico aroma a levadura, así como un sabor refrescante. Además, reduce la concentración de ácido láctico, remueve el peróxido de hidrógeno, produce compuestos que estimulan el crecimiento de otras bacterias, y estimula la producción de exopolisacáridos (Teixeira et al., 2010).

7.2.7 Elaboración de kéfir de agua, manejo y mantenimiento

El kéfir de agua es elaborado a base de una solución de sacarosa, generalmente entre 3 y 10%; frutas frescas, principalmente limones; frutas secas como higos y un inóculo de microorganismos denominados tíbicos o tibi. Producto de la fermentación durante uno o dos días a temperatura ambiente se obtiene una bebida carbonatada ligeramente coloreada, con sabor levemente ácido por la producción de ácido láctico y ácido acético, poca cantidad de azúcar y una ligera cantidad de alcohol que no llega a superar el 2% (v/v) (Monar et al., 2014).

7.2.8 Regulación alimentaria de kéfir de agua y estándares de calidad

En el artículo 1.084 tris - (Resolución Conjunta SCS y SB N° 7/2024) del capítulo XIII del Código Alimentario Argentino se entiende como kéfir de agua a la bebida obtenida a partir de la fermentación de gránulos de kéfir de agua en agua azucarada de la cual se

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

han retirado los nódulos (cultivo iniciador). La bebida podrá ser adicionada con jugos o pulpas de fruta, extractos vegetales, especias, frutas secas, miel u otros ingredientes permitidos en el presente Código.

De acuerdo al proceso de elaboración, la bebida podrá presentar turbidez en el producto final.

Los microorganismos específicos del kéfir utilizado como cultivo iniciador deben ser viables y activos en el producto final durante su período de validez, dentro del siguiente rango de recuento:

Tabla 5

Recuento de microorganismos específicos presentes en el cultivo iniciador y producto final

Microorganismos	Criterio de Aceptación	Metodología de referencia (1)
Recuento de bacterias ácido lácticas (UFC/ml)	Mínimo 10^6	ISO 15214
Recuento de levaduras (UFC/ml)	Mínimo 10^5	ISO 21527 -1

Nota. Tomado de Código Alimentario Argentino, 2024, capítulo XIII (p.12).

La bebida deberá cumplir los siguientes Criterios Microbiológicos:

Tabla 6

Criterios microbiológicos de kéfir de agua

Microorganismos	Criterio de Aceptación	Caso ICMSF	Metodología de referencia (1)
Enterobacterias (UFC/ml)	$n=5, c=0, m=10$	4	ISO 21528- 2

Nota. Tomado de Código Alimentario Argentino, 2024, capítulo XIII (p.12).

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

Según el artículo la bebida deberá cumplir los siguientes parámetros analíticos: pH entre 3 y 4,5 y grado alcohólico hasta 3% (%vol. a 20°C) (Código Alimentario Argentino, 2024).

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

8. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1 Tipo de estudio

Experimental y cuantitativo.

El estudio es de tipo experimental debido a que se controlaron y manipularon las variables de tiempo y temperatura de fermentación, para observar como afectaba al pH del kéfir de agua y así cumplir con los requerimientos del Código Alimentario Argentino.

Debido a que se evaluaron variables cuantificables, como el pH, tiempo y temperatura, para analizar los cambios en la fermentación del kéfir, es un estudio cuantitativo.

8.2 Referente empírico

Las muestras de kéfir fueron elaboradas de manera casera, siguiendo procedimientos controlados. Posteriormente, el análisis de las mismas se realizó en la Universidad Concepción del Uruguay, ubicada en la calle Sargento Cabral 548, de la ciudad de Rosario.

8.3 Población

A partir de una producción artesanal de kéfir de agua, se obtuvieron 9 muestras que fueron sometidas a diferentes condiciones de fermentación. Las muestras se fermentaron a distintas temperaturas, 20°C, 30°C y 40°C. Se realizaron 3 muestras para cada temperatura correspondiente, cada una se fermentó por distintos períodos de

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

tiempo, 24hs, 48hs y 72hs. Obteniéndose así 9 muestras con distintos tiempos y temperaturas de fermentación diferentes.

8.4 Criterios de inclusión

Se utilizaron las muestras de kéfir que presentaron una composición uniforme con olor y aspecto característico de la bebida fermentada.

8.5 Criterios de exclusión

- Muestras contaminadas: se excluirían muestras de kéfir que tuvieran señales de contaminación externa, como moho, mal olor, color anormal. Ya que alteraría los resultados del estudio.
- Errores en la medición de pH y temperatura. Se excluirían las muestras en las que se detecte errores en la calibración de los instrumentos o variaciones no controladas de las temperaturas establecidas.

8.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se solicitó autorización, a la universidad Concepción del Uruguay de la ciudad de Rosario, para realizar el uso del laboratorio a través de una redacción y presentación formal a la facultad (Anexo I).

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

Se trabajó con una única receta de kéfir, la cual se estipuló con normas estándares para que todas las muestras sean idénticas independientemente de las variaciones de tiempo y temperatura propuestas para llegar a cabo la investigación (Anexo II).

Se estipuló una habitación para realizar las fermentaciones, únicamente destinada para tal fin, con condiciones ambientales constantes para evitar que interfieran factores externos. Mismas constantes de luz, humedad y ventilación.

Se estableció un cronograma de fermentación de 9 días consecutivos para obtener la totalidad de 9 muestras con distintos tiempo de fermentación respectivamente (24hs, 48hs y 72hs) y distintas temperaturas (20°C, 30°C y 40°C).

Para que las temperaturas sean constantes se utilizó una yogurtera con calibración de temperatura digital.

Luego se procedió a la preparación del kéfir mediante la receta estándar con agua filtrada proveniente de una única fuente (Anexo II).

Una vez obtenidas las muestras, se tomaron los pH en el laboratorio de la universidad y se llevó un registro con fecha y hora de inicio de la fermentación, temperatura y tiempo de cada una de las muestras (Anexo III).

La medición de pH se realizó con pH-metro previamente calibrado con soluciones estándares de pH conocidos.

La totalidad de muestras fueron de 9, una correspondiente a cada tiempo y temperatura de fermentación.

Una vez obtenidos los datos, se cargaron en Microsoft Excel® en una planilla de diseño propio, creada para esta investigación y se aplicaron métodos estadísticos

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

descriptivos para ordenar, representar y analizar las mediciones de pH. Se analizaron los efectos de las distintas temperaturas y tiempos en el pH del kéfir y se evaluaron cuales cumplen con los requerimientos del Código Alimentario Argentino.

8.7 Variables e indicadores de estudio

Tabla 7

Variables e indicadores de estudio

Variable	Características	Definición	Indicadores	Categorías
pH	Cuantitativa	Es una medida de acidez o alcalinidad de una solución que indica la concentración de iones de hidrógeno presente.	Se expresa en una escala que va de 0 a 14	• pH menor a 7: indica una solución ácida. • pH igual a 7: indica una solución neutra. • pH mayor a 7: indica una solución básica.
Tiempo	Cuantitativa	Magnitud física que mide la duración en la que ocurren los eventos.	Horas	• 24hs • 48hs • 72hs

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

Temperatura	Cuantitativa	Magnitud física	Grados	•	20°C
		que indica el	Celsius (°C)	•	30°C
		nivel de calor		•	40°C
		de un cuerpo o			
		sistema.			

Nota. Elaboración propia.

9. RESULTADOS ALCANZADOS

9.1. Análisis de las variables

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de diferentes temperaturas y tiempos de fermentación en los valores de pH del kéfir de agua para optimizar el proceso de fermentación para que cumpla con los requisitos establecidos por el Código Alimentario Argentino.

9.2 Conformación de la muestra

Se analizaron 9 muestras de kéfir de agua, fermentadas a tres temperaturas diferentes (20°C, 30°C y 40°C).

Se realizaron 3 muestras a cada temperatura correspondiente, cada muestra se fermentó por distintos períodos de tiempo, 24hs, 48hs y 72hs. Obteniéndose así 9 muestras con distintos tiempos y temperaturas de fermentación diferentes.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

9.3 Información recolectada

En el estudio realizado se recolectaron los siguientes resultados:

Tabla 8

Resultados obtenidos de las muestras

Muestra	Temperatura (°C)	Tiempo (horas)	Ph medido	Cumple con el Código (sí o no)
1°	20°C	24hs	4,25	SI
2°	20°C	48hs	4,02	SI
3°	20°C	72hs	3,89	SI
4°	30°C	24hs	4,21	SI
5°	30°C	48hs	3,98	SI
6°	30°C	72hs	3,88	SI
7°	40°C	24hs	4,20	SI
8°	40°C	48hs	4,04	SI
9°	40°C	72hs	3,87	SI

Nota. Elaboración propia.

En todas las muestras evaluadas se observó una disminución progresiva del pH a medida que aumentaba el tiempo de fermentación, lo cual concuerda con la actividad metabólica de los microorganismos presentes en el cultivo, responsables de la producción de ácidos orgánicos.

No obstante, no se observó una variación considerable dentro de las distintas temperaturas de fermentación.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

Todos los pH de las muestras se mantuvieron dentro del rango permitido del Código Alimentario Argentino (3,0 a 4,5).

9.4 Análisis de los resultados

Analizando la información recolectada se observaron los siguientes datos:

Tabla 9

Comparación de pH a distintas temperaturas y tiempos de fermentación

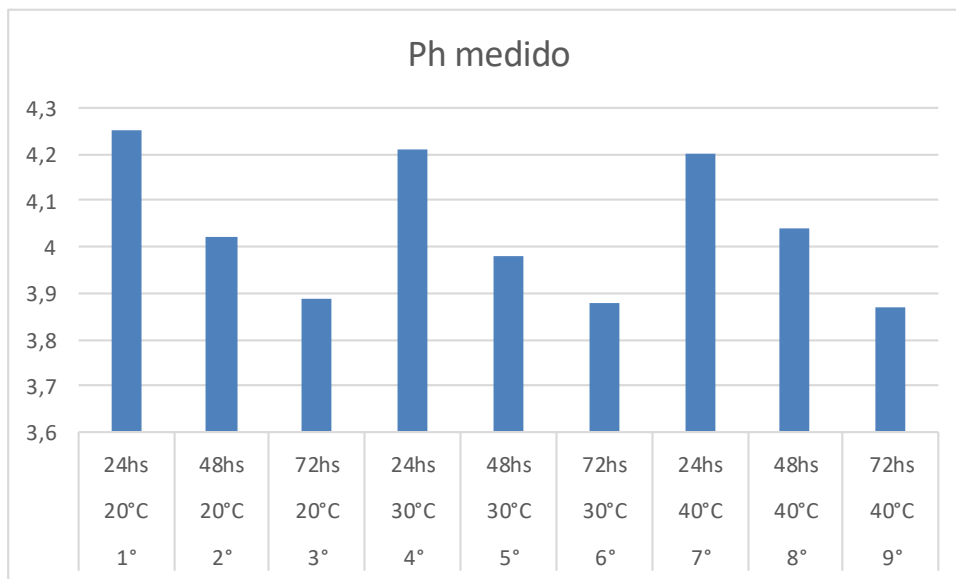
	20°C	30°C	40°C
24hs	4,25	4,21	4,20
48hs	4,02	3,98	4,04
72hs	3,89	3,88	3,87

Nota. Elaboración propia.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

Ilustración 5

pH obtenido a cada temperatura y tiempo de fermentación



Nota. Elaboración propia.

Los valores de pH obtenidos a las 24hs fueron similares entre temperaturas, variando entre 4,20 y 4,25, a las 48hs y 72hs el pH fue ligeramente menor cuanto mayor fue la temperatura. Esto sugiere que a temperaturas más elevadas hay una leve aceleración de la acidificación.

Hay una tendencia general a la disminución del pH a medida que aumenta el tiempo de fermentación.

A las 24hs se observa un descenso inicial del pH, el proceso de acidificación comienza aunque puede no ser suficiente si las condiciones no son las óptimas. Este tiempo podría ser adecuado para quienes buscan un sabor menos ácido.

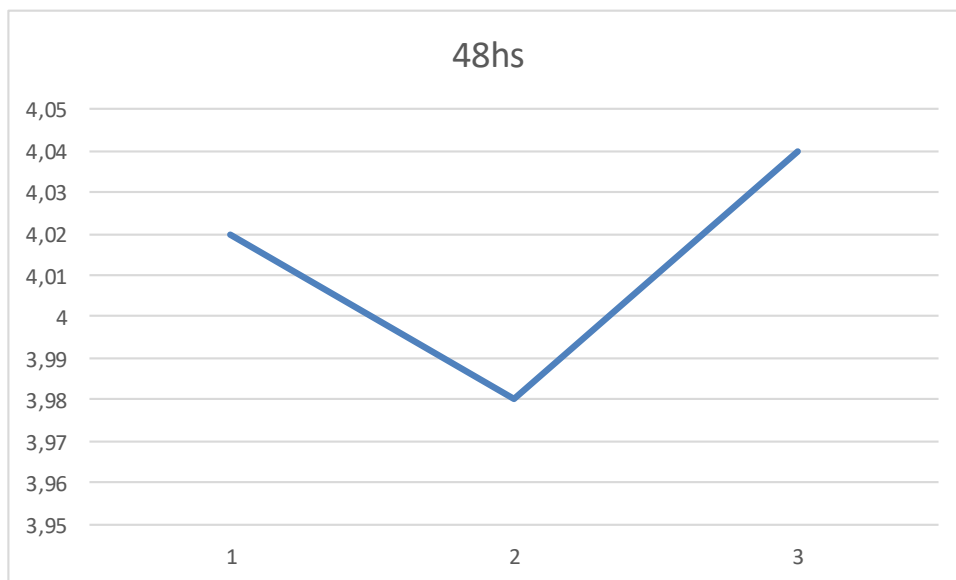
A las 48hs, mostro un descenso de pH más equilibrado, siendo una buena opción para garantizar la seguridad del producto.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

La fermentación por 72 hs genera un descenso más marcado del pH. Esto indica una mayor producción de ácidos orgánicos. Sin embargo puede tener un sabor más fuerte.

Ilustración 6

Fermentación por 48hs



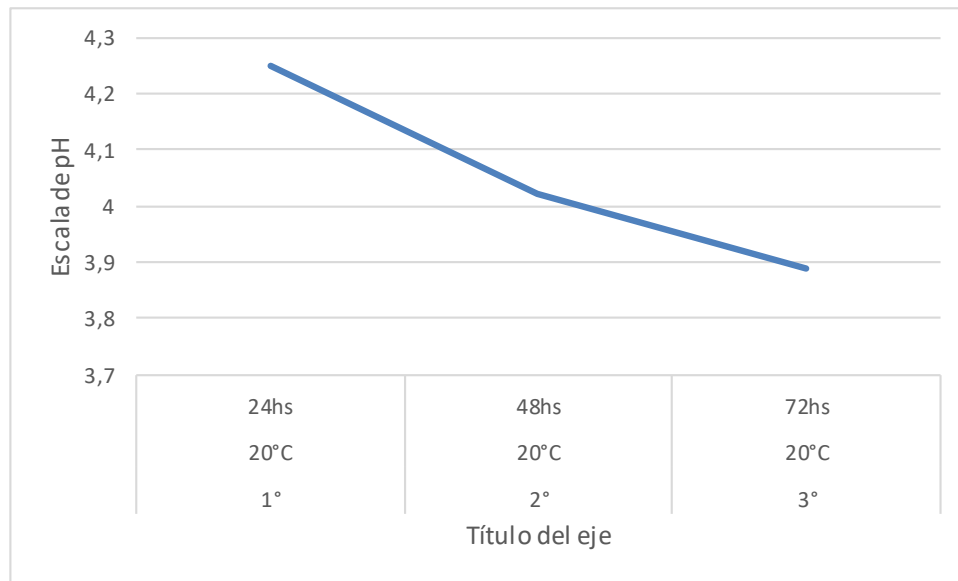
Nota. Elaboración propia.

Se destaca que la muestra fermentada durante 48hs a 30°C presento un pH menor que la fermentada durante el mismo tiempo a 40°C. Este resultado puede responder a una mayor eficiencia fermentativa a 30°C en ese intervalo de tiempo o también podría estar influenciado por variaciones inherentes al proceso de medición de pH, como la sensibilidad del instrumento, el momento exacto en que se realiza la lectura o la homogeneidad de las muestras en el momento del análisis.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

Ilustración 7

Fermentación a 20°C



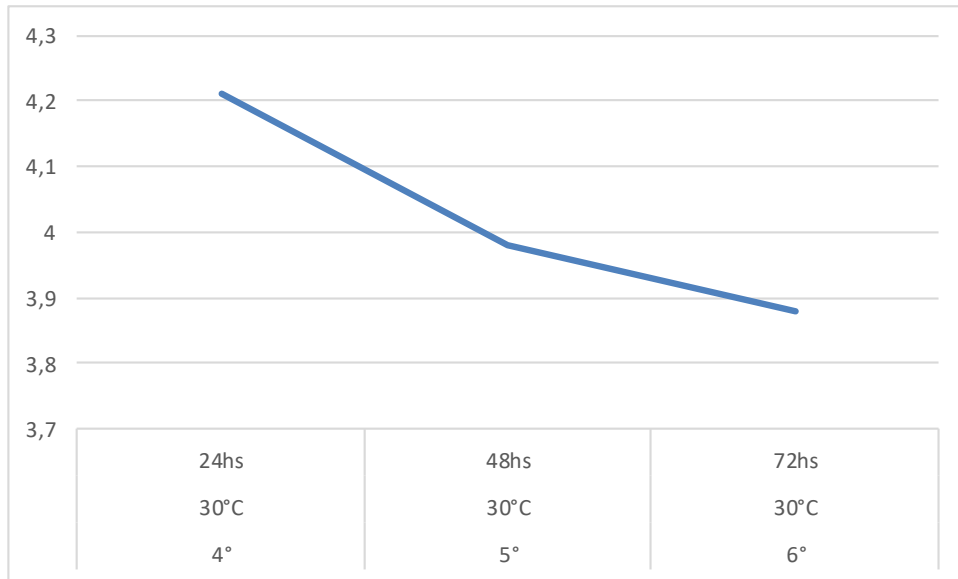
Nota. Elaboración propia.

A esta temperatura la fermentación fue levemente más lenta. El pH disminuyó progresivamente de 4,25(24hs) a 3,89(72hs). La actividad microbiana fue evidente aunque levemente más moderada respecto a temperaturas más altas.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

Ilustración 8

Fermentación a 30°C



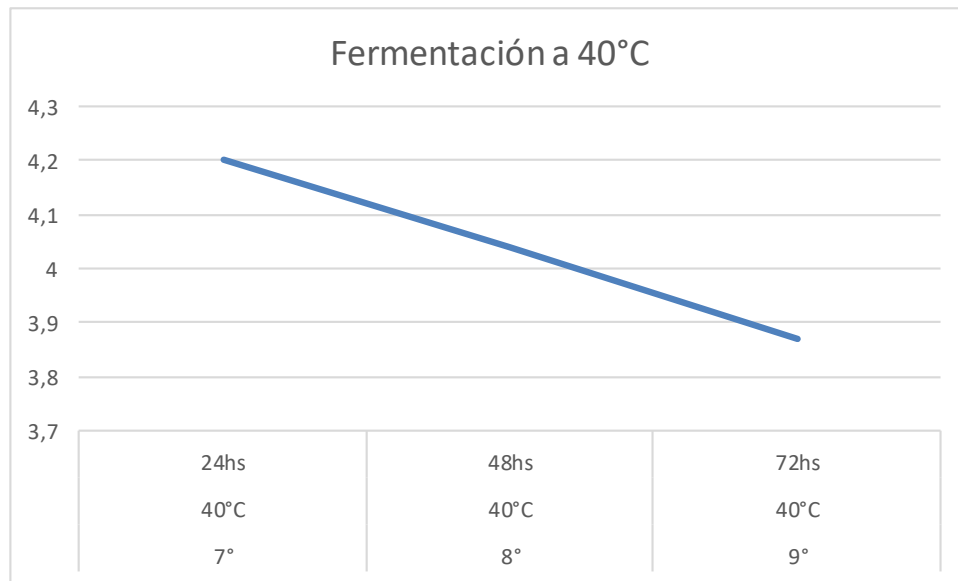
Nota. Elaboración propia.

Se observó una acidificación más rápida y constante, con valores de pH entre 4,20 (24hs) a 3,88 (72hs).

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

Ilustración 9

Fermentación a 40°C



Nota. Elaboración propia.

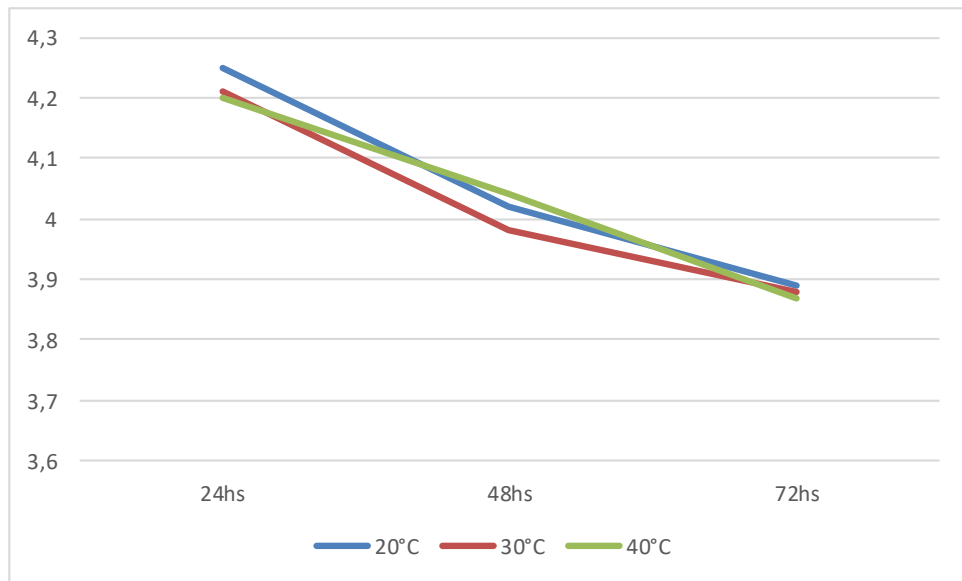
Los resultados se asemejan a los de 30°C, con una disminución del pH de 4,20 (24hs) a 3,87 (72hs).

El aumento de temperatura podría acelerar ligeramente la producción de ácidos. Sin embargo, es importante considerar el rango de tolerancia térmica de los microorganismos del kéfir, ya que a temperaturas más elevadas puede verse comprometida su viabilidad.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

Ilustración 10

Comparación de la variable de pH a distintas temperaturas de fermentación



Nota. Elaboración propia.

En general se observa una tendencia descendiente constante, con una curva levemente decreciente. El hecho que de las curvas sean similares refuerza la idea de que el tiempo tiene un efecto más marcado sobre el pH que la temperatura.

Al comparar los valores de pH entre las distintas temperaturas para los mismos tiempos de fermentación, se observan diferencias mínimas. En las tres condiciones térmicas, el pH disminuyó con el tiempo y las variaciones entre temperaturas fueron poco significativas:

- A las 24hs los valores oscilaron entre 4,20 y 4,25.
- A las 48hs entre 3,98 y 4,04
- A las 72hs entre 3,87 y 3,89

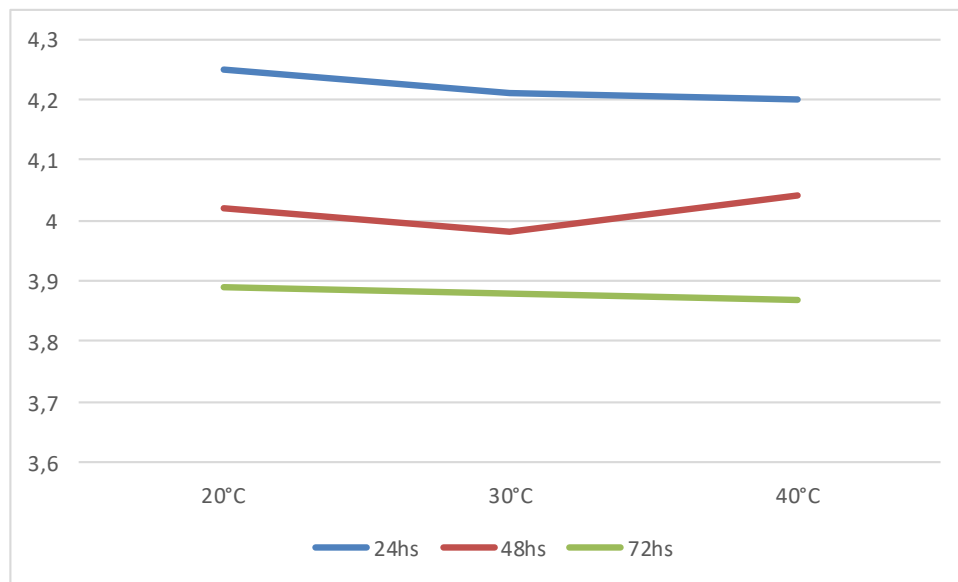
“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

Esto indica que la temperatura en el rango evaluado no influye de manera determinante sobre el valor final de pH.

También se observa un descenso del pH un poco más abrupto entre las 24 y 48hs de fermentación. Este comportamiento indica que la mayor actividad ocurre durante este intervalo, mientras que entre las 48hs y 72hs la disminución del pH se vuelve más leve. Esta tendencia sugiere una estabilización parcial del proceso.

Ilustración 11

Variación del pH por su tiempo de fermentación



Nota. Elaboración propia.

El tiempo de fermentación mostró una relación más directa con la disminución del pH. Esto podría indicar que si el proceso fermentativo se extiende en el tiempo, es posible que el pH continúe disminuyendo.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

10. DISCUSIÓN

El presente estudio fue diseñado con el objetivo fundamental de evaluar la influencia de diferentes temperaturas y tiempos en los valores de pH del kéfir de agua para optimizar el proceso de fermentación para que cumpla con los requisitos establecidos por el Código Alimentario. Para ello se analizaron 9 muestras de kéfir de agua, la cuales se fermentaron a distintas temperaturas, 20°C, 30°C y 40°C y por distintos tiempo, 24hs, 48hs y 72hs.

Un análisis general de las muestras, revela que con respecto al pH todas las muestras se encuentran dentro del rango establecido por el Código Alimentario Argentino (3 a 4,5). Los valores de pH oscilaron entre 4,25 a 3,87, reflejando que hay más descenso del pH a medida que transcurre el tiempo de fermentación y no hay variaciones significativas a considerar en cuanto a la temperatura.

Cabe citar 3 estudios relevantes, en los cuales se midieron los cambios de acidez durante la fermentación de kéfir involucrando distintas variables como la temperatura, el tiempo, los sustratos utilizados y la presión atmosférica.

El primero, realizado por por Putri, Setiani y Warya, en Indonesia, en el año 2020, estudió la influencia de la temperatura (ambiente y 37°C), el tiempo de fermentación (24 y 48hs) y el tiempo de almacenamiento sobre la cantidad de ácido láctico, el pH y la viscosidad del kéfir de leche de cabra. Se observa una tendencia similar en cuanto al tiempo de fermentación y el descenso del pH. Si bien el producto de esta investigación fue kéfir de leche, se destaca que el pH descendió a valores cercanos a 4,1 luego de 48hs de fermentación coincidiendo con los valores obtenidos en este trabajo para kéfir

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

de agua (entre 3,87 y 4,04 a las 48hs, según la temperatura). Esto sugiere que independientemente del sustrato utilizado para la fermentación, la actividad del fermento tiende a generar un medio ácido en un tiempo relativamente similar. Además las autoras observaron una disminución del pH durante el almacenamiento, lo que indica que la fermentación puede continuar incluso luego de la fermentación activa. Aunque en este trabajo no se evaluó el descenso posterior de pH, los resultados permiten inferir que el kéfir de agua también podría experimentar un descenso posterior de pH si se mantiene a la misma temperatura, en ausencia de refrigeración.

En el segundo estudio, realizado por Ribeiro et al. en Portugal (2020) en el cual se analizó el efecto combinado de la presión y la temperatura en la producción de kéfir, muestra que la temperatura influye significativamente en la acidificación. Se observa que a mayor temperatura se acelera la producción de ácidos orgánicos como el láctico y el acético, lo que se traduce en una disminución del pH. Si bien en esta investigación el tiempo de fermentación tuvo mayor impacto en la disminución del pH que la temperatura, se puede notar una leve aceleración del proceso de fermentación a mayor temperatura, en concordancia con lo investigado por Ribeiro et al. Esto sugiere que la temperatura es un factor a considerar y refuerza la idea de que la actividad microbiana responde a sus cambios.

Por último en el trabajo realizado por Monar et al. (2014) en Ecuador sobre el kéfir de agua artesanal evaluaron las características química y microbiológica del kéfir, determinando los cambios de acidez y °Brix del kéfir. Este fue laborado con tres tipos de endulzantes (panela, miel de abeja y azúcar blanca granulada), a diferentes tiempos de

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

fermentación (24, 48 y 72 horas). El hallazgo fue que el tratamiento con miel de abeja fermentado durante 48hs tuvo mayor aceptación tanto desde el punto de vista químico como sensorial. Esto permite destacar la importancia no solo del tiempo de fermentación, que en ambos estudios se logra la acidez deseable, sino también el rol del sustrato en el pH y en la actividad microbiana, lo cual abre la posibilidad de nuevas investigaciones a futuro.

11. CONCLUSIONES

El presente trabajo permitió evaluar el efecto del tiempo y la temperatura sobre el pH del kéfir de agua, con el objetivo de optimizar las condiciones de fermentación para cumplir con los requisitos establecidos en el Código Alimentario Argentino.

Los resultados demostraron que todas las combinaciones de tiempo y temperatura evaluadas permitieron obtener un pH dentro del rango permitido, aunque se observó que fermentaciones más prolongadas (72hs) tienden a acercarse al límite inferior.

Se pudo observar que el tiempo de fermentación tiene un impacto más evidente en la disminución del pH en comparación con la temperatura, ya que esta última no presentó grandes variaciones entre los distintos rangos analizados. Esto sugiere que el control del tiempo es un factor clave para garantizar la obtención de un producto óptimo, de sabor equilibrado y apto para el consumo según la norma vigente.

Asimismo hay otros factores que podrían influir significativamente en el valor final del pH, como la calidad y cantidad del cultivo iniciador (nódulos de kéfir), el sustrato utilizado y las condiciones higiénicas durante el proceso. Estos elementos podrían explicar las variaciones sutiles observadas entre las muestras en condiciones similares.

También es fundamental tener en cuenta el rango de supervivencia de los microorganismos involucrados. A temperaturas más elevadas podría verse afectada su viabilidad, pudiendo modificar el comportamiento del fermento. Y a mayor tiempo de fermentación podría terminarse el sustrato necesario por los microorganismos e involucrase otros mecanismos de acidificación.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

La fermentación durante 48hs a 30°C se presenta como la condición más eficiente para alcanzar el pH deseado conforme al Código Alimentario Argentino.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

12. RECOMENDACIONES

- Realizar otros estudios que evalúen otros factores que podrían influir en el pH y la calidad del producto, como el tipo y la cantidad de sustrato utilizado, cantidad de gránulos de kéfir y el tipo de agua empleada.
- También realizar estudios donde se evalúe la evolución del pH durante el almacenamiento posterior a la fermentación, a temperatura ambiente y a temperatura de heladera.
- Determinar con estudios el tiempo de vida útil del producto de kéfir y las mejores prácticas de almacenamiento del mismo.
- Sería útil estudiar el comportamiento del kéfir en una producción a mayor escala de tipo más industrializado.
- Incluir estudios de análisis sensorial del producto en las distintas etapas de fermentación con el objetivo de relacionar la acidez con la aceptabilidad del consumidor.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

13. BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo Ortiz, F. H., Quispe Cáceres, A. (2008) *Control y regulación del pH en una fermentación láctica utilizando carbonato de calcio como regulador y microbiota de granos de kéfir como agente biológico*. Revista Científica Ciencia y Desarrollo, Vol. 9, Perú.
- Echeverría Herrera, L. A. (2008) *Propiedades funcionales de los microorganismos del kéfir*. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/489/62113s.pdf?sequence=1> (Acceso 10 de enero de 2020 9:00hs)
- Código Alimentario Argentino (2024). Capítulo XIII Bebidas Fermentadas. Argentina (pp.12- 13).
- Farnworth, E.R. (2005) *Kéfir – a complex probiotic*. Food Science and Technology – Bulletin. Food research and development center, agricultura and agricultura and agri-food, Canada.
- Fernández Pérez, M. D. (2017). *Estudio de la comunidad microbiana del kéfir y aislamiento de microorganismos con actividad antimicrobiana*. Universidad de Jaén, España.
- García Torres, J., Hernández de Bermudez, R. (2015) *Fermentación de leche descremada UHT a partir de gránulos de kéfir*. (Trabajo de grado). Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

- Lopez-Rojo, J.P.; García-Pinilla, S.; Hernández-Sánchez, H.; Cornejo-Mazon, M. (2017) Estudio de la fermentación de kéfir de agua de piña con tibicos. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, Vol. 16, No. 2 pp. 405-414, México.
- Lopitz-Otsoa, F.; Rementeria, A., Elguezabal, N., Garaizar, J. (2006) *Kefir: A symbiotic yeasts-bacteria community with alleged healthy capabilities*. *Revista Iberoamericana*; 23: 67-74. España.
- Monar, M.; Dávalos, I.; Zapata, S.; Caviedes, M.; Ramírez-Cárdenas, L. (2014) *Caracterización química y microbiológica del kéfir de agua artesanal de origen ecuatoriano*. *Avances en Ciencias e Ingenierías*, Vol. 6, No. 1, pp. B60-B66. Ecuador. Disponible en: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/160/162> (Acceso 3 de febrero de 2020 8:00hs).
- Otles S., Cagindi O. (2003) *Kefir: A probiotic dairy-composition, nutritional and therapeutic aspects*. Pakistan.
- Pallarés, M. I. (2016) *Innovación de producto alimentario y plan de emprendimiento*. Trabajo Fin de Máster Universitario en Tecnología e Industria Alimentaria. Sevilla, España.
- Plaza Chacho, J.C. (2019) *Proceso de elaboración del kéfir y su aplicación gastronómica*. (Trabajo de Titulación). Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.
- Putri, Y. D., Setiani, N. S., Warya, S. (2020) *Efecto de la temperatura, el tiempo de incubación y almacenamiento sobre el contenido de ácido láctico, el pH y la viscosidad del kéfir de leche de cabra*, Indonesia.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

- Ribeiro, A. C., Lemos, A. T., Lopes, R. P., Mota, M. J., Inácio, R. S., Gomes, A. M. P., Sousa, S., Delgadillo, I., Saraiva, J. A., (2020) *El efecto combinado de la presión y la temperatura en la producción de kéfir: un estudio de caso de fermentación de alimentos en condiciones no convencionales*, Portugal.
- Ruiz Arana, M.; Villavicencio Yanos, J.; Ochoa Palma, M.; Mendoza Macías, L. (2017) *Beneficios del Kéfir para la salud*. Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento. Vol. 1 núm., pp. 296-301. Ecuador.
- Teixeira, K.; Pereira, G.V.; Rivero Dias, D.; Freitas Schwan, R. (2010) *Microbiol Biotechnol. Microbial communities and chemical changes during fermentation of sugary Brazilian kéfir*. World J Microbiol Biotechnol, vol 26: pp. 1241–1250, Brasil.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

ANEXO I

Solicitud formal a la facultad para el uso del laboratorio.

Fecha y lugar

Universidad Concepción del Uruguay

Estimados

De nuestra mayor consideración:

Me dirijo a ustedes a fin de solicitarles la autorización para utilizar el laboratorio de la Universidad Concepción del Uruguay, Sede Regional Rosario, para realizar mi investigación de proyecto de tesina. La misma consiste en optimizar el tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino, mediante la medición de pH de distintas muestras elaboradas con kéfir, en el mes de noviembre.

El objetivo del trabajo será evaluar la influencia de diferentes temperaturas y tiempos de fermentación en los valores de pH del kéfir de agua para optimizar el proceso de fermentación para que cumpla con los requisitos establecidos por el Código Alimentario Argentino

Sin más, y en respuesta de una espera favorable.

Saludamos atentamente.

Estefanía Epstein, estudiante de Licenciatura en Bromatología.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

ANEXO II

Receta para elaborar kéfir de agua

- 1 litro de agua de filtro sin cloro
- 3 cucharas soperas de nódulos de kéfir de agua (45g)
- 1 cucharada soperas de azúcar mascabo (15g)
- Yogurtera con regulador de temperatura
- Frascos de vidrio apto para yogurtera
- Filtro de plástico
- Recipientes para muestras

En los recipientes aptos verter agua filtrada hasta $\frac{3}{4}$ del frasco e introducir los ingredientes indicados: azúcar mascabo y los nódulos de kéfir.

Remover bien para que todos los ingredientes se mezclen.

Cubrir el recipiente con tapa.

Reposar el tiempo estipulado, a la temperatura estipulada en el interior de la yogurtera. Pasado este tiempo, pasar por el filtro de plástico separando el líquido de los nódulos.

Envasar las muestras en los recipientes destinados para las mismas y llevar a laboratorio.

“Optimización del tiempo y temperatura de fermentación de kéfir de agua para regular el pH según los requisitos del Código Alimentario Argentino”

ANEXO III

Muestra	Temperatura (°C)	Tiempo (horas)	Ph medido	Cumple con el Código (sí o no)
1°	20°C	24hs		
2°	20°C	48hs		
3°	20°C	72hs		
4°	30°C	24hs		
5°	30°C	48hs		
6°	30°C	72hs		
7°	40°C	24hs		
8°	40°C	48hs		
9°	40°C	72hs		