

# EFECTO DEL TIEMPO Y CONCENTRACIÓN DE BÚLGAROS EN LA ELABORACIÓN DE LECHE DE KÉFIR

(Artículo de investigación)

Jorge Ignacio Alfaro Molina<sup>1</sup>, Samantha Abigail Altamirano Llanos<sup>2</sup>, Araceli Rubi Aspi Cartagena<sup>3</sup>, David Augusto Sanchez Telleria<sup>4</sup>, Marcos Henry Sullcamani Mamani<sup>5</sup>, Raquel Gina Marca Surci<sup>6</sup>

## Resumen

El kéfir es una bebida fermentada con propiedades probióticas, que se elabora a partir de leche y se inocula con gránulos simbióticos que contienen bacterias lácticas y levaduras. Factores como el tiempo de fermentación y la cantidad de gránulos pueden influir en su calidad, tanto en lo físico-químico como en lo sensorial. Por eso, este estudio tuvo como objetivo evaluar cómo afectan el tiempo de fermentación (40 y 120 horas) y la concentración de búlgaros (2 % y 3 %) en la calidad del kéfir. Para ello, se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo bifactorial (2×2), que permitió analizar no solo el efecto individual de cada factor, sino también cómo interactúan entre sí. Se trabajó con cuatro tratamientos: T1 (40 h, 2 %), T2 (40 h, 3 %), T3 (120 h, 2 %) y T4 (120 h, 3 %). Las variables evaluadas fueron físicoquímicas (pH y grados Brix) y sensoriales (color, sabor y textura). Los resultados mostraron que el tiempo de fermentación fue el factor que más influyó en la acidez, ya que los tratamientos con 120 horas presentaron un pH más bajo. En cuanto a la concentración de gránulos, los tratamientos con 3 % mostraron mayor peso final. No hubo diferencias significativas en los grados Brix ni en las características sensoriales, aunque todos los tratamientos fueron bien aceptados. Se concluye que un mayor tiempo de fermentación aumenta la acidez del kéfir, y que usar más gránulos mejora el crecimiento microbiano sin afectar negativamente sus propiedades organolépticas.

**Palabras clave:** kéfir, fermentación láctica, búlgaros de kéfir, calidad físicoquímica, análisis sensorial y diseño bifactorial.

## INTRODUCCIÓN

El kéfir es una bebida láctea fermentada originaria de la región del Cáucaso, reconocida por sus propiedades probióticas y los múltiples beneficios que puede aportar a la salud humana (Segovia Espindola, 2022). Su elaboración consiste en la fermentación de leche mediante la acción de gránulos de kéfir, también conocidos como “búlgaros”, los cuales están compuestos por una comunidad simbiótica de bacterias ácido-lácticas, levaduras y polisacáridos como el kefira, durante este proceso, la lactosa se transforma en ácido láctico, etanol, dióxido de carbono y otros compuestos que otorgan al kéfir su sabor ácido característico, una textura cremosa y una notable estabilidad microbiológica (Garofalo et al., 2015).

En los últimos años, el interés por el consumo de alimentos fermentados como el kéfir ha ido en aumento, debido a sus efectos positivos en la microbiota intestinal, su potencial inmunomodulador y su capacidad para prevenir afecciones gastrointestinales, metabólicas e incluso cardiovasculares (Bourrie et al., 2016).

<sup>1</sup> Estudiante, cuarto semestre, Diseños Experimentales Pecuarios, Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. Coquitoalf611@gmail.com

<sup>2</sup> Estudiante, cuarto semestre, Diseños Experimentales Pecuarios, Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. Samantha.altamirano.llanos@gmail.com

<sup>3</sup> Estudiante, cuarto semestre, Diseños Experimentales Pecuarios, Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. AraceliAspi25@gmail.com

<sup>4</sup> Estudiante, cuarto semestre, Diseños Experimentales Pecuarios, Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. David.a.sanchez.t@hotmail.com

<sup>5</sup> Estudiante, cuarto semestre, Diseños Experimentales Pecuarios, Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. Mhenrysullcamani39@gmail.com

<sup>6</sup> Auxiliar de Investigación Diseños Experimentales Pecuarios y Estadística Aplicada Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5979-5340>

Estas propiedades funcionales están directamente relacionadas con la actividad metabólica de las bacterias y levaduras presentes en los gránulos, la cual depende de diversos factores tecnológicos como el tiempo de fermentación y la cantidad de inóculo utilizado (Djelveh et al., 2001) (Yu et al., 2011)

Estudios previos han demostrado que un mayor tiempo de fermentación produce cambios significativos en la acidez, el pH y el contenido de azúcares del producto final (Yu et al., 2011) De igual forma, una mayor concentración de gránulos puede acelerar la fermentación y modificar tanto la composición química como las características sensoriales del kéfir (Segovia Espindola, 2022). No obstante, en la elaboración artesanal, estos parámetros no siempre son controlados adecuadamente, lo que puede afectar la calidad, seguridad y aceptabilidad del producto por parte del consumidor.

Considerando esta problemática, surge la necesidad de evaluar cómo influyen estos dos factores clave en la elaboración del kéfir. Por ello, el presente estudio tiene como objetivo analizar el efecto del tiempo de fermentación (40 y 120 horas) y la concentración de gránulos de kéfir (2 % y 3 %) sobre las características fisicoquímicas (pH, acidez titulable y grados Brix) y sensoriales del producto. La hipótesis planteada es que un mayor tiempo de fermentación y una mayor concentración de gránulos incrementan la acidez y mejoran la estabilidad microbiana del kéfir, sin afectar negativamente su aceptación sensorial.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización**

El presente estudio experimental se realizó en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), ubicado en la ciudad de La Paz, Bolivia

### **Materiales**

Se empleó leche entera de vaca proveniente de la Estación Experimental Choquenaira (EECh), en el municipio de Viacha, departamento de La Paz. La leche fue obtenida mediante ordeño higiénico y transportada en botellas de plástico, gránulos de kéfir empleados fueron obtenidos de un cultivo activo mantenido bajo condiciones controladas en el laboratorio. Estos búlgaros están formados por una matriz simbiótica de bacterias ácido-lácticas, principalmente *Lactobacillus kefir* y *Lactococcus* spp., junto con levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* y *Kluyveromyces marxianus*, y exopolisacáridos, principalmente kefiran. De igual manera se utilizó materiales de laboratorio para toma de datos tales como refractómetro, phmetro y materiales de plástico para el manejo del kéfir. La leche fue pasteurizada para eliminar posibles contaminantes microbianos y garantizar su idoneidad para la elaboración del kéfir. La temperatura durante la pasteurización fue controlada mediante un termómetro infrarrojo digital para la temperatura superficial y un termómetro digital con sonda para la temperatura interna, asegurando que se alcanzara la temperatura óptima (73 °C). Para asegurar su viabilidad y actividad fermentativa, los gránulos fueron activados durante cinco días previos al inicio del experimento mediante fermentaciones sucesivas en leche pasteurizada a temperatura ambiente (22–24 °C).

### **Metodología**

#### *Unidad Experimental*

Se utilizó un total de ocho unidades experimentales, cada unidad experimental es una botella de un litro, con 750 ml de leche de la estación experimental de Choquenaira.



Figura 1. Unidades experimentales.

### *Tiempo de ensayo*

Esta investigación se realizó durante el periodo total del estudio comprendió una semana, desde el ordeño de la leche hasta la realización de la prueba sensorial.

### *Descripción de la infraestructura*

Se inició la fermentación de leche de kéfir utilizando una conservadora como cámara de incubación. Se emplearon ocho unidades experimentales, consistentes en frascos individuales que contenían leche previamente inoculada con gránulos de kéfir en proporción estandarizada. Las muestras fueron colocadas en la conservadora para mantener condiciones relativamente constantes de temperatura durante el periodo de fermentación (Méndez et al., s. f.).

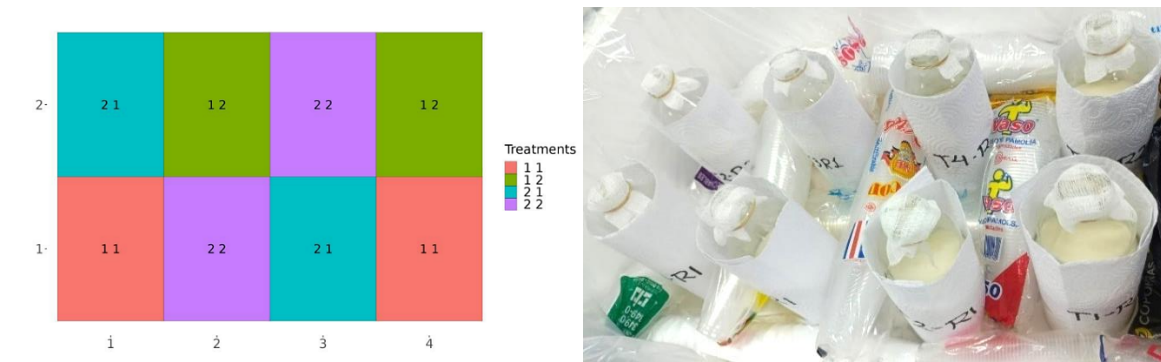


Figura 2. Distribución del diseño bi factorial.

### *Toma de datos*

Para el experimento se utilizaron un total de 9 litros de leche cruda, considerando una cantidad adicional para compensar pérdidas durante el traslado, pasteurización y enfriamiento. La leche fue pasteurizada mediante calentamiento hasta alcanzar 73 °C para evitar la proliferación microbiana, seguida de un enfriamiento controlado en baño maría hasta llegar a 23 °C.

Una vez completado este proceso, se registraron los valores iniciales de pH, grados Brix y peso de los gránulos de kéfir. Posteriormente, se distribuyeron 750 ml de leche pasteurizada en botellas de vidrio, a las cuales se les adicionaron las diferentes concentraciones de gránulos correspondientes a los tratamientos experimentales para iniciar la fermentación.

Durante el desarrollo del estudio, se tomaron mediciones de pH, grados Brix y peso de los gránulos a las 40 y 120 horas de fermentación. Además, se llevó a cabo una prueba de palatabilidad que evaluó características sensoriales como sabor, color y textura del kéfir fermentado, el cual fue mezclado con mermelada artesanal de frutilla endulzada con stevia. El periodo total del estudio comprendió una semana, desde el ordeño de la leche hasta la realización de la prueba sensorial.

#### *Mezcla de tratamientos y unidad experimental*

La muestra fue constituida por 8 unidades experimentales, los factores de estudios son:

- Factor A: Tiempo de fermentación: a1: 40 horas  
a2: 120 horas.
- Factor B: Concentración de gránulos de Kéfir: b1: 2 %  
b2: 3 %

Implementando 4 tratamientos diferentes cada uno con 2 repeticiones, así obteniendo las 8 unidades experimentales

Tabla 1. Tabla de tratamientos.

Tratamientos	Tiempo (horas)	Gránulos (%)
T1	40	2
T2	40	3
T3	120	2
T4	120	3

Se inició con los respectivos tratamientos con un pH inicial de la leche de 6.49 y grados Brix de 8.4, el peso inicial de los búlgaros en los tratamientos con 2 % es de 15 g y en los tratamientos con 3 % es de 22 g. La toma de datos se realizó pasadas las 40 y 120 horas de fermentación. El proceso de fermentación inició a las 15.30, a partir de ahí se calculó 40 y 120 horas para la toma de resultados.

#### *Diseño experimental y análisis estadístico*

El presente estudio se realizó bajo un Diseño completamente al azar (DCA) con arreglo bi-factorial, con cuatro tratamientos y dos repeticiones, en este diseño cada nivel de un factor se combina con cada nivel del otro factor permitiendo analizar no solo de manera individual cada factor si no también su interacción. Los tratamientos se asignan de manera aleatoria a cada unidad experimental. El modelo lineal es:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Donde:  $Y_{ij}$  = una observación cualquiera (Efecto de tiempo y concentración);  $\mu$  = media poblacional;  $\alpha_i$  = efecto fijo del i-ésimo del nivel A (tiempo de fermentación);  $\beta_j$  = efecto fijo del j-ésimo del nivel B (concentración de gránulos de kefir);  $(\alpha\beta)_{ij}$  = efecto fijo de interacción A y B (tiempo x concentración);  $\epsilon_{ij}$  = error experimental.

Los datos fueron procesados utilizando el programa estadístico AgroR. Se realizó un ANOVA bifactorial (2×2) para evaluar los efectos individuales del tiempo de fermentación y concentración de gránulos, así como su interacción. Las diferencias significativas entre medias se determinaron mediante la prueba de Tukey HSD con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ . En caso de interacción significativa se interpretaron los efectos combinados. Los resultados del análisis sensorial (palatabilidad) se procesaron utilizando la prueba CHI cuadrado.

### Variables de respuesta

pH: Determinado con un potenciómetro digital Hanna Instruments, modelo HI 2211, calibrado con soluciones buffer pH 4.0 y 7.0. Las mediciones se realizaron después de los periodos de fermentación.

Grados Brix: Medidos con un refractómetro digital Atago PAL-1, utilizado para estimar los sólidos solubles presentes (principalmente azúcares residuales) en las muestras post fermentación.

Análisis sensorial: La aceptabilidad general del kéfir fue evaluada mediante una escala hedónica de 5 puntos, aplicada a un panel no entrenado compuesto por 20 evaluadores (estudiantes). Se consideraron las características de color, sabor y textura en las muestras fermentadas y mezcladas con mermelada artesanal de frutilla.

Crecimiento de bulgaros de kéfir: Determinado mediante una balanza digital Clever, midiendo el peso de los gránulos antes y después de la fermentación para evaluar su crecimiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

### PH

El efecto del tiempo de fermentación (factor A) mostró ser altamente significativo ( $p < 0.01$ ), pues a mayor tiempo de fermentación (120 horas), el pH del producto disminuye significativamente en comparación con un tiempo menor (40 horas). Esto indica una mayor producción de ácido láctico por parte de los microorganismos del kéfir a lo largo del tiempo. Por otro lado el efecto de la concentración de gránulos (factor B) y la interacción entre los efectos (AxB) mostró no ser significativo ( $p > 0.05$ ) y por lo tanto no influye en el pH del Kefir. El coeficiente de variación (CV%) fue de 1.15 %, lo que indica que hubo un adecuado manejo de los datos, por lo cual el diseño es confiable ( $< 30$  %). ya que se obtuvo promedio por tratamiento T1 4.27- T2 4.3- T3 4.02 -T4 3.97.

Tabla 2. Análisis de la varianza deL pH del kéfir elaborado

FV	SC	GL	CM	Fcal	Valor-p	Significancia
Tiempo (T)	0.16245	1	0,162450	71.4065934	0.00107443	**
Gránulos (G)	0.00045	1	0.000450	0.1978022	0.67950570	NS
Interacción (T x G)	0.00320	1	0.003200	1.4065934	0.30125739	NS
Error	0.00910	4	0,002275			

CV = 1.15 %; ns: no significativo al 5 %, \*\*: altamente significativo al 1 %, \*: significativo al 5 %. Fuente: (AgroR Shiny App, s. f.)

### Brix

Ni el tiempo de fermentación ni la concentración de gránulos de kéfir, ni la interacción entre ambos factores, mostraron tener un efecto estadísticamente significativo ( $p > 0.05$ ) sobre los grados brix del producto final. El coeficiente de variación (CV%) fue de 5.38 %, lo que indica que hubo un adecuado manejo de los datos, por lo cual el diseño es confiable ( $< 30$  %), ya que se obtuvo promedio por tratamiento T1 6.1 - T2 5.85 - T3 6.2 - T4 6.35 en grados Brix.

Tabla 3. Análisis de la varianza de los grados brix del kéfir elaborado.

FV	SC	GL	CM	Fcal	Valor-p	Significancia
Tiempo (T)	0.180	1	0.1800	1.41176471	0.3004892	NS
Gránulos (G)	0.005	1	0.0050	0.03921569	0.8526789	NS
Interacción (T x G)	0.080	1	0.0800	0.62745098	0.4726200	NS
Error	0.510	4	0.1275			

CV = 5.83 %; ns: no significativo al 5 %, \*\*: altamente significativo al 1 %, \*: significativo al 5 %. Fuente: (AgroR Shiny App, s. f.)

### Peso de los búlgaros

La concentración inicial de los gránulos (factor B) de kéfir (los búlgaros), demostró ser altamente significativo ( $p < 0.01$ ) en su propio crecimiento y reproducción. Los tratamientos que comenzaron con una mayor concentración de gránulos (3 %) mostraron un peso final superior en comparación con aquellos que usaron una concentración menor (2 %). Esto no necesariamente nos afirma que la presencia de una mayor concentración de gránulos en el producto es sinónimo de un mayor crecimiento, sino que éstas bacterias aumentan de tamaño de manera natural en ambientes beneficiosos, por lo que el aumento de peso mayor en concentración de gránulos (3 %) era un valor esperado. En este caso ni el tiempo de fermentación (factor A), ni la interacción (AxB) entre ambos factores demostró ser significativo ( $p > 0.05$ ) y por lo tanto no influyen en el peso de los gránulos de kéfir (búlgaros). El coeficiente de variación (CV%) fue de 6.05 %, lo que indica que hubo un adecuado manejo de los datos, por lo cual el diseño es confiable ( $< 30$  %), ya que se obtuvo promedio por tratamiento T1 16.5 -T2 23.5 -T3 16.5 -T4 24.5.

Tabla 4. Análisis de la varianza del peso de los búlgaros de leche del kéfir elaborado.

FV	SC	GL	CM	Fcal	Valor-p	Significancia
Tiempo (T)	0.5	1	0.5	0.3333333	0.5946421643	NS
Gránulos (G)	112.5	1	112.5	75.0000000	0.0009780886	**
Interacción (T x G)	0.5	1	0.5	0.3333333	0.5946421643	NS
Error	6.0	4	1.5			

CV = 6.05 %; ns: no significativo al 5 %, \*\*: altamente significativo al 1 %, \*: significativo al 5 %. Fuente: (AgroR Shiny App, s. f.)

### Prueba de palatabilidad (análisis sensoriales)

#### Sabor

El sabor no se vio afectado de forma significativa ( $p > 0.05$ ) por el efecto del tiempo de fermentación (factor A), la concentración de los gránulos (factor B) y la interacción de éstos (AxB), por lo tanto no influyen en el sabor del kéfir. El coeficiente de variación (CV%) fue de 26.99 %, lo que indica que hubo un adecuado manejo de los datos, por lo cual el diseño es confiable ( $< 30$  %).

Tabla 5. Análisis de la varianza del sabor de la prueba de palatabilidad del kéfir elaborado

FV	SC	GL	CM	Fcal	Valor-p	Significancia
Tiempo (T)	1.408651e-31	1	1.408651e-31	1.579018e-31	1.0000000	NS
Gránulos (G)	1.522267e-32	1	1.522267e-32	1.706376e-32	1.0000000	NS
Interacción (T x G)	2.000000e-01	1	2.000000e-01	2.241888e-01	0.6372239	NS
Error	6.780000e+01	76	8.921053e-01			

CV = 26.99 %; ns: no significativo al 5 %, \*\*: altamente significativo al 1 %, \*: significativo al 5 %. Fuente: (AgroR Shiny App, s. f.)

### Color

Al igual que la anterior variable el color no se vio afectado de forma significativa ( $p > 0.05$ ) por el efecto del tiempo de fermentación (factor A), la concentración de los gránulos (factor B) y la interacción de éstos (AxB), por lo tanto no influyen en el sabor del kefir. El coeficiente de variación (CV%) fue de 23.7 %, lo que indica que hubo un adecuado manejo de los datos, por lo cual el diseño es confiable (<30 %).

Tabla 6. Análisis de la varianza del color de la prueba de palatabilidad del kéfir elaborado

FV	SC	GL	CM	Fcal	Valor-p	Significancia
Factor A	0.3125	1	0.3125000	0.43221110	0.5128922	NS
Factor B	0.0125	1	0.0125000	0.01728844	0.8957387	NS
A x B	0.1125	1	0.1125000	0.15559600	0.6943487	NS
Error	54.9500	76	0.7230263			

CV = 23.7 %; ns: no significativo al 5 %, \*\*: altamente significativo al 1 %, \*: significativo al 5 %. Fuente: (AgroR Shiny App, s. f.)

### Textura

Al igual que en las dos variables anteriores la textura no se vio afectado de forma significativa ( $p > 0.05$ ) por el efecto del tiempo de fermentación (factor A), la concentración de los gránulos (factor B) y la interacción de éstos (AxB), por lo tanto no influyen en el sabor del kefir. El coeficiente de variación (CV%) fue de 20.34 %, lo que indica que hubo un adecuado manejo de los datos, por lo cual el diseño es confiable (<30 %).

Tabla 7. Análisis de la varianza de la textura de la prueba de palatabilidad del kéfir elaborado.

FV	SC	GL	CM	Fcal	Valor-p	Significancia
Tiempo (T)	0.05	1	0.0500000	0.09069212	0.7641215	NS
Gránulos (G)	0.05	1	0.0500000	0.09069212	0.7641215	NS
Interacción (T x G)	0.20	1	0.2000000	0.36276850	0.5487655	NS
Error	41.90	76	0.5513158			

CV = 20.34 %; ns: no significativo al 5 %, \*\*: altamente significativo al 1 %, \*: significativo al 5 %. Fuente: (AgroR Shiny App, s. f.)

### Prueba de medias Tukey

Podemos observar que con respecto al pH los tratamientos que llevaban un mayor tiempo (120) de fermentación resultaron ser superiores en comparación con los tratamientos que llevaban menor tiempo (40) de fermentación esto debido a que dependiendo a si el tiempo de fermentación es mayor el pH disminuye significativamente.

Tabla 8. Prueba de medias tukey para la variable pH respecto al factor tiempo.

Factor Tiempo	pH
120	4.2825 a
40	3.9975 b

Fuente: (AgroR Shiny App, s. f.)

Tabla 9. Prueba de medias Tukey para la variable crecimiento respecto al factor gránulos.

Factor Gránulos	Crecimiento de bulgaros
3	24.0 a
2	16,5 b

Fuente: (AgroR Shiny App, s. f.)

### ANÁLISIS SENSORIAL, MÉTODO CHI CUADRADO

Ho= No hay una relación entre los factores (tiempo y porcentaje de búlgaros) del Kefir elaborado con el análisis sensorial (sabor, color, textura).

Ha=hay una relación entre los factores (tiempo y porcentaje de búlgaros) del Kefir elaborado con el análisis sensorial (sabor, color, textura).

Teniendo los siguientes datos donde se realiza con el promedio del análisis sensorial:

Tabla 10. Datos para realización método chi cuadrado.

Tratamiento	Color	Pruebas	
		Sabor	Textura
T1 (a1,b1)	3.45	3.7	3.65
T2 (a1,b2)	3.5	3.6	3.7
T3 (a2,b1)	3.5	3.5	3.7
T4 (a2,b2)	3.45	3.55	3.55

Tomando en cuenta al 5 % en tablas tenemos un valor con 6 grados de libertad de 12.59 y teniendo un resultado calculado de 0.007. Comparando al nivel del 5 %, aceptamos la hipótesis nula es decir que no hay relación entre el kéfir elaborado (tratamientos bi factorial de horas de fermentación y porcentaje de búlgaros) y el análisis sensorial (color, sabor, textura).

Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con la literatura en cuanto a la influencia del tiempo de fermentación sobre el pH del kéfir. A medida que avanza la fermentación, las bacterias lácticas como *Lactobacillus kefir* y *Lactococcus* spp. metabolizan la lactosa en ácido láctico, reduciendo el pH del producto final. Esto explica por qué los tratamientos con 120 horas presentaron niveles de acidez más elevados.



Respecto al crecimiento de los búlgaros, se observó que una mayor concentración inicial (3 %) produjo un incremento significativo en el peso de los gránulos. Este hallazgo está respaldado por lo mencionado por (Garofalo et al., 2015), quienes señalan que las condiciones ambientales y la disponibilidad de nutrientes influyen directamente en el desarrollo y multiplicación de los gránulos. No obstante, el tiempo de fermentación no tuvo un efecto significativo sobre el crecimiento, lo cual puede estar asociado a que los microorganismos alcanzan una fase de equilibrio tras cierto punto, como lo proponen (Segovia Espindola, 2022)

En cuanto a los grados Brix, la falta de diferencias significativas podría deberse a una fermentación parcial de los azúcares presentes. (Rodríguez-Figueroa & Antonio, s. f.) afirman que no todos los azúcares son metabolizados en la misma proporción, especialmente en fermentaciones de corta duración. Es posible que los sólidos solubles (sacarosa residual de la mermelada) hayan influido en esta medición.

Por otro lado, las características sensoriales como sabor, color y textura no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Esto concuerda con estudios como el de Bourrie et al. (2016), quienes reportan que el kéfir puede mantener su aceptabilidad sensorial incluso con variaciones en el proceso, siempre que no se excedan ciertos umbrales de acidez. Además, el uso de mermelada artesanal pudo haber enmascarado diferencias sutiles entre muestras, como lo advierte (Carasi et al., 2014).

Finalmente, la prueba de Chi cuadrado confirmó que las variaciones en los factores de fermentación no afectan significativamente la percepción sensorial del kéfir. Esto es relevante, ya que permite cierta flexibilidad en la elaboración artesanal sin comprometer la aceptación del consumidor.

## **CONCLUSIONES**

Se evidenciaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) en las variables pH y crecimiento de los gránulos de kéfir, indicando que al menos uno de los factores evaluados tiene influencia sobre estas variables. En particular, el factor tiempo de fermentación (Factor A) impactó significativamente en el pH, mientras que la concentración de gránulos (Factor B) fue la que influyó en el crecimiento de los mismos. Por otro lado, la interacción entre ambos factores no mostró efecto significativo en estas variables.

Respecto a los grados Brix, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), lo que indica que ni los factores individuales ni su interacción influyen sobre esta variable. De manera similar, las características sensoriales evaluadas —color, sabor y textura— no presentaron cambios significativos en función del tiempo de fermentación, la concentración de gránulos ni la interacción de ambos factores bajo las condiciones del estudio. Esto sugiere que, aunque los análisis sensoriales puedan beneficiarse del uso de pruebas no paramétricas y transformaciones de datos para un análisis más detallado, las variaciones en los tratamientos no afectaron la aceptabilidad del producto.

Finalmente, la mayoría de los evaluadores mostró una percepción favorable hacia el sabor y la calidad del kéfir, lo que indica que este producto tiene potencial para lograr una buena aceptación en el mercado lácteo.

## **Agradecimientos**

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a nuestras familias, quienes nos brindaron apoyo incondicional y estuvieron siempre dispuestas a ayudarnos en todo lo necesario durante el desarrollo de esta investigación.

Agradecemos profundamente al Ing. Juan José Vicente Rojas, nuestro docente, por su valiosa enseñanza, sabiduría y por ser un ejemplo tanto profesional como personal.

También extendemos nuestro reconocimiento a la Auxiliar de Investigación, Raquel Gina Marca Surci, por el constante apoyo brindado durante la realización y desarrollo de este trabajo, así como por su paciencia, amistad y buenas energías.

Finalmente, agradecemos a todas las personas que de alguna manera contribuyeron y nos apoyaron a lo largo de este proceso.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. AgroR Shiny App. (s. f.). Recuperado 19 de junio de 2025, de [https://fisher.uel.br/AgroR\\_shiny/](https://fisher.uel.br/AgroR_shiny/)
2. Bourrie, B. C. T., Willing, B. P., & Cotter, P. D. (2016). The Microbiota and Health Promoting Characteristics of the Fermented Beverage Kefir. *Frontiers in Microbiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00647>
3. Carasi, P., Díaz, M., Racedo, S. M., De Antoni, G., Urdaci, M. C., & Serradell, M. de los A. (2014). Safety Characterization and Antimicrobial Properties of Kefir-Isolated *Lactobacillus kefir*. *BioMed Research International*, 2014(1), 208974. <https://doi.org/10.1155/2014/208974>
4. Djelveh, G., Gros, J.-B., & Emam-Djomeh, Z. (2001). Osmotic Dehydration of Foods in a Multicomponent Solution Part II. Water Loss and Solute Uptake in Agar Gels and Meat. *LWT - Food Science and Technology*, 34(5), 319-323. <https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0777>
5. Garofalo, C., Osimani, A., Milanović, V., Aquilanti, L., De Filippis, F., Stellato, G., Di Mauro, S., Turchetti, B., Buzzini, P., Ercolini, D., & Clementi, F. (2015). Bacteria and yeast microbiota in milk kefir grains from different Italian regions. *Food Microbiology*, 49, 123-133. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.01.017>
6. Méndez, N. G., Hernández, Q. P., Canales, I. C., Oyagüe, J. M., Virginia, G., Moorillón, N., & Tel, C. (s. f.). EFECTO DEL PORCENTAJE DE INÓCULO Y DEL TIEMPO DE INCUBACIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL KEFIR.
7. Rodríguez-Figueroa, J. C., & Antonio, J. (s. f.). AVANCES EN EL ESTUDIO DE LA BIOACTIVIDAD MULTIFUNCIONAL DEL KÉFIR.
8. Segovia Espindola, L. N. (2022). Caracterización físico-química y nutricional del kéfir de leche. <http://repositorio.unne.edu.ar/xmlui/handle/123456789/54777>
9. Yu, J., Wang, W. H., Menghe, B. L. G., Jiri, M. T., Wang, H. M., Liu, W. J., Bao, Q. H., Lu, Q., Zhang, J. C., Wang, F., Xu, H. Y., Sun, T. S., & Zhang, H. P. (2011). Diversity of lactic acid bacteria associated with traditional fermented dairy products in Mongolia. *Journal of Dairy Science*, 94(7), 3229-3241. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3727>

Nota: La revista estudiantil AGRO-VET publica principalmente resultados de las investigaciones realizadas en el marco de las asignaturas que se cursan en las carreras de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, por lo que, se tratan de artículos que no cumplen con la rigurosidad de un artículo científico.