

APRENDIZAJE EXPERIENCIAL DE LA FERMENTACIÓN LÁCTICA A TRAVÉS DE LA PRODUCCIÓN DE YOGUR MEDIANTE EL MÉTODO SEMIDIRECTO



EXPERIENTIAL LEARNING OF LACTIC FERMENTATION THROUGH YOGURT PRODUCTION USING THE SEMI-DIRECT METHOD

Sedolfo Carrasquero-Ferrer^{1*}

E-mail: scarrasquero@uteg.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4725-963X>

Cristhian Salvatierra Castro²

E-mail: csalvatierra.est@uteg.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0649-9367>

Isaac Caguana Parrales²

E-mail: icaguana.est@uteg.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3397-6076>

Allyson Barragan Ortega³

E-mail: abarragan@uteg.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5965-7469>

¹Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, Dirección de Innovación. Guayaquil, Ecuador,

²Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Guayaquil, Ecuador

³Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, Facultad de Ciencias de la Salud. Guayaquil, Ecuador

*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Carrasquero-Ferrer, S., Salvatierra Castro, C., Caguana Parrales, I., y Barragan Ortega, A. (2025). Aprendizaje experiencial de la fermentación láctica a través de la producción de yogur mediante el método semidirecto. *Revista Conrado*, 21(105), e4518.

RESUMEN

Este estudio aborda la enseñanza de la fermentación láctica mediante un enfoque experiencial basado en la elaboración de yogur, con el propósito de mejorar la comprensión de los procesos bioquímicos y su aplicación en la industria alimentaria. El objetivo principal fue evaluar el impacto del aprendizaje basado en la producción de yogur por el método semidirecto en la comprensión de los principios de la fermentación láctica. Para ello, se desarrolló una experiencia de laboratorio con 45 estudiantes de las Facultades de Ciencias de la Salud y Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, quienes elaboraron yogur natural y de fresa. Se analizaron parámetros fisicoquímicos como pH y acidez titulable, y se realizó una evaluación sensorial mediante un panel de cata. Además, se aplicó un cuestionario validado para medir la percepción del aprendizaje en los estudiantes. Los resultados evidenciaron una reducción del pH a valores de 4,8 y 4,7 en el yogur natural y de fresa, respectivamente, así como un aumento en la acidez titulable. El análisis sensorial indicó una alta aceptación del producto, destacando la textura cremosa y el equilibrio ácido-dulce. Más del 80% de los estudiantes

reconocieron la influencia de variables como la temperatura y el tiempo de incubación en la calidad del yogur, reforzando su comprensión del proceso fermentativo. En conclusión, la enseñanza basada en la experimentación permitió fortalecer el aprendizaje práctico de los estudiantes, facilitando la apropiación de conocimientos y mejorando su interés en la biotecnología aplicada a la industria alimentaria.

Palabras clave:

fermentación láctica, aprendizaje experiencial, elaboración de yogur, evaluación sensorial y biotecnología alimentaria.

ABSTRACT

This study addresses the teaching of lactic acid fermentation through an experiential approach based on yogurt production, aiming to enhance the understanding of biochemical processes and their application in the food industry. To achieve this, a laboratory experience was conducted with 45 students from the Faculties of Health Sciences and Engineering Sciences at the Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, who produced



natural and strawberry-flavored yogurt. Physicochemical parameters such as pH and titratable acidity were analyzed, and a sensory evaluation was performed using a tasting panel. Additionally, a validated questionnaire was applied to measure students' perception of their learning experience. The results showed a reduction in pH to values of 4.8 and 4.7 for natural and strawberry yogurt, respectively, within the expected commercial range, as well as an increase in titratable acidity, indicating effective fermentation. The sensory analysis revealed high product acceptance, highlighting its creamy texture and balanced acid-sweet flavor. More than 80% of students recognized the influence of variables such as temperature and incubation time on yogurt quality, reinforcing their understanding of the fermentation process. In conclusion, experimentation-based teaching strengthened students' practical learning, facilitating knowledge acquisition and increasing their interest in biotechnology applied to the food industry.

Keywords:

lactic acid fermentation, experiential learning, yogurt production, sensory evaluation, and food biotechnology.

INTRODUCCIÓN

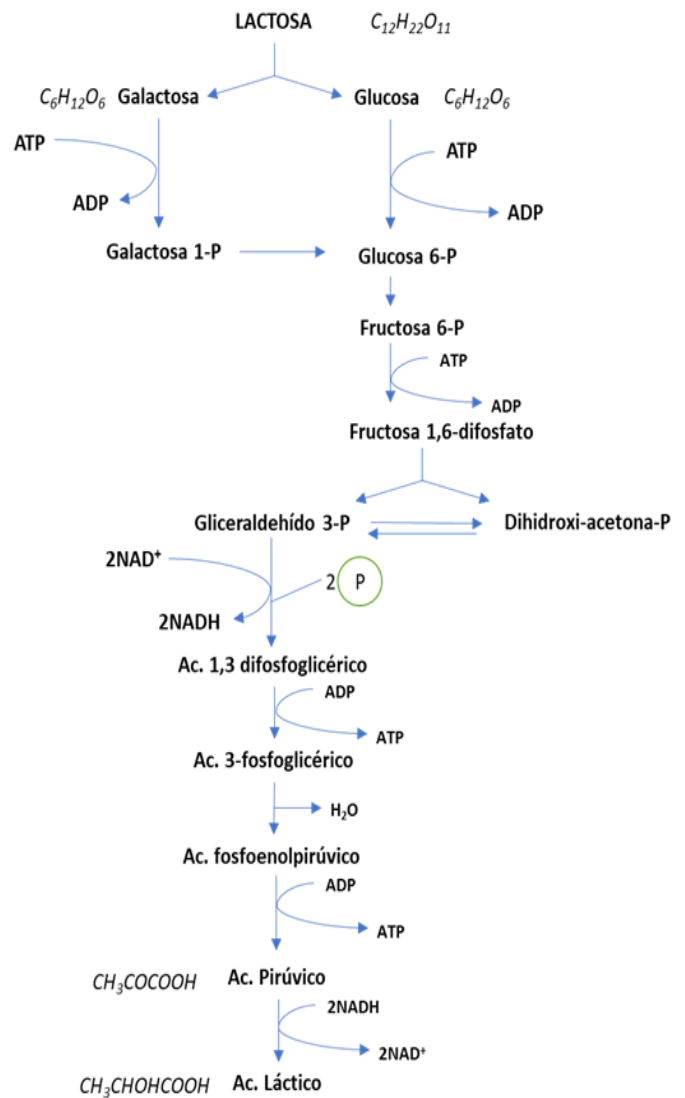
Los alimentos fermentados poseen una rica historia que se remonta aproximadamente al 6000 a.C. y actualmente forman parte de la dieta diaria a nivel global (Cason et al., 2020; Talon y Zagorec, 2017). La combinación de diversos nutrientes y el proceso de fermentación abierta desempeñan un papel fundamental en la variedad de microorganismos presentes en estos alimentos, lo que influye en su sabor, valor nutricional y tiempo de conservación (Ren et al. 2021).

Durante la fermentación, ciertas comunidades microbianas, como las bacterias del ácido láctico (BAL), se vuelven predominantes, generando condiciones de estrés que reducen la diversidad microbiana y liberan compuestos antibacterianos para inhibir el desarrollo de bacterias patógenas y prevenir el deterioro de los alimentos (Ahmad et al., 2017). Asimismo, estos microorganismos producen enzimas como proteasas y amilasas, que facilitan la digestión de los nutrientes y eliminan sustancias potencialmente dañinas, disminuyendo así los riesgos para la salud (Wang et al., 2024).

La fermentación láctica de la leche es llevada a cabo por dos bacterias específicas que actúan en simbiosis: *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. Estas bacterias lácticas se desarrollan en leche previamente sometida a pasteurización, un proceso que permite eliminar parcial o completamente la microbiota original

presente en el producto. Este tipo de fermentación es un proceso anaeróbico en el cual ciertas bacterias metabolizan la lactosa de la leche en ácido láctico, disminuyendo el pH y promoviendo la coagulación de las proteínas (Figura 1). Este mecanismo es esencial en la producción de diversos productos fermentados como el yogur, el queso y los probióticos (Ruiz y Ramírez, 2009).

Fig 1: Esquema de la fermentación láctica



Fuente: Montano et al. (1992)

Para que un producto pueda ser denominado yogur, estos microorganismos deben permanecer viables en la fase final del producto, alcanzando una concentración mínima de 1×10^7 colonias por gramo o mililitro. Este alimento forma parte de la dieta mediterránea y ha sido

ampliamente estudiado en los últimos años debido a sus posibles beneficios para la salud. Su alto valor nutricional lo convierte en una fuente significativa de minerales, vitaminas y proteínas hidrolizadas y bioactivas, contribuyendo de manera importante a cubrir los requerimientos de diversos micronutrientes (Panahi et al., 2017; Shishir et al. 2024).

Diversas investigaciones sugieren que el consumo de yogur está vinculado a hábitos alimentarios más saludables. Se ha observado que quienes incluyen este producto en su dieta tienden a consumir mayores cantidades de verduras, hortalizas, frutas, frutos secos, grasas no hidrogenadas, legumbres y pescado. Además, estudios han revelado que los consumidores de yogur presentan un perfil metabólico más favorable en comparación con quienes no lo consumen. Por este motivo, se ha propuesto que el consumo de yogur puede ser un indicador de la calidad de la alimentación (Rangan et al., 2012; Wang et al., 2013; Webb et al., 2014; Weaver, 2014, Cornier et al., 2016).

La enseñanza de los principios de la fermentación láctica es fundamental en la formación de estudiantes de ingeniería de los alimentos, bioquímica, biotecnología y microbiología. En este sentido, los docentes deben estar en constante exploración e innovación en sus métodos de enseñanza. Un aspecto fundamental de este proceso es la utilización del aprendizaje activo, un enfoque que involucra directamente a los estudiantes en su proceso formativo, promoviendo su autonomía. Las actividades en laboratorios favorecen este tipo de aprendizaje, ya que estimulan el pensamiento lógico y fortalecen las habilidades para la resolución de problemas (Ardhanoui et al., 2021).

La metodología de aprendizaje basada en la elaboración de yogur proporciona a los estudiantes una experiencia inmersiva en los procesos fermentativos, permitiéndoles comprender de manera integral el papel fundamental de los microorganismos en la transformación de los alimentos. Además, se fomenta el desarrollo del pensamiento crítico y la capacidad de análisis al involucrar a los estudiantes en la formulación de hipótesis, el diseño de experimentos y la interpretación de resultados. La interacción con variables como la temperatura, el tiempo de fermentación y la concentración de cultivos iniciadores les permite comprender cómo los factores ambientales pueden influir en la actividad microbiana y en la calidad del producto final.

El objetivo de la presente investigación fue implementar una metodología de enseñanza basada en la elaboración de yogur mediante el método semidirecto para facilitar la

comprensión de los principios de la fermentación láctica, fomentando el aprendizaje significativo y el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se enmarcó en un nivel aprehensivo, con alcance descriptivo y un diseño de campo. La metodología implementada constó de cinco etapas fundamentales: el diseño de una experiencia de laboratorio como estrategia didáctica para la enseñanza de los principios de la fermentación láctica, la elaboración de dos tipos de yogur mediante el método semidirecto, el análisis de sus propiedades fisicoquímicas, la evaluación de las propiedades organolépticas mediante un panel de cata, y la evaluación de la percepción de los estudiantes sobre el proceso fermentativo.

La investigación contó con la participación de 45 estudiantes de la asignatura de Química, pertenecientes al primer semestre de la Facultades de Ciencias de la Salud y Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, Ecuador.

- Elaboración del yogur por el método semidirecto.

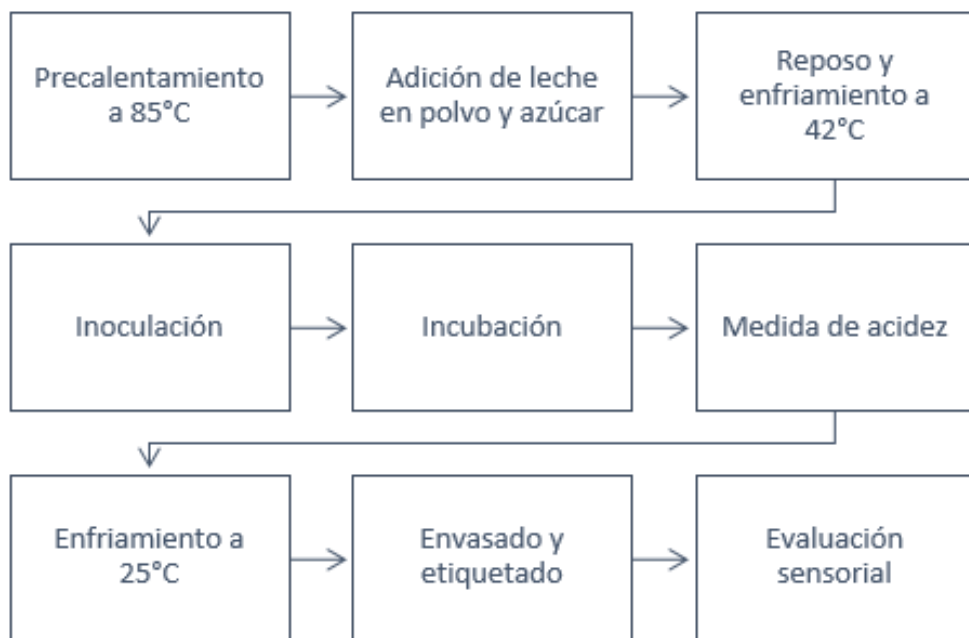
Previo a la elaboración del yogur se realizó la esterilización de los recipientes a utilizar en la fermentación y envasado. Se lavó minuciosamente los frascos de vidrio y su tapa con agua y jabón, asegurando la eliminación de cualquier residuo tanto en su interior como en el exterior. Posteriormente, el frasco y su tapa se sumergieron en una olla con agua purificada, llenando aproximadamente un tercio de su capacidad. Luego, se llevó la mezcla a ebullición durante 10 minutos y, una vez transcurrido el tiempo, se retiraron cuidadosamente del agua. Finalmente, los frascos se dejaron enfriar y se secan sobre una superficie limpia antes de su uso.

Para la elaboración de cada yogur se siguió el procedimiento sugerido por Ramírez (2024) que se presenta en la Figura 2, que incluyó los siguientes pasos:

1. Se midieron y pesaron los ingredientes requeridos: 1 litro de leche pasteurizada, 60 g de leche en polvo, 60 g de azúcar, 125 g de yogur natural y 250 g de mermelada de fresa.
2. Se vertió la leche pasteurizada en una cacerola de aproximadamente 5 litros de capacidad y se calentó hasta alcanzar los 85°C. Al llegar a esta temperatura, se incorporó la leche en polvo y el azúcar, mezclando hasta su completa disolución.
3. Se transfirió la mezcla a un recipiente y se enfrió hasta alcanzar una temperatura de 45°C.

- Una vez alcanzada la temperatura óptima, se agregó el cultivo iniciador, que consistió en 125 g de yogur natural, y se mezcló homogéneamente. Se tomó una muestra de 9 g para medir pH y determinar el porcentaje de ácido láctico.

Fig 2: Esquema de producción del yogur



Fuente: Elaboración propia

- El recipiente se cubrió sin sellarlo por completo y se colocó un trapo de algodón junto con una manta de cielo sobre la tapa. Luego, se dejó incubar dentro de una estufa a una temperatura de 32°C durante 21 horas para que se lleve a cabo la fermentación.
- Una vez transcurrido el tiempo, se tomó nuevamente una muestra de 9 gramos para determinar el pH y el porcentaje de ácido láctico luego del proceso de fermentación.
- Después del análisis, el yogur se enfrió un en un baño de María inverso monitoreando su temperatura hasta alcanzar los 25°C.
- Para el yogur natural, el producto dividió en dos frascos de vidrio y se les colocó una etiqueta con el nombre del equipo, la fecha de producción y la denominación del producto. Posteriormente, se almacenaron en refrigeración a 4°C durante un período de cuatro días. Al finalizar este tiempo, se procedió a realizar la evaluación sensorial del producto.
- Para el yogur de fruta, se le agregan 250 g de mermelada de fresa (*Fragaria vesca*), se mezcló, y se dividió en dos frascos de vidrio previamente etiquetados. Posteriormente, se almacenaron en refrigeración a 4°C durante un período de cuatro días. Al finalizar este tiempo, se procedió a realizar la evaluación sensorial del producto.

- Medición de características fisicoquímicas como pH y acidez titulable.

Para la medición del pH se tomaron 9 g del producto antes y después de la fermentación, utilizando un pHmetro de laboratorio (Hach, China), previamente calibrado.

La acidez titulable se determinó utilizando un soporte universal en el que se fijó una bureta graduada de 50 mL con hidróxido de sodio al 0,1 N. Se extrajo una muestra del producto antes y después de la fermentación, se le añadieron 5 gotas de fenolftaleína, y se realizó la valoración hasta que la solución adquirió un color rosado pálido. Finalmente,

se registró el volumen de hidróxido de sodio consumido y se empleó la ecuación (1) correspondiente para calcular la acidez titulable, expresada en porcentaje de ácido láctico.

- Medición de características organolépticas

Para la medición de las características organolépticas se organizó un panel de cata, compuesto los estudiantes participantes del estudio, en los que se determinó propiedades sensoriales como apariencia, aroma, textura y sabor, utilizando una ficha de registro que se elaboró tomando como referencia las investigaciones realizadas por (Fernández y Mendoza, 2004; Sacón et al., 2024). El análisis sensorial incluyó las dimensiones que se presentan en las Tabla 1 y 2.

Tabla 1: Características sensoriales medidas en el yogur natural

| Propiedad | Dimensión | Opciones de respuesta |
|--------------------|---------------------------------|--|
| Apariencia | Color | Blanco brillante, blanco opaco, amarillento, otro |
| | Consistencia visual | Homogénea, Separación de fases, grumos, otro |
| | Brillo | Alto, medio, bajo |
| Aroma | Intensidad | Muy fuerte, moderado, débil, inexistente |
| | Tipo de aroma | Lácteo fresco, ácido, fermentado, leve dulzura, otro |
| | Presencia de olores indeseables | Ninguno, rancio, químico, otro |
| Textura | Consistencia | Líquido, semi-líquido, cremoso, espeso |
| | Fluidez | Muy fluido, medio, muy espeso |
| | Sensación en boca | Suave, granuloso, arenoso, pegajoso |
| | Astringencia | Alta, media, baja, nula |
| Sabor | Equilibrio ácido-dulce | Muy ácido, equilibrado, muy dulce |
| | Persistencia del sabor | Corta, media, larga |
| | Notas dominantes | Lácteo, fermentado, cítrico, otro |
| Evaluación General | Atractivo Global | Excelente, bueno, regular, deficiente |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2: Características sensoriales medidas en el yogur de fresa

| Propiedad | Dimensión | Opciones |
|------------|----------------------------------|--|
| Apariencia | Color | Rosa pálido, rosa intenso, anaranjado, otro |
| | Uniformidad del color | Homogéneo, moteado, separación de pigmentos |
| | Presencia de partículas de fresa | No visibles, pocas, moderadas, muchas |
| | Brillo | Alto, Medio, Bajo |
| Aroma | Intensidad | Muy fuerte, moderado, débil, inexistente |
| | Notas aromáticas dominantes | Fresa fresca, fresa madura, lácteo, fermentado, otro |
| | Presencia de olores indeseables | Ninguno, rancio, químico, otro |
| Textura | Consistencia | Líquido, semilíquido, cremoso, Espese |
| | Fluidez | Muy fluido, medio, muy espeso |
| | Sensación en boca | Suave, granuloso, arenoso, pegajoso |
| | Presencia de partículas de fresa | No presentes, pocas, moderadas, muchas |

| | | |
|--------------------|------------------------------|--|
| Sabor | Equilibrio ácido-dulce | Muy ácido, equilibrado, muy dulce |
| | Intensidad del sabor a fresa | Débil, medio, intenso |
| | Persistencia del sabor | Corta, media, larga |
| | Notas dominantes | Fresa fresca, fresa cocida, fermentado, lácteo, otro |
| Evaluación General | Atractivo global | Excelente, bueno, regular, deficiente |

Fuente: Elaboración propia.

- Medición de las percepción y conocimiento adquiridos por parte de los estudiantes

Se midió la percepción de los estudiantes sobre la actividad de laboratorio adaptando el cuestionario realizado por Carrasquero (2023), con 10 preguntas dicotómicas precisas y específicas. El cuestionario fue validado a través de la técnica de juicio de expertos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 3 presenta los resultados del pH y el porcentaje de ácido láctico en los dos tipos de yogur, natural y de fresa, antes y después del proceso de elaboración del yogur. Se observó una reducción de este parámetro, un fenómeno previsible como resultado de la producción de ácido láctico durante la fermentación. El yogur se elabora a partir de leche mediante la acción de las BAL, principalmente *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *L. casei*, *Bifidobacterium*, y *S. thermophilus*, quienes desempeñan un papel en la fermentación del azúcar de la leche a ácido láctico, con otros subproductos que contribuyen a los sabores y aromas específicos del yogur (Simova et al., 2006). La acumulación de ácido láctico acidifica la leche, lo que conduce al proceso de coagulación y al sabor final del yogur (Salwa et al. 2004). En el yogur natural, el pH final registrado fue de 4,8, mientras que en el yogur de fresa se situó en 4,7, ambos dentro del rango habitual para los yogures comerciales (4,5 - 4,8) (Vásquez et al. 2015).

Tabla 3. Valores de pH y acidez titulable de las muestras de yogur preparados.

| Muestra | pH inicial | pH final | % Ácido láctico inicial | % Ácido láctico final |
|----------------|------------|-----------|-------------------------|-----------------------|
| Yogur natural | 6,2 ± 0,5 | 4,5 ± 0,2 | 0,45 ± 0,12 | 1,02 ± 0,11 |
| Yogur de fresa | 6,0 ± 0,7 | 4,7 ± 0,4 | 0,42 ± 0,05 | 0,82 ± 0,16 |

Fuente: Elaboración propia.

La cantidad de ácido láctico generado es mayor en el yogur natural, con un incremento del 0,57 %, en comparación con el yogur de fresa, donde el aumento fue de 0,40 %. Los valores finales se encuentran dentro del rango establecido por el Instituto Ecuatoriano de Normalización y la norma técnica peruana, que establecen acidez del yogur debe oscilar entre 0,8 y 1,8%, y, 0,6 y 1,5% de ácido láctico, respectivamente (NTE INEN 13, 1984; INDECOPI-PERÚ, 2014), que establece un intervalo de 0,6 a 1,5 % para la acidez del yogur de leche de vaca. Asimismo, otras normativas internacionales como CODEX STAN 243-2003 (FAO, 2003) establecen valores mínimos de 0,6 %. Dado que el pH es una medida influenciada por la acidez, se puede afirmar que los valores de pH medidos en los yogures analizados son adecuados y se alinean con estos estándares.

Resultados similares fueron obtenidos por (Siller et al., 2009; Vásquez et al., 2015) en yogures elaborados con leche de cabra, con valores de 0,34 % para productos con mango (*Mangifera indica* L) y 0,18 % con plátano (*Musa acuminata*), lo que sugiere que cuando se añade una fruta se obtiene menor actividad fermentativa. Por lo que la presencia de fresa en la formulación juega un papel importante, ya que la misma contiene azúcares y otros compuestos que pueden modificar la dinámica de la fermentación, lo que influye en el nivel de acidez final del producto.

La evaluación sensorial del yogur es un paso crucial en su producción y un componente clave de la evaluación de la calidad, que influye directamente en las preferencias de los consumidores. Un sistema y una metodología de evaluación sensorial sistemáticos, seguros y fáciles de usar pueden evaluar de forma rápida y completa la calidad sensorial del yogur, mejorando la eficiencia del desarrollo de nuevos productos y fomentando la creación de nuevos productos diversos (Son et al. 2024)

Tabla 4: Distribución de Frecuencias Relativas de las Características Sensoriales del Yogur

| Propiedad | Dimensión | Frecuencia relativa (%) | | Frecuencia relativa (%) | | Frecuencia relativa (%) | | Frecuencia relativa (%) | |
|--------------------|---------------------------------|-------------------------|-----|-------------------------|----|-------------------------|----|-------------------------|----|
| Apariencia | Color | Blanco brillante | 47 | Blanco opaco | 33 | Amarillento | 20 | Otro | 0 |
| | Consistencia visual | Homógeneo | 93 | Separación de fases | 7 | Grumos | 0 | Otro | 0 |
| | Brillo | Alto | 33 | Medio | 53 | Bajo | 13 | Otro | 0 |
| Aroma | Intensidad | Muy fuerte | 0 | Moderado | 80 | Débil | 20 | Inexistente | 0 |
| | Tipo de aroma | Lácteo fresco | 67 | Ácido | 20 | Fermentado | 7 | Leve dulzura | 7 |
| | Presencia de olores indeseables | Ninguno | 100 | Rancio | 0 | Químico | 0 | Otro | 0 |
| Textura | Consistencia | Líquido | 0 | Semilíquido | 0 | Creoso | 73 | Espeso | 27 |
| | Fluidez | Muy fluido | 0 | Medio | 80 | Muy espeso | 20 | Otro | 0 |
| | Sensación en boca | Suave | 93 | Granuloso | 7 | Arenoso | 0 | Pegajoso | 0 |
| | Astringencia | Alta | 0 | Media | 27 | Baja | 60 | Nula | 13 |
| Sabor | Equilibrio ácido-dulce | Muy ácido | 7 | Equilibrado | 93 | Dulce | 0 | Muy dulce | 0 |
| | Persistencia del sabor | Corta | 13 | Media | 33 | Larga | 53 | Otro | 0 |
| | Notas dominantes | Lácteo | 87 | Fermentado | 13 | Cítrico | 0 | Otro | 0 |
| Evaluación General | Atractivo global | Excelente | 80 | Bueno | 20 | Regular | 0 | Deficiente | 0 |

Fuente: Elaboración propia.

El análisis sensorial reveló que el color predominante en las muestras de yogur fue el blanco brillante (47%), seguido del blanco opaco (33%) y, en menor proporción, el amarillento (20%) (Tabla 4). La presencia de tonos amarillentos podría estar asociada a la composición de la leche utilizada o a procesos de fermentación prolongados. En cuanto a la consistencia visual, la mayoría de las muestras (93%) presentaron una textura homogénea, mientras que solo un 7% mostró separación de fases, lo que sugiere una buena estabilidad en la mayoría de los productos. Respecto al brillo, el 53% de las muestras exhibieron un brillo medio, el 33% un brillo alto y el 13% un brillo bajo. Estas diferencias podrían estar relacionadas con la composición de sólidos y grasa en el yogur, factores que influyen en su apariencia final.

En términos de intensidad del aroma, la mayoría de las muestras (80%) fueron clasificadas como de aroma moderado, mientras que un 20% presentó un aroma débil. No se registraron muestras con aromas muy fuertes o inexistentes, lo que indica un perfil aromático equilibrado. El tipo de aroma predominante fue el lácteo fresco (67%), seguido por un aroma ácido (20%). Solo un 7% de las muestras mostraron aromas fermentados o de leve dulzura, lo que sugiere que el proceso de fermentación se mantuvo dentro de los parámetros esperados. Además, no se detectaron olores indeseables, como rancidez o notas químicas, lo que refleja una correcta manipulación y conservación del producto.

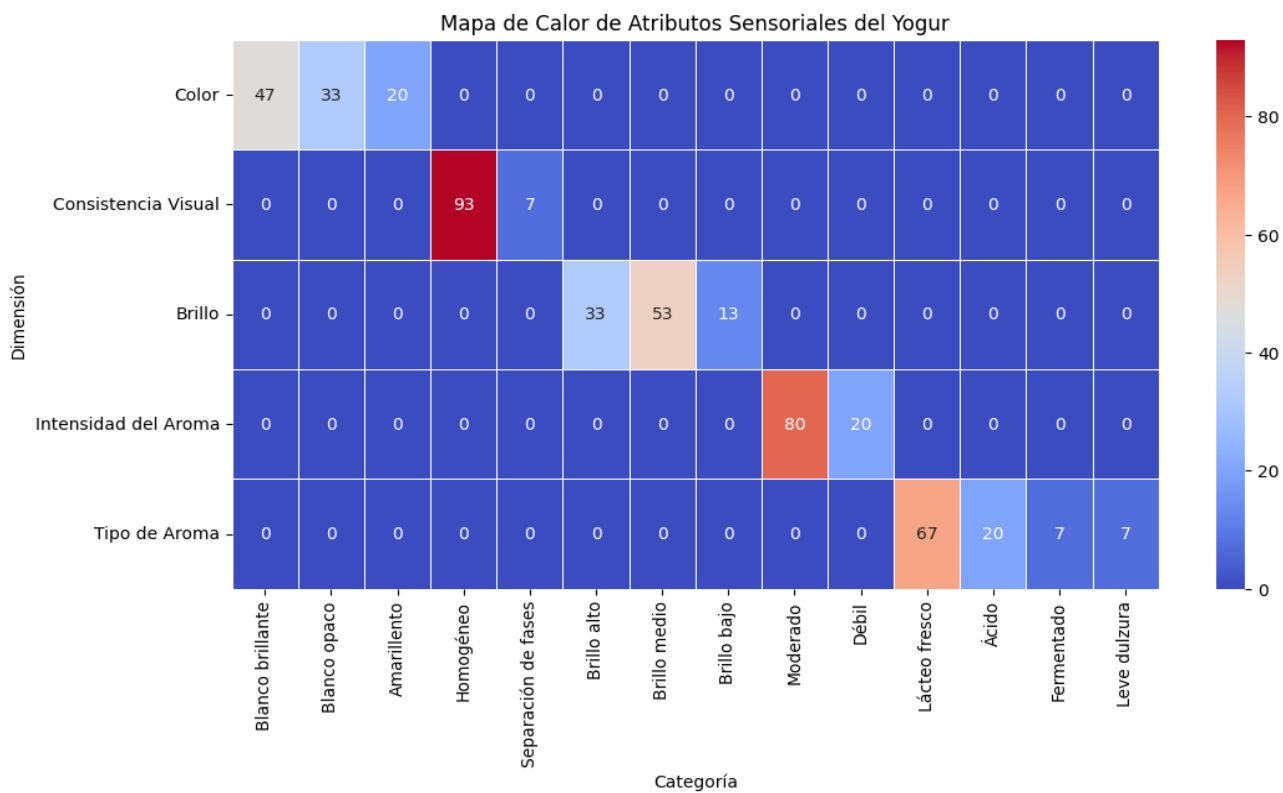
La consistencia del yogur fue mayormente cremosa (73%), mientras que un 27% presentó una textura espesa, posiblemente debido a variaciones en la formulación o en el tiempo de fermentación. En cuanto a la fluidez, el 80% de las muestras fueron descritas como de fluidez media, y un 20% como muy espesas. No se registraron muestras líquidas o muy fluidas, lo que indica una textura generalmente adecuada. La sensación en boca fue predominantemente suave (93%), con solo un 7% de las muestras clasificadas como granulosas, lo que sugiere una textura agradable en la mayoría de los casos. Respecto a la astringencia, el 60% de las muestras presentaron una astringencia baja, el 27% una astringencia media y el 13% una ausencia total de astringencia.

En relación con el equilibrio ácido-dulce, la mayoría de las muestras (93%) fueron calificadas como equilibradas, mientras que un 7% presentó un sabor muy ácido, lo que indica una fermentación controlada sin excesiva producción de ácido láctico. La persistencia del sabor varió entre larga (53%), media (33%) y corta (13%), lo que podría reflejar diferencias en la composición del producto y en la percepción del sabor residual. Las notas dominantes en el sabor fueron principalmente lácteas (87%), con un 13% de muestras percibiéndose como fermentadas. No se detectaron notas cítricas o de otro tipo, lo que refuerza la consistencia en el perfil de sabor.

En términos de atractivo global, el 80% de las muestras fueron calificadas como excelentes, mientras que un 20% recibió una evaluación de buenas. No se registraron evaluaciones de regular o deficiente, lo que indica una alta aceptación sensorial del producto por parte de los panelistas.

El mapa de calor refleja la distribución de las frecuencias relativas de distintos atributos sensoriales del yogur evaluado, destacando tendencias clave en apariencia, brillo y aroma (Figura 3). Los yogures producidos por los estudiantes lograron una buena apariencia y estabilidad, con un aroma fresco y una intensidad moderada, aunque algunas diferencias en la percepción de acidez y fermentación podrían estar relacionadas con variaciones en el tiempo de fermentación o en la composición de la leche utilizada. En cuanto a la apariencia, el color predominante fue blanco brillante (47%), seguido de blanco opaco (33%) y en menor proporción, amarillento (20%), mientras que la consistencia visual homogénea fue altamente frecuente (93%), con solo un 7% de separación de fases, lo que indica una buena estabilidad del producto. Respecto al brillo, la mayoría de las muestras presentaron un nivel medio (53%), seguido de brillo alto (33%) y bajo (13%), lo que sugiere una calidad visual aceptable.

Fig 3: Mapa de calor de atributos sensoriales del yogur natural



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al color del yogur de fresa, la mayoría de las muestras presentaron un tono rosa pálido (93%), mientras que solo un 7% mostró un color rosa intenso. No se observaron tonalidades anaranjadas ni colores fuera del rango esperado, lo que sugiere una adecuada incorporación de la fresa y una estabilidad óptima del color durante el proceso de

producción. Respecto a la uniformidad del color, el 87% de las muestras fueron homogéneas, con solo un 13% mostrando un aspecto moteado (Tabla 5).

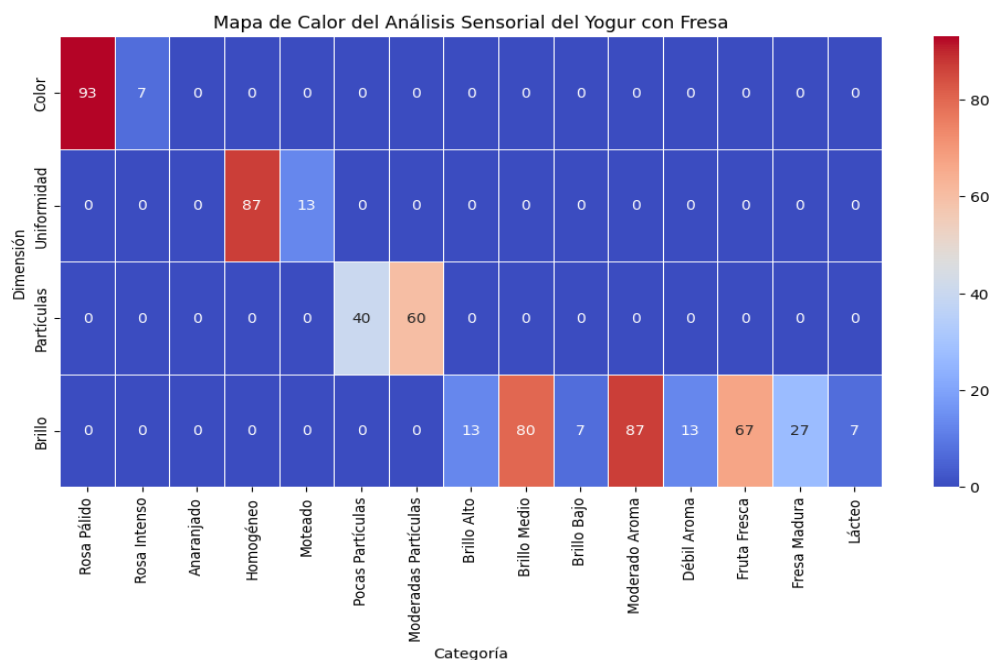
Tabla 5: Distribución de Frecuencias Relativas de las Características Sensoriales del Yogur de fresa

| Propiedad | Dimensión | Fr. Rel. (%) | | Fr. Rel. (%) | | Fr. Rel. (%) | | Fr. Rel. (%) | |
|--------------------|----------------------------------|--------------|-----|--------------|----|-------------------------|----|--------------|---|
| | | | | | | | | | |
| Apariencia | Color | Rosa pálido | 93 | Rosa intenso | 7 | Anaranjado | 0 | Otro | 0 |
| | Uniformidad del color | Homógeno | 87 | Moteado | 13 | Separación de pigmentos | 0 | Otro | 0 |
| | Presencia de partículas de fresa | No visible | 0 | pocas | 40 | Moderadas | 60 | Muchas | 0 |
| | Brillo | Alto | 13 | Medio | 80 | Bajo | 7 | Otro | 0 |
| Aroma | Intensidad | Muy fuerte | 0 | Moderado | 87 | Débil | 13 | Inexistente | 0 |
| | Notas aromáticas dominantes | Fruta fresca | 67 | Fresa Madura | 27 | Lácteo | 7 | Fermentado | 0 |
| | Presencia de olores indeseables | Ninguno | 100 | Rancio | 0 | Químico | 0 | Otro | 0 |
| Textu | Consistencia | Líquido | 0 | Semilíquido | 27 | Creinoso | 67 | Espeso | 7 |
| | Fluidez | Muy fluido | 13 | Medio | 80 | Muy espeso | 7 | | 0 |
| | Sensación en boca | Suave | 73 | Granuloso | 13 | Arenoso | 13 | Pegajoso | 0 |
| | Presencia de partículas de fresa | No presentes | 7 | Pocas | 67 | Moderadas | 27 | Muchas | 0 |
| Sabor | Equilibrio ácido-dulce | Muy ácido | 0 | Equilibrado | 80 | Dulce | 20 | Muy dulce | 0 |
| | Intensidad del sabor a fresa | Débil | 0 | Medio | 60 | Intenso | 40 | Otro | 0 |
| | Persistencia del sabor | Corta | 7 | Media | 53 | Larga | 40 | Otro | 0 |
| | Notas dominantes | Fruta fresca | 73 | Fresa Cocida | 20 | Lácteo | 0 | Fermentado | 7 |
| Evaluación General | Atractivo global | Excelente | 93 | Bueno | 0 | Regular | 7 | Deficiente | 0 |

Fuente: Elaboración propia.

La ausencia de separación de pigmentos indica que el colorante natural de la fresa se distribuyó de manera uniforme, lo que contribuye a una apariencia visualmente atractiva (Figura 4). En cuanto a la presencia de partículas de fresa, no se encontraron muestras sin partículas visibles; sin embargo, un 60% presentó una cantidad moderada de partículas, mientras que un 40% mostró pocas. Esto sugiere que la cantidad de fruta en el producto fue controlada, aunque podría ajustarse según las preferencias del consumidor. Finalmente, en relación con el brillo, predominó un brillo medio (80%), con un 13% de muestras con brillo alto y un 7% con brillo bajo, lo que refleja un producto visualmente atractivo sin exceso de opacidad.

Fig 4: Mapa de calor de atributos sensoriales del yogur de fresa



Fuente: Elaboración propia.

El análisis del aroma reveló que la mayoría de las muestras presentaron una intensidad moderada (87%), con un 13% clasificado como débil. No se detectaron aromas muy fuertes o inexistentes, lo que indica un perfil aromático equilibrado y no invasivo. En cuanto a las notas aromáticas dominantes, el 67% de las muestras exhibieron un aroma a fruta fresca, seguido de un 27% con notas de fresa madura y un 7% con notas lácteas. La ausencia de aromas fermentados sugiere que el proceso de fermentación se llevó a cabo sin defectos sensoriales. Además, no se detectaron olores indeseables, como rancidez o notas químicas, lo que refleja una buena estabilidad del producto y un control de calidad adecuado durante su elaboración.

En términos de consistencia, la mayoría de las muestras fueron clasificadas como cremosas (67%), seguidas de un 27% con textura semilíquida y un 7% espesa. La ausencia de muestras líquidas sugiere un control adecuado sobre la estructura del yogur, lo que contribuye a una experiencia sensorial satisfactoria. Respecto a la fluidez, predominó una fluidez media (80%), con un 13% de muestras muy fluidas y un 7% muy espesas, lo que indica una consistencia estable y agradable al paladar. En cuanto a la sensación en boca, el 73% de las muestras fueron descritas como suaves, mientras que un 13% presentó una sensación granulosa y otro 13% arenosa. Estas últimas características podrían estar relacionadas con la presencia de partículas de fresa o la interacción entre las proteínas del yogur y el ácido de la fruta. Finalmente, en relación con la presencia de partículas de fresa, la mayoría de las muestras (67%) mostraron pocas partículas, mientras que un 27% presentó una cantidad moderada y solo un 7% no tenía partículas visibles, lo que sugiere una distribución equilibrada de la fruta en el producto.

El análisis del sabor mostró que el 80% de las muestras presentaron un equilibrio ácido-dulce adecuado, mientras que un 20% se percibió como dulce. No se registraron sabores excesivamente ácidos o muy dulces, lo que indica una formulación bien balanceada. En cuanto a la intensidad del sabor a fresa, el 60% de las muestras mostraron una intensidad media, mientras que el 40% presentó una intensidad alta, lo que sugiere que la cantidad de fruta utilizada fue suficiente para generar un perfil sensorial adecuado. Respecto a la persistencia del sabor, el 53% de las muestras tuvieron una persistencia media, el 40% una persistencia larga y solo un 7% una persistencia corta, lo que indica que el impacto del sabor en boca es positivo y prolongado. En cuanto a las notas dominantes, predominó un sabor a fruta fresca (73%), seguido de fresa cocida (20%) y fermentado (7%), sin presencia de notas lácteas destacadas, lo que refuerza la percepción de un producto con un sabor característico y bien definido.

El 93% de las muestras fueron calificadas como excelentes, mientras que un 7% recibió una evaluación de regular. No se registraron muestras catalogadas como deficientes, lo que refleja una alta aceptación del producto por parte de los panelistas. Estos resultados indican que el yogur de fresa cumple con las expectativas sensoriales de los consumidores, destacándose por su apariencia atractiva, aroma equilibrado, textura cremosa y sabor bien balanceado

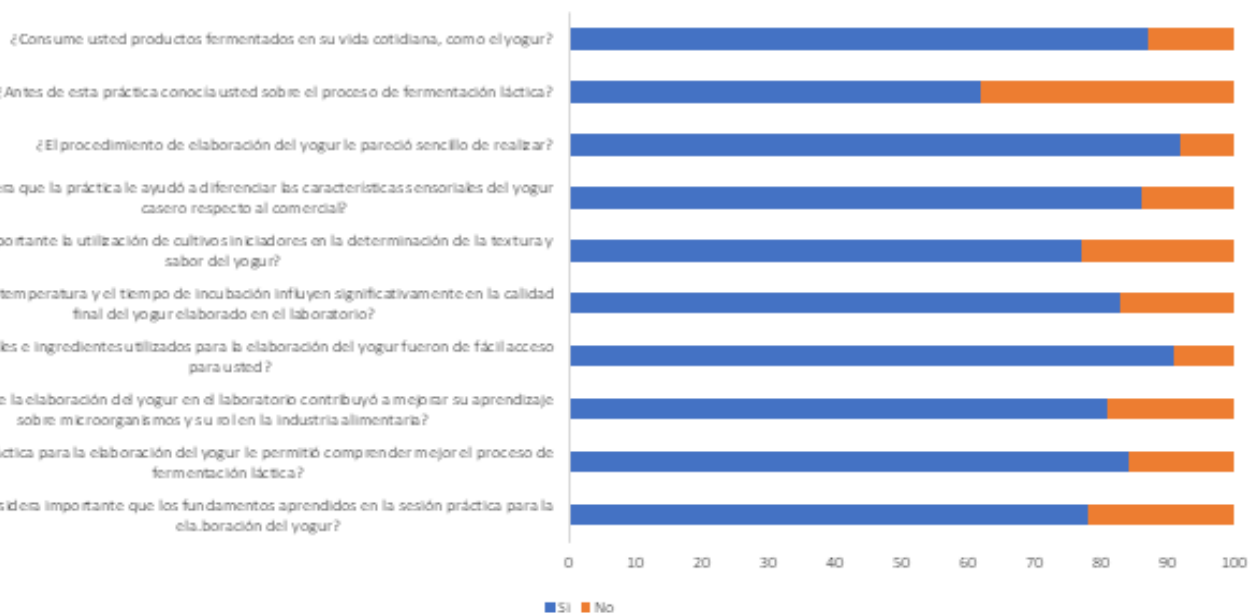
La gran mayoría de los participantes consideró que la sesión práctica les permitió comprender de manera más profunda y tangible el proceso de fermentación láctica y el papel fundamental de los microorganismos en la industria alimentaria (Figura 5). Esta percepción positiva sugiere que el método experimental es altamente efectivo para reforzar y complementar los conocimientos teóricos adquiridos en el aula. La experiencia práctica no solo facilitó la asimilación de conceptos complejos, sino que también generó un mayor interés y motivación entre los estudiantes hacia los procesos biotecnológicos aplicados a la producción de alimentos.

Más del 80% de los evaluadores identificaron que variables como la temperatura y el tiempo de incubación tienen un impacto significativo en la calidad final del yogur (. Este hallazgo refleja que los participantes lograron reconocer la importancia de controlar estas variables durante el proceso de fermentación, lo que les permitió comprender cómo pequeños cambios en las condiciones del proceso pueden influir en las características sensoriales y nutricionales del producto. Esta capacidad de análisis crítico es fundamental para formar profesionales capaces de optimizar procesos en la industria alimentaria.

La mayoría de los encuestados destacó que los ingredientes y materiales utilizados durante la práctica fueron de fácil acceso. Este aspecto es particularmente relevante, ya que indica que la actividad puede ser replicada en distintos entornos educativos sin requerir recursos especializados o costosos. La accesibilidad de los materiales no solo facilita la implementación de la práctica, sino que también promueve la inclusión y la participación de los estudiantes, independientemente de su contexto educativo.

Un porcentaje significativo de los estudiantes resaltó que la práctica les permitió diferenciar claramente las características sensoriales del yogur casero respecto al yogur comercial. Esta distinción reforzó su comprensión sobre cómo los procesos industriales, como la homogeneización, la pasteurización y el uso de aditivos, influyen en la textura, el sabor y la calidad del producto final. Además, esta comparación les permitió valorar las ventajas y desventajas de ambos tipos de yogur, lo que contribuye a una visión más crítica y analítica de los alimentos que consumen.

Fig 5: Percepción de los Estudiantes sobre la Elaboración de Yogur en el Laboratorio



Fuente: Elaboración propia.

Una gran parte de los participantes mencionó que consume productos fermentados, como el yogur, en su vida cotidiana. Este dato sugiere que la actividad no solo tuvo un impacto en el ámbito académico, sino que también generó una conexión directa con las prácticas alimentarias de los estudiantes. Al relacionar el aprendizaje con su vida diaria, los participantes pudieron apreciar la relevancia de los procesos de fermentación en la producción de alimentos saludables y funcionales, lo que refuerza la importancia de este tipo de metodologías en la enseñanza de las ciencias de los alimentos.

CONCLUSIONES

Los resultados fisicoquímicos mostraron que el pH y la acidez titulable variaron dentro del rango comercial esperado, indicando que factores como la temperatura y el tiempo de incubación son determinantes en la fermentación.

La evaluación sensorial reflejó una alta aceptación del yogur producido, destacándose su textura cremosa y equilibrio ácido-dulce, lo que confirma la importancia del control de estas variables en la industria alimentaria.

La experiencia práctica permitió a los estudiantes no solo desarrollar habilidades analíticas, sino también comprender el papel de los microorganismos en la industria alimentaria. Se recomienda la inclusión de estas estrategias en la educación superior, ya que promueven el aprendizaje activo y la adquisición de competencias clave para la formación de profesionales en biotecnología y ciencia de los alimentos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, V., Khan, M., Jamal, Q., Alzohairy, M., Al Karawi, M., & Siddiqui, M. (2017). Antimicrobial potential of bacteriocins: In therapy, agriculture, and food preservation. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 49(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2016.09.019>
- Ardhaoui, K., Serra, M., & Silva, S. (2021). Effects of new teaching approaches on motivation and achievement in higher education applied chemistry courses: A case study in Tunisia. *Education for Chemical Engineers*, 36, 160-170. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.05.004>
- Carrasquero, S. (2023). Indicadores de pH usando recursos biodegradables para la Enseñanza de Química en estudiantes universitarios. *Revista Conrado*, 19(95), 347-355.
- Cason, E., Mahlomaholo, B., Taole, M., Abong, G., Vermeulen, J., & De Smidt, O. (2020). Bacterial and fungal dynamics during the fermentation process of Sesotho, a traditional beer of Southern Africa. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1451. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01451>
- Cormier, H., Thifault, É., Garneau, V., Tremblay, A., Drapeau, V., Pérusse, L., & Marie-Claude Vohl, M. C. (2016). Association between yogurt consumption, dietary patterns, and cardio-metabolic risk factors. *European Journal of Nutrition*, 55(2), 577-587. <https://doi.org/10.1007/s00394-015-0873-7>
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2003). *Norma del Codex para Leches Fermentadas: CODEX STAN 243-2003*. Leche y Productos Lácteos. Segunda Edición, p.13
- Fernández, M. y Méndez, J. (2004). Análisis sensorial de un yogur natural frente a dos competidores. *ILE: Industrias Lácteas Españolas*, 1(1), 20-25.
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual) Perú. (2014). *Norma Técnica Peruana. Leche y Productos Lácteos. Leches fermentadas*. Yogurt, p. 14.
- Montano, A., de Castro, A., y Rejano, L. (1992). *Transformaciones bioquímicas durante la fermentación de productos vegetales*. Instituto de la Grasa y sus Derivados, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Recuperado de <http://grasasyaceites.revistas.csic.es>
- NTE (Normas técnicas ecuatoriana) INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización) 13 (1984). *Leche. Determinación de acidez titulable*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Primera Edición, p. 7.
- Panahi, S., Fernandez, M., Murette, A., Tremblay, A. (2017). Yogurt, diet quality and lifestyle factors. *European Journal of Clinical Nutrition*, 71(5):573.
- Ramírez, B. (2024). Práctica de laboratorio elaboración de Yogur casero por el método semidirecto para la identificación su valor nutrimental y características organolépticas. *Con-Ciencia Serrana Boletín Científico de la Escuela Preparatoria Ixtlahuaco*, 6(11), 43-47. <https://doi.org/10.29057/ixtlahuaco.v6i11.11984>
- Rangan, A., Flood, V., Denyer, G., Webb, K., Marks, G., & Gill, T. (2012). Dairy consumption and diet quality in a sample of Australian children. *Journal of the American College of Nutrition*, 31(3), 185-193. <https://doi.org/10.1080/07315724.2012.10720030>
- Ren, F., Yan, D. H., Liu, Y., Wang, C., & Guo, C. (2021). Bacterial and fungal communities of traditional fermented Chinese soybean paste (Doujiang) and their properties. *Food Science and Nutrition*, 9(10), 5457–5466. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2501>
- Ruiz, J. y Ramírez, A. (2009). Elaboración de yogurt con probióticos (*Bifidobacterium spp.* y *Lactobacillus acidophilus*) e inulina. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 26(2), 223-242.

- Sacón, E., Villamar, A., Zambrano, R., Vergara, N., Aragón, C., y Nevárez, A. (2024). Evaluaciones sensoriales para determinar la aceptabilidad de yogures en diferentes marcas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 8281-8289. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10155
- Salwa, A., Galal, E., Neimat, A. (2004). Carrot yoghurt: Sensory, chemical, microbiological properties and consumer acceptance. *Pakistan Journal of Nutrition*, 3(6), 322-330.
- Shishir, M., Saifullah, M., Hashim, S. B., Aalim, H., Bilal, M., Khan, S., Marappan, G., Tahir, H. E., Zhuhua, L., Zhai, X., Arslan, M., Taip, F. S., Cheng, K., & Zou, X. (2024). Micro and nano-encapsulated natural products in yogurt: An emerging trend to achieve multifunctional benefits in product quality and human health. *Food Hydrocolloids*, 154, 110124. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110124>
- Simova, E., Simov, Z., Beshkova, D., Frengova, G., Dimitrov, Z., & Spasov, Z. (2006). Amino acid profiles of lactic acid bacteria, isolated from kefir grains and kefir starter made from them. *International Journal of Food Microbiology*, 107(2), 112-123.
- Siller-Cepeda, J., Muy-Rangel, D., Báez-Sañudo, M., Araiza-Lizarde, E., y Ireta-Ojeda, A. (2009). Calidad poscosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Revista Fitotecnia Mexicana* 32 (1): 45-52
- Song, C., Xie, J., & Pan, Y. (2024). System sensory analysis of yogurt based on texture analyzer. *Journal Of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25703>
- Talon, R. & Zagorec, M. (2017). Special issue: Beneficial microorganisms for food manufacturing-fermented and biopreserved foods and beverages. *Microorganisms*, 5(4), 71. <https://doi.org/10.3390/microorganisms5040071>
- Vásquez, V., Aredo, V., Velásquez, L., & NTE INEN 13, 1984. Lázaro, M. (2015). Physicochemical properties and sensory acceptability of goat's milk fruit yogurts with mango and banana using accelerated testing. *Scientia Agropecuaria*, 177-189. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.04>
- Wang, H., Livingston, K., Fox, C., Meigs, J., & Jacques, P. (2013). Yogurt consumption is associated with better diet quality and metabolic profile in American men and women. *Nutrition Research*, 33(1), 18-26. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2012.11.009>
- Wang, X., Wang, L., Wei, X., Xu, C., Cavender, G., Lin, W., & Sun, S. (2024). INVITED REVIEW: Advances in Yogurt Development: Microbiological Safety, Quality, Functionality, Sensory Evaluation, and Consumer Perceptions across Different Dairy and Plant-based Alternative Sources. *Journal Of Dairy Science*, 108(1), 33-58. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25322>
- Webb, D., Donovan, S., & Meydani, S. (2014). The role of yogurt in improving the quality of the American diet and meeting dietary guidelines. *Nutrition Reviews*, 72(3), 180-189. <https://doi.org/10.1111/nure.12114>
- Weaver, C. (2014). How sound is the science behind the dietary recommendations for dairy? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 99(5 Suppl), 1217S-1222S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.073007>