

DEPARTAMENTO:	CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA	CARRERA:	<input type="checkbox"/> Ing. Agropecuaria <input checked="" type="checkbox"/> Ing. Biotecnología		
ASIGNATURA:	Diseño de Procesos	NIVEL:	Séptimo	FECHA:	12-08-2025
DOCENTE:	Javier Sayavedra D.	PRÁCTICA N°:	2	CALIFICACIÓN:	

Producción de Cerveza

Delgado Ashley ¹, Estrada Fernando ², Flores Melannie ³, Tonato Tahis ⁴, Vallejos Carla ⁵

RESUMEN

La producción de cerveza artesanal combina ciencia, técnica y tradición. El presente informe describe la elaboración de cerveza a partir de 20 L de mosto, aplicando operaciones unitarias como molienda, maceración, hervido con lúpulo, enfriado, fermentación, trasiego, embotellado y maduración bajo condiciones controladas. El proceso se desarrolló con estricto control de parámetros críticos como temperatura, densidad, tiempo y asepsia, asegurando la inocuidad y calidad del producto final. La fermentación con *Saccharomyces cerevisiae* permitió obtener un perfil sensorial propio de cervezas tipo ale, caracterizado por aroma distintivo, color y cuerpo adecuados. La correcta selección de materias primas y la aplicación de buenas prácticas de manufactura fueron esenciales para alcanzar los objetivos planteados. En general, el trabajo evidencia la importancia de la estandarización de procedimientos y del seguimiento técnico en cada etapa para garantizar un resultado consistente y de alta calidad en la producción cervecera artesanal.

Palabras Claves: cerveza, operaciones unitarias, calidad, buenas prácticas, *Saccharomyces cerevisiae*.

1. INTRODUCCIÓN:

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas más antiguas y consumidas en el mundo, donde sus primeros registros fueron evidenciados en culturas mesopotámicas y egipcias. Estas civilizaciones elaboraban esta bebida a partir de cereales fermentados. Con el paso del tiempo la cerveza fue adoptada y modificada por distintas sociedades convirtiéndose en una bebida de gran relevancia cultural, estableciendo técnicas más sistematizadas de producción lo que sentó las bases para la industria cervecera moderna [1]. Sin embargo, en las últimas décadas ha surgido un interés renovado por métodos tradicionales.

En los últimos años la cerveza artesanal ha logrado consolidarse como una respuesta tanto social como cultural creando vínculos más estrechos entre productores y consumidores, especialmente entre los más jóvenes quienes impulsan gran parte del crecimiento del sector además, los productores artesanales están desafiando a las grandes cerveceras mediante la introducción de una amplia diversidad de estilos sabores y técnicas de elaboración lo que ha llevado a una reconfiguración del mercado cervecero [2].

El proceso de producción de cerveza artesanal está comprendido por diferentes etapas que requieren conocimiento técnico, precisión y control. Primero, se realiza el malteado seguido de la maceración donde se extraen los azúcares, luego se lleva a cabo la cocción con la adición del lúpulo para aportar aroma y amargor, posteriormente se inicia la fermentación en la cual la levadura convierte los azúcares en alcohol y finalmente se realiza el embotellado y la maduración [3]. Para obtener y garantizar un producto de alta calidad se debe seguir rigurosamente dichas etapas.

Comprender la producción de cerveza artesanal resulta fundamental al tratarse de una actividad con alto potencial para impulsar iniciativas productivas que promueven la generación de empleo, el fortalecimiento de las economías locales y la incorporación de innovaciones dentro del sector alimentario [2][3]. Por ende, resulta relevante considerar el estudio de su proceso, pues no solo es útil para fines académicos, sino que también es beneficioso para quienes buscan emprender o contribuir a la diversificación del mercado cervecero.

2. OBJETIVO(S):

Objetivo general:

Ejecutar y evaluar el proceso de producción de cerveza artesanal desde la selección de materias primas hasta el envasado del producto final, mediante la aplicación de operaciones unitarias, control de parámetros críticos y buenas prácticas de manufactura, con el fin de obtener una bebida fermentada de alta calidad, segura para el consumo.

Objetivos específicos:

- Monitorear y controlar los parámetros críticos del proceso, como temperatura, densidad, tiempo de fermentación y sanitización, en cada etapa de producción para garantizar la inocuidad, estabilidad microbiológica y la calidad sensorial del producto final.
- Identificar posibles fallas operativas y control dentro del flujo del proceso, con el propósito de optimizar la eficiencia, reducir pérdidas de insumos y mejorar la trazabilidad del producto.
- Aplicar adecuadamente las operaciones unitarias involucradas en la elaboración como la molienda, maceración, filtrado. Hervido, enfriamiento, fermentación y maduración, respetando los principios de higiene y salud alimentaria.

3. MARCO TEÓRICO:

La cerveza es una de las bebidas fermentadas más antiguas y de mayor consumo en el mundo. Su origen se sitúa en las primeras civilizaciones, como la sumeria o la egipcia. Su elaboración conjuga principios de la bioquímica, de la microbiología y de la ingeniería de los alimentos, y consiste en la transformación de cereales, en su mayoría cebada malteada, en una bebida alcohólica mediante un proceso de fermentación controlada. Durante el proceso de fermentación, las levaduras, normalmente del género *Saccharomyces*, metabolizan los azúcares presentes en el mosto y producen etanol, dióxido de carbono y compuestos aromáticos que dan lugar al perfil sensorial del producto final [4].

El contenido de agua, cuya composición oscila entre el 85 y el 95 % de la composición de la cerveza y de invertido, incide de manera muy, pero muy significativa, en las propiedades organolépticas de la bebida. La malta derivada de la obtención de cebada germinada, seca

exclusivamente, que da lugar a los carbohidratos, las proteínas y las enzimas necesarias para que se produzca la degradación del almidón mientras se realiza la maceración. Por su parte, el lúpulo (*Humulus lupulus*) entrega amargor, aroma y propiedades antimicrobianas gracias a sus alfa-ácidos y aceites esenciales. Finalmente, la levadura se comporta como el agente biológico que realiza la fermentación; en el caso de las cervezas tipo ale se utiliza la especie *Saccharomyces cerevisiae* y cuando se trata de las cervezas tipo lager la especie utilizada es *Saccharomyces pastorianus* [5].

La elaboración de la cerveza se desarrolla a través de varias fases que han de realizarse con una gran precisión para asegurar que se trate de un producto de calidad. En un primer paso se lleva a cabo la fase del malteado, la cual activa las enzimas hidrolíticas que van a permitir obtener azúcares simples a partir de los almidones. Luego, el grano se muele para maximizar la superficie de contacto y se lleva a cabo la fase de maceración, que puede definirse como la mezcla de agua caliente con la malta molida, favoreciendo así la acción de las enzimas. Cuando se ha llegado a obtener una solución rica en azúcares, mosto, se filtra para separar sólidos y se hervirá en la fase de ebullición con lúpulo, etapa que esteriliza el mosto, extrae de este los compuestos amargos y favorece la coagulación de proteínas. Mientras se lleva a cabo el proceso de ebullición, el mosto hervido debe en frío rápidamente para evitar el desarrollo microbiano. Tras esto se inicia con levadura, comienza la fermentación alcohólica una vez se ha alcanzado la temperatura de fermentación, la cual, junto con la temperatura, el pH y oxigenación, define el tipo y concentración de metabolitos producidos. Al final, se procede a fermentar la cerveza manteniéndola durante un tiempo en frío para permitir la sedimentación de partículas, lo que le otorga más sabor y le da la oportunidad de sedimentar cualquier compuesto indeseado. Por último, se filtra y embotella para obtener un producto listo para ser distribuido y consumido [6].

Desde este mismo punto de vista bioquímico, la maceración activa la acción de diversas enzimas como la alfa-amilasa y la beta-amilasa, capaces de degradar el almidón en maltosa por un lado y en dextrinas por el otro. En la fermentación, la levadura produce etanol y otros compuestos secundarios, entre los cuales se encuentran los ésteres, los alcoholes superiores y los ácidos orgánicos que llevarán a la generación del aroma y del sabor de la cerveza. En función de la temperatura y las condiciones de fermentación que se den, la cerveza pasará a clasificarla como cerveza de fermentación alta, baja o espontánea; y además su perfil sensorial y su tradición de consumo serán desiguales [5].

No sólo es relevante desde el punto de vista tecnológico, sino que también tiene un componente cultural y económico. Es una industria a nivel global donde se han introducido innovaciones como el control automatizado de procesos o la ingeniería genética utilizada para optimizar cepas de levadura. Mantiene a la vez un fuerte componente artesanal sobre todo en el ámbito de la cervecería independiente, donde la creatividad y la experimentación son los principales caballos de batalla en la diversificación del mercado [7].

4. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO:

MATERIALES, EQUIPOS, REACTIVOS E INSUMOS UTILIZADOS:

Materiales:

- Botellas de vidrio
- Botellones de agua

- Balde de plástico.
- Manguera de plástico
- Tapón de caucho.
- Bandejas de plástico o acero inoxidable
- Espátulas de acero inoxidable o plástico alimentario
- Recipientes plásticos o de vidrio

Equipos:

- Olla
- Estufa
- Molino
- Kitasato
- Densímetro
- Probeta
- Refractómetro
- Tamiz o lienzo
- Embudo
- Congelador
- Termómetro digital infrarrojo
- Balanza analítica o gramera
- Decantador
- Airlock

Reactivos:

- Levadura *Saccharomyces cerevisiae*
- Maltosa
- Glucosa
- Azúcar

Insumos:

- Malta
- Lúpulo
- Agua

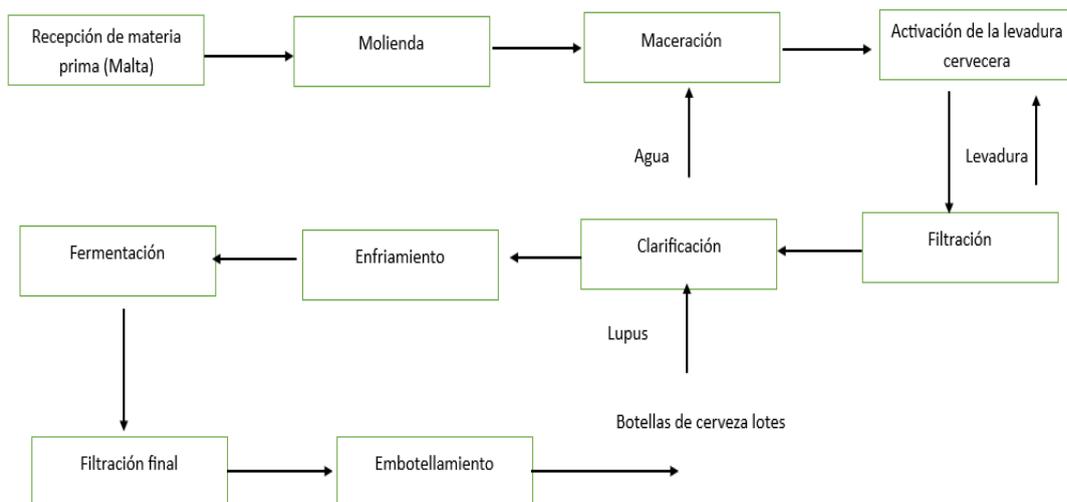
Procedimiento:**Elaboración de cerveza artesanal**

- 1. Sanitización de la áreas de trabajo:** Primero se realizó el proceso de sanitización y lavado con jabón y agua, después con alcohol sanitizar las superficies, equipos cerveceros y los materiales a utilizar.
- 2. Molienda:** Posteriormente se usó el kit cerveceros donde se usó dos sacos de malta en grano que pesaban al inicio 11,43 kg de grano se procedió a moler la malta así eliminamos las partículas contaminantes.

3. **Maceración:** Después de moler el grano de malta se realizó el primer hervido con agua con una relación de 2,5 litros de agua embotellada por cada kg de malta calentando el agua a un rango de temperatura de 50°C hasta 75°C antes de añadir el grano molido y después se bajó la temperatura hasta los 63°C para proteger la acción de la enzima β -amilasa cada etapa duró entre una hora y dos horas, al final se adicionó el lupo del kit cervecero.
4. **Activación de levadura:** A continuación se añade la levadura en 28 g directamente al mosto, previa activada según las indicaciones del fabricante, después La fermentación comenzó en las primeras 24 horas, identificando por la producción de CO_2 y burbujas en el airlock que son parámetros indicativos de la fermentación de la levadura con el mosto. Proceso que duró entre 4 a 8 horas, Durante este tiempo restante de la activación, se monitorea exactas la densidad hasta finalización del proceso, mediciones de densidad final para calcular el contenido alcohólico
5. **Embotellamiento:** Finalmente, se embotello previamente la sanitización de los equipos, utensilios y área de trabajo para complementar el proceso final en cada botella se añade azúcar antes de llenar la cerveza por completo y se selló la botellas con las tapas. Este proceso se da para garantizar la carbonatación natural en dos semanas posteriores al embotellamiento y conservar propiedades organolépticas de la cerveza elaborada en el laboratorio.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Gráfica 1. Diagrama PDB del proceso de la cerveza artesanal



Fuente: Grupo N°3

Representa el diagrama de flujo del proceso de elaboración de cerveza artesanal, iniciando con la recepción de la malta como materia prima, seguida de la molienda para aumentar la superficie de extracción. Luego, en la maceración, la malta molida se mezcla con agua para liberar azúcares fermentables, mientras se activa la levadura cervecera. Posteriormente, el mosto pasa por clarificación, donde se añade lúpulo para aportar aroma y amargor, y se realiza una filtración para retirar impurezas antes de la fermentación. Tras la fermentación, el producto se enfría, se somete a una filtración final y se embotella, obteniendo los lotes de cerveza listos para consumo.

Datos:

- Alimentación (mosto inicial): $V_{in} = 20\text{L}$
- Producto obtenido (cerveza): $V_{beer} = 12\text{L}$

- Residuo (bagazo/lúpulo/levadura): $V_{res} = 2 \text{ L}$
- Agua empelada adicional: $V_{H_2O} = 26 \text{ L}$

1. Rendimiento volumétrico

$$\text{Rendimiento} = \frac{V_{beer}}{V_{in}} * 100 = \frac{12}{20} * 100 = 60\%$$

2. Residuo respecto a la alimentación

$$\%Residuo = \frac{V_{res}}{V_{in}} * 100 = \frac{2}{20} * 100 = 10\%$$

3. Pérdidas no recuperadas (evaporación + retenciones)

$$V_{pérdidas} = V_{in} - V_{beer} - V_{res} = 20 - 12 - 2 = 6 \text{ L}$$

$$\%Pérdida = \frac{6}{20} * 100 = 30\%$$

4. Índice de agua por litro de cerveza (agua adicional)

$$\text{Índice } H_2O = \frac{V_{H_2O}}{V_{beer}} = \frac{26}{12} = 2.1667 \approx 2.17 \text{ L de agua / L cerveza}$$

Tabla 1. Parámetros y resultados del proceso de cerveza

Parametro	Etapas a controlar
Cantidad de alimentación (mosto)	20 L
Cantidad obtenida (cerveza final)	12 l
Rendimiento volumétrico	60%
Cantidad de residuo	2 L
Residuo sobre alimentación	10 % (2 l / 20 L)
Pérdidas no recuperadas	6 l
Pérdidas sobre alimentación	30%
Agua adicional empleada	26 L
Índice de agua por litro de cerveza	2.17 L/L

En el proceso de elaboración de cerveza artesanal se utilizaron 20 litros de mosto como alimentación inicial, obteniéndose 12 litros de cerveza terminada, lo que refleja un rendimiento volumétrico del 60 %. Además, se registraron 2 litros de residuo, equivalente al 10 % del volumen inicial, compuesto principalmente por bagazo, lúpulo agotado y levadura sedimentada, mientras que las pérdidas no recuperadas ascendieron a 6 litros, representando un 30 % del total de la alimentación; estas pérdidas se asocian a la evaporación durante el hervor, la retención de líquido en los sedimentos y la absorción en el bagazo. Por otra parte, el proceso requirió 26 litros de agua adicional para operaciones de macerado, lavado y limpieza, lo que se traduce en un índice de consumo de 2,17 litros de agua por cada litro de cerveza producido, valor que, aunque aceptable para una práctica de laboratorio, puede optimizarse mediante la reutilización de agua en etapas no críticas y la mejora de la eficiencia de limpieza. En total, considerando el mosto y el agua de apoyo, se emplearon 46 litros de agua, de los cuales solo 12 litros se transformaron en producto

final, evidenciando que existen oportunidades para reducir el consumo hídrico y mejorar el aprovechamiento de materia prima, lo que contribuiría a incrementar la eficiencia y la sostenibilidad del proceso.

6. GRÁFICOS O FOTOGRAFÍAS:

Gráfica 2. Medición de azúcar



Fuente: Grupo N°3

Gráfica 3. Adición de azúcar en botella



Fuente: Grupo N°3

Gráfica 4. Transferencia de la cerveza a la botella



Fuente: Grupo N°3

Gráfica 5. Sellado final de la botella



Fuente: Grupo N°3

Link del video:

7. DISCUSIÓN:

En el presente trabajo se obtuvo un rendimiento volumétrico del 60% y un índice de consumo hídrico de 2.17 L de cerveza, valores considerablemente inferiores a los reportados en microcervecías a escala comercial, donde el promedio es de 12.8 L de agua por cada litro de cerveza producido y hasta 10.8 L de efluentes generados [8].

Esta diferencia se atribuye a que en condiciones de laboratorio no se incluyen operaciones auxiliares como la limpieza de tanques o el enfriamiento a gran escala, por lo cual se reduce significativamente el consumo total de agua. Sin embargo, la tasa de pérdidas del 30% observada en la presente elaboración sugiere la necesidad de optimizar la recuperación de mosto y minimizar la evaporación, aplicando estrategias como la recirculación de agua caliente o la mejora del sistema de filtrado [8], [9].

Por otro lado el control preciso de la temperatura de maceración (63 °C) y la fermentación junto con la correcta activación de *Saccharomyces cerevisiae*, permitió obtener un perfil sensorial característico de una cerveza tipo *ale*. Estudios recientes ya han demostrado que la estabilidad sensorial de cervezas artesanales no pasteurizadas depende en gran medida de la temperatura de fermentación, el almacenamiento en frío y la presencia de levaduras viables, que actúan como antioxidantes naturales, preservando compuestos volátiles y retrasando la oxidación [10]. En este sentido, la decisión de no microfiltrar y promover la fermentación en botella podría favorecer la retención de aroma y sabor, aunque esta práctica reduce la vida útil del producto si no se garantiza la cadena de frío durante su almacenamiento y distribución.

Aunque en esta investigación se emplearon insumos tradicionales como malta de cebada, lúpulo, agua y levadura, la literatura reciente destaca que la incorporación de frutas, especias o subproductos agroindustriales puede incrementar el contenido de polifenoles, mejorar la capacidad antioxidante y enriquecer la complejidad aromática de la cerveza [11]. Este tipo de innovación representa una oportunidad de diferenciación en el mercado artesanal, pero exige un control estricto de la fermentación y del perfil sensorial para evitar variabilidad entre lotes y mantener la calidad del producto final.

Finalmente, la sostenibilidad de las microcervecías no depende únicamente de la optimización de recursos hídricos y energéticos, sino también de su integración en redes locales de cooperación con proveedores y otros productores. Este modelo colaborativo favorece el intercambio de insumos, el desarrollo conjunto de recetas y la difusión de buenas prácticas de manufactura [12]. En entornos académicos, adoptar estos principios no solo permitiría una formación más integral de los estudiantes, sino que también serviría como plataforma de transferencia tecnológica hacia emprendimientos reales, fortaleciendo el vínculo entre la investigación y el sector productivo.

8. CONCLUSIONES:

En conclusión, la ejecución del proceso de producción de cerveza artesanal en el laboratorio nos permitió obtener un producto de alta calidad que cumple con los estándares requeridos para el consumo humano ya que en dicho proceso desde la selección de las materias primas hasta el envasado se logró mantener un control minucioso sobre las operaciones unitarias permitiendo que las diferentes etapas se desarrollen bajo los parámetros óptimos, por ende la correcta implementación de las BPM nos garantiza un producto con buenas características sensoriales adecuado para su producción comercial.

El control de los parámetros como la temperatura, densidad, tiempo de fermentación y tener una buena asepsia resultó esencial para mantener la inocuidad de la cerveza pues este control evitó posibles alteraciones en la estabilidad microbiológica y por ende se logró una fermentación uniforme preservando su sabor, aroma y textura característica de una cerveza artesanal de buena calidad. Finalmente, detectar y corregir fallas en el proceso hizo posible optimizar la eficiencia y reducir el desperdicio de insumos. Al identificar puntos críticos y aplicar mejoras, se fortaleció la

trazabilidad y la uniformidad del producto entre lotes, favoreciendo un uso más responsable de los recursos y una producción más estable.

9. RECOMENDACIONES

Es recomendable realizar la optimización del propio método de filtración para disminuir las pérdidas de mosto y sedimentos, realizar controles de las temperaturas en maceración y fermentación para poder garantizar el perfil sensorial, reducir la cantidad de agua utilizada mediante una reutilización en procesos no críticos, optimizar el manejo y la reutilización de levaduras, tener un registro de los parámetros críticos de la trazabilidad o pensar en una incorporación de los ingredientes innovadores de una manera controlada que amplíe la variedad del producto y no comprometa la calidad del mismo.

10. BIBLIOGRAFÍA:

- [1] S. Villacreces, C. A. Blanco, y I. Caballero, "Desarrollo y características de los procesos de producción de cerveza artesanal," *Food Bioscience*, vol. 45, Art. no. 101495, 2021, doi: 10.1016/j.fbio.2021.101495.
- [2] O. M. Oyewola, O. S. Jemigbeyi, y T. A. O. Salau, "Exergetic and Exergoeconomic Analyses of a Large-scale Industrial Beer Processing System," *Cleaner Engineering and Technology*, vol. 20, Art. no. 100755, 2024, doi: 10.1016/j.clet.2024.100755.
- [3] D. Einfalt, "Barley-sorghum craft beer production with *Saccharomyces cerevisiae*, *Torulaspora delbrueckii* and *Metschnikowia pulcherrima* yeast strains," *Eur. Food Res. Technol.*, vol. 247, pp. 385–393, 2020, doi: 10.1007/s00217-020-03632-7.
- [4] Gobbi, L., Marino Stanković, Ruggeri, M., & Savastano, M. (2024). Craft Beer in Food Science: A Review and Conceptual Framework. *Beverages*, 10(3), 91–91. <https://doi.org/10.3390/beverages10030091>
- [5] Díaz, A. B., Durán-Guerrero, E., Lasanta, C., & Castro, R. (2022). From the Raw Materials to the Bottled Product: Influence of the Entire Production Process on the Organoleptic Profile of Industrial Beers. *Foods*, 11(20), 3215–3215. <https://doi.org/10.3390/foods11203215>
- [6] Wang, H., Garduno-Rivera, R., & Reid, N. (2025). The economic geography of beer production in the context of trade liberalization and economic nationalism: The Mexican experience. *Applied Geography*, 178, 103589. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2025.103589>
- [7] Raihofer, L., Zarnow, M., Gastl, M., & Hutzler, M. (2022). A short history of beer brewing. *EMBO Reports*, 23(12). <https://doi.org/10.15252/embr.202256355>
- [8] S. D. Peterson, R. Amón, T. Wong, E. S. Spang, and C. W. Simmons, "Material and energy flow analysis of craft brewing: A case study at a California microbrewery," *Frontiers in Sustainable Food Systems*, vol. 6, Nov. 2022, doi: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1028520>.

[9] B. Salazar, F. San, J. Antonio, and J.-Y. Huang, "Life Cycle Assessment of Craft Beer Brewing at Different Scales on a Unit Operation Basis," *Sustainability*, vol. 15, no. 14, pp. 11416–11416, Jul. 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/su151411416>.

[10] G. Jia, Y. Chen, A. Sun, and Vibeke Orlie, "Control of ice crystal nucleation and growth during the food freezing process," *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 21, no. 3, pp. 2433–2454, Apr. 2022, doi: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12950>.

[11] J. C. Machado, P. D. M. Nicola, O. Viegas, M. C. Santos, M. A. Faria, and I. M. P. L. V. O. Ferreira, "Bioactive Properties and Phenolic Composition of Wood-Aged Beers: Influence of Oak Origin and the Use of Pale and Dark Malts," *Foods*, vol. 12, no. 6, p. 1237, Mar. 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/foods12061237>.

[12] "Redirecting," *Elsevier.com*, 2025.
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652620350587>