

RESEARCH ARTICLE

Efectos Físicos, Químicos y Actividad Antioxidante de la Cerveza Tipo Ale Enriquecida con Pulpa de Guayaba (*Psidium guajava* L.)

José Miguel Fernández Arias ^{1,2*}  Hellen Valeria Torres Ruiz ² 

¹ Departamento de Química, Universidad Técnica Particular de Loja, Loja EC110150, Ecuador

² Carrera de Alimentos, Universidad Técnica Particular de Loja, Loja EC110150, Ecuador

✉ Correspondencia: jmfernandez@utpl.edu.ec  + 593 980453369

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj82220>

Resumen: El incremento en el consumo de cerveza artesanal ha impulsado a los productores a buscar nuevas alternativas que satisfagan las expectativas de los consumidores, como la incorporación de frutas. La guayaba (*Psidium guajava* L.) representa una fuente valiosa de nutrientes, compuestos biológicamente activos, propiedades antioxidantes y beneficios para la salud, sin embargo, su potencial no ha sido estudiado en el contexto de la producción cervecera. La presente investigación evaluó los efectos de la adición de pulpa de guayaba sobre las principales características físicas, químicas y propiedades antioxidantes de la cerveza tipo Ale. Se elaboraron tratamientos con diferentes niveles de adición de pulpa de guayaba: 25 g/L, 50 g/L, 75 g/L y 100 g/L. Los resultados indicaron que la incorporación de pulpa de guayaba mejoró significativamente ($p < 0.05$) atributos clave como los °Brix, densidad, turbidez, viscosidad, color, acidez, contenido de alcohol y amargor. También generó una alta concentración de compuestos bioactivos, con un notable contenido fenólico de 414.98 mg EAG/L y aumento significativo en la capacidad antioxidante, alcanzando hasta 1.73 mM ET/L. Estos resultados permiten concluir que la pulpa de guayaba no solo mejora los principales atributos de la cerveza, sino que constituye una fuente importante de compuestos bioactivos y representa una alternativa prometedora para las cervecerías artesanales.

Palabras claves: Cerveza, *Psidium guajava* L., Fenoles, Antioxidante.

Physical, Chemical Effects and Antioxidant Activity of Ale Beer Enriched with Guava Pulp (*Psidium guajava* L.)

Abstract: The increase in craft beer consumption has driven producers to seek new alternatives that meet consumer expectations, such as the addition of fruit. Guava (*Psidium guajava* L.) represents a valuable source of nutrients, biologically active compounds, antioxidant properties, and health benefits; however, its potential has not



Cita: Fernández Arias, J. M., & Torres Ruiz, H. V. (2025). Efectos Físicos, Químicos y Actividad Antioxidante de la Cerveza Tipo Ale Enriquecida con Pulpa de Guayaba (*Psidium guajava* L.). *Green World Journal*, 08(02), 220. <https://doi.org/10.53313/gwj82220>

Received: 25/May/2025

Accepted: 21/June/2025

Published: 25/June/2025

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2025 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.
Creative Commons Attribution (CC BY).

been studied in the context of beer production. This research evaluated the effects of guava pulp addition on the main physical, chemical, and antioxidant properties of Ale type beer. Treatments were prepared with different levels of guava pulp addition: 25 g/L, 50 g/L, 75 g/L, and 100 g/L. The results indicated that the incorporation of guava pulp significantly improved ($p < 0.05$) key attributes such as °Brix, density, turbidity, viscosity, color, acidity, alcohol content, and bitterness. It also led to a high concentration of bioactive compounds, with a notable phenolic content of 414.98 mg EAG/L and a significant increase in antioxidant capacity, reaching up to 1.73 mM ET/L. These findings allow us to conclude that guava pulp not only improves the main attributes of beer but also constitutes an important source of bioactive compounds and represents a promising alternative for craft breweries.

Keywords: Beer, *Psidium guajava* L., Phenols, Antioxidant.

1. Introducción

La cerveza es la bebida alcohólica de mayor consumo a nivel mundial, su proceso de elaboración es practicado desde hace miles de años [1]. Los ingredientes básicos de la cerveza son malta, levadura, lúpulo y agua, estos elementos imparten características sensoriales particulares y complejidad al sabor de la cerveza [2]. El consumo de cerveza no solamente está relacionado por su contenido de alcohol, ciertos compuestos bioactivos como los polifenoles presentes en la malta y en el lúpulo están relacionados con actividades antioxidantes, por lo que el consumo moderado de la cerveza podría prevenir enfermedades degenerativas asociadas al estrés oxidativo [3,4]. Se ha reportado en la flor del lúpulo la presencia de compuestos bioactivos como alfa ácidos, beta ácidos, iso alfa ácidos, xanthohumol, isoxanthohumol, elementos asociados a múltiples beneficios en el tratamiento y prevención del cáncer [5].

Las cervezas artesanales tienen una creciente demanda desde el inicio de su comercialización en los años 70, de manera especial los consumidores de 21–30 años (generación Millennials) que generan un crecimiento de consumo en el mercado de cerveza artesanal [6]. Su preferencia en Europa y América está generando un incremento de la demanda por parte de cierto grupo de consumidores que prefieren probar cervezas artesanales con nuevos sabores y aromas, lo cual no puede ser otorgado por las cervezas de marcas comerciales habituales o de grandes industrias cerveceras [7].

Aunque el precio es más elevado, los consumidores prefieren explorar nuevos sabores y experiencias sensoriales únicas otorgadas por las cervezas artesanales [6], su versatilidad permite adaptar nuevas formulaciones generando alternativas atractivas para los consumidores de todo el mundo, esto ha permitido a los maestros cerveceros la innovación de cervezas con perfiles de sabores particulares, únicos y especiales que satisfacen las exigencias de los consumidores [8].

Entre las alternativas en la elaboración de cervezas artesanales está el uso de frutas o su pulpa, entre ellas la Lambic, en este tipo de cerveza se usa tradicionalmente cerezas o frambuesas, pero se puede incluir una mayor variedad de frutas [9], lo cual permite desarrollar perfiles sensoriales equilibrados entre el sabor de la fruta y la cerveza [10]. La incorporación de frutas en la cerveza es una tendencia creciente cuya popularidad se ha incrementado entre consumidores que buscan nuevas experiencias sensoriales y sabores frutales [11].

Las frutas tropicales mejoran la elaboración de la cerveza, por su composición en azúcares fermentables incrementan el nivel de alcohol y contribuyen con compuestos orgánicos volátiles modificando el sabor, amargor y color de la cerveza, por sus componentes bioactivos como carotenoides y polifenoles le otorgan a la bebida propiedades antioxidantes con los consecuentes beneficios a la salud [12–14].

La guayaba (*Psidium guajava* L.), cultivada en zonas tropicales es muy apreciada por su sabor y su contenido nutricional [15,16]. Investigaciones y estudios farmacológicos han reportado en esta fruta abundantes compuestos bioactivos como los carotenoides, flavonoides, vitamina C, con

actividad anti mutagénica y efectos antidiabéticos, es una fuente muy importante de sustancias biológicamente activas como los polifenoles, reconocidos por su capacidad antioxidante ya que pueden neutralizar los radicales libres [17,18].

Para cubrir la demanda de opciones innovadoras, la incorporación de pulpa de guayaba podría satisfacer las preferencias de los aficionados a nuevas alternativas de cerveza, sin embargo, se necesita investigar la optimización de su incorporación y sus métodos de elaboración, aunque existen investigaciones desarrolladas para cerveza con fruta adicionada, son limitadas respecto a los efectos de la pulpa de guayaba en las principales características de la cerveza. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la adición de pulpa de guayaba en los parámetros físicos, químicos y capacidad antioxidante, con la finalidad de aprovechar las propiedades nutricionales y compuestos bioactivos de la guayaba como una alternativa innovadora para los consumidores de cerveza artesanal.

2. Materiales y métodos

2.1 Preparación de la Materia Prima

La guayaba se adquirió en un mercado local y se trasladó al laboratorio de alimentos de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), se clasificó según el grado de madurez, se lavó y desinfectó con solución de hipoclorito de sodio en concentración de 100 ppm. Luego se escaldó sumergiendo la fruta en agua a 70°C durante 3 minutos [19].

Luego del proceso de despulpado (Proingal, DTO-A, Ecuador) de la guayaba, se separó la pulpa y se pasteurizó a 80 °C por 5 min, se realizó un control microbiológico de la pulpa para verificar la efectividad de la pasteurización y se almacenó en congelación hasta su uso.

2.2 Elaboración de Cerveza

Para elaborar la cerveza con pulpa de guayaba (CPG) se utilizó una formulación tipo Ale, las maltas comerciales utilizadas (Castle Malting, Beloeil, Bélgica) fueron: Pale Ale (82 %), Wheat Blanc (7.5 %), Cara Blond (7.5 %) y Cara Clair (2 %), las maltas se molieron previo a la maceración utilizando un molino de discos (Corona Landers y Cia, S.A.S. 0118, Colombia), se requirió lúpulos Nugget (0.20 %) para amargor, Cascade (0.60 %) para sabor y Columbus (0.20 %) para el aroma, la fermentación se realizó con levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Fermentis, SafAle US-05).

La maceración se realizó por el método de infusión, la malta previamente triturada (4 kg) se mezcló con agua en una proporción de 1:4 (p/v), la maceración se realizó a 67 °C durante 90 min. Luego el mosto se recirculó y filtró hasta obtener una solución clara, el mosto se separó y se adicionó 12 L de agua a la malta para una segunda maceración a 65 °C durante 30 minutos con el fin de extraer la mayoría de los azúcares fermentables, el segundo mosto se mezcló con el primer mosto y se reguló la densidad (1.045 g/mL), se filtró nuevamente y se realizó el hervor durante 90 min.

Durante el hervor se adicionó el lúpulo Nugget (9 g) al inicio del proceso, Cascade (27 g) a los 40 minutos y Columbus (9 g) a los 50 minutos. Luego del tiempo de hervor, el mosto se enfrió a 20 °C mediante un serpentín de acero inoxidable, el mosto frío se transfirió a un fermentador con capacidad de 20 L, se inoculó con la levadura previamente rehidratada, la fermentación se realizó durante un periodo de tiempo de 14 días.

Luego de un control microbiológico de la pulpa de guayaba, se adicionó para cada tanque de fermentación en diferentes concentraciones: 0 g/L (cerveza control, CPG 0), 25 g/L (CPG 25), 50 g/L (CPG 50), 75 g/L (CPG 75), 100 g/L (CPG 100), realizando tres repeticiones para cada tratamiento. Dos semanas después de la adición de la pulpa, las cervezas se envasaron en botellas ámbar de vidrio con capacidad de 330 mL previamente lavadas y esterilizadas con vapor, se adicionó sacarosa (7 g/L) y se taparon para promover la carbonatación natural durante 14 días, las

botellas se almacenaron en refrigeración a 4 °C durante 2 semanas para su maduración y dar inicio al análisis experimental.

2.3 Propiedades Físicas y Químicas de la Cerveza

2.3.1 Azúcares Solubles

Se determinó mediante un refractómetro digital portátil (Mettler-Toledo, Refracto 30 GS, EE. UU.), los datos se expresaron en grados Brix (°Brix) [20].

2.3.2 Densidad

La densidad del mosto y la cerveza se analizó utilizando un densímetro (Mettler-Toledo, Densito 30PX, EE. UU.) con corrección de temperatura a 20 °C [21], los resultados se expresaron de gramos por mililitro (g/mL)

2.3.3 Turbidez

Se aplicó la técnica realizada por Lorencová et al. [22], las muestras previamente desgasificadas se analizaron en turbidímetro (Hach, 2100N, EE. UU.), los resultados se reportaron mediante unidades de nefelometría de turbidez (NTU).

2.3.4 Viscosidad

Para determinar la viscosidad se aplicó la metodología realizada por Michiels et al. [23], las muestras se mantuvieron a temperatura constante 25 °C en baño de agua, la viscosidad se determinó mediante un viscosímetro rotacional (Brookfield, LVDV-I Prime, EE. UU.) y los resultados se reportaron en centipoise (cP).

2.3.5 Acidez Titulable

La acidez titulable (AT) de la cerveza se estableció mediante valoración con hidróxido de sodio, se utilizó una alícuota de 25 mL de muestra de cerveza descarbonatada, se adicionó 0.50 mL de fenolftaleína al 1 % y se estandarizó con una solución de hidróxido de sodio, la acidez se expresó en mL de NaOH 1M/100 mL de cerveza [24].

2.2.6 Potencial de Hidrógeno

Para obtener los valores del potencial de Hidrógeno (pH) se utilizó un medidor digital (Mettler-Toledo, AG, Suiza) equipado con sonda de vidrio de penetración, previamente calibrado con soluciones tampón estándar de pH 4.00 - 7.00, su magnitud es adimensional [25].

2.2.7 Color

El color de la cerveza se expresó en unidades de medición de referencia estándar (SRM) según la metodología realizada por Pratap-Singh et al. [26], las muestras se diluyeron con agua destilada, luego se midió la absorbancia a 430 nm en un espectrofotómetro UV-VIS (Thermo Fisher Scientific, genesis 50, EE. UU), para la determinación del valor de los SRM se aplicó la ecuación (1).

$$SRM = Abs_{430} * df * 12.70 \quad (1)$$

Donde Abs_{430} representa el valor de la absorbancia a 430 nm en cubeta de 10 mm, df corresponde al factor de dilución de la muestra y 12.70 es un factor técnico aplicado en la ecuación.

2.3.6 Amargor

El amargor se expresó en Unidades Internacionales de Amargor (IBU), el cual se sustenta en la cantidad de alfa-ácidos de la cerveza, se aplicó la metodología realizada por da Silva et al. [27], se mezcló 10 mL de cerveza previamente descarbonatada con 0.50 ml de una solución de ácido clorhídrico 6 molar y 20 mL de 2,2,4-trimetilpentano, se agitó la mezcla durante 30 min, luego se midió la absorbancia a 275 nm, para el cálculo del IBU se utilizó la ecuación (2).

$$IBU = Abs_{275} * 50 \quad (2)$$

Donde Abs_{275} es el valor de la medida de absorbancia a 275 nm realizado en una cubeta de 10 mm.

2.3.5 Contenido de Alcohol

El contenido de alcohol (OH) se determinó mediante el proceso de destilación de 100 mL de cerveza, el destilado se ajustó a 100 mL, se reguló la temperatura antes de realizar la medición en un medidor portátil de alcohol (Mettler-Toledo, Densito 30 PX, EE. UU.), el contenido de alcohol se expresó en porcentaje (% v/v) [28].

2.4 Contenido de Fenoles Totales y Capacidad Antioxidante

En la determinación del contenido fenólico total (CFT) se utilizó el método Folin-Ciocalteu descrito por Silva et al. [27] con algunas modificaciones, se mezcló 0.50 mL de cerveza diluida con 2.50 mL de una solución de Folin-Ciocalteu al 10 % (v/v), luego de 10 min se adicionó 2 mL de una solución de carbonato de sodio al 20 % (p/v), la mezcla se agitó ocasionalmente mientras se mantenía en oscuridad por 60 min.

La absorbancia se midió a 760 nm utilizando un espectrofotómetro de microplacas UV-VIS (Epoch2, Bio Tek, EE. UU), se utilizó una curva de calibración de ácido gálico, los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de ácido gálico por litro (mg EAG/L), los análisis se realizaron por triplicado.

Para la determinación de la capacidad antioxidante se utilizó el ensayo de poder antioxidante reductor férrico (FRAP) siguiendo la metodología aplicada por Pastoriza & Rufián-Henares [29] con algunas modificaciones. Se mezcló 2.50 mL de una solución 10 mM de 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ) diluida en ácido clorhídrico (HCl) 40 mM, con 25 mL de solución buffer ácido acetato 0.30 M a pH 3.60 y 2.50 mL de solución de cloruro férrico (FeCl) 20 mM para obtener el reactivo FRAP.

Se tomó una alícuota de 10 μ L de la muestra de cerveza y se adicionó con 200 μ L de reactivo FRAP, se agitó durante 10 min y se incubó durante 15 min, las disoluciones se mantuvieron cubiertas de la luz durante el ensayo. Se midió la absorbancia a 594 nm en el lector de microplacas (Epoch2, Bio Tek, EE. UU), en base a una curva estándar de 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylcromo-2-acido carboxílico (Trolox) se reportó la capacidad antioxidante como micromol equivalentes de Trolox (μ M ET/L).

2.6 Análisis estadístico

La evaluación de los datos se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA), las diferencias significativas entre tratamientos se determinaron mediante prueba Tukey con un nivel de significancia de $p < 0.05$. Los resultados se expresaron como la media aritmética \pm desviación estándar (DE) de tres repeticiones, el análisis estadístico se realizó utilizando el software Minitab 19.0 (Minitab LCC, State College, EE. UU.).

3. Resultados y discusión

3.1 Propiedades Físicas y Químicas de la Cerveza

Previo a la adición de la pulpa de guayaba se realizó su caracterización, los resultados de los análisis se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades físicas y químicas de la pulpa de guayaba

Parámetro	Resultado
Acidez (% ácido cítrico)	0.78 ± 0.04
Sólidos solubles (°Brix)	10.30 ± 0.46
Índice de madurez (°Brix/Acidez)	13.31 ± 1.33
Fenoles totales (mg EAG/L)	2.77 ± 0.55
FRAP (µM ET/L)	63.91 ± 2.78
pH (adimensional)	4.38 ± 0.15

Los resultados corresponden a la media aritmética ± desviación estándar (DE), las mediciones se realizaron por triplicado

Conocer las principales propiedades de la pulpa de guayaba es importante ya que pueden influir en las características tecnológicas de la cerveza, los resultados obtenidos en el presente estudio están en el intervalo de los reportados en estudios anteriores [15,30]. Las variaciones de la composición química y propiedades físicas de la pulpa se deben al estado de maduración, sistema de cultivo, época del año, procesos postcosecha, el contenido de fenoles totales [30,31].

Los resultados de los análisis físicos y químicos realizados a la cerveza con adición de pulpa de guayaba se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Características físicas y químicas de la cerveza enriquecida con pulpa de guayaba

Parámetro	Tratamientos				
	CPG 0	CPG 25	CPG 50	CPG 75	CPG 100
°Brix (%)	4.77 ± 0.06 d	5.70 ± 0.10 c	6.05 ± 0.05 c	8.47 ± 0.15 b	9.33 ± 0.306 a
Densidad (g/mL)	1.007 ± 0.001 c	1.007 ± 0.001 c	1.010 ± 0.001 b	1.023 ± 0.001 a	1.024 ± 0.001 a
Turbidez (NTU)	66.93 ± 4.65 d	82.97 ± 6.11 d	128.33 ± 7.09 c	176.67 ± 8.62 b	234.67 ± 10.5 0 a
Viscosidad (cP)	1.83 ± 0.06 d	2.07 ± 0.06 c	2.67 ± 0.06 b	2.81 ± 0.18 b	3.27 ± 0.06 a
Color (SRM)	10.03 ± 0.25 c	12.53 ± 0.06 bc	16.00 ± 3.68 ab	16.67 ± 1.65 ab	18.13 ± 2.14 a
AT (mL NaOH 1M/ 100 mL)	3.45 ± 0.13 c	3.59 ± 0.09 bc	3.69 ± 0.05 ab	3.74 ± 0.02 ab	3.80 ± 0.04 a
pH (adimensional)	3.89 ± 0.002 a	3.87 ± 0.006 ab	3.86 ± 0.009 bc	3.85 ± 0.009 c	3.85 ± 0.006 c
Alcohol (% v/v)	5.07 ± 0.15 b	5.30 ± 0.17 b	5.90 ± 0.20 a	5.93 ± 0.25 a	6.17 ± 0.2 a
Amargor (IBU)	24.33 ± 0.90 d	27.96 ± 1.06 c	29.96 ± 0.97 bc	32.95 ± 1.41a b	34.22 ± 1.82 a

Los resultados de los tratamientos corresponden a la media aritmética ± DE, las mediciones se realizaron por triplicado, letras diferentes en cada fila indican diferencia significativa entre tratamientos ($p < 0.05$).

Los °Brix presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$), el °Brix de las muestras se incrementó de acuerdo con la cantidad de pulpa adicionada. El valor más alto se registró en el tratamiento CPG 100 con 9.33 °Brix y el menor en el tratamiento CPG 0 con un contenido de 4.77 °Brix. Estos resultados se encuentran en el rango de investigaciones previas con

valores hasta 10 °Brix en cervezas con adiciones de frutas [10,32]. El aumento de los °Brix en la cerveza podría deberse al aporte de sólidos solubles de la pulpa de guayaba como sacarosa y fructosa [15].

Respecto a la densidad, la adición de pulpa de guayaba también generó diferencias significativas ($p < 0.05$), los valores de densidad se registraron entre 1.007 g/mL para CPG 0 y 1.024 g/mL para CPG 100, estos resultados son similares al intervalo registrado en la investigación de Francesca et al. [33] con valores desde 1.007 g/mL. El aumento en la densidad podría atribuirse a la composición y elementos de la pulpa de guayaba como son los polisacáridos, pectina, lignina, celulosa, hemicelulosa, proteína y azúcares [34–36].

Los resultados de turbidez que se presentan en la Tabla 2, son acordes a los reportados por Castellari et al. [37], la turbidez se incrementó desde 66.93 NTU en el tratamiento CPG 0 hasta 234.67 NTU en CPG 100 registrado como el tratamiento con mayor valor para el atributo de turbidez, se evidenció diferencias significativas ($p < 0.05$) en los tratamientos CPG 50, CPG 75 y CPG 100 respecto al tratamiento CPG 0, se registró un aumento de 350 % en el tratamiento CPG 100 con la adición de la pulpa de guayaba. El aumento de turbidez puede atribuirse a la presencia de iones metálicos, polisacáridos, resinas, melanoidinas, sustancias coloidales generadas por la unión entre proteínas y polifenoles, la aportación de polifenoles de la pulpa de guayaba puede permitir la generación de enlaces entre polipéptidos y polifenoles para formar compuestos insolubles [22,38].

Se determinó cambios significativos ($p < 0.05$) en la viscosidad por la adición de la pulpa de guayaba, el valor más bajo se estableció en CPG 0 con 1.83 cP y CPG 100 con 3.27 cP registró el valor más alto comparado con el resto de los tratamientos. La adición de pulpa de guayaba generó diferencias significativas respecto al tratamiento control CPG 0, el efecto registrado guarda relación con estudios anteriores en los cuales se verifica la correlación entre los valores de viscosidad y la adición de otros ingredientes a la cerveza [35,39]. Un incremento de viscosidad permite otorgar mayor cuerpo, consistencia y plenitud en el paladar, propiedades esenciales de las cervezas artesanales[23]. El aumento de viscosidad tendría relación con los polisacáridos y proteínas de la pulpa de guayaba, lo cual favorece la suspensión de componentes coloidales [35,39].

La variación de color en la cerveza fue de 10.03 SRM en CPG 0 hasta 18.13 SRM en CPG 100, los valores del presente estudio se encuentran en el rango de color determinado por Jahn et al. [40] con valores desde 6.77 SRM. La adición de pulpa generó un incremento significativo ($p < 0.05$) en los valores SRM del color, el aumento de los SRM podría ser consecuencia de los polifenoles, licopeno, antocianinas y otros carotenoides presentes en la pulpa de guayaba [41–43].

Respecto a la acidez total (AT), los resultados permiten comprobar que las muestras de cerveza con pulpa adicionada incrementan significativamente ($p < 0.05$) en CPG 50 (3.69 mL), CPG 75 (3.74 mL) y CPG 100 (3.80 mL), comparados con el tratamiento control CPG 0 con 3.45 mL (NaOH 1M/100 mL). Los valores se encuentran en el rango de los resultados obtenidos por Dziejziński et al. [24] con valores de AT desde 2.46 mL. Se registró una diferencia notable al comparar la AT con las cervezas convencionales o industriales, generalmente con menor acidez cercanas a 3.20 mL NaOH 1M/100 mL [44], también se evidenció diferencias con cervezas elaboradas con otro tipo de adjuntos o insumos adicionados, como es el caso del *Chlorella vulgaris* o *Triticum dicoccum* que pueden tomar valores de 2.4 hasta 3.2 mL NaOH 1M/100 mL [45,46]. La pulpa de guayaba en las cantidades de estudio incrementó la acidez de la cerveza, el efecto podría atribuirse a la composición de la pulpa de guayaba y al aporte de ácidos orgánicos [47].

El pH se registró entre 3.89 a 3.85, dichos valores se encuentran en el rango de estudios para cervezas con adición de fruta y otros adjuntos [45,48]. Sin embargo, se pudo constatar que el pH de las cervezas con adición de pulpa de guayaba fue considerablemente más bajo que el de la mayoría de las cervezas de diferentes marcas comerciales, las cuales pueden tomar valores de pH alrededor de 5 [13,49]. La adición de pulpa de guayaba generó disminución del pH de la

cerveza, registrándose valores significativamente menores ($p < 0.05$) en CPG 75 y CPG 100 (ambos con 3.85) comparados con CPG 0 (3.89) el tratamiento con mayor valor de pH. Similar efecto se evidencia en investigaciones de cervezas elaboradas con adición de frutas, este resultado podría ser ocasionado por el aporte de ácidos orgánicos y de compuestos bioactivos de la pulpa de guayaba [10,50,51], además la síntesis de ácidos orgánicos generados por las levaduras durante la fermentación alcohólica como el succinato, malato, citrato, acético y láctico, generan disminución de pH, situación posiblemente favorecida al incorporar mayor cantidad de nutrientes al proceso con la adición de pulpa [32,52,53].

Un pH bajo en las cervezas es relevante con el objetivo de controlar el envejecimiento, la estabilidad de las propiedades físicas y el sabor además es de mucha importancia en el control del crecimiento microbiológico ya que inhibe el desarrollo de microorganismos como bacterias lácticas, la falta de crecimiento microbiano en las cervezas es atribuido al bajo valor del pH, convirtiendo a la cerveza en un producto microbiológicamente seguro [54–56].

El contenido de alcohol se incrementó al adicionar la pulpa de guayaba, CPG 0 junto a CPG 25 fueron los tratamientos con menor contenido de alcohol con 5.07 % y 5.30 % respectivamente, el contenido de alcohol fue significativamente mayor ($p < 0.05$) en los tratamientos CPG 50 con 5.90 %, CPG 75 con 5.93 % y CPG 100 con 6.17 % respecto a CPG 0 y CPG 25. Los valores se encuentran en los rangos de estudios de cervezas con adición de frutas con resultados entre 3.85 % a 6.45 % de alcohol [4,41,57]. El incremento de alcohol podría ser ocasionado por la presencia de azúcares fermentables de la pulpa de guayaba, el aporte de azúcares en el proceso de fermentación podría generar mayor contenido de alcohol y dióxido de carbono [10,33,58], este efecto puede ser comprobado al verificar los °Brix como potencial de generación de alcohol, al adicionar la pulpa los °Brix o azúcares fermentables aumentan y por lo cual el contenido de alcohol, la pulpa de guayaba probablemente incrementaría el contenido de glucosa y fructosa, azúcares que son utilizadas en el proceso fermentativo realizado por la *Saccharomyces cerevisiae* [10,33,58].

Los niveles de amargor de la cerveza se registraron entre 24.33 IBU para CPG 0 y 34.22 IBU en CPG 100, este rango es acorde a lo establecido por el programa de certificación de jueces de cerveza (BJCP) para una cerveza tipo Ale [59]. La adición de pulpa generó incrementos de IBU, generando diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre las cervezas con adición de pulpa y el tratamiento control CPG 0. El nivel de amargor fue superior a lo reportado por Pastore et al. [56] con 23.25 IBU en cervezas con bajo contenido alcohol y a lo indicado por Ciocan et al. [60] con 25.80 IBU en cervezas de trigo, cada estilo de cerveza se caracteriza por su nivel de amargor [61]. El amargor de la cerveza depende de la cantidad de lúpulo y el nivel de isomerización de los α -ácidos transformándose a iso- α -ácidos en el proceso de ebullición, luego de este proceso puede permanecer una fracción de este tipo de resinas y compuestos solubles en soluciones de etanol generando amargor [62]. La estimación del nivel de amargor se realiza con iso-octano acidificado y absorbancia a 275 nm determinando los niveles de iso- α -ácidos, existen otros compuestos también solubles en etanol como los polifenoles que podrían presentar absorbancia al nivel de longitud de onda aplicado [54]. El mayor contenido de alcohol y fenoles en la cerveza causado por la adición de la pulpa de guayaba podría haber incrementado el amargor al comparar con el tratamiento control CPG 0 sin adición de pulpa de guayaba.

4.2 Fenoles Totales y Capacidad Antioxidante

El contenido de fenoles totales (CFT) y capacidad antioxidante (CA) mediante FRAP se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de la cerveza enriquecida con pulpa de guayaba

Parámetro	Tratamientos				
	CPG 0	CPG 25	CPG 50	CPG 75	CPG 100
CFT (mg EAG/L)	332.62 ± 9.7 5 c	350.12 ± 4.95 c	381.77 ± 10.03 b	405.47 ± 9.93 ab	414.98 ± 12.33 a
FRAP (mM ET/L)	1.51 ± 0.01 c	1.55 ± 0.03 c	1.59 ± 0.02 bc	1.71 ± 0.02 ab	1.73 ± 0.09 a

Los resultados de los tratamientos corresponden a la media aritmética ± DE, las mediciones se realizaron por triplicado, letras diferentes en cada fila indican diferencia significativa entre tratamientos ($p < 0.05$).

El CFT fue superior al reportado por Nardini & Garaguso [13] en cerveza comercial con valor de 321 mg EAG/L, los valores están en el rango de las cervezas elaboradas con frutas como cereza, fresa y mora [63] y superan los valores registrados por Jahn et al. [40] en cervezas con adición de *Aronia melanocarpa* (280 mg EAG/L). El incremento de CFT es significativamente mayor ($p < 0.05$) en los tratamientos CPG 50, CPG 75 y CPG 100 en comparación al control (CPG 0), los aumentos del CFT se registraron entre 5 % y 24 % para las cervezas con adición de pulpa de guayaba, los valores oscilaron entre 332.62 mg EAG/L en CPG 0 hasta 414.95 mg EAG/L en el tratamiento CPG 100. Los compuestos fenólicos en la cerveza provienen principalmente de la malta y son liberados en el proceso de maceración por efecto de la temperatura [64]. Según lo reportado en estudios previos, el aumento del CFT se podría atribuir a la adición de fruta [13,57], el contenido de fenoles totales puede cambiar según el tipo de cerveza formulada y tipo de fruta adicionada, existe efecto de la adición de fruta en el incremento de los niveles del CFT en la cerveza [1,10,65]. En general las cervezas con adición de frutas presentan mayor contenido de polifenoles que las cervezas comerciales, debido al tratamiento de la fruta que ocasiona la ruptura de la pared celular generando mayor contacto entre la fruta y la cerveza para una mayor liberación de los polifenoles de la fruta [65,66]. Los incrementos del CFT es probable que se asocien con el aporte de compuestos fenólicos resultantes de la adición de pulpa de guayaba, la liberación de los compuestos y la correspondiente solubilidad.

La capacidad antioxidante (CA) evaluada por FRAP varió entre 1.51 mM ET/L en CPG 0 hasta 1.73 mM ET/L para el tratamiento CPG 100 con la mayor adición de pulpa, los resultados son similares a lo reportado por Gasinski et al [67] en la cerveza con adición de mango con valores de 1.04 mM ET/L a 1.69 mM ET/L, también se encuentran en el rango de cervezas elaboradas con jugo de cereza con valores entre 1.4 a 2.1 mM ET/L [57]. Los resultados obtenidos permiten determinar que la adición de pulpa de guayaba incrementó los niveles de FRAP en un 3 % en el tratamiento CPG 25 con la menor adición de pulpa, obteniendo un incremento del 15 % en el tratamiento CPG 100 con la mayor adición de pulpa de guayaba.

La concentración de fenoles totales está directamente relacionada con la capacidad antioxidante [68], el aumento del contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante es relevante en los atributos sensoriales, proporciona mayor estabilidad y vida útil en comparación con la cerveza que contenga una menor cantidad de compuestos antioxidantes [69]. El aumento de la CA podría atribuirse a la interacción entre los fenoles y otros compuestos como las proteínas [70], además en las cervezas de fruta se ha determinado el incremento de los niveles de flavonoides y biocompuestos como el resveratrol, lo cual podría explicar la mayor actividad antioxidante que se registra de manera mayoritaria en las cervezas de frutas, comparadas con las cervezas sin adición de frutas o las comerciales [13]. El incremento significativo de la CA estaría directamente relacionado con la cantidad de pulpa adicionada, mayores concentraciones de pulpa de guayaba en la cerveza podrían incrementar el contenido de fenoles totales y con lo cual la capacidad antioxidante.

4. Conclusión

La adición de pulpa de guayaba demostró potencial para mejorar la calidad nutricional y propiedades funcionales, ofreciendo mayores beneficios para la salud en comparación con las cervezas comerciales. La pulpa influyó significativamente en las características físicas y químicas de la cerveza, incrementando parámetros claves como el contenido de alcohol, acidez, amargor, densidad, color, turbidez. Los datos registrados han permitido detectar tendencias claras en los tratamientos, mayores niveles de adición de pulpa aumentaron los efectos en las características de la cerveza. El contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante aumento de manera significativa con la adición de pulpa, lo que destaca a la guayaba como una excelente fuente de compuestos bioactivos. Los resultados confirman que la adición de pulpa de guayaba es una valiosa alternativa para las cervecerías que buscan innovación, diferenciación y valor agregado, para satisfacer la creciente demanda de los consumidores de cerveza artesanal. En vista de las importantes cualidades otorgadas por la pulpa de guayaba en la elaboración de cerveza, es importante profundizar la investigación con otras características primordiales del producto como vida útil, estabilidad y evaluación sensorial.

Contribución de autores: Los autores participaron en todos los apartados de la investigación

Financiamiento: Los autores financiaron el estudio

Agradecimiento: Los autores manifestamos nuestro sincero agradecimiento al Departamento de Química de la UTPL por las facilidades prestadas en el uso de los laboratorios.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Anderson, H.E.; Santos, I.C.; Hildenbrand, Z.L.; Schug, K.A. A Review of the Analytical Methods Used for Beer Ingredient and Finished Product Analysis and Quality Control. *Anal Chim Acta* **2019**, *1085*, 1–20, doi:10.1016/j.aca.2019.07.061.
2. da Silva, M.M.; de Souza, A.C.; Faria, E.R.; Molina, G.; de Andrade Neves, N.; Morais, H.A.; Dias, D.R.; Schwan, R.F.; Ramos, C.L. Use of Kombucha SCOBY and Commercial Yeast as Inoculum for the Elaboration of Novel Beer. *Fermentation* **2022**, *8*, doi:10.3390/fermentation8120748.
3. Dabija, A.; Ciocan, M.E.; Chetrariu, A.; Codină, G.G. Buckwheat and Amaranth as Raw Materials for Brewing, a Review. *Plants* **2022**, *11*, doi:10.3390/plants11060756.
4. de Brito, M.R.; Ugalde, F.Z.; Gonzaga, L.V.; Schulz, M.; Fett, R.; Costa, A.C.O.; Tribuzi, G. Physicochemical Characteristics and Antioxidant Potential of a Fruit Beer Produced with Juçara (*Euterpe edulis martius*) Fruit Pulp. *Brazilian Archives of Biology and Technology* **2023**, *66*, doi:10.1590/1678-4324-2023220324.
5. Saugspier, M.; Dorn, C.; Czech, B.; Gehrig, M.; Heilmann, J.; Hellerbrand, C. Hop Bitter Acids Inhibit Tumorigenicity of Hepatocellular Carcinoma Cells in Vitro. *Oncol Rep* **2012**, *28*, 1423–1428, doi:10.3892/or.2012.1925.
6. Aquilani, B.; Laureti, T.; Poponi, S.; Secondi, L. Beer Choice and Consumption Determinants When Craft Beers Are Tasted: An Exploratory Study of Consumer Preferences. *Food Qual Prefer* **2015**, *41*, 214–224, doi:10.1016/j.foodqual.2014.12.005.
7. Ascher, B. Global Beer: The Road to Monopoly, The American Antitrust Institute Available online: https://www.antitrustinstitute.org/wp-content/uploads/2018/08/Global-Beer-Road-to-Monopoly_0.pdf (accessed on 12 June 2025).

8. Canonico, L.; Agarbati, A.; Comitini, F.; Ciani, M. Unravelling the Potential of Non-Conventional Yeasts and Recycled Brewers Spent Grains (BSG) for Non-Alcoholic and Low Alcohol Beer (NABLAB). *LWT* **2023**, *190*, doi:10.1016/j.lwt.2023.115528.
9. Croonenberghs, A.P.; Bongaerts, D.; Bouchez, A.; De Roos, J.; De Vuyst, L. Fruit Beers, Beers with or without a Co-Fermentation Step with Fruits. *Curr Opin Biotechnol* **2024**, *86*, doi:10.1016/j.copbio.2024.103081.
10. Castro Marin, A.; Baris, F.; Romanini, E.; Lambri, M.; Montevecchi, G.; Chinnici, F. Physico-Chemical and Sensory Characterization of a Fruit Beer Obtained with the Addition of Cv. Lambrusco Grapes Must. *Beverages* **2021**, *7*, doi:10.3390/beverages7020034.
11. Francesca, N.; Pirrone, A.; Gugino, I.; Prestianni, R.; Naselli, V.; Settanni, L.; Todaro, A.; Guzzon, R.; Maggio, A.; Porrello, A.; et al. A Novel Microbiological Approach to Impact the Aromatic Composition of Sour Loquat Beer. *Food Biosci* **2023**, *55*, doi:10.1016/j.fbio.2023.103011.
12. Zapata, P.J.; Martínez-Esplá, A.; Gironés-Vilaplana, A.; Santos-Lax, D.; Noguera-Artiaga, L.; Carbonell-Barrachina, Á.A. Phenolic, Volatile, and Sensory Profiles of Beer Enriched by Macerating Quince Fruits. *LWT* **2019**, *103*, 139–146, doi:10.1016/j.lwt.2019.01.002.
13. Nardini, M.; Garaguso, I. Characterization of Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Fruit Beers. *Food Chem* **2020**, *305*, doi:10.1016/j.foodchem.2019.125437.
14. Moreno, S.R.; Curtis, S.J.; Sarkhosh, A.; Sarnoski, P.J.; Sims, C.A.; Dreyer, E.; Rudolph, A.B.; Thompson-Witrick, K.A.; MacIntosh, A.J. Considerations When Brewing with Fruit Juices: A Review and Case Study Using Peaches. *Fermentation* **2022**, *8*, doi:10.3390/fermentation8100567.
15. Moon, P.; Fu, Y.; Bai, J.; Plotto, A.; Crane, J.; Chambers, A. Assessment of Fruit Aroma for Twenty-Seven Guava (*Psidium guajava*) Accessions through Three Fruit Developmental Stages. *Sci Hortic* **2018**, *238*, 375–383, doi:10.1016/j.scienta.2018.04.067.
16. Shu, C.; Kim-Lee, B.; Sun, X. Chitosan Coating Incorporated with Carvacrol Improves Postharvest Guava (*Psidium guajava*) Quality. *Horticulturae* **2024**, *10*, doi:10.3390/horticulturae10010080.
17. Huang; Yin, M.C.; Chiu, L.C. Antihyperglycemic and Antioxidative Potential of *Psidium Guajava* Fruit in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. *Food and Chemical Toxicology* **2011**, *49*, 2189–2195, doi:10.1016/j.fct.2011.05.032.
18. Shao, X.; Lai, D.; Xiao, W.; Liu, C.; He, H.; Zhuang, Q.; Kuang, S.; Qin, J. Eurycolactone F Extends Shelf Life and Improves Postharvest Quality Characteristics of Guava (*Psidium guajava* L.) Fruit. *South African Journal of Botany* **2023**, *159*, 571–579, doi:10.1016/j.sajb.2023.06.051.
19. Hawa, L.C.; Ubaidillah, U.; Mardiyani, S.A.; Laily, A.N.; Yosika, N.I.W.; Afifah, F.N. Drying Kinetics of Cabya (*Piper retrofractum vahl*) Fruit as Affected by Hot Water Blanching under Indirect Forced Convection Solar Dryer. *Solar Energy* **2021**, *214*, 588–598, doi:10.1016/j.solener.2020.12.004.
20. Bayoï, J.R.; Etoa, F.X. Changes in Physicochemical Properties, Microbiological Quality and Safety Status of Pasteurized Traditional Sorghum “Mpedli” Beer Supplemented with Bitter Leaf (*Vernonia amygdalina*) Aqueous Extract during a Month-Storage at Room Temperature. *Applied Food Research* **2023**, *3*, doi:10.1016/j.afres.2023.100278.
21. da Silva Santos, M.A.; Ribeiro, P.V.L.; Andrade, C.P.; Machado, A.R.G.; de Souza, P.G.; de Souza Kirsch, L. Physicochemical and Sensory Analysis of Craft Beer Made with Soursop (*Annona muricata* L.). *Acta Sci Pol Technol Aliment* **2021**, *20*, 103–112, doi:10.17306/J.AFS.2021.0845.

22. Lorencová, E.; Salek, R.N.; Černošková, I.; Buňka, F. Evaluation of Force-Carbonated Czech-Type Lager Beer Quality during Storage in Relation to the Applied Type of Packaging. *Food Control* **2019**, *106*, doi:10.1016/j.foodcont.2019.106706.
23. Michiels, P.; Debyser, W.; De Sutter, W.; Langenaeken, N.A.; De Rouck, G.; Courtin, C.M. Enhancing the Mouthfeel of Non-Alcoholic Beers: The Influence of Dextrin and Arabinoxylan on Perceived Viscosity and Body. *Food Hydrocoll* **2025**, *159*, doi:10.1016/j.foodhyd.2024.110642.
24. Dziędziński, M.; Stachowiak, B.; Kobus-Cisowska, J.; Kozłowski, R.; Stuper-Szablewska, K.; Szambelan, K.; Górna, B. Supplementation of Beer with *Pinus sylvestris* L. Shoots Extracts and Its Effect on Fermentation, Phenolic Content, Antioxidant Activity and Sensory Profiles. *Electronic Journal of Biotechnology* **2023**, *63*, 10–17, doi:10.1016/j.ejbt.2023.01.001.
25. Cho, J.H.; Kim, I.D.; Dhungana, S.K.; Do, H.M.; Shin, D.H. Persimmon Fruit Enhanced Quality Characteristics and Antioxidant Potential of Beer. *Food Sci Biotechnol* **2018**, *27*, 1067–1073, doi:10.1007/s10068-018-0340-2.
26. Pratap-Singh, A.; Suwardi, A.; Mandal, R.; Pico, J.; Castellarin, S.D.; Kitts, D.D.; Singh, A. Effect of UV Filters during the Application of Pulsed Light to Reduce *Lactobacillus brevis* Contamination and 3-Methylbut-2-Ene-1-Thiol Formation While Preserving the Physicochemical Attributes of Blonde Ale and Centennial Red Ale Beers. *Foods* **2023**, *12*, doi:10.3390/foods12040684.
27. da Silva, S.P.; Fernandes, J.A.L.; Santos, A.S.; Ferreira, N.R. Jambu Flower Extract (*Acmella oleracea*) Increases the Antioxidant Potential of Beer with a Reduced Alcohol Content. *Plants* **2023**, *12*, doi:10.3390/plants12081581.
28. Li, Z.; Zhou, M.; Cui, M.; Wang, Y.; Li, H. Improvement of Whole Wheat Dough Fermentation for Steamed Bread Making Using Selected Phytate-Degrading *Wickerhamomyces Anomalus* P4. *J Cereal Sci* **2021**, *100*, 103261, doi:10.1016/j.jcs.2021.103261.
29. Pastoriza, S.; Rufián-Henares, J.A. Contribution of Melanoidins to the Antioxidant Capacity of the Spanish Diet. *Food Chem* **2014**, *164*, 438–445, doi:10.1016/j.foodchem.2014.04.118.
30. Medina M. L., P.F. Caracterización de La Pulpa de Guayaba (*Psidium guajava* L.) Tipo Criolla Roja. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* **2003**, *20*, 72–86.
31. Marquina V; Araujo L; Ruíz J; Rodríguez-Malaver A; Vit P Composición Química y Capacidad Antioxidante En Fruta, Pulpa y Mermelada de Guayaba (*Psidium guajava* L.). *Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición* **2008**, *58*, 98–102.
32. Viana, A.C.; Pimentel, T.C.; Borges do Vale, R.; Clementino, L.S.; Janeiro Ferreira, E.T.; Magnani, M.; dos Santos Lima, M. American Pale Ale Craft Beer: Influence of Brewer's Yeast Strains on the Chemical Composition and Antioxidant Capacity. *LWT* **2021**, *152*, doi:10.1016/j.lwt.2021.112317.
33. Francesca, N.; Pirrone, A.; Gugino, I.; Prestianni, R.; Naselli, V.; Settanni, L.; Todaro, A.; Guzzon, R.; Maggio, A.; Porrello, A.; et al. A Novel Microbiological Approach to Impact the Aromatic Composition of Sour Loquat Beer. *Food Biosci* **2023**, *55*, 103011, doi:10.1016/J.FBIO.2023.103011.
34. Chacín, J.; Marín, M.; D'addosio, R. Evaluación Del Contenido de Pectina En Diferentes Genotipos de Guayaba de La Zona Sur Del Lago de Maracaibo. *Multiciencias* **2010**, *10*, 7–12.
35. Sahal, A.; Choudhary, S.; Hussain, A.; Arora, S.; Dobhal, A.; Ahmad, W.; Kumar, V.; Kumar, S. "A Comprehensive Review on the Nutritional Composition, Bioactive Potential, Encapsulation Techniques, and Food System Applications of Guava (*Psidium guajava* L.) Leaves." *Grain & Oil Science and Technology* **2024**, doi:10.1016/j.gaost.2024.12.003.

36. Zastrow, C.R.; Mattos, M.A.; Hollatz, C.; Stambuk, B.U. Maltotriose Metabolism by *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnol Lett* **2000**, *22*, 455–459, doi:10.1023/A:1005691031880.
37. Castellari, M.; Arfelli, G.; Riponi, C.; Carpi, G.; Amati, A. High Hydrostatic Pressure Treatments for Beer Stabilization. *J Food Sci* **2006**, *65*, 974–977, doi:10.1111/j.1365-2621.2000.tb09402.x.
38. Salek, R.N.; Lorencová, E.; Gál, R.; Kůřová, V.; Opustilová, K.; Buňka, F. Physicochemical and Sensory Properties of Czech Lager Beers with Increasing Original Wort Extract Values during Cold Storage. *Foods* **2022**, *11*, doi:10.3390/foods11213389.
39. Gómez Pamies, L.C.; Lataza Rovalletti, M.M.; Martínez Amezaga, N.M.J.; Benítez, E.I. The Impact of Pirodextrin Addition to Improve Physicochemical Parameters of Sorghum Beer. *LWT* **2021**, *149*, doi:10.1016/j.lwt.2021.112040.
40. Jahn, A.; Kim, J.; Bashir, K.M.I.; Cho, M.G. Antioxidant Content of Aronia Infused Beer. *Fermentation* **2020**, *6*, doi:10.3390/FERMENTATION6030071.
41. Deng, Y.; Lim, J.; Nguyen, T.T.H.; Mok, I.K.; Piao, M.; Kim, D. Composition and Biochemical Properties of Ale Beer Enriched with Lignans from *Schisandra chinensis baillon* (Omija) Fruits. *Food Sci Biotechnol* **2020**, *29*, 609–617, doi:10.1007/s10068-019-00714-5.
42. Mahavy, C.E.; Razanatseheno, A.J.; Mol, A.; Ngezahayo, J.; Duez, P.; El Jaziri, M.; Baucher, M.; Rasamiravaka, T. Edible Medicinal Guava Fruit (*Psidium guajava* L.) Are a Source of Anti-Biofilm Compounds against *Pseudomonas Aeruginosa*. *Plants* **2024**, *13*, doi:10.3390/plants13081122.
43. Huang; Lian, Q.; Wang, L.; Shan, Y.; Li, F.; Chang, S.K.; Jiang, Y. Chemical Composition of the Cuticular Membrane in Guava Fruit (*Psidium guajava* L.) Affects Barrier Property to Transpiration. *Plant Physiology and Biochemistry* **2020**, *155*, 589–595, doi:10.1016/j.plaphy.2020.08.023.
44. Medina, K.; Giannone, N.; Dellacassa, E.; Schinca, C.; Carrau, F.; Boido, E. Commercial Craft Beers Produced in Uruguay: Volatile Profile and Physicochemical Composition. *Food Research International* **2023**, *164*, doi:10.1016/j.foodres.2022.112349.
45. Okechukwu, Q.N.; Adadi, P.; Kovaleva, E.G. Production and Analysis of Beer Supplemented with *Chlorella vulgaris* Powder. *Fermentation* **2022**, *8*, doi:10.3390/fermentation8110581.
46. Tufariello, M.; Grieco, F.; Fiore, A.; Gerardi, C.; Capozzi, V.; Baiano, A. Effects of Brewing Procedures and Oenological Yeasts on Chemical Composition, Antioxidant Activity, and Sensory Properties of Emmer-Based Craft Beers. *LWT* **2024**, *199*, doi:10.1016/j.lwt.2024.116044.
47. Blancas-Benitez, F.J.; Pérez-Jiménez, J.; Montalvo-González, E.; González-Aguilar, G.A.; Sáyago-Ayerdi, S.G. In Vitro Evaluation of the Kinetics of the Release of Phenolic Compounds from Guava (*Psidium guajava* L.) Fruit. *J Funct Foods* **2018**, *43*, 139–145, doi:10.1016/j.jff.2018.02.011.
48. Hlangwani, E.; du Plessis, H.W.; Dlamini, B.C. The Effect of Selected Non-Saccharomyces Yeasts and Cold-Contact Fermentation on the Production of Low-Alcohol Marula Fruit Beer. *Heliyon* **2024**, *10*, doi:10.1016/j.heliyon.2024.e24505.
49. Wagner, M.; Zaldariaga Heredia, J.; Montemerlo, A.; Camiña, J.M.; Garrido, M.; Azcarate, S.M. Digital Images-Based Chemometrics-Assisted Methodology as a Sustainable Strategy for Blond Beers Quality Control. *Food Control* **2025**, *168*, doi:10.1016/j.foodcont.2024.110911.
50. Marcillo-Parra, V.; Tupuna-Yerovi, D.S.; González, Z.; Ruales, J. Encapsulation of Bioactive Compounds from Fruit and Vegetable By-Products for Food Application – A Review. *Trends Food Sci Technol* **2021**, *116*, 11–23, doi:10.1016/j.tifs.2021.07.009.

51. Khan, F.I.; Akhtar, S.; Qamar, M.; Ismail, T.; Saeed, W.; Esatbeyoglu, T.; Jafari, S.M. A Comprehensive Review on Guava: Nutritional Profile, Bioactive Potential, and Health-Promoting Properties of Its Pulp, Peel, Seeds, Pomace and Leaves. *Trends Food Sci Technol* **2025**, *156*, doi:10.1016/j.tifs.2024.104822.
52. Adadi, P.; Kovaleva, E.G.; Glukhareva, T. V.; Shatunova, S.A.; Petrov, A.S. Production and Analysis of Non-Traditional Beer Supplemented with Sea Buckthorn. *Agronomy Research* **2017**, *15*, 1831–1845, doi:10.15159/AR.17.060.
53. Mulero-Cerezo, J.; Briz-Redón, Á.; Serrano-Aroca, Á. *Saccharomyces cerevisiae* Var. *boulardii*: Valuable Probiotic Starter for Craft Beer Production. *Applied Sciences (Switzerland)* **2019**, *9*, doi:10.3390/app9163250.
54. Klimczak, K.; Cioch-Skoneczny, M. Changes in Beer Bitterness Level during the Beer Production Process. *European Food Research and Technology* **2023**, *249*, 13–22, doi:10.1007/s00217-022-04154-0.
55. Nimubona, D.; Blanco, C.A.; Caballero, I.; Rojas, A.; Andrés-Iglesias, C. An Approximate Shelf Life Prediction of Elaborated Lager Beer in Terms of Degradation of Its Iso- α -Acids. *J Food Eng* **2013**, *116*, 138–143, doi:10.1016/j.jfoodeng.2012.11.019.
56. Pastore, A.; Badocco, D.; Cappellin, L.; Tubiana, M.; Pastore, P. Real-Time Monitoring of the PH of White Wine and Beer with Colorimetric Sensor Arrays (CSAs). *Food Chem* **2024**, *452*, doi:10.1016/j.foodchem.2024.139513.
57. Nedyalkov, P.; Bakardzhiyski, I.; Shikov, V.; Kaneva, M.; Shopska, V. Possibilities for Utilization of Cherry Products (Juice and Pomace) in Beer Production. *Beverages* **2023**, *9*, doi:10.3390/beverages9040095.
58. Pirrone, A.; Prestianni, R.; Naselli, V.; Todaro, A.; Farina, V.; Tinebra, I.; Raffaele, G.; Badalamenti, N.; Maggio, A.; Gaglio, R.; et al. Influence of Indigenous *Hanseniaspora Uvarum* and *Saccharomyces Cerevisiae* from Sugar-Rich Substrates on the Aromatic Composition of Loquat Beer. *Int J Food Microbiol* **2022**, *379*, doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109868.
59. Mitchell, D.; Haven, J.; Pixley, D.; Pupo, T.; Pattinson, R.; Svitankova, L.; Beechum, D.; Belanger, C.; Harting, D.; Hayes, A.; et al. Beer Judge Certification Program 2021 Style Guidelines Available online: <https://www.bjcp.org/bjcp-style-guidelines/> (accessed on 12 June 2025).
60. Ciocan, M.E.; Salamon, R.V.; Ambrus, Á.; Codină, G.G.; Chetrariu, A.; Dabija, A. Use of Unmalted and Malted Buckwheat in Brewing. *Applied Sciences (Switzerland)* **2023**, *13*, doi:10.3390/app13042199.
61. Villacreces, S.; Blanco, C.A.; Caballero, I. Developments and Characteristics of Craft Beer Production Processes. *Food Biosci* **2022**, *45*, doi:10.1016/j.fbio.2021.101495.
62. Oladokun, O.; James, S.; Cowley, T.; Dehrmann, F.; Smart, K.; Hort, J.; Cook, D. Perceived Bitterness Character of Beer in Relation to Hop Variety and the Impact of Hop Aroma. *Food Chem* **2017**, *230*, 215–224, doi:10.1016/j.foodchem.2017.03.031.
63. Durán-Castañeda, A.C.; Cardenas-Castro, A.P.; Pérez-Jiménez, J.; Pérez-Carvajal, A.M.; Sánchez-Burgos, J.A.; Mateos, R.; Sáyago-Ayerdi, S.G. Bioaccessibility of Phenolic Compounds in *Psidium guajava* L. Varieties and *P. Friedrichsthalianum* Nied. after Gastrointestinal Digestion. *Food Chem* **2023**, *400*, doi:10.1016/j.foodchem.2022.134046.
64. Kumar, M.; Anisha, A.; Kaushik, D.; Kaur, J.; Shubham, S.; Rusu, A.V.; Rocha, J.M.; Trif, M. Combinations of Spent Grains as Sources of Valuable Compounds with Highly Valuable Functional and Microbial Properties. *Sustainability (Switzerland)* **2023**, *15*, doi:10.3390/su152015184.
65. Zhao, Y.; Guo, G.; Xu, B.; Liu, H.; Tian, H.; Li, J.; Ouyang, Y.; Xiang, A.; Kumar, R. Electrospun Natural Polypeptides Based Nanofabrics Enriched with Antioxidant Polyphenols for Active Food Preservation. *Food Chem* **2023**, *405*, doi:10.1016/j.foodchem.2022.134991.

66. Yang, N.; Wu, C.; Yang, H.; Guo, Z.; Jian, H.; Jiang, T.; Lei, H. Bioactive Compounds, Antioxidant Activities and Flavor Volatiles of Lager Beer Produced by Supplementing Six Jujube Cultivars as Adjuncts. *Food Biosci* **2022**, *50*, doi:10.1016/j.fbio.2022.102008.
67. Gasinski, A.; Kawa-Rygielska, J.; Szumny, A.; Czubaszek, A.; Gasior, J.; Pietrzak, W. Volatile Compounds Content, Physicochemical Parameters, and Antioxidant Activity of Beers with Addition of Mango Fruit (*Mangifera indica*). *Molecules* **2020**, *25*, doi:10.3390/molecules25133033.
68. Thaipong, K.; Boonprakob, U.; Crosby, K.; Cisneros-Zevallos, L.; Hawkins Byrne, D. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC Assays for Estimating Antioxidant Activity from Guava Fruit Extracts. *Journal of Food Composition and Analysis* **2006**, *19*, 669–675, doi:10.1016/j.jfca.2006.01.003.
69. Piazzon, A.; Forte, M.; Nardini, M. Characterization of Phenolics Content and Antioxidant Activity of Different Beer Types. *J Agric Food Chem* **2010**, *58*, 10677–10683, doi:10.1021/jf101975q.
70. Apea-Bah, F.B.; Minnaar, A.; Bester, M.J.; Duodu, K.G. Does a Sorghum–Cowpea Composite Porridge Hold Promise for Contributing to Alleviating Oxidative Stress? *Food Chem* **2014**, *157*, 157–166, doi:10.1016/j.foodchem.2014.02.029.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>