

Cerveza artesanal tipo Ale con piel de uva (*Vitis vinífera*): Mejora fenólicos y capacidad antioxidante

Ale-type craft beer with grape skin (*Vitis vinífera*): Improves phenolic and antioxidant capacity

 Lenin Quille-Quille^{1,*} y  Mario Cotacallapa-Sucapuca²

Resumen

La cerveza artesanal viene generando gran interés por los consumidores contemporáneos, en virtud de sus beneficios en la salud, sabores singulares y técnicas de elaboración innovadoras. Se elaboró cerveza artesanal tipo Ale con incorporación de 5% de piel de uva variedad negra criolla en la etapa de maceración, comprendidas en 4 tratamientos (T), siendo T1 a 50°C por 10 min, T2 a 50°C por 30 min, T3 a 70°C por 10 min y T4 a 70°C por 30 min. Los fenólicos totales y la capacidad antioxidante de todos los tratamientos fueron significativamente mayores que el control. Los tratamientos con menor tiempo de maceración mantuvieron una tendencia de incremento de los fenólicos totales y capacidad antioxidante que el mayor tiempo. Según, las mediciones fisicoquímicas de pH, °Brix y densidad, determinaron el contenido final de alcohol en 91% en T1, 100% en T2, 93% en T3 y el 70% en T4, siendo el T4 la que presentó la mejor aceptabilidad general de parte de los panelistas no entrenados en una escala hedónica de 9 puntos. La diversificación de la cerveza artesanal podría incrementar la aceptabilidad y el interés de los consumidores por los aspectos sensoriales, funcionales y protección del medio ambiente.

Palabras clave: cerveza artesanal, maceración, piel de uva.

Abstract

Craft beer has been generating great interest among contemporary consumers due to its health benefits, unique flavors, and innovative brewing techniques. Ale-type craft beer was produced with the addition of 5% of black criolla grape skin in the maceration stage, comprised of 4 treatments (T), being T1 at 50°C for 10 min, T2 at 50°C for 30 min, T3 at 70°C for 10 min and T4 at 70°C for 30 min. Total phenolics and antioxidant capacity of all treatments were significantly higher than the control. Treatments with shorter maceration times maintained a trend of increased total phenolics and antioxidant capacity compared to longer maceration times. According to the physicochemical measurements of pH, °Brix and density, the final alcohol content was determined at 91% in T1, 100% in T2, 93% in T3 and 70% in T4, with T4 being the one that presented the best general acceptability by the untrained panelists on a 9-point hedonic scale. Diversifying craft beer could increase consumer acceptance and interest in its sensory, functional, and environmental aspects.

Keywords: craft beer, maceration, grape skin.

Recibido: 06/06/2025

Aceptado: 12/12/2025

Publicado: 31/12/2025

Sección: Artículo Original

***Autor correspondiente:** lquille@unaj.edu.pe

Introducción

La cerveza es una bebida alcohólica muy extendida en todo el mundo y su elaboración original es artesanal (Grassi, Amigo, Lyndgaard, Foschino, & Casiraghi, 2014). La cerveza se produce a través de un proceso fermentativo a partir de ingredientes naturales y básicos (cebada, lúpulo y agua), con una alta riqueza en nutrientes y compuestos bioactivos (carbohidratos, aminoácidos, minerales, vitaminas y polifenoles), y por lo general se caracteriza por un bajo grado alcohólico, que puede variar entre 3 a 6 % de alcohol en aquellas cervezas que se consumen de forma habitual (Díaz, Gómez-Martínez, Nova, & Marcos, 2022). Aunque la producción actual es industrial, la cerveza artesanal no ha dejado de producirse y representan más del 3% en algunos mercados del mundo, debido a la utilización de diversas materias primas (Barbagallo, Rutigliano, Rizzo, & Muratore, 2025), por lo que viene experimentando

el aumento de su popularidad, ya que estas cervezas producidas por microcervecías han respondido a las preferencias de los consumidores por presentar mayores novedades (Carisma & Calingacion, 2025) en sabores únicos, aportes beneficiosos para la salud y el concurso de técnicas de elaboración innovadoras (Mu et al., 2025; Nunes Filho et al., 2021).

¹Facultad de Ingeniería de Procesos Industriales, Universidad Nacional de Juliaca, Av. Nueva Zelandia 631, Juliaca 21101, Perú

²Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Moquegua, Prolongación Calle Ancash s/n, Moquegua 18001, Perú

Como citar: Quille-Quille, L. & Cotacallapa-Sucapuca, M., (2025). Cerveza artesanal tipo Ale con piel de uva (*Vitis vinífera*): Mejora fenólicos y capacidad antioxidante. *Revista de Investigaciones Altoandinas-Journal of High Andean Research*, 27, e27726. <https://doi.org/10.18271/ria.2025.726>



Attribution 4.0 Internacional (CC BY 4.0) Share-Adapt

Cualquier ingrediente que contenga altas cantidades de azúcares fermentables como polímeros, es decir, cualquier grano almidonado u otro ingrediente alimentario que contenga almidón (p. ej., legumbres y tubérculos), podría ser un ingrediente cervecero viable (Ledley, Elias, & Cockburn, 2024). La diversidad de ingredientes en la producción de cerveza artesanal, brinda a los consumidores, experiencias únicas que vinculan las tradiciones locales con la innovación alimentaria, como las cervezas elaboradas con quinua y amaranto, cañihua con plátano y maracuyá, cervezas con jengibre fermentada (Paucar-Menacho et al., 2025), así como cervezas adicionadas con zumo y subproductos de uva (juntas) variedad Malvasia di Candia Aromática, todas estas, con la finalidad de obtener nuevas composiciones fisicoquímicas y sobre todo propiedades sensoriales singulares (Becchi et al., 2025). Sin embargo, la inclusión de otros ingredientes no malteados provocaría una baja concentración de enzimas, como la amilasa, la proteasa y la citasa, debido principalmente a que, en el caso de los granos sin maltear, la hidrólisis de proteínas en péptidos y aminoácidos sería menor, ya que los niveles de enzimas proteolíticas endógenas en el grano sin maltear son bajos y las proteínas prolaminas kafirina son notablemente resistentes a la hidrólisis, de modo que la proteólisis se limita durante la maceración, lo que afectaría negativamente la calidad de la cerveza, en consecuencia, para superar estos inconvenientes, sería necesario modificar las condiciones del proceso de elaboración, como la calidad del agua, los tiempos y temperaturas de maceración, la duración de la ebullición y la posible adición de adyuvantes (Dlamini, Taylor, & Buys, 2019; Tufariello et al., 2024). Las materias primas no convencionales utilizadas para la elaboración de cerveza pueden añadirse en cualquier etapa importante del proceso cervecero, siempre que cumplan el propósito de su selección y entre los pasos más comunes para incluir ingredientes adicionales son: la maceración, principalmente en el caso de fuentes de almidón; la ebullición del mosto; antes o durante la fermentación; y antes o durante la maduración (Radu, Mureșan, Emilia Coldea, & Mudura, 2024).

En esa medida, surgen múltiples inquietudes en el uso de ingredientes no tradicionales, por ejemplo la utilización de subproductos de la agroindustria que aún no han trascendido en todos los espacios de la transformación alimentaria como el uso de subproductos de la industria vitivinícola que constantemente recurren a la búsqueda de prácticas sostenibles para la eliminación de residuos producidos en la elaboración del vino (Bobadilla Aransay, 2022), ya que provienen de al menos 75 millones de toneladas por año de uva a procesarse, de las cuales quedan subproductos como tallo, raspón, semillas y pieles de uva, que están compuestas por fibra, lípidos, proteínas, azúcares solubles y varios

compuestos fenólicos que no lograron una transferencia completa de la uva al mosto, las cuales podrían ser aprovechados como ingredientes alimentarios y con ello promover alimentos con beneficios funcionales para la salud de los consumidores (Bobadilla Aransay, 2022; Bredun, Prestes, Panceri, Prudêncio, & Burin, 2023) y además, propiciar aspectos sensoriales sin precedentes (Becchi et al., 2025).

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios, con excelentes propiedades antioxidantes capaces de neutralizar los radicales libres, pero que se ven afectados por el calor, la luz y el oxígeno (Wanderley et al., 2023), por lo cual, es de importancia las consideraciones a tomarse en cuenta en los procesos alimentarios, ya que hicieron mención de que la exposición de la matriz alimentaria a altas temperaturas y tiempos prolongados experimentarían disminuciones considerables (Alide, Wangila, & Kiprop, 2020), convirtiéndose en un desafío permanente revertir esta problemática. Algunas fuentes bibliográficas, mencionaron que, la técnica de maceración podría situarse como una alternativa para resarcir las expectativas de la estabilidad de los compuestos fenólico, sobre todo con una maceración en frío o bajas temperaturas, aunque en cierta manera podría generarse una disminución de la extracción de azúcares fermentables, lo que favorecería a la obtención de cerveza de bajo contenido alcohólico (Cappelin et al., 2024), lo que podría generar la atención de muchos consumidores que aprecian bebidas sin o poco contenido de alcohol. Sin embargo, los tipos y concentraciones de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante que se logren encontrar en la cerveza pueden variar según el estilo de cerveza y también están directamente influenciados por la composición y calidad de las materias primas y del proceso de elaboración de la cerveza (Cheiran et al., 2019; Nardini & Garaguso, 2020).

Los objetivos de la presente investigación se contemplan, en la determinación del contenido de los fenólicos totales, capacidad antioxidante, las mediciones fisicoquímicas y la aceptabilidad general de la cerveza artesanal tipo Ale con incorporación de piel de uva (*Vitis vinifera*) a distintos tiempos y temperaturas de maceración.

Metodología

La elaboración de la cerveza artesanal se realizó en el laboratorio de Tecnología de Alimentos, los análisis fisicoquímicos, la determinación de los fenólicos totales, capacidad antioxidante, así como la evaluación de aceptabilidad general, se llevaron a cabo en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos y Laboratorio de Análisis de Productos Agroindustriales,

pertenecientes a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Moquegua.

Métodos

Obtención de la Piel de Uva

Para el presente trabajo, se utilizaron uvas de la variedad negra criolla, adquiridos en el valle de Moquegua – Perú. Previamente fueron limpiadas y seleccionadas para el despallado y exprimido. Se separaron los raspones y se procedieron a la maceración y fermentación. Seguidamente, se rastrillaron para la separación del mosto líquido las pieles y semillas tras haberse sometido a prensado. Finalmente, en forma manual, se separaron las semillas adheridas a las pieles de uva, luego se envasaron en bolsas de polietileno y almacenados en refrigeración hasta su utilización en la elaboración de cerveza artesanal tipo Ale.

Elaboración de Cerveza Artesanal

La malta (adquirido de RSLA Insumos Equipos Accesorios Cerveza Artesanal, Lima-Perú) se sometió a molienda en dos formas, una grosera y otra semifina, en proporciones de 50% cada uno aproximadamente. Las maltas molidas fueron maceradas a 67°C durante una h en agua de la marca comercial san Luis y luego sometidas a cocción. Posteriormente, se enfriaron hasta temperatura ambiente y se incorporaron 5% de piel de uva para el proceso de maceración, donde se sometieron a cuatro tratamientos de 50°C por 10 min, 50°C por 30 min, 70°C por 10 min y 70°C por 30 min. Después de la maceración, todos los tratamientos fueron sometidos a una primera fermentación con levadura de cerveza tipo Ale, (adquirido de RSLA Insumos Equipos Accesorios Cerveza Artesanal, Lima-Perú) a condiciones de 3,8 a 4 de pH, temperatura de 18 a 25°C y tiempo de 5 a 7 días. Seguidamente, se realizó el trasiego correspondiente, tras lo cual se procedió a la segunda fermentación con las mismas condiciones de la primera fermentación durante 12 días. Posteriormente se realizó el embotellado y con ello la re-fermentación a 20°C por 5 días. Cumplido el proceso que antecede, se realizó la pasteurización a 70°C por 10 días. Finalmente, se realizó el enfriamiento a 5 °C por 5 días y su almacenamiento correspondiente.

Determinaciones de Fenólicos Totales y Actividad Antioxidante

Fenólicos Totales

La extracción de los compuestos fenólicos se realizó utilizando solventes metanol/acetona (Drevelegka & Goula, 2020) a través de métodos de micro volúmenes (Arranz & Saura Calixto, 2010).

La cuantificación de los fenólicos totales se realizó según el método descrito por Macavilca and Condezo-Hoyos (2020). Se pipetearon por triplicado en crio-viales 50 µL de los extractos metanólico y extracto acetónico o ácido gálico (patrón estándar con curva de 0, 60, 120, 180, 240 y 300 mg/L) y se agregaron 50 µL del reactivo Folin Ciocalteu. En seguida, se agitaron en vortex a temperatura ambiente durante 2 min. Se transfirieron 100 µL de las soluciones a microplaca de 96 pocillos y se agregaron 100 µL de hidróxido de sodio (0,3 M). Posteriormente se dejaron reaccionar en reposo a temperatura ambiente por 15 min. Finalmente, se midieron las absorbancias a longitud de onda de 760 nm en un lector de microplacas multimodal Synergy™ HTX de BioTek™. El contenido de los fenólicos totales se expresó en mg equivalentes de ácido gálico (GAE) por 100g de muestra en base húmeda.

Capacidad Antioxidante

Se determinó de acuerdo a la metodología de Abderrahim, Arribas, Gonzalez, & Condezo-Hoyos, (2013). Se midieron 10 µL del extracto o blanco o las diluciones diferentes de la curva patrón en pocillos de microplaca, sobre los cuales se añadieron 200 µL de DPPH (60 µM en buffer ET) y se agitaron utilizando un Agitador Digital Orbital de Microplacas P4 Labnet a temperatura ambiente durante 10 min. Luego se realizó la lectura de las absorbancias en Lector de placa multipocillo synergy, biotek, USA a longitud de onda de 520 nm. La curva patrón se definió con un coeficiente de determinación (R²) de 0,9928 y la pendiente se realizó entre el porcentaje de inhibición versus la concentración (dilución). El control fue preparado con 10 µL buffer ET más 200 µL DPPH (60 µM). El resultado se presentó en mMol DPPH/mL muestra.

Mediciones Fisicoquímicas

El pH se midió según el método potenciométrico de la AOAC-981.12 (1990), a través de la concentración de iones de hidrógeno con un medidor de pH calibrado (Thermo scientific, Orion VersaStar Advanced Electrochemistry Meter) con 4, 7 y 10 de soluciones tampón. Estas mediciones se realizaron sobre muestras provenientes de, antes de la primera fermentación y del embotellado, para regular su concentración de acuerdo con los rangos aceptables para la cerveza tipo Ale.

En los grados brix, se midieron la concentración de sólidos solubles en grados Brix definida por la AOAC-932.12 (1980). Se colocó, una gota de muestra en el prisma del Refractómetro ABBE AR 12 Schmidt & Haensch, luego se cerró la prima superior y se procedió ubicar el equipo perpendicularmente a la luz para observar a través del ocular, ajustándose hasta que la

escala del refractómetro sea visible. Finalmente, se hizo la lectura en el valor límite claro/oscuro que se observa en el rango de la escala. La interpretación del valor leído representa al cociente total de sacarosa disuelta en la muestra, donde los grados brix, representa los g de azúcar (sacarosa) por 100 g de líquido.

La densidad, se determinó a través del cociente entre la masa de la cerveza y el volumen del picnómetro (QuercusLab, 2015). Se pesó el picnómetro vacío de 25 mL y se llenó con agua destilada hasta el borde, se tapó y se presionó sin tocar la parte superior. En seguida el picnómetro llenado se secó y se pesó, siendo la diferencia, la masa de agua destilada. El volumen exacto fue el cociente entre la diferencia de masa y la densidad del agua a la temperatura del ensayo. La densidad se expresó en g/cm³.

La medición de los grados alcohólicos se realizó mediante los fundamentos descritos por Schmidt-Hebbel (1966). Se utilizó un alcoholímetro calibrado a 20 °C, previamente se calentaron las muestras de cerveza hasta alcanzar los 20 °C y luego se dejaron reposar por 30 min hasta alcanzar la eliminación de la mayor cantidad de gas ya que la separación del gas carbónico evita que el alcoholímetro se eleve por acción del gas (Kunze, 2006). Los grados alcohólicos se expresaron en grados Gay-lussac (°GL).

Aceptabilidad General

La aceptabilidad general se evaluó aplicando una escala hedónica estructurada de 9 puntos, donde 9: me gusta muchísimo, 8: me gusta mucho, 7: me gusta bastante, 6: me gusta ligeramente, 5: ni me gusta ni me disgusta, 4: me disgusta ligeramente, 3: me disgusta bastante, 2: me disgusta mucho y 1: me disgusta muchísimo tal como describe Rodríguez Cruz (2015).

Para la evaluación de la aceptabilidad general de la cerveza se trabajó con jueces no entrenados, consumidores habituales de cerveza (18 a 50 años) en un total de 50 jueces, donde a cada juez se brindó cuatro muestras estadísticamente aleatorizadas.

Análisis Estadístico

Para el estudio del efecto del tiempo y temperatura sobre los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante se aplicó el diseño completamente al azar y el diseño factorial 2². Para determinar las diferencias entre tratamientos, se utilizó la prueba de tukey con el paquete estadístico MINITAB versión 18 Statistical Software.

Resultados y Discusión

Fenólicos Totales y Capacidad Antioxidante

Las cuantificaciones de los fenólicos totales y la capacidad antioxidante de las muestras de cuatro tratamientos de la cerveza artesanal tipo Ale con incorporación piel de uva variedad negra criolla, se presentan en la tabla 1.

Los fenólicos totales, según comparación múltiple de Tukey entre las medias (tabla 1), no existe diferencia significativa ($p>0,05$) entre los tratamientos T1 y T3 (tiempo 10 min en ambos casos y temperatura de 50 y 70°C, respectivamente) así como entre los tratamientos T2 y T4 (tiempo 30 min en ambos casos y 50 y 70°C, respectivamente). En cambio, los tratamientos T1 y T2, así como T3 y T4 (distintos tiempos e iguales temperaturas) fueron significativamente ($p>0,05$) diferentes. Donde se puede observar que, a mayor tiempo y temperatura de maceración presentaron una disminución de los fenólicos totales y sus contrapartes menor tiempo y temperatura de maceración suponen mejorar la estabilidad de los fenólicos totales.

Tabla 1

Fenólicos totales y capacidad antioxidante de cerveza artesanal tipo Ale con incorporación de piel de uva

	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Fenólicos totales (mg GAE/L)	Capacidad antioxidante (Mm DPPH/mL)
T1	10	50	338,93 ± 19,48 a	19,38 ± 0,05 a
T2	30	50	276,11 ± 18,16 b	16,88 ± 0,05 c
T3	10	70	333,07 ± 21,25 ab	17,08 ± 0,05 b
T4	30	70	288,08 ± 6,65 ab	17,14 ± 0,04 c
Testigo			248,21 ± 7,30 ab	16,38 ± 0,08 d

Los valores son la media ± desviación estándar. Las letras minúsculas en superíndice mencionan las diferencias significativas ($p<0,05$) o no significativas entre los tratamientos.

T1: Tratamiento 1; T2: Tratamiento 2; T3: Tratamiento 3; T4: Tratamiento 4.

Estos resultados, deslumbran el efecto del tiempo y temperatura de maceración con la incorporación de la piel de uva sobre el mosto de la cerveza, ya que en estudios previos, mencionaron que las condiciones de tiempo y temperatura fueron determinantes en el contenido de los fenólicos totales, porque demostraron una tendencia a la disminución cuando se incrementa la temperatura y el tiempo de exposición, de la cual algunos autores señalaron que, la temperatura de cocción tiene efecto significativo sobre el contenido de fenólicos totales, por lo cual sugirieron que no es muy apropiado exponer a temperaturas altas (Alide et al., 2020; Sharma et al., 2015). Ciertamente, la variación de los fenólicos totales estaría influenciada por la piel de uva (5%), debido a que la maceración fue específica después de la cocción del mosto, considerando que los subproductos de la uva son una fuente interesante de compuestos fenólicos, debido a que, durante la vinificación, no se produce una transferencia completa de los polifenoles de la uva al mosto (Bobadilla Aransay, 2022). Las cantidades de los compuestos fenólicos posiblemente estén relacionadas con factores genéticos, condiciones ambientales, grado de maduración de la planta, época de cosecha y procedimientos de elaboración del vino (Bender et al., 2020).

En principio, el contenido de los compuestos fenólicos esta atribuido a la materia prima utilizado en la elaboración de cerveza, como la malta (70-80%) y el lúpulo (20-30%), sobre todo los derivados del ácido hidroxycinámico y flavonoides (Gerhäuser, 2009; Zhao, 2015). Los resultados obtenidos entre los distintos tratamientos de la presente investigación variaron entre 276,11 mg GAE/L a 338,93 mg GAE/L, correspondientes a los tratamientos T2 y T1, respectivamente, por lo que se ha observado que existe un incremento significativo en todos los tratamientos incorporados con piel de uva en comparación con el testigo (tabla 1). La tendencia de estos resultados se asemeja con otro estudio previo, donde mencionaron, que la aplicación de subproductos de la uva blanca también mejoró la concentración de los compuestos fenólicos con una variedad de componentes volátiles en la cerveza (Gasiński, Kawa-Rygielska, Mikulski, Kłosowski, & Głowacki, 2022). Así mismo, estos resultados se encuentran dentro de las medias de otros estudios, por ejemplo, en una evaluación de 34 tipos de cervezas los contenidos de fenólicos totales variaron entre 152,01 mg GAE/L (cerveza Reeb) a 339,12 mg GAE/L (cerveza Carlsberg) (Zhao, Chen, Lu, & Zhao, 2010). Los resultados de la presente investigación no fueron ampliamente superiores, pero han demostraron mayores valores comparadas con muchas de las cervezas referidas en el estudio mencionado.

Respecto a los resultados de la capacidad antioxidante (tabla 1), se ha observado diferencias

estadísticamente significativas entre todos los tratamientos, donde, el tratamiento T1 diseñada con 10 min, 50°C y 5% de piel de uva, fue significativamente superior comparados con el testigo y el resto de tratamientos, lo que demuestra que el menor tiempo y una relativa menor temperatura de maceración en la elaboración de cerveza, suponen una mejor capacidad antioxidante. Así mismo, según la prueba de Tukey, el comportamiento de los resultados entre tratamientos ha demostrado una evidente diferencia significativa. En suma, se ha observado una tendencia a disminuir la capacidad antioxidante cuando la aplicación del tiempo y temperatura de exposición son mayores.

La capacidad antioxidante osciló entre 19,38 a 16,88 Mm DPPH/mL (tabla 1), correspondientes a los tratamientos T1 (aplicados a una maceración de 50°C durante 10 min con una carga de hollejo de uva del 5%) y T2 (aplicados a una maceración de 50°C durante 30 min con 5% de piel de uva), respectivamente. Estos resultados, evidencian que existe una tendencia correlativa con el contenido de fenólicos totales, ya que son los mismos tratamientos que se destacan con la mayor o menor capacidad antioxidante, de la cual otros estudios también encontraron este comportamiento, donde los niveles de fenólicos totales se correlacionaron positivamente con la capacidad antioxidante (Cantillano, Ávila, Peralba, Pizzolato, & Toralles, 2012). Así mismo, señalaron que la capacidad antioxidante de los subproductos de vinificación concuerda con el contenido de los fenólicos totales, sobre todo cuando las muestras han sido micronizadas (Bender et al., 2020). Los valores intermedios entre los tratamientos del presente estudio fueron significativamente diferentes entre sí. Por su parte, el tratamiento del testigo (no tiene piel de uva) tuvo una capacidad antioxidante significativamente inferior comparados con todos los tratamiento en estudio, lo que supone la calidad de los compuestos antioxidantes procedentes de la piel de uva, ya que en otros estudios mencionaron que los subproductos de vinificación son fuente de elevadas cantidades de compuestos antioxidantes, debido a que, durante la vinificación, no se produce necesariamente una transferencia completa de los polifenoles de la uva al mosto (Bobadilla Aransay, 2022; Bredun et al., 2023).

Análisis Físicoquímico

En la tabla 2 se presentan los resultados de la caracterización físicoquímica para los distintos tratamientos estudiados.

El pH fue medido antes y después del proceso de fermentación como parte de la elaboración de la cerveza artesanal con la incorporación de piel de uva, realizada previamente en la etapa de maceración. En ese sentido,

los valores de pH antes de la fermentación fluctuaron entre 5,55 a 5,81, correspondientes a los tratamientos T4 y T1, respectivamente y después de la fermentación, los valores de pH fueron de 4,38 a 4,89, correspondientes a los tratamientos T4 y T1, respectivamente. Estos valores son similares a los reportados en otros estudios, donde presentaron pH medio antes de la fermentación de 5,64 (Grassi et al., 2014) y después de la fermentación valores medio de 4,40 (Nunes Filho et al., 2021). En otro estudio también presentaron valores de pH en cervecería artesanal que fluctúan entre 4,5 a 5,17, por el cual se puede precisar que los valores encontrados en el presente estudio se asemejan a las fluctuaciones mencionadas. En cuanto a la comparación estadística

entre tratamientos, se ha observado, que el pH antes y después de la fermentación tienen los mismos comportamientos, donde los tratamientos T2 y T3 no son significativamente diferentes, en tanto los tratamientos T1 y T4 fueron significativamente diferentes ($p < 0,05$). Estas valoraciones están dentro de los reportados en los estudios citados. Es preciso indicar respecto a las disminuciones del pH entre antes y después de la fermentación, aunque manteniéndose dentro de los niveles reportados por otros estudios, podrían deberse a la incorporación de la piel de uva, ya que también dieron cuenta que, la adición de frutas en la cerveza disminuye el valor del pH, lo que corresponde a un aumento en la concentración de ácidos orgánicos (Gasiński et al., 2022).

Tabla 2

Control fisicoquímico de la cerveza artesanal tipo Ale con adición de piel de uva

	T1	T2	T3	T4
pH inicial	5,81 ± 0,04a	5,70 ± 0,03b	5,68 ± 0,04b	5,55 ± 0,08c
pH final	4,89 ± 0,03a	4,64 ± 0,01b	4,67 ± 0,02b	4,38 ± 0,06c
°Brix inicial	9,05 ± 0,07a	8,85 ± 0,21a	9,10 ± 0,10a	9,00 ± 0,14a
°Brix final	0,80 ± 0,07b	0,00 ± 0,00d	0,67 ± 0,05c	2,69 ± 0,05a
Densidad inicial (g/cm ³)	1,0356 ± 0,0011a	1,0354 ± 0,0037a	1,0364 ± 0,0004a	1,0360 ± 0,0006a
Densidad final (g/cm ³)	1,0031 ± 0,010a	0,9955 ± 0,001b	1,0026 ± 0,009a	1,0105 ± 0,001a
°GL	3,43 ± 0,04c	4,41 ± 0,04a	3,64 ± 0,04b	3,41 ± 0,03d

Los valores son la media ± desviación estándar. Las letras minúsculas en superíndice mencionan las diferencias significativas ($p < 0,05$) o no significativas entre los tratamientos.

T1: Tratamiento 1; T2: Tratamiento 2; T3: Tratamiento 3; T4: Tratamiento 4

Las mediciones de los °Brix antes de la fermentación fluctuaron entre 8,85 a 9,10 °Brix, correspondientes a los tratamientos T2 y T3, respectivamente y tras el proceso de fermentación de 0,00 a 2,69 °Brix, correspondientes a los tratamientos T2 y T4, respectivamente. En otros estudios reportaron valores medios de 9,37 °Brix (Grassi et al., 2014), cercanas al presente estudio. Así mismo, de acuerdo con las comparaciones entre tratamientos antes de la fermentación no fueron estadísticamente diferentes ($p < 0,05$), probablemente, debido a las mismas condiciones establecidas antes de la maceración, donde las enzimas amilolíticas de la malta pusieron el almidón en azúcares fermentables como por ejemplo maltosa, glucosa o maltotriosa (Bertuzzi et al., 2020; Kawa-Rygielska, Adamenko, Kucharska, Prorok, & Piórecki, 2019), e inclusive podrían haberse disuelto algunos azúcares de la piel de uva frágilmente adheridas en las superficies de éste que no habrían sido utilizados en la elaboración del vino. En cambio, las mediciones de los °Brix después de la fermentación fueron estadísticamente diferentes entre todos los tratamientos.

En referencia a la densidad se contrasta con la concentración de los grados Brix antes y después de la fermentación ya que fluctuaron entre 1,0354 a 1,0364 g/cm³ antes de la fermentación, correspondientes a los tratamientos T2 y T3, respectivamente, y después de

la fermentación fluctuaron entre 0,9955 a 1,0105 g/cm³, correspondiente a las muestras T2 y T4, respectivamente. En cuanto a las comparaciones estadísticas sobre los tratamientos, se ha observado que no existe diferencia estadística significativa entre los cuatro tratamientos antes y después de la fermentación con excepción del tratamiento T2 que fue diferente después de la fermentación. Estas valoraciones de la densidad están dentro de las valoraciones obtenidos por otros autores, quienes encontraron densidades de 1,0338 a 1,0507 g/cm³. (Kawa-Rygielska et al., 2019).

Al inicio del proceso de la fermentación los grados alcohólicos suponen cero °GL, por lo cual era de esperar la reacción de la levadura frente al contenido de los azúcares fermentables y las condiciones de elaboración de la cerveza. Los grados alcohólicos encontrados fluctuaron a partir de 3,41 y 4,41 °GL en volumen, correspondientes a los tratamientos T4 y T2, respectivamente. Estadísticamente, todos los tratamientos fueron significativamente diferentes después de la fermentación. Habiéndose transformado los azúcares fermentables (referencia los °Brix convertidos) en etanol con el 91% en T1, 100% para T2, el 93% en T3 y el 70% para T4. Los tratamientos T1 y T3 alcanzaron a convertir en etanol relativamente cercanos al 100%, en cambio el T4 solo llegó a convertir hasta

el 70% de los azúcares fermentables. Los azúcares que no llegaron a fermentarse, probablemente se deben a los efectos de la reacción de Maillard, donde los azúcares y los aminoácidos podrían combinarse, la cual promovería la formación de sustancias solubles en el medio que no podrían haber utilizado la levadura, por el cual permanecieron después de la fermentación (Gasiński et al., 2022). Si bien la mayoría de los tratamientos, tuvieron la misma cantidad de los ingredientes conformantes en este nuevo diseño de elaboración de cerveza, el tratamiento T2 no podría haberse afectado por las reacciones químicas de reacción de Maillard mencionado, por el cual se fermentaron completamente todos los azúcares fermentables.

Aceptabilidad General

Para el estudio de la aceptabilidad general de la cerveza artesanal tipo Ale con incorporación de piel de uva, se utilizó una escala hedónica de 9 puntos (me gusta muchísimo, me gusta mucho, me gusta bastante, me gusta ligeramente, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta ligeramente, me disgusta bastante, me disgusta mucho y me disgusta muchísimo). Se evaluó con 50 panelistas no entrenados, cuyas edades fluctuaron entre 20 a 50 años. El tratamiento T4 formulado con 5% de piel de uva y macerados junto con los demás ingredientes propias de la cerveza durante 30 min a 70°C, presentaron mayor preferencia por parte de los panelistas con 95% de intervalo de confianza. De acuerdo, a comparaciones múltiples de Tukey a un nivel probabilístico del 95%, los tratamientos T1, T3 y T4 no son estadísticamente diferentes, por el contrario, el tratamiento T2 fue significativamente diferente entre los tratamientos T1 y T4, aunque, no es diferente con el tratamiento T3 tal como se observa en la tabla 3. Estos resultados, podrían suponer que la cantidad constante de piel de uva (5%) incorporadas a todos los tratamientos no se diferencian entre la mayoría de los tratamientos, con la única variación en el tratamiento T2 que obtuvo el menor valor de preferencia por parte de los panelistas.

Tabla 3

Comparaciones múltiples a un nivel probabilístico del 95%

Tratamientos	N	Aceptabilidad general
T1	50	4,84 ± 1,43 A
T2	50	4,42 ± 1,47 A
T3	50	4,22 ± 1,22 AB
T4	50	3,7 ± 1,66 B

Los valores son la media ± desviación estándar. Las letras mayúsculas en superíndice mencionan las diferencias significativas ($p < 0,05$) o no significativas entre los tratamientos. N: número de panelistas. T1: Tratamiento 1; T2: Tratamiento 2; T3: Tratamiento 3; T4: Tratamiento 4

Los cuatro tratamientos tuvieron una tendencia entre “me gusta ligeramente” y “ni me gusta ni me disgusta”. Estas tendencias podrían deberse a muchas reacciones químicas a causa de los ingredientes así como el proceso de elaboración, entre las que podemos mencionar: Que, durante la maceración, se han liberado el almidón por azúcares fermentables mencionados anteriormente, pero también de carbohidratos no fermentables (como las dextrinas) que, dependiendo de su concentración, podrían haber afectado las características organolépticas de la cerveza (Kawa-Rygielska et al., 2019). Las altas temperaturas de ebullición que se alcanzan durante la cocción de la cerveza, es donde el perfil organoléptico se modifica y se presentan muchos cambios químicos, como isomerizaciones en los α -ácidos, siendo, el lúpulo, por sus propiedades amargas y su alto contenido de aromáticos según cada variedad, quien aporta una fragancia única e incomparable, como notas verdes, cítricas, florales, especiadas, herbáceas, amaderadas y frutales (González-Salitre, Guillermo González-Olivares, & Antobelli Basilio-Cortes, 2023), es decir, que la calidad de la cerveza, está determinado por acción de los compuestos volátiles los que contribuyen al sabor y aroma de la cerveza, incluidos alcoholes superiores, ésteres, aldehídos, diacetilo, pentanodiona, ácidos volátiles y sulfuros (Liu et al., 2018). Y la presencia de un ingrediente convencionalmente ajeno al producto como la piel de uva, habría logrado variar las propiedades sensoriales de la cerveza, ya que, en estudios previos, se indican que ingredientes adjuntos en la cerveza deben ser añadidos en cantidades que no afecten significativamente el contenido sacarino del mosto, ni desnivelen el sabor con exceso de acidez y astringencia (Pilligua, Zambrano, Gonzáles, Delgado, & Merlo, 2021). Por lo cual, la adición de piel de uva, específicamente de la variedad negra criolla, podría haber aumentado la concentración de muchos componentes volátiles, como el decanoato o dodecanoato de etilo los que influyeron en las características sensoriales, aunque por otro lado se han mencionado que la presencia de subproductos de la uva en la elaboración de la cerveza habría reducido los acetaldehídos (compuesto tóxico) (Gasiński et al., 2022), un componente muy arraigado en las cervezas, la misma que puede formarse por fermentación de la levadura, bacterias del ácido acético u oxidación de etanol y compuestos fenólicos, cuyos niveles varían considerablemente dependiendo de las condiciones de fermentación, como la temperatura, niveles de O_2 , pH, niveles de SO_2 y disponibilidad de nutrientes de la levadura (Paiano et al., 2014). Producir cervezas con bajo contenido alcohólico de alta calidad con un perfil sensorial atractivo sigue siendo un reto (Cappelin et al., 2024), por lo cual los desafíos son constantes y permanentes en la búsqueda de nuevos métodos de producción que conduzcan hacia la mejora del sabor y el perfil aromático de las cervezas.

Conclusiones

La incorporación de 5% de piel de uva de la variedad negra criolla, conjugados en 4 tratamientos de maceración con 50°C por 10 min, 50°C por 30 min, 70°C por 10 min y 70°C por 30 min, demostraron el incremento de los fenólicos totales y la capacidad antioxidante comparados con el control. Los tratamientos con menores parámetros (temperaturas y tiempos) de macerado presentaron mayores niveles de fenólicos totales y capacidad antioxidante que los tratamientos con mayores parámetros (temperaturas y tiempos). La piel de uva y los parámetros de maceración definieron propiedades fisicoquímicas que devinieron en la obtención de la cerveza artesanal tipo Ale con un contenido de alcohol de 91% en T1, 100% en T2, 93% en T3 y el 70% en T4. La aceptabilidad general alcanzó una preferencia tendiente entre “ni me gusta ni me disgusta” a “me gusta ligeramente” por parte de los panelistas no entrenados, donde el T4, destacó con la mayor preferencia respecto a los otros tratamientos. Este estudio, destacó la obtención de cerveza artesanal tipo Ale con interesantes atributos antioxidantes y vislumbra nuevas propiedades sensoriales plausibles de mejoras en nuevos sabores y/o aromas a razón del ingrediente no convencional que podría ser adaptable en el paladar de los consumidores, por lo cual en futuras investigaciones se debe continuar trabajando con pieles de uvas de otras variedades, con proporciones diferentes en contraste con los ingredientes tradicionales.

Agradecimientos

Se agradece el de financiamiento en equipamiento e insumos por el proyecto de investigación “Efecto del tiempo y temperatura de maceración con la adición de hollejo de uva (*Vitis vinifera*) sobre la capacidad antioxidante en la elaboración de cerveza artesanal tipo ale”, aprobada por las Resoluciones de C.O. N° 437-2016-UNAM y C.O. N° 221-2018-UNAM de la Universidad Nacional de Moquegua.

Referencias

Abderrahim, F., Arribas, S. M., Gonzalez, M. C., & Condezo-Hoyos, L. (2013). Rapid high-throughput assay to assess scavenging capacity index using DPPH. *Food Chemistry*, 141(2), 788-794. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.055>

Alide, T., Wangila, P., & Kiprop, A. (2020). Effect of cooking temperature and time on total phenolic content, total flavonoid content and total in vitro antioxidant activity of garlic. *BMC Research Notes*, 13(1), 564. doi:10.1186/s13104-020-05404-8

AOAC-932.12. (1980). Official Methods of Analysis 932.12 Solid (Soluble) in Fruit Products. Refractometer Method. 16 th Edition. Washington D.C., USA. In.

AOAC-981.12. (1990). Official methods of analysis. 981.12 pH of Acidified Foods. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 15th edition. Washington, DC.

Arranz, S., & Saura Calixto, F. (2010). Analysis of polyphenols in cereals may be improved performing acidic hydrolysis: A study in wheat flour and wheat bran and cereals of the diet. *Journal of Cereal Science*, 51(3), 313-318. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.01.006>

Barbagallo, R. N., Rutigliano, C. A. C., Rizzo, V., & Muratore, G. (2025). Exploring beer culture dissemination and quality perception through different media: the craft beer experience. *Food and Humanity*, 4, 100522. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2025.100522>

Becchi, P. P., Vezzulli, F., Lambri, M., Lucini, L., Chinnici, F., Romanini, E., & Gabrielli, M. (2025). Characterization of Italian Grape Ale beers obtained with different additions of Malvasia di Candia Aromatica must and marcs. *Journal of Food Composition and Analysis*, 137, 106970. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106970>

Bender, A. B. B., Speroni, C. S., Moro, K. I. B., Morisso, F. D. P., dos Santos, D. R., da Silva, L. P., & Penna, N. G. (2020). Effects of micronization on dietary fiber composition, physicochemical properties, phenolic compounds, and antioxidant capacity of grape pomace and its dietary fiber concentrate. *LWT*, 117, 108652. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108652>

Bertuzzi, T., Mulazzi, A., Rastelli, S., Donadini, G., Rossi, F., & Spigno, G. (2020). Targeted healthy compounds in small and large-scale brewed beers. *Food Chemistry*, 310, 125935. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125935>

Bobadilla Aransay, S. (2022). *Estudio del potencial de subproductos de vinificación como fuente de compuestos fenólicos*. (Maestría Fin de Grado). Universidad Pública de Navarra/Universidad del País Vasco, Universidad Pública de Navarra/ Universidad del País Vasco/CSIC-CAR-UR– Instituto del Ciencias de la Vid y el Vino (ICVV). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10261/296468>

- Bredun, M. A., Prestes, A. A., Panceri, C. P., Prudêncio, E. S., & Burin, V. M. (2023). Bioactive compounds recovery by freeze concentration process from winemaking by-product. *Food Research International*, 173, 113220. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113220>
- Cantillano, R. F. F., Ávila, J. M. M., Peralba, M. d. C. R., Pizzolato, T. M., & Toralles, R. P. J. H. B. (2012). Actividad antioxidante, compuestos fenólicos y ácido ascórbico de frutillas en dos sistemas de producción. 30, 620-626.
- Cappelin, E., Meneguzzi, D., Hendges, D. H., Oldoni, T. L. C., Daltoé, M. L. M., Marchioro, M. L. K., & da Cunha, M. A. A. (2024). Low-alcohol light beer enriched with olive leaves extract: Cold mashing technique associated with interrupted fermentation in the brewing process. *Electronic Journal of Biotechnology*, 68, 81-89. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2024.01.002>
- Carisma, N. A. S., & Calingacion, M. N. (2025). Metabolomics and (craft) beers – recent advances. *Food Research International*, 205, 116010. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116010>
- Cheiran, K. P., Raimundo, V. P., Manfroi, V., Anzanello, M. J., Kahmann, A., Rodrigues, E., & Frazzon, J. (2019). Simultaneous identification of low-molecular weight phenolic and nitrogen compounds in craft beers by HPLC-ESI-MS/MS. *Food Chemistry*, 286, 113-122. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.198>
- Díaz, L. E., Gómez-Martínez, S., Nova, E., & Marcos, A. (2022). ¿Sabemos lo que es un consumo moderado de alcohol? El caso particular de la cerveza. *Nutrición Hospitalaria*, 39, 12-16. Retrieved from http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112022000700004&nrm=iso
- Dlamini, B. C., Taylor, J. R. N., & Buys, E. M. (2019). Influence of ammonia and lysine supplementation on yeast growth and fermentation with respect to gluten-free type brewing using unmalted sorghum grain. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(2), 841-850. doi:10.1111/ijfs.14373
- Drevelegka, I., & Goula, A. M. (2020). Recovery of grape pomace phenolic compounds through optimized extraction and adsorption processes. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, 149, 107845. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ccep.2020.107845>
- Gasiński, A., Kawa-Rygielska, J., Mikulski, D., Kłosowski, G., & Głowacki, A. (2022). Application of white grape pomace in the brewing technology and its impact on the concentration of esters and alcohols, physicochemical parameters and antioxidative properties of the beer. *Food Chemistry*, 367, 130646. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130646>
- Gerhäuser, C. (2009). 68–Phenolic Beer Compounds to Prevent Cancer. In V. R. Preedy (Ed.), *Beer in Health and Disease Prevention* (pp. 669-684). San Diego: Academic Press.
- González-Salitre, L., Guillermo González-Olivares, L., & Antobelli Basilio-Cortes, U. (2023). Humulus lupulus L. a potential precursor to human health: High hops craft beer. *Food Chemistry*, 405, 134959. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134959>
- Grassi, S., Amigo, J. M., Lyndgaard, C. B., Foschino, R., & Casiraghi, E. (2014). Beer fermentation: Monitoring of process parameters by FT-NIR and multivariate data analysis. *Food Chemistry*, 155, 279-286. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.060>
- Kawa-Rygielska, J., Adamenko, K., Kucharska, A. Z., Prorok, P., & Piórecki, N. (2019). Physicochemical and antioxidative properties of Cornelian cherry beer. *Food Chemistry*, 281, 147-153. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.093>
- Kunze, W. (2006). *Tecnología para Cerveceros y Malteros* (Berlin Ed. Primera edición en español ed.). VLB Berlin, Seestraße 13, 13353 Berlín, Alemania.
- Ledley, A. J., Elias, R. J., & Cockburn, D. W. (2024). The role of starch digestion in the brewing of gluten-free beers. *Food Bioscience*, 61, 104949. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104949>
- Liu, C., Li, Q., Niu, C., Tian, Y., Zhao, Y., & Yin, X. (2018). The use of atmospheric and room temperature plasma mutagenesis to create a brewing yeast with reduced acetaldehyde production. *I24(3)*, 236-243. doi: <https://doi.org/10.1002/jib.498>
- Macavilca, E. A., & Condezo-Hoyos, L. (2020). Assessment of total antioxidant capacity of altiplano colored quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) by visible and near-infrared diffuse reflectance spectroscopy and chemometrics. *LWT*, 134, 110182. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110182>

- Mu, Y., Zeng, C., Ni, Y., Zhang, S., Yang, J., & Feng, Y. (2025). Comparative analysis of physicochemical properties, antioxidant activities, and metabolomic profiles in daylily-supplemented craft beer fermented with different *Saccharomyces* strains. *Food Chemistry: X*, 26, 102326. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102326>
- Nardini, M., & Garaguso, I. (2020). Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. *Food Chemistry*, 305, 125437. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125437>
- Nunes Filho, R. C., Galvan, D., Effting, L., Terhaag, M. M., Yamashita, F., Benassi, M. d. T., & Spinosa, W. A. (2021). Effects of adding spices with antioxidants compounds in red ale style craft beer: A simplex-centroid mixture design approach. *Food Chemistry*, 365, 130478. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130478>
- Paiano, V., Bianchi, G., Davoli, E., Negri, E., Fanelli, R., & Fattore, E. (2014). Risk assessment for the Italian population of acetaldehyde in alcoholic and non-alcoholic beverages. *Food Chemistry*, 154, 26-31. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.098>
- Paucar-Menacho, L. M., Salvador-Reyes, R., Castillo-Martinez, W. E., Lavado-Cruz, A., Verona-Ruiz, A., Campos-Rodriguez, J., . . . Quezada-Berrú, S. (2025). Optimization of a craft ale-type beer enriched with cañihua malt (*Chenopodium pallidicaule*) and banana passionfruit juice (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*). *Heliyon*, 11(4), e42610. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42610>
- Pilligua, R. L., Zambrano, R. L. B., Gonzáles, A. E. M., Delgado, E. G. L., & Merlo, R. J. R. E. (2021). Influencia del mucilago de cacao (*Theobroma cacao*) en las características fisicoquímicas y sensoriales de la cerveza artesanal. *Revista Espamciencia*, 12(1), 25-32.
- QuercusLab. (2015). Método del picnómetro para determinar densidades. *Blog sobre la ciencia y sobre la vida en el laboratorio*. Retrieved from bit.ly/4dMiW9s
- Radu, E. D., Mureșan, V., Emilia Coldea, T., & Mudura, E. (2024). Unconventional raw materials used in beer and beer-like beverages production: Impact on metabolomics and sensory profile. *Food Research International*, 183, 114203. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114203>
- Rodríguez Cruz, W. E. (2015). *Efecto de la sustitución de cebada (Hordeum vulgare) por quinua (Chenopodium quinoa) y del pH inicial de maceración en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de una cerveza tipo Ale*. (Tesis para optar Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias). Universidad privada Antenor Orrego, Retrieved from <https://bit.ly/45FqHCA>
- Schmidt-Hebbel, H. (1966). *Química y tecnología de los alimentos*: Editorial Salesiana.
- Sharma, K., Ko, E. Y., Assefa, A. D., Ha, S., Nile, S. H., Lee, E. T., & Park, S. W. (2015). Temperature-dependent studies on the total phenolics, flavonoids, antioxidant activities, and sugar content in six onion varieties. *Journal of Food and Drug Analysis*, 23(2), 243-252. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2014.10.005>
- Tufariello, M., Grieco, F., Fiore, A., Gerardi, C., Capozzi, V., & Baiano, A. (2024). Effects of brewing procedures and oenological yeasts on chemical composition, antioxidant activity, and sensory properties of emmer-based craft beers. *LWT*, 199, 116044. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116044>
- Wanderley, R. d. O. S., Figueirêdo, R. M. F. d., Queiroz, A. J. d. M., Santos, F. S. d., Silva, A. P. d. F., Paiva, Y. F., . . . Lima, A. G. B. d. (2023). Effect of drying temperature on antioxidant activity, phenolic compound profile and hygroscopic behavior of pomegranate peel and seed flours. *LWT*, 189, 115514. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115514>
- Zhao, H. (2015). Chapter 64—Effects of Processing Stages on the Profile of Phenolic Compounds in Beer. In V. Preedy (Ed.), *Processing and Impact on Active Components in Food* (pp. 533-539). San Diego: Academic Press.
- Zhao, H., Chen, W., Lu, J., & Zhao, M. (2010). Phenolic profiles and antioxidant activities of commercial beers. *Food Chemistry*, 119(3), 1150-1158. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.028>