



Capacidad antioxidante de la cerveza artesanal red ale con la adición de extracto de maíz morado (*Zea mays* L) y zumo de fruta de maracuyá (*Passiflora edulis*)

Antioxidant capacity of red ale craft beer with the addition of purple corn (*Zea mays* L) extract and passion fruit (*Passiflora edulis*) juice.

Natanael Rodríguez Sánchez

Universidad Nacional del Santa
natanaelrodriguez@gmail.com

Gianfranco German Llona Cueva

Universidad Nacional del Santa
gian_llona_cueva_1994@hotmail.com

Gilbert Rodríguez Paucar

Universidad Nacional del Santa
grodriguez@uns.edu.pe

Beethssy Zzussy Hurtado-Soria

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo
beethssy.hurtado@unat.edu.pe

Maribel Pineda Pérez

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo
44044871@unat.edu.pe

Cristian Miguel Huamán Zevallos

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo
71972261@unat.edu.pe

Lucia Ruth Pantoja Tirado

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo
luciapantoja@unat.edu.pe

Eudes Villanueva López

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo
eudesvillanueva@unat.edu.pe

RESUMEN

El aumento de productos alimentarios con potencial antioxidante beneficioso para la salud humana es de gran interés. El presente estudio tiene como objetivo desarrollar una cerveza artesanal (red ale) con la adición de 3, 5 y 7% de extracto de maíz morado y 0.2, 0.6 y 1% de zumo de fruta del maracuyá. Se obtuvieron resultados prometedores con la adición de 7% extracto de maíz morado de y 1% de zumo de fruta de maracuyá, ya que produjeron un contenido de compuestos fenólicos de 2082 mg GAE/100 mL (método de Folin Ciocalteu) con una capacidad antioxidante de 1716 mg TEAC/100 mL (método del 2,2-difenil-1-picril-hidrazil-hidrato, DDPH) y 2697 mg TEAC/100 mL (método de la medición del poder antioxidante férrico, FRAP). Por último, estos resultados mostraron una aceptabilidad sensorial significativa con respecto al control ($p < 0,05$). El desarrollo de cervezas artesanales con adición de estas materias primas puede ser tomados como referencia para su aplicación a nivel industrial.

Palabras clave: Cerveza artesanal, maíz morado, maracuyá, DPPH, FRAP, fenólicos.

ABSTRACT

The increase of food products with antioxidant potential beneficial to human health is of great interest. The present study has as a goal to develop an artisanal beer (ale network) with the addition of 3, 5 and 7% extract of purple corn and 0.2, 0.6 and 1% of fruit juice from the sea. Promising results were obtained with the addition of 7% purple corn extract and 1% passion fruit juice, since they produced a phenolic compound content of 2082 mg GAE/100 mL (Folin Ciocalteu method) with an antioxidant capacity of 1716 mg TEAC/100 mL (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate method, DPPH) and 2697 mg TEAC/100 mL (ferric antioxidant power measurement method, FRAP). Finally, these results showed significant sensory acceptability with respect to the control ($p < 0,05$). The development of craft beers with the addition of these raw materials can be taken as a reference for their application at the industrial level.

Keywords: Craft beer, purple corn, passion fruit, DPPH, FRAP, phenolics.

INTRODUCCIÓN

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas más antiguas y más consumidas a nivel mundial, su gran popularidad se debe a sus cualidades sensoriales, nutricionales y asequibilidad en comparación con otras bebidas alcohólicas (Alcázar et al., 2002; Buiatti, 2009; Salanță et al., 2020; Tafulo et al., 2010). China es el mayor productor de cerveza con 46 mil millones de litros producidos; en segundo lugar, se encuentra Estados Unidos (22,1 mil millones) y en tercer lugar Brasil (13,3 mil millones) (SINDICERV, 2021). La cerveza está compuesta principalmente por cuatro ingredientes: agua, cebada malteada, lúpulo y levadura (Baiano, 2020). La obtención de esta bebida alcohólica se da mediante el proceso de sacarificación del almidón y fermentación de los azúcares obtenidos (Salanță et al., 2020). La regulación para hacer cerveza en algunos países ha permitido que los ingredientes puedan variar, lo que ha llevado al surgimiento de cervezas artesanales en las que se agregan frutos o derivados de ellos como: cerezas, mango, melocotón, pera, manzana, piña, plátano entre otras, que crean un perfil sensorial distintivo (Castro Marin et al., 2021; Jahn et al., 2020; Park et al.,

2019). Además, la incorporación de frutas puede incrementar más la presencia de compuestos bioactivos sobre la cerveza (Bamforth, 2002; Deng et al., 2020; Salanță et al., 2020). El maíz morado (*Zea mays* L) posee un elevado contenido de polifenoles, con potencial beneficios para la salud (Lee et al., 2021). La principal característica del maíz morado es el alto contenido de compuestos polifenólicos, especialmente de antocianinas (Lao et al., 2017). El maracuyá (*Passiflora edulis*) es de clima tropical y subtropical y produce frutos para consumo natural y producción de jugo (Faleiro et al., 2019). Entre las propiedades nutricionales del maracuyá se destacan los contenidos de carotenoides totales, flavonoides totales y polifenoles totales (Septiembre -Malaterre et al., 2016). Este fruto es ampliamente utilizado en la medicina tradicional, así como por las industrias alimentarias de todo el mundo (Corrêa et al., 2016). Los polifenoles de la cerveza provienen de la malta (70-80 %) y el lúpulo (20-30 %) (Callemien & Collin, 2009). La adición del extracto de maíz morado y jugo de maracuyá sobre la cerveza artesanal podrían incrementar el contenido de compuestos fenólicos y expresar un efecto positivo

sobre propiedades antioxidantes de la cerveza artesanal desarrollada. Este trabajo tuvo como objetivo determinar el contenido de compuestos fenólicos (TPC), la actividad antioxidante (FRAP y DPPH) y la aceptabilidad sensorial de cerveza artesanal, tipo red ale, con adición de extracto de maíz morado y zumo de maracuyá.

METODOLOGÍA

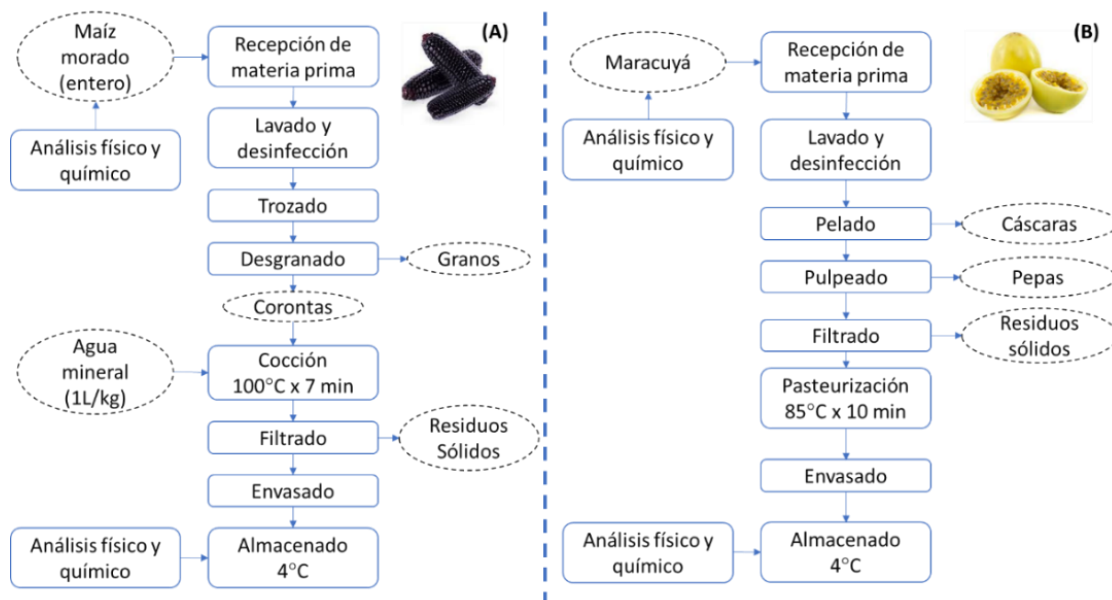
Materias primas y caracterización

El maíz morado fue de la variedad Canteño procedente de la localidad de Jimbe (Chimbote, Ancash – Perú), el procedimiento de obtención del extracto de maíz morado se describe en la Figura 1A. Los frutos de maracuyá fueron obtenidos del Valle de Santa (Chimbote, Ancash – Perú), la obtención del zumo de maracuyá se presenta en la

Figura 1B. La obtención del extracto de maíz morado y jugo de maracuyá fueron realizados en el Instituto de Investigación Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa (UNS), Chimbote – Perú. Se determinó los grados Brix según el método 932.12 de la AOAC (2000), usando un refractómetro digital (Hanna Instruments, HI9680, USA). El potencial de hidrógeno (pH) se determinó según el método 981.12 de la AOAC (2000), usando un pH-metro digital (Hanna Instruments, HI98107, USA). El contenido de antocianinas en el extracto de maíz morado se determinó según el método de Sotero & García (2009). El contenido de vitamina C en el zumo de maracuyá se calculó utilizando la reacción del 2-6 diclorofenol indofenol, descrito en la AOAC (2000).

Figura 1

Obtención de (A) extracto de maíz morado y (B) zumo de maracuyá.



Nota. La figura muestra la obtención de extractos de maíz morado y jugo de maracuyá.

Elaboración de cerveza

Para la elaboración de la cerveza artesanal, se adquirió: malta (Maris Otter Pale ale 3 – Muntons, Inglaterra), malta horneada (Malta Special X 300 -

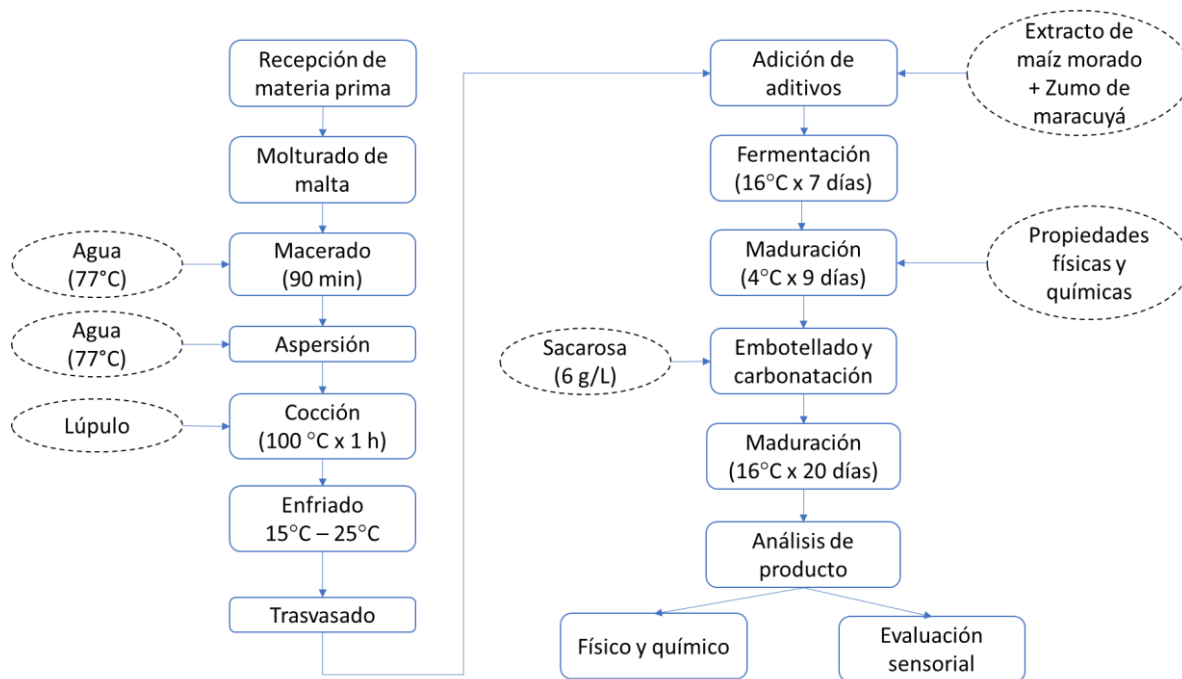
Best Malz, Alemania), lúpulo (Mandarina Bavaria 7,3%, Alemania) y levadura (US-05 American ale Safale/ Laboratorio Fermentis, USA), pertenecientes a la Asociación Cerveceros

Artesanales Perú (ACAP). El procedimiento para obtener la cerveza artesanal se presenta en la Figura 2, y se realizó en las instalaciones del Instituto de

Investigación Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa (UNS), Chimbote – Perú.

Figura 2

Procedimiento para la obtención de cerveza artesanal red ale utilizando extracto de maíz morado y jugo de maracuyá.



Nota. La figura muestra el proceso de obtención se cerveza

Compuestos fenólicos totales (TPC)

Los TPC se determinaron con el método espectrofotométrico propuesto por Folin & Ciocalteu (1927). Las muestras de cerveza se desgasificaron por trasvase y se diluyo en 1/41 (v/v) en tubos de vidrio, se añadió de cada tubo 900 µL de muestra y 300 µL de solución Folin Ciocalteu 0.25 N en tubos de vidrio. Se agitó y reposó por 5 min, luego se añadió 150 µL de NaCO₃, se homogenizó y se enrazo hasta un volumen de 3750 µL con agua destilada. Se agitó y reposó por 5 min y se procedió a medir en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 726 nm. Se realizará una curva patrón con 150, 300, 600, 900, 1200 µL de ácido gálico respectivamente en cada tubo. Luego se

añadió 300 µL de la solución Folín Ciocalteu 0.25 N, se agitó y reposó por 5 min. Se añadió seguidamente 150 µL de NaCO₃ y se agitó, se enrazaron todos los tubos a un volumen de 3750 µL con agua destilada, se agitó para homogenizar y se dejó reposar por 5 min, se colocó en un espectrofotómetro Para determinar TPC en las muestras se multiplicó por el factor de dilución las concentraciones obtenidas en el espectrofotómetro y se expresó en mg GAE/100 mL.

Capacidad antioxidante – DPPH

Este método está fundamentado en el apareamiento del electrón del radical DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) con el electrón de un antioxidante donador, la reacción alcanza su máxima absorbancia

a 517 nm (Plank et al., 2012). Se midió 100 uL de cada tratamiento de cerveza previamente desgasificada, para luego agregarle 2 mL de agua destilada, se agitaron todas las muestras de cerveza por 2 minutos utilizando un vortex. Se preparó una solución de DPPH a una concentración de 40 ppm, donde 20 mg de DPPH se pesaron en una fiola de 500mL recubierta en papel aluminio y se agregó 250 mL de metanol, se vertió en contenido en un vaso de precipitado recubierto en papel aluminio y se colocó el magneto para hacer uso de un agitador magnético por 20 minutos, posteriormente se añadió 250 mL de agua destilada y se agitó 20 minutos. Se retiró el magneto y se vertió el contenido en la fiola de 500 mL aforando con metanol. Se agito por tercera vez durante 10 minutos y se trasladó el contenido a un envase de vidrio ámbar. Se protegió la a solución DPPH de la luz en cada etapa de la preparación. Estándar de trolox (50 mg/10mL): Se pesó 5.00 mg de Trolox, se transfirió el reactivo a una fiola recubierta de papel aluminio de 10 mL y se adicionó 5 ml de metanol, Se agito el contenido en el vortex durante 5 minutos. Posteriormente se añadieron 5 mL de agua destilada y se agito por 5 minutos adicionales, para finalmente aforar con metanol. Luego se vertió el contenido de vidrio ámbar. Se realizó una curva patrón de diferentes alícuotas (0.1, 0.2, 0.3 y 0.4 mL de estándar stock de trolox (50 mg/100 mL) y se verte en tubos de vidrio (cada punto por triplicado). Se adiciono 6.25 mL de solución de DPPH. Se cerró bien los tubos y se llevó a incubación en baño maría con agitación a 37 °C por 2 horas.

Se realizó la lectura a 517 nm previamente utilizando el blanco de agua destilada. La actividad antioxidante se determinó multiplicando por el factor de dilución las concentraciones obtenidas en el espectrofotómetro, adicionalmente se calculó

índice de degradación IC50, solo al tratamiento con mayor actividad antioxidante. El DPPH se expresó como mg TEAC/100 mL.

Capacidad antioxidante – FRAP

Para el análisis de actividad antioxidante se utilizó el método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) que se elaboró y desarrolló originalmente por Benzie & Strain (1996); actualmente se viene utilizando para medir la actividad antioxidante en muestras botánicas (Prior et al., 2005). En esta reacción lo que se busca es cuantificar la absorbancia de la reducción del complejo férrico 2, 4, 6, tripiridil-s-triazina (TPTZ) a ion ferroso en presencia de un pH bajo; generando así que el complejo ferroso-tripiridil-triazina coloreado (Fe²⁺-TPTZ), se forme, este complejo generado se mide a longitud de onda de 593 nm. Se midió 100 uL de cerveza previamente desgasificada, para luego agregarle 4 mL de agua destilada y se agito por 2 min en un vortex. Se realizó una curva patrón con 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 uL de estándar de trolox (1 mM) mezclados con 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 uL de metanol al 50% en los tubos de vidrio. A todos los tubos se agregaron 2250 µL de solución FRAP a los tubos de vidrio con estándar trolox, se agitó y se mantuvo por 1 hora a 37 °C en el sonicador. Se agitó y se leyó en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 593 nm.

Análisis sensorial

Las muestras de cerveza fueron evaluadas por un número de 75 panelistas no entrenados, de ambos sexos y mayores de edad (18 – 45 años), correspondientes a los alumnos y trabajadores de la Universidad Nacional del Santa, con la finalidad de conocer el grado de aceptación de cada muestra de cerveza. Se utilizó una cartilla sensorial para

analizar la aceptabilidad general, olfato, sabor y color de las cervezas, haciendo uso de escalas continuas dentro del rango de 7 puntos. Las opciones de respuesta fueron: 1= Me disgusta mucho, 2= Me disgusta, 3= Me disgusta ligeramente, 4= Ni me gusta ni me disgusta, 5= Me gusta ligeramente, 6= Me gusta, 7= Me gusta mucho.

Análisis Estadístico

Teniendo las dos variables independientes (factores) presentados en la Tabla 1, X1: extracto de maíz

morado y X2: jugo de maracuyá, se desarrolló un diseño factorial del tipo 32 (Tabla 2). Todas las medias de las muestras fueron obtenidas por triplicado. Los datos obtenidos respecto a las características físicas, químicas y sensoriales de la cerveza se procesaron con el programa estadístico Minitab Versión 18 (Softonic, EE.UU.). Se utilizó un análisis de la varianza (ANOVA) para analizar el diseño factorial con un nivel de confiabilidad del 95% ($p < 0,05$). Posteriormente, se aplicó la posprueba de Tukey para determinar las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos.

Tabla 1

Niveles de factores independientes

Factores	Niveles		
	-1	0	+1
X1: Extracto de maíz morado (%)	3	5	7
X2: Zumo de maracuyá (%)	0.2	0.6	1

Tabla 2

Diseño factorial

Tratamiento	X1	X2
	Extracto de maíz morado (%)	Jugo de maracuyá (%)
Control	-	-
T1	3	0.2
T2	3	0.6
T3	3	1
T4	5	0.2
T5	5	0.6
T6	5	1
T7	7	0.2
T8	7	0.6
T9	7	1

RESULTADOS

Caracterización de materias primas

Los resultados de caracterización de las materias primas se presentaron en la Tabla 3. La concentración del extracto de maíz morado estuvo en función de la proporción materia prima/agua, se utilizó la proporción de 1 Kg de coronta de maíz / 1 L de agua para la extracción, al finalizar los 10 min

de extracción en ebullición, el volumen final del extracto fue de 0.721 L con 2.4° Brix. Al respecto, Cerro-Ruiz & Espillico-Cormilluni (2021) utilizó 1 Kg de maíz morado en 6, 8, 10 y 12 L y obtuvo extractos de 6, 3.5, 2.5 y 2 °Brix, estos rendimientos son mayores respecto a la presente investigación debido a que la extracción se realizó por 60 min a temperaturas entre 75 y 80°C.

El análisis estadístico mostró que un % de agua en el disolvente mixto agua-etanol del 50% y un nivel de amplitud del 50% eran las condiciones óptimas para obtener los mayores rendimientos de antocianinas.

El pH del extracto fue ácido, que definitivamente afectó la etapa de fermentación de la cerveza para nuestro caso y para la proporción que utilizamos obtuvimos un pH de 5.3, que contrastando con lo investigado por Cerro-Ruiz & Espillico - Cormilluni (2021) nos da valores muy similares pese a que se utilizó un volumen mayor de dilución

obteniéndose valores de 4.9 y 5.5 de pH este último para la dilución más alta, 1 Kg de maíz morado y 12 L de agua; esto tiene mucha lógica ya que el agua tiene un pH neutro y a mayor dilución elevará el pH.

La concentración y el pH del zumo de maracuyá están en función al grado de madurez, obteniendo valores de 15.4 °Brix y pH=3.0, estos valores son similares a los datos obtenidos por (Martínez et al., 2017) donde evalúa dos genotipos de maracuyá con cascara y sin cascara, obteniendo pH=3.2 y 14° Brix.

Table 3

Propiedades químicas y antioxidantes del extracto de maíz morado y del jugo de maracuyá.

Características	Extracto de maíz morado	Jugo de maracuyá
Brix	2.4 ± 0.4	15.4±0.3
pH	5.3±0.3	3.0 ± 0.1
Antocianinas (mg/g)	2.72 ± 0.02	-
Vitamina C (mg /100 mL)	-	26.6 ± 0.8
DPPH (mg TEAC/100 mL)	1.45 ± 0.07	11.5 ± 0.5
FRAP (mg TEAC/100 mL)	20.2 ± 0.23	-

Letras distintas en la fila indican diferencias significativas entre las muestras ($p < 0,05$).

El contenido de antocianinas en el extracto de maíz morado fue inferior al 11-30 mg/g y 186.7 mg/g presentado por Gorriti et al. (2009) y Nolazco (2014), respectivamente.

Las antocianinas normalmente se extraen con solventes como etanol o metanol en medios acidificados (Longo & Vasapollo, 2006); sin embargo, esta investigación utilizó agua bajo ebullición por ello los valores fueron inferiores a los comparados con la literatura. Muangrat et al. (2021) indicó que el mayor rendimiento de antocianinas se obtiene utilizando una relación de mezcla del 50% de agua/etanol (1/1, v/v), nivel de amplitud con ultrasonido de 50%, relación de materia prima/solvente de 1/20, temperatura 65°C y tiempo de 30 minutos.

Según Martínez et al. (2017) el contenido de vitamina C en el maracuyá es de 34.36 mg/100 mL de muestra, superior al presentado en la Tabla 2 para jugo de maracuyá; sin embargo, este valor es importante para influenciar como antioxidante en la elaboración de cerveza.

La actividad antioxidante para el extracto de maíz morado fue superior al jugo de maracuyá utilizando el método FRAP, pero inferior utilizando el método DPPH. Mex - Álvarez et al. (2013) ha sugerido que en las variedades de maíz con mayor contenido de compuestos fenólicos se presenta una mayor actividad antioxidante, pues diversos estudios demuestran una relación entre polifenoles y capacidad antioxidante.

Compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y grado alcohólico de cerveza

En la Tabla 4 se presenta los resultados de los compuestos fenólicos totales (TPC), en cada tratamiento de las cervezas elaboradas, demostrando que en todas existen un alto contenido de TPC y con un máximo valor a los tratamientos T9 Y T6 con 2089 y 1913 mg GAE/100 mL, respectivamente. Haifeng, et al. (2009) estudiaron los TPC de 34 muestras de cerveza utilizando el ensayo de Folin-Ciocalteu y los resultados exhibieron diferencias significativas considerables, variando de 152.01 mg GAE /L para cerveza Reeb a 139.12 mg GAE/L para cerveza Carlsberg. Las cervezas Grolsch, Heineken y Bitburger también tenían mayor TPC (> 190 mg GAE/L). Los resultados obtenidos por Haifeng, et al (2009)

fueron menores que los datos de Lugasi, (2003) pero mayores que los de Shahidi & Naczk (1995) (270-600 mg/100 mL y 60-100 mg /100 mL, respectivamente). Esto podría deberse a las diferencias entre las muestras de cerveza y métodos de evaluación de TPC utilizados en estos estudios.

Estos datos nos demuestran que las cervezas convencionales tienen poca concentración de polifenoles, comparado contra una cerveza artesanal.

Por otra parte, es importante mencionar que el método Folin-Ciocalteu, aunque ampliamente utilizado para bebidas o extractos de plantas, puede sufrir interferencia de otros compuestos específicamente según nos dice en su investigación (Dávalos et al., 2003).

Table 4

Compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y grado alcohólico de la cerveza artesana con extracto de maíz morado y zumo de fruta de la pasión.

Formulación	TPC (mg GAE/100 mL)	DPPH (mg TEAC/100 mL)	FRAP (mg TEAC/100 mL)	Grado alcohólico (%)
Control	1.425 ± 0.014 ^c	1535.333 ± 6.600 ^{cd}	2598.667 ± 6.128 ^c	5.00 ± 0.00 ^b
T1	1.419 ± 0.003 ^c	1466.667 ± 6.128 ^e	2577.333 ± 5.312 ^d	4.23 ± 0.15 ^c
T2	1.329 ± 0.002 ^e	1379.667 ± 6.549 ^f	2553.000 ± 5.715 ^e	4.30 ± 0.00 ^c
T3	1.439 ± 0.011 ^c	1348.000 ± 5.715 ^g	2548.333 ± 6.128 ^e	5.00 ± 0.20 ^c
T4	1.378 ± 0.003 ^d	1528.333 ± 5.312 ^d	2599.001 ± 5.715 ^c	6.20 ± 0.17 ^a
T5	1.291 ± 0.004 ^f	1549.000 ± 5.715 ^{cd}	2608.002 ± 5.726 ^c	5.00 ± 0.20 ^b
T6	1.913 ± 0.002 ^b	1308.667 ± 4.922 ^h	2499.545 ± 6.549 ^f	3.30 ± 0.20 ^d
T7	1.328 ± 0.005 ^e	1649.667 ± 6.128 ^b	2667.234 ± 6.532 ^b	5.70 ± 0.30 ^a
T8	1.278 ± 0.006 ^f	1553.000 ± 6.532 ^c	2656.073 ± 3.742 ^b	4.30 ± 0.20 ^c
T9	2.089 ± 0.007 ^a	1716.000 ± 6.532 ^a	2698.000 ± 6.164 ^a	4.20 ± 0.20 ^c

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (p<0,05).

El contenido de TPC en las muestras de cerveza los cuales cumplen una función antioxidante, sin embargo, la actividad antioxidante de la cerveza, está influenciada por otros compuestos antioxidantes, diferentes a los polifenoles, esto explica la baja correlación entre la actividad antioxidante y los polifenoles.

Respecto a la capacidad antioxidante utilizando el método DPPH y FRAP los valores obtenidos para cada tratamiento fueron elevados en muchos tratamientos respecto al control, comprobando que la cerveza artesanal con la adición de extracto de maíz morado y jugo de maracuyá es mucho más saludable y nutritiva que una cerveza convencional ya que obtuvimos valores entre 1308 - 1716 mg

Trolox/ 100 mL de cerveza utilizando en método DPPH, y valores en el rango de 2499 - 2698 mg Trolox/ 100 mL de cerveza utilizando el método FRAP.

La adición de extracto de maíz morado a diferencia del jugo de maracuyá provocó un mayor incremento de los TPC y capacidad antioxidante en la cerveza, como se puede evidenciar especialmente en el tratamiento T9, este resultado está fundamentado en que el extracto de maíz morado es rico en antocianinas, un antioxidante abundante en la coronta del maíz morado, mientras que la vitamina C en el zumo de maracuyá aporta un valor extra de antioxidantes como lo es la vitamina C.

Es importante señalar que cuando se utilizan ensayos antioxidantes los resultados deben tomarse con pinzas, ya que es importante saber el grado de correlación que existe entre los ensayos in vitro con múltiples acciones in situ de los antioxidantes en los alimentos y tejidos biológicos (Schaich et al., 2015).

El grado alcohólico de los tratamientos fue influenciado por la presencia de jugo de maracuyá, se aprecia contenido alcohólico desde 3.3 % hasta 6.2 % de alcohol para los tratamientos T6 y T4, respectivamente.

Las cervezas tipo ale vienen caracterizadas por llevar una fermentación alta, es decir en la parte superior del fermentador, a una temperatura óptima de fermentación en un rango de temperatura de 15° a 25° C y con un grado alcohólico mayor que las lagers.

Esta temperatura de fermentación le otorga muchas características a este tipo de cerveza, como diferentes tonalidades de color, sabores a frutas, dependiendo de los insumos usados en la elaboración de esta, del mismo modo la generación

de ésteres, compuestos ya sean orgánicos o inorgánicos, que finalmente terminan modificando el sabor de la cerveza (Palomino-Vasco et al., 2022). Según las investigaciones hechas por Rodríguez (2003), que analizó a las cervezas lager y ale nos dice que su contenido en alcohol para las lagers está en un rango de 4.6 % a 4.7 % v/v, y para la cerveza del tipo ale esta entre 4 – 10.0 % (v/v).

Análisis sensorial de cerveza

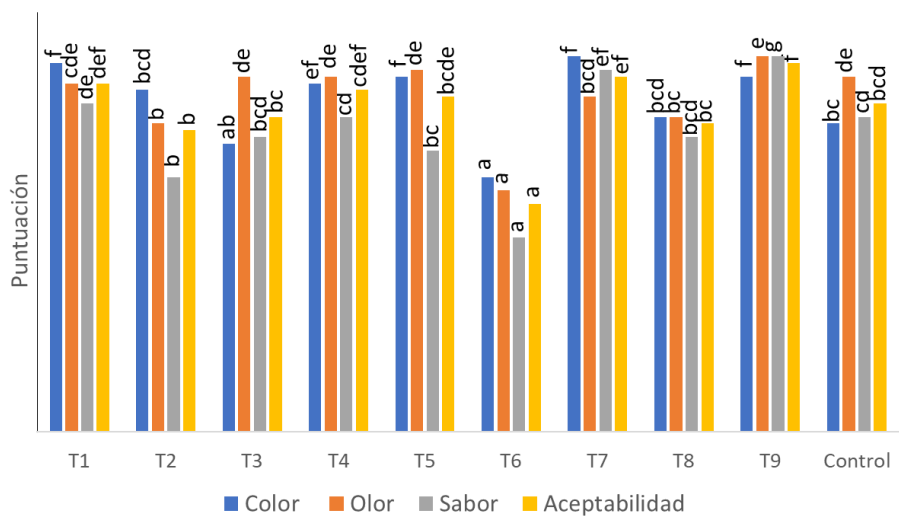
El análisis sensorial de las formulaciones realizadas (Figura 3), indicaron que la formulación T9 presentó la mayor aceptabilidad de los panelistas. Así mismo, en las características de olor y sabor la formulación T9 fue la que obtuvo la mayor puntuación (tendencia a me gusta mucho de parte de los panelistas).

Respecto al color T9 no presentó diferencia estadística significativa con las formulaciones T1, T7 y T5 ($p < 0,05$), estas últimas formulaciones también fueron de preferencia por parte de los consumidores.

Es importante señalar que muchas de las formulaciones planteadas a pesar de previamente tener mayores valores de TPC y capacidad antioxidante sobre el control, no fueron aceptadas por el panel evaluador, propiedades como el olor solo fueron superadas o igualadas significativamente por T3, T4, T5 y T9. Respecto al sabor solo las formulaciones T1, T4, T7 y T9 solamente superaron al control en este atributo. Sin embargo, respecto a la aceptabilidad general el panel concluye que existe una preferencia importante de las formulaciones sobre el control.

Figura 3

Análisis sensorial de cerveza artesanal red ale utilizando extracto de maíz morado y jugo de maracuyá.



Nota: La figura muestra que puntuaciones promedio con letras iguales no presentan diferencia significativa ($p < 0,05$).

CONCLUSIONES

La adición del extracto de maíz morado y zumo de maracuyá presentaron un efecto significativo sobre el contenido de compuestos polifenoles totales (TPC) y actividad antioxidante (DPPH y FRAP) de la cerveza artesanal tipo red ale. El tratamiento con 7% de extracto de maíz morado y 1% de jugo de maracuyá (T9) presentó la mayor aceptabilidad de parte de los panelistas no entrenados, lo que lo hace prometedor para su desarrollo a nivel industrial. Así mismo, esta formulación presentó valore de TPC máximo de 2082 mg GAE/100 mL, incrementando hasta en 47.4% el TPC respecto al tratamiento control. La actividad antioxidante por el método DPPH fue de 1534 TEAC/100 mL y por el método FRAP fue de 2599 TEAC/100 mL. La presencia del extracto de maíz causó un efecto positivo sobre los contenidos de TPC y propiedades antioxidantes de la cerveza artesanal, mientras que la presencia del jugo de maracuyá hizo lo propio sobre el grado alcohólico de la formulación más aceptable (1.3% mayor sobre el tratamiento control). Finalmente, se

recomienda realizar estudios claves desde el punto de vista económico (costos de materias primas) que permitan la aplicación de esta formulación en la industria cervecera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alcázar, A., Pablos, F., Martín, M. J., & González, A. G. (2002). Multivariate characterisation of beers according to their mineral content. *Talanta*, 57, 45–52. [https://doi.org/10.1016/S0039-9140\(01\)00670-1](https://doi.org/10.1016/S0039-9140(01)00670-1).
2. Buiatti, S. (2009). Beer composition: An overview. In V.R. Preedy (Ed.), *Beer in health and disease prevention* (pp. 213–225). Academic Press.
3. Baiano, A. (2020). Craft beer: An overview. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (pp. 1–28). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12693>.
4. Benzie, I.I.F., & J. Strain, J.J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239 (1), 70-76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>.

5. Callemien, D., & Collin, S. (2009). Structure, Organoleptic Properties, Quantification Methods, and Stability of Phenolic Compounds in Beer—A Review. *Food Rev. Int*, 26, 1–84. <https://doi.org/10.1080/87559120903157954>.
6. Castro Marin, A., Baris, F., Romanini, E., Lambri, M., Montevecchi, G., & Chinnici, F. (2021). Physico-chemical and sensory characterization of a fruit beer obtained with the addition of Cv. Lambrusco Grapes Must. *Beverages*, 7, 34. <https://doi.org/10.3390/beverages7020034>.
7. Cerro-Ruiz, S., & Espillico-Cormilluni, L. (2021). Antocianinas en corontas y extractos de maíz morado (*Zea mays* L) “INIA 615” conservados en anaquel. *Rev Soc Quím Perú*, 87(3), 217-227. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v87i3.349>.
8. Corrêa, R. C. G., Peralta, R. M., Haminiuk, C. W. I., Maciel, G. M., Bracht, A., & Ferreira, I. C. F. R. (2016). The past decade findings related with nutritional composition, bioactive molecules and biotechnological applications of *Passiflora* spp. (passion fruit). *Trends in Food Science & Technology*, 58, 79–95. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.006>.
9. Dávalos, A., Gómez-Cordovés, C., & Bartolomé, B. (2003). Commercial dietary antioxidant supplements assayed for their antioxidant activity by different methodologies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2512–2519. <https://doi.org/10.1021/jf021030j>.
10. Folin, O., & Ciocalteu, V. (1927). On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 73(2), 627–650. [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(18\)84277-6](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(18)84277-6).
11. Gorriti G., A., Quispe J., F., Arroyo A., J. L., Córdova R., A., Jurado T., B., Santiago A., I., & Taype E., E. (2009). Extracción de antocianinas de las corontas de *Zea mays* L. Maíz morado. *Ciencia E Investigación*, 12(2), 64–74. <https://doi.org/10.15381/ci.v12i2.3395>
12. Jahn, A., Kim, J., Bashir, K. M. I., Cho, M., & Gi Fermentation, 6, 71. <https://doi.org/10.3390/fermentation6030071>.
13. Lao, F., Sigurdson, G. T., & Giusti, M. M. (2017). Health benefits of purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(2), 234–246. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12249>.
14. Lee, T. H., Lee, C. H., Wong, S., Ong, P. Y., Hamdan, N., & Azmi, N. A. (2021). UPLC - orbitrap-MS/MS based characterization of phytochemical compounds from Malaysia purple corn (*Zea mays*). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 32, 101922. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2021.101922>.
15. Lugasi, A. (2003). Polyphenol content and antioxidant properties of beer. *Acta Alimentaria*, 32(2), 181–192. <https://doi.org/10.1556/aalim.32.2003.2.7>.
16. Martínez, O., Abraham, M., Gómez, A. (2017). Propiedades físicoquímicas y nutraceuticas de dos genotipos de maracuyá (*Passiflora edulis* var. flavicarpa) procedentes de dos regiones de México. *Investigación y desarrollo en tecnología de alimentos*, 2, 249-255.
17. Mex-Álvarez, R.M.J., Bolivar-Fernández, N.J., Garma-Quen, P.M., Tut-Heredia, J.A., Romero-Guillén, K.I. (2013). Actividad antioxidante de cinco variedades de maíz cultivadas en Campeche, México. *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat*, 12(6), 558 – 571.
18. Nolzaco C., D., & Araujo V., M. (2016). Obtención de un filtrante de maíz morado (*Zea mays* L.), evaluación de pérdida de color y degradación de antocianinas en el almacenaje. *Anales Científicos*, 76(2), 350-359. <https://doi.org/10.21704/ac.v76i2.801>
19. SINDICERV. (2021). O setor em números. Available online: www.sindicerv.com.br/o-setor-em-numeros.
20. Salanță, L. C., Coldea, T. E., Ignat, M. V., Pop, C. R., Tofană, M., Mudura, E., Borșa, A., Pasqualone, A., & Zhao, H. (2020). Non-alcoholic and craft beer

- production and challenges. *Processes*, 8, 1382. <https://doi.org/10.3390/pr8111382>
21. Palomino-Vasco, M., Rodríguez-Cáceres, M.I., Mora-Díez, N. (2023). Discrimination based on commercial/craft origin and on lager/ale fermentation of undiluted Spanish beer samples: front-face excitation-emission matrices and chemometrics. *Journal of Food Composition and Analysis*, 115, 104946, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104946>.
22. Park, J.-W., Kim, J. H., Kwon, Y.-A., & Kim, W. J. (2019). Fermentation properties of beer produced from Korean two-row barley or malt (Gwangmaek) supplemented with Korean red ginseng extracts and Bokbunja (*Rubus coreanus* Miquel) juice. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 51, 596–603. <https://doi.org/10.9721/KJFST.2019.51.6.596>.
23. Plank, D. W., Szpylka, J., Sapirstein, H., Woollard, D., Zapf, C. M., Lee, V., ... Baugh, S. (2012). Determination of Antioxidant Activity in Foods and Beverages by Reaction with 2,2'-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl (DPPH): Collaborative Study First Action 2012.04. *Journal of AOAC International*, 95(6), 1562–1569. https://doi.org/10.5740/jaoacint.cs2012_04.
24. Rodríguez, H. (2003). Determinación de parámetros fisicoquímicos para la caracterización de cerveza tipo Lager elaborada por compañía cervecera Kunstmann S.A. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 95 p.
25. Septembre-Malaterre, A., Stanislas, G., Douraguia, E., & Gonthier, M. P. (2016). Evaluation of nutritional and antioxidant properties of the tropical fruits banana, litchi, mango, papaya, passion fruit and pineapple cultivated in R'union French Island. *Food Chemistry*, 212, 225–233. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.147>.
26. Shahidi, F. & Naczki, M. (1995). *Food Phenolics: Sources, Chemistry, Effects and Applications*. Technomic Publishing Co., Lancaster.
27. Tafalo P.A.R., Queirós R.B., Delerue-Matos C.M., & Sales M.G.F. (2010). Control and comparison of the antioxidant capacity of beers. *Food Res. Int*, 43, 1702–1709. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.05.014>.
28. Schaich, K.M., Tian, X., Xie, J. (2015). Reprint of “Hurdles and pitfalls in measuring antioxidant efficacy: A critical evaluation of ABTS, DPPH, and ORAC assays”. *Journal of Functional Foods*, 18, Part B, 782-796. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.05.024>.
29. Muangrat, R., Pongsirikul, I., Blanco, P.H. (2018). Ultrasound assisted extraction of anthocyanins and total phenolic compounds from dried cob of purple waxy corn using response surface methodology. *J Food Process Preserv*, 42, e13447. <https://doi.org/10.1111/jffp.13447>.
30. Zhao, H., Chen, W., Lu, J., & Zhao, M. (2010). Phenolic profiles and antioxidant activities of commercial beers. *Food Chemistry*, 119(3), 1150–1158. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.028>.