

Analysis of Polyphenol Content and Antioxidant Capacity in Tommy Atkins Mango Hard Seltzer Drink

Joel Eduardo Vielma-Puente, Doctor en Química Aplicada¹, Alejandro Antonio León Castillo, Ingeniero Químico¹,
Iveth Carolina Sánchez Mera, Ingeniera Química¹

¹Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Ciencias Químicas y Ambientales, Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador, jvielma@espol.edu.ec; aleleon@espol.edu.ec, ivecsanc@espol.edu.ec

Abstract— This study aimed to analyze the antioxidant capacity and polyphenol content of the hard seltzer drink made with Tommy Atkins mangoes collected in the Santa Lucia canton of the Guayas-Ecuador province. To measure the antioxidant capacity and the concentration of polyphenols, the Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) method and the Folin-Ciocalteu reagent were obtained, respectively. The results showed that the drink has a high antioxidant activity of 3964 µg/mL and a high polyphenol content of 1558 mg/mL. This study concluded that Tommy Atkins mango-based Hard Seltzer drink is a healthy choice for consumers, as it contains high levels of antioxidants and polyphenols with beneficial effects on human health.

Keywords—Tommy Atkins, antioxidant capacity, FRAP, polyphenols, Hard Seltzer.

Análisis del Contenido de Polifenoles y Capacidad Antioxidante en Bebida Hard Seltzer de Mango

Tommy Atkins

Joel Eduardo Vielma-Puente, Doctor en Química Aplicada¹, Alejandro Antonio León Castillo, Ingeniero Químico¹, Iveth Carolina Sánchez Mera, Ingeniera Química¹

¹Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Ciencias Químicas y Ambientales, Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador, jvielma@espol.edu.ec; alealeon@espol.edu.ec, ivecsanc@espol.edu.ec

Resumen— Este estudio tuvo como objetivo analizar la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles de la bebida hard seltzer elaborada con mangos Tommy Atkins recolectados en el cantón Santa Lucía de la provincia del Guayas-Ecuador. Para medir la capacidad antioxidante y la concentración de polifenoles se utilizó el método del Poder Antioxidante Reductor Férrico (FRAP) y el reactivo de Folin-Ciocalteu, respectivamente. Los resultados mostraron que la bebida tiene una alta actividad antioxidante de 3,964 µg/mL y un alto contenido de polifenoles de 1,558 mg/mL. Este estudio concluyó que la bebida Hard Seltzer a base de mango de Tommy Atkins es una opción saludable para los consumidores, ya que contiene altos niveles de antioxidantes y polifenoles con efectos beneficiosos para la salud humana.

Palabras claves—Tommy Atkins, capacidad antioxidante, FRAP, polifenoles, Hard Seltzer.

I. INTRODUCCIÓN

La exportación de frutas es una actividad común dentro de los países de Latinoamérica, particularmente en Ecuador, una de sus cosechas más importantes es la de mango. Se ha evidenciado que Ecuador es un país productor de frutas de excelente calidad, por ejemplo, en el cantón Santa Lucía de la provincia del Guayas se producen grandes cantidades de mango, cuya fruta contiene múltiples vitaminas y un alto poder antioxidante [1]. A pesar de la importancia de este cultivo y la gran cantidad de mangos que se exportan se conoce que existe un alto porcentaje de producción que no es aprovechado causando contaminación en el suelo por acidificación. Por otra parte, el aumento del índice de mortalidad por cáncer en el Ecuador ha crecido desde 1990 hasta 2016 en un 14.8%, convirtiéndose en la primera causa de muerte en todo el territorio [2].

Además, el índice de mortalidad por diabetes del tipo 2 en Ecuador también ha aumentado con los años, ya que solo en el año 2017 la diabetes tipo 2 causó 4895 defunciones en todo el territorio ecuatoriano [3]. Estas enfermedades están relacionadas con el estrés oxidativo (EO), el cual se caracteriza por el aumento en los niveles de radicales libres en el cuerpo humano causando daño y muerte celular; el cuerpo humano genera especies que mantienen el balance de radicales libres generando especies conocidas como antioxidantes[4];

estudios han demostrado que los compuestos polifenólicos presentan una alta actividad antioxidante, capaz de reducir los radicales libres; estos compuestos fenólicos se pueden encontrar en diferentes especies de plantas, incluyendo hojas y frutos [5]. Al conocer este problema ambiental y la necesidad de ayudar a la sociedad en la prevención de enfermedades como el cáncer y la diabetes tipo 2 se ha elaborado la bebida Hard Seltzer de Mango Tommy Atkins; debido a los efectos positivos en la salud humana que tienen los antioxidantes y polifenoles, ya que ayudan a prevenir el riesgo de contraer enfermedades oncológicas y la diabetes.

Es importante analizar y realizar estudios del contenido de los mismos en la bebida puesto que ayudan a reducir los efectos de los radicales libres y tienen la capacidad o potencial para inhibir la oxidación de un sustrato; además de que los polifenoles ayudan a reducir la hiperglucemia lo que mejora la secreción de insulina en el cuerpo, reduce la absorción de glucosa en los intestinos y modula la liberación de glucosa del hígado [6], lo cual es beneficioso para la salud.

El mango Tommy Atkins tiene un equilibrio entre dulzura y aroma fresco y ácido. Es muy valorado por su larga vida útil con poco magulladuras o degradación durante el proceso de transporte. Los mangos Tommy son frutas tropicales de tamaño mediano a grande y piel de color rojo oscuro en forma ovalada [7].

Este estudio se basó en analizar la capacidad antioxidante y la concentración de polifenoles en la bebida gaseosa hecha de mango Tommy Atkins, Hard Seltzer. Para ello se utilizaron los métodos, FRAP para medir la capacidad antioxidante y el reactivo de Folin-Ciocalteu para medir la concentración de polifenoles.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La fruta fue recolectada en la finca “La Candela” situada en el cantón Santa Lucía en la provincia del Guayas, con coordenadas: E 615796,00; N 9811760,00 la proyección es UTM WG 84, 17 Sur.

Posteriormente se realizó la elaboración de la bebida, a la cual se le realizaron análisis fisicoquímicos por triplicado, en función de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2262 [8]. A continuación, se presentan en las tablas I y II los equipos y reactivos utilizados en los diferentes análisis. Todos los reactivos fueron utilizados sin purificación previa.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

TABLA I
EQUIPOS PARA REALIZAR LOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

Equipos	Marca	Modelo
Balanza analítica	SHIMADZU	TX323L
Vortex Mixer	Fisher Scientific	-
Espectrofotómetro UV-Visible	Thermo Scientific	Genesis 10S UV-Vis
Medidor de pH	Thermo Scientific	Orion Start A211

TABLA II
REACTIVOS USADOS PARA LA APLICACIÓN DE LOS ANÁLISIS

Método	Reactivos	Laboratorio	Grado de pureza
Determinación antioxidante FRAP	Metanol	Fisher Chemical	99,9%
	Ácido Clorhídrico	JT Baker	37,2%
	Cloruro Férrico	SRL	98%
	Ácido Ascórbico	Fisher Chemical	99,7%
	Acetato de sodio	JT Baker	99,6%
	Ácido acético glacial	JT Baker	99,7%
	TPTZ	J&K	98,5%
	Reactivo FRAP	-	-
Determinación de fenoles por reactivo Folin-Ciocalteu	Ácido gálico	Titan BIOTECH	98%
	Carbonato de sodio	Himedia	98,5%
	Metanol	Fisher Chemical	99,9%
	Reactivo Folin-Ciocalteu	Otto	-

A. Preparación de la bebida Hard Seltzer

La producción de Hard Seltzer de mango requiere múltiples etapas, comenzando con la extracción de la pulpa, seguida de la extracción de la pulpa del mango, luego se produce un concentrado de la pulpa por medio del calentamiento de la pulpa a un rango de temperatura de 45-50°C. Por otro lado, se realizó la dilución de 2,5 Kg de dextrosa en 20 L de agua a una temperatura de 80°C, el enfriamiento de la solución a una temperatura de 20°C, la fermentación de dextrosa con un rango de 17-22°C durante 15 días, la separación de la levadura inactiva y sólidos sedimentados mediante un filtro de platos, la mezcla del concentrado y el fermento, la filtración de la mezcla para reducir la turbidez, la carbonatación artificial del producto mediante la adición de CO₂ con una presión fija de 1.1 bar en un rango de temperatura entre 2-4°C y el embotellado mediante un llenado a contra presión para permitir que el producto carbonatado ingrese en las botellas y sea sellado.

B. Análisis fisicoquímico de la bebida Hard Seltzer

En el Ecuador existen organismos que regulan que los productos cumplan con los estándares requeridos, entre ellos el Instituto Ecuatoriano de Normalización, la norma técnica ecuatoriana INEN 2262, contiene los requisitos que debe cumplir una bebida de índole alcohólica para ser considerada apta para el consumo humano. Por ello la bebida Hard Seltzer de mango Tommy Atkins debe cumplir con los Requisitos fisicoquímicos mostrados en la tabla III.

TABLA III
REQUISITOS FÍSICOS Y QUÍMICOS ESTABLECIDOS POR LA NTE INEN 2262

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Contenido alcohólico a 20°C	%(v/v)	1,0	10,0	NTE INEN 2322
Acidez total, expresado como ácido láctico	%(m/m)	-	0,3	NTE INEN 2323
Carbonatación	Volúmenes de CO ₂	2,2	3,5	NTE INEN 2324
pH	-	3,5	4,8	NTE INEN 2325
Contenido de hierro	mg/L	-	0,2	NTE INEN 2326
Contenido de cobre	mg/L	-	1,0	NTE INEN 2327
Contenido de zinc	mg/L	-	1,0	NTE INEN 2328
Contenido de arsénico	mg/L	-	0,1	NTE INEN 2329
Contenido de plomo	mg/L	-	0,1	NTE INEN 2330

C. Determinación de capacidad antioxidante

Para estudiar la capacidad antioxidante presente en la bebida, se empleó el método de FRAP, que a diferencia de otros métodos no cuantifica la neutralización de radicales libres sino la capacidad reductora en sí. La capacidad reductora de la muestra es medida según un cambio en la coloración al agregar el reactivo FRAP a la mezcla, dicha coloración es proporcional a la capacidad antioxidante (de reducir radicales libres) de la muestra.

La determinación de la capacidad antioxidante sigue la siguiente metodología [9]:

Se prepararon las siguientes disoluciones: metanol-agua destilada (50%), Ácido Clorhídrico (40 mM), cloruro férrico (20 mM), solución de ácido ascórbico (1000 ppm), una solución tampón de acetato (0.3 M) y para preparar la solución TPTZ (10 mM), se agregaron 0.0094 g del reactivo TPTZ a 3 mL de la solución de HCl previamente preparada en un tubo de ensayo.

Por último, se elaboró la Solución Reactiva FRAP (10 mM) mezclando 25 mL de la solución tampón de acetato, 2.5 mL de la solución de TPTZ y 2,5 mL de la solución de cloruro férrico en un matraz Erlenmeyer de 50 mL, todas las soluciones deben prepararse en ausencia de luz para evitar la oxidación.

Para la siguiente etapa, se preparó la curva de calibración según los volúmenes mostrados en la tabla IV.

TABLA IV
PREPARACIÓN DE LA CURVA PATRÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO A PARTIR DE UNA DISOLUCIÓN CONCENTRADA DE 1000 MG/L

Reactivos	Concentración (mg/L) para la curva patrón de ácido ascórbico
-----------	--

	0	50	100	200	300	400	500
Ácido ascórbico (mL)	0	0,5	1	2	3	4	5
Metanol (mL)	10	9,5	9	8	7	6	5

En la tercera parte se necesita una muestra desgasificada de la bebida Hard Seltzer que se mezcla en proporción 1:2 con la solución de metanol al 50%, para homogeneizarla en dos tubos de ensayo usando un agitador vórtex a 2500 rpm durante 5 min. Finalmente, se lleva la disolución a una centrifugadora a 4000 rpm durante 15 min a 10°C para separar partículas en suspensión en la mezcla, dejando los sedimentos que sobran del proceso y recuperando el líquido sobrenadante.

La cuarta etapa del estudio consistió en agregar 1,8 mL de reactivo FRAP y 0,2 mL de agua destilada a 10 tubos de ensayo. Se agregaron 40 µL de diferentes soluciones estándar enumeradas en la tabla IV a los primeros 7 de estos tubos, mientras que se agregaron 40 µL del sobrenadante de la muestra Hard Seltzer a los 3 tubos restantes. Luego, los tubos de ensayo se colocaron en un baño de vapor de agua a 37°C durante 10 minutos, antes de medir la absorbancia a 597 nm en el espectrofotómetro UV-Visible. Esto permitió la evaluación de la capacidad antioxidante en la bebida carbonatada Hard Seltzer hecha de mango Tommy Atkins.

D. Determinación de la concentración de polifenoles.

Para determinar la concentración de fenoles se utilizó el reactivo Folin-Ciocalteu que reacciona con los compuestos fenólicos a pH básico, lo que da como resultado una coloración azul que será determinada espectrofotométricamente. Como primer punto se preparó una disolución de ácido gálico (concentración 100 mg/L) y otra de carbonato de sodio al 20% m/v que se utilizaran en el procedimiento.

En este caso se preparó la curva de calibración para determinar la concentración de ácido gálico, para lo cual se prepararon 7 disoluciones, que contenían ácido gálico y agua destilada como especifica la tabla V; las disoluciones se agitan para homogeneizarlas usando un vortex a 2500 rpm por 5 min, finalmente se lleva a refrigerar en ausencia de luz.

TABLA V
PREPARACIÓN DE LA CURVA PATRÓN DE ÁCIDO GÁLICO A PARTIR DE UNA DISOLUCIÓN CONCENTRADA DE 100 MG/L

Reactivos	Concentración (mg/L) de la curva patrón de ácido gálico							
	0	2	5	10	20	30	40	50
Ácido gálico (mL)	0	0,2	0,5	1	2	3	4	5
Agua (mL)	10	9,8	9,5	9	8	7	6	5

Usando la muestra de Hard Seltzer desgasificada se realiza una disolución con metanol puro en una proporción de 1 a 2, luego se homogenizan en un agitador vórtex a 2500 rpm durante 5 min, después se lleva a la centrifugadora a 4000 rpm durante 15 min a 10C, para separar y rescatar el líquido sobrenadante del sedimento.

Se prepararon 7 soluciones en matraces aforados de 25 mL. A cada matraz se le agregaron 250 µL de la solución estándar de ácido gálico, junto con 15 mL de agua destilada y 1,25 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu. A continuación, las soluciones se homogeneizaron y se dejaron reposar en la oscuridad durante 8 minutos. Luego de esto, se agregaron 5 mL de solución de carbonato de sodio a cada matraz para llevarlos a un pH básico de 10. Luego, las soluciones se llevaron al aforo en matraces de 25 mL y se dejaron en la oscuridad a temperatura ambiente durante 2 horas.

Posteriormente, se crearon 3 soluciones en matraces volumétricos de 25 mL. A cada matraz se le agregaron 250 µL del sobrenadante de la extracción de los compuestos polifenólicos de la bebida, junto con 15 mL de agua destilada y 1,25 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu, después de lo cual se homogeneizaron y se dejaron reposar en la oscuridad durante 8 minutos. Luego se agregaron 5 mL de solución de carbonato de sodio a cada matraz, llevándolos a un pH básico de 10. Luego, las soluciones se enrazaron hasta los 25 mL y se dejaron en la oscuridad a temperatura ambiente durante 2 horas. Finalmente, se midió la absorbancia a 769 nm en el espectrofotómetro UV-Visible.

V. RESULTADOS

A. Preparación de la bebida Hard Seltzer

Después del proceso de preparación, gasificación y embotellado, se obtuvo una bebida Hard Seltzer de color amarillo, de apariencia traslúcida, de gasificación moderada-alta, ácida, con sabor a mango, muy refrescante y sin aromas o sabores no deseados.

B. Análisis fisicoquímicos de la bebida Hard Seltzer

Los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados se muestran en la tabla VI.

TABLA VI
VALORES FISICOQUÍMICOS DE LA BEBIDA HARD SELTZER EN COMPARACIÓN CON LA NORMATIVA.

Requisitos	Unidad	Rango	Hard seltzer	Método de ensayo
Contenido alcohólico a 20°C	%(v/v)	1,0 – 10,0	3,87	NTE INEN 2322
Acidez total, expresado como ácido láctico	%(m/m)	0 – 0,3	0,5073	NTE INEN 2323
Carbonatación	Volúmenes de CO2	2,2 – 3,5	2,8	NTE INEN 2324
pH	-	3,5 – 4,8	2,93	NTE INEN

				2325
Contenido de hierro	mg/L	0 – 0,2	0,69	NTE INEN 2326
Contenido de cobre	mg/L	0 – 1,0	-	NTE INEN 2327
Contenido de zinc	mg/L	0 – 1,0	0,39	NTE INEN 2328
Contenido de arsénico	mg/L	0 – 0,1	-	NTE INEN 2329
Contenido de plomo	mg/L	0 – 0,1	-	NTE INEN 2330

Como podemos observar, la bebida Hard Seltzer contiene un porcentaje volumétrico de alcohol de 3,87, lo cual cumple con los estándares establecidos por la normativa INEN. Además, los niveles de CO₂ se encuentran dentro de los límites establecidos, con un valor de 2,8 volúmenes de CO₂. El contenido de zinc se encuentra también dentro de los límites establecidos, con un valor de 0,39 mg/L. La acidez total es de 0,5073, lo cual es mayor al límite establecido por la normativa, pero es de esperarse debido al contenido de ácido cítrico presente en los mangos, fruta usada para preparar la bebida. La cantidad de hierro en la bebida supera el límite máximo establecido por la normativa, con un valor de 0,69 mg/L. Finalmente, el pH se encuentra por debajo del rango permitido, con un valor de 2,93, lo cual es debido al alto contenido de ácido cítrico presente en los mangos usados para preparar la bebida.

C. Determinación de la actividad antioxidante por el método FRAP

Mediante el método FRAP se midió la actividad antioxidante de la bebida Hard Seltzer. Se generó una curva de calibración de ácido ascórbico y se registró en la Tabla VII.

Se registró el contenido de ácido ascórbico de cada solución estándar y su absorbancia (Tabla VII) por medio de un espectrofotómetro UV-visible a 597 nm.

TABLA VII
CURVA ESTÁNDAR DE ÁCIDO ASCÓRBICO

Concentración de ácido ascórbico [µg/mL]	Absorbancia (597 nm)
0	0,438
50	0,886
100	0,885
200	1,890
300	2,581
500	4,025

Una vez que se obtuvieron los resultados de absorbancia del equipo UV-visible se graficaron los datos obteniéndose una respuesta lineal (Fig 1) como era de esperarse, con un coeficiente de correlación de 0,9917, lo que indica que los datos se distribuyeron normalmente.

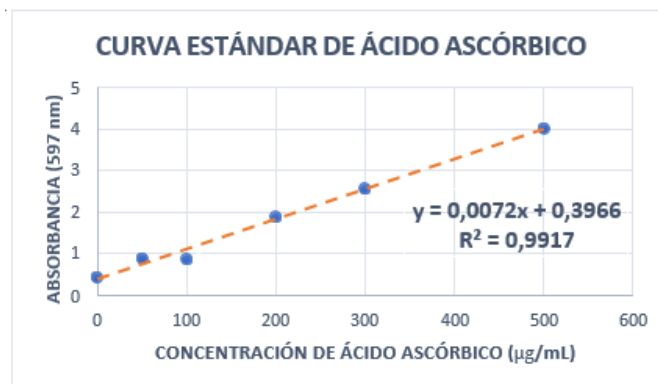


Fig. 1 Curva estándar de ácido ascórbico.

La ecuación obtenida a partir del gráfico es:

$$y = 0,0072x + 0,3966 \quad (1)$$

Donde:

y, absorbancia (1,000 µM de ácido ascórbico).

x, dilución de muestra (µg/L) equivalente a 1000 µM de ácido ascórbico.

Los resultados de las concentraciones de ácido ascórbico para las tres muestras de la bebida se muestran en la Tabla VIII, con valores de 21,24, 23,98 y 23,86 µg/mL de ácido ascórbico.

El resultado de la extracción de la muestra se expresó en µg/mL, teniendo en cuenta el factor de dilución de 1:2 con respecto al solvente utilizado. Esto permitió una representación más precisa de la concentración de la muestra.

$$\frac{\mu\text{g ácido ascórbico}}{1000\text{mL Hard Seltzer}} \cdot \frac{30\text{mL metanol}}{15\text{mL Hard Seltzer}} \cdot 100 \quad (2)$$

TABLA VIII
CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO EN MUESTRAS DE HARD SELTZER

Concentración de ácido ascórbico [µg/mL]	Absorbancia (597 nm)	Actividad antioxidante [µg/mL]	Promedio [µg/mL]	Desviación estándar
21,24	0,525	3,566	3,964	0,2818
23,98	0,547	4,177		
23,86	0,546	4,150		

La actividad antioxidante de una bebida se puede medir por su poder antioxidante reductor de hierro, que es la capacidad de la bebida para convertir Fe^{3+} en Fe^{2+} y se mide a través de la absorbancia a 597 nm. Se determinó que la actividad antioxidante de la bebida estaba entre 3,566 y 4,177 $\mu\text{g/mL}$, con una media de 3,964 $\mu\text{g/mL}$ y una desviación estándar de 0,2818. Este resultado indica que la bebida tiene un alto poder reductor, lo cual es beneficioso por su actividad antioxidante.

Se encontró que la bebida Hard Seltzer tenía un alto potencial antioxidante reductor férrico (FRAP) de 3,964 $\mu\text{g/mL}$, este valor está muy por encima del rango de 0,6 a 1,6 $\mu\text{g/mL}$ que generalmente se considera que denota una buena cantidad de antioxidantes según lo reportado por Benzie & Strain, 1996 [10].

B. Resultados y análisis de la determinación de polifenoles

Se utilizó el reactivo de Folin-Ciocalteu para determinar la cantidad de fenoles presentes en la bebida Hard Seltzer. Se creó una curva de calibración usando ácido gálico y se usó un espectrofotómetro UV-visible para medir la absorbancia de cada solución estándar a 769 nm. Los resultados de la curva de calibración se registran en la Tabla IX y el gráfico de la curva de calibración se muestra en la Figura 2.

TABLA IX
CURVA ESTÁNDAR DE ÁCIDO GÁLICO

Concentración de ácido gálico [mg/L]	Absorbancia (769 nm)
0	0,019
2	0,023
5	0,032
10	0,049
40	0,129

Los resultados de absorbancia obtenidos del equipo UV-visible se usaron para crear una curva estándar de ácido gálico, que demostró una tendencia lineal con un coeficiente de correlación de 0,9989. Esto indica que los datos se normalizaron.

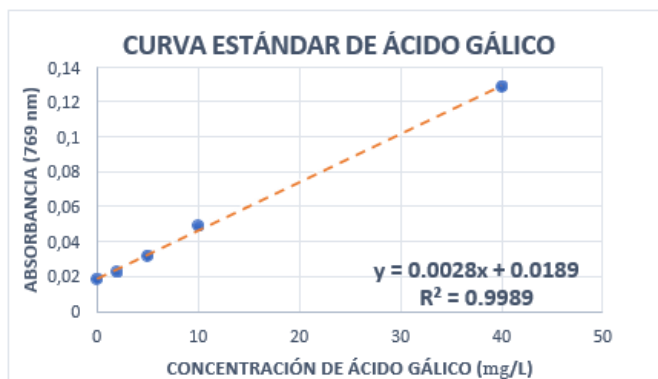


Fig. 2 Curva estándar de ácido gálico.

La ecuación obtenida a partir del gráfico es:

$$y = 0,0028x + 0,0189 \quad (3)$$

Donde:

y, absorbancia

x, concentración de ácido gálico (mg/L)

Mediante el uso de la curva de calibración de la Figura 3, se determinó que las concentraciones de ácido gálico en las tres muestras de bebida eran 14,83, 14,83 y 35,85 mg/mL, como se detalla en la Tabla X.

Para expresar el resultado de la extracción de la muestra en mg/mL, se tuvo en cuenta el factor de dilución de 1:2 con respecto al solvente utilizado (en este caso metanol). Esto se hizo utilizando la ecuación 4.

$$\frac{\text{mg ácido gálico}}{1000\text{mL Hard Seltzer}} \cdot \frac{30\text{mL metanol}}{15\text{mL Hard Seltzer}} \cdot 100 \quad (4)$$

TABLA X. CONCENTRACIÓN DE FENOLES EN MUESTRAS DE HARD SELTZER

Concentración de ácido gálico [mg/L]	Absorbancia (769 nm)	Concentración de fenoles [mg/mL]	Promedio [mg/mL]	Desviación estándar
14,83	0,050	1,058	1,558	0,7077
14,83	0,050	1,058		
35,85	0,0926	2,559		

El análisis de compuestos fenólicos ha ganado importancia debido a su potencial para reducir el estrés oxidativo y prevenir enfermedades como el cáncer y problemas cardiovasculares. Para determinar la cantidad de fenoles en la bebida Hard Seltzer se realizó un estudio que arrojó valores de 1,058, 1,058 y 2,559 mg/mL, con una media de 1,558 mg/mL y una desviación estándar de 0,7077. Esto indica que la bebida contiene una cantidad importante de polifenoles.

El análisis reveló que la bebida Hard Seltzer tenía un alto contenido de polifenoles, siendo el valor encontrado 1,558 mg/mL. Este es superior al rango admisible de 0,47 a 1,14 mg/mL según el estudio de Urias Orono y colaboradores, 2019 [11]. Esto significa que Hard Seltzer es apto para el consumo y proporcionará efectos beneficiosos.

VI. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este estudio, se logró desarrollar exitosamente el proceso de producción de la bebida Hard Seltzer de mango, la misma que se obtuvo por medio de un proceso de fermentación anaeróbica con temperatura y pH controlados. Este proceso se conformó por una serie de etapas que permitieron obtener un producto libre de sabores indeseados, los mismos que se pueden llegar a obtener cuando las condiciones de operación como la temperatura y el pH no son ajustadas al inicio de la fermentación. Se evaluó la calidad del producto final obtenido según la NTE INEN 2262 determinando los parámetros de acidez, pH, contenido de alcohol y contenido de hierro y zinc que posee la bebida Hard Seltzer con valores promedio de 0,5073% (m/m), 2,927, 3,867% (v/v), 0,69 y 0,39 mg/mL respectivamente, la cantidad de acidez obtenida se debe al contenido de ácido cítrico en la composición del mango, por esta razón dio lugar a un pH relativamente bajo.

Los resultados del análisis de la actividad antioxidante y el contenido de polifenoles en la bebida Hard Seltzer a base de mango Tommy Atkins mostraron valores que excedieron el rango aceptable para ambos parámetros. La actividad antioxidante se determinó en 3,964 µg/mL y el contenido de polifenoles fue de 1,558 mg/mL. Estos resultados indican que la bebida es beneficiosa para la salud humana, ya que contiene una alta concentración de antioxidantes y polifenoles. La alta actividad antioxidante de la bebida se puede atribuir al alto contenido de ácido ascórbico. El ácido ascórbico tiene la capacidad de reducir los radicales libres, que son responsables de muchas enfermedades, incluido el cáncer y los problemas cardiovasculares. Los polifenoles presentes en la bebida también contribuyen a su actividad antioxidante, ya que se sabe que los polifenoles tienen propiedades antioxidantes. El alto contenido de polifenoles en la bebida se puede atribuir a la alta acidez de la fruta de mango Tommy Atkins utilizada para producirla. Se sabe que los polifenoles tienen efectos beneficiosos para la salud humana, ya que pueden reducir el estrés oxidativo y prevenir la aparición de ciertas enfermedades. Además, los polifenoles tienen efectos antiinflamatorios y pueden ayudar a proteger el cuerpo del daño causado por los radicales libres.

Los resultados de este estudio demuestran que la bebida Hard Seltzer hecha de mango Tommy Atkins es una opción saludable para los consumidores. Contiene altos niveles de antioxidantes y polifenoles, que pueden ayudar a reducir el riesgo de desarrollar ciertas enfermedades, como el cáncer, problemas cardiovasculares y la diabetes tipo 2, entre otras. Además, la bebida tiene un sabor agradable y es fácil de

producir, lo que la convierte en una excelente opción para los consumidores.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Laboratorio de Química Instrumental (LAQUIMS) de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la ESPOL por la ayuda prestada.

REFERENCIAS

- [1] Wall-Medrano, A., Olivas-Aguirre, F. J., Velderrain-Rodríguez, G. R., González Aguilar, A., de La Rosa, L. A., López-Díaz, J. A., & Álvarez-Parrilla, E. "El mango: Aspectos agroindustriales, valor nutricional/funcional y efectos en la salud." Vol. 31, Issue 1, pp. 55–66. 2014 [Online] Available: <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.7701M>.
- [2] Campoverde Merchán, F., Campoverde Arévalo, N. and García Matamoros, E.D.I.T.O.R.K. "La Tasa de Mortalidad general del Ecuador del inec subestima erróneamente Al Cáncer," *Oncología (Ecuador)*, 30(3), pp. 178–191. 2020 [Online] Available: <https://doi.org/10.33821/488>.
- [3] A. Zavala Calahorrano y E. Fernández, "Diabetes mellitus tipo 2 en el Ecuador: revisión epidemiológica", *MedicinasUTA*, vol. 2, n.º 4, pp. 3–9, dic. 2018. [Online] Available: <https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/medi/article/view/1219/1489>
- [4] Dorado Martínez, C., Rugerío Vargas, C., Rivas Arancibia, S. "Estrés Oxidativo y neurodegeneración". *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*, 46(6), pp. 229-235. 2003. [Online]. Available: <http://www.ejournal.unam.mx/rfm/no46-6/RFM46606.pdf>.
- [5] Aryee, A. N. A., Agyei, D., Akanbi, T. "Food for oxidative stress relief: Polyphenols". Deakin University. Chapter. Elsevier, [Online] Available: <https://hdl.handle.net/10536/DRO/DU:30137439>
- [6] Aryaeian, N., Khorshidi Sedehi, S. and Arablou, T. "Polyphenols and their effects on diabetes management: A Review," *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*, 31(1), pp. 886–892. 2017 [Online] Available at: <https://doi.org/10.14196/mjiri.31.134>.
- [7] Citrofruit. Mango Tommy, Mayo 2022 [Online]. Available: <https://citrofruit.com/es/mango-tommy.php>
- [8] Instituto Ecuatoriano de Normalización, "Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2262". Quito-Ecuador, 2013.
- [9] M. do S. Moura Rufino et al., "Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de Redução do Ferro (FRAP)," *Comunicado Técnico*, vol. 2-4, 2006, [Online]. Available: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/664098/1/cot125.pdf>.
- [10] Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. In *ANALYTICAL BIOCHEMISTRY* (Vol. 239).
- [11] V. Urias Orono, G. C. G. Martínez Ávila, R. Rojas Molina, and G. Niño Medina, "Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en bebidas comerciales de consumo frecuente en términos de tamaño de porción," in 30–33, 2020. [Online]. Available: <http://repositorio.utm.mx:8080/bitstream/123456789/297/1/2020-TCyT-VUO.pdf>