



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

UNT

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Determinación de 5-hidroximetilfurfural en tres marcas comerciales de jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), mediante cromatografía líquida de alta eficiencia

Determination of 5-hydroxymethylfurfural in three commercial brands of yacon syrup (*Smallanthus sonchifolius*), using high efficiency liquid chromatography

TESIS

PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AUTOR: Altamirano Alayo, Billy Jack

ASESOR: MSc. Barraza Jáuregui, Gabriela del Carmen

TRUJILLO – PERÚ

2023

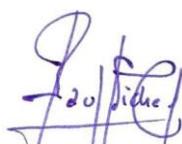
SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL HONORABLE JURADO:

Determinación de 5-hidroximetilfurfural en tres marcas comerciales de jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), mediante cromatografía líquida de alta eficiencia

Presentado por:

Br. Altamirano Alayo, Billy Jack

Aprobado por:



Dr. Raúl Benito Siche Jara
PRESIDENTE



Mg. Karla Margielly Zavaleta Guzmán
SECRETARIA



Mg. Juan Carlos Solano Gaviño
MIEMBRO VOCAL



MSc. Gabriela del Carmen Barraza Jáuregui
MIEMBRO ASESOR

DEDICATORIA

*A Dios por ser la luz de mi camino,
brindarme las fuerzas necesarias para
salir adelante frente a cada obstáculo y
poder cumplir mis metas en la vida.*

*A mis padres, Loiuise y Sandy por el
apoyo incondicional en cada momento
de mi vida, por sus valores, su respeto,
su amor, su confianza, su motivación
constante, sus enseñanzas que me
forjaron a crecer y ser una mejor
persona cada día.*

*A mis hermanos Jhoan, Luigui, Dayana,
Francis e Iker por brindarme su apoyo,
cariño y compañía, viviendo momentos
inolvidables juntos.*

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de llevar a cabo el desarrollo esta investigación de manera exitosa.

A la ingeniera Gabriela Jáuregui Barraza por su apoyo constante, su paciencia, su dedicación y demás enseñanzas que me sirvieron para sacar adelante esta investigación, mi eterno agradecimiento.

A mis padres y hermanos que estuvieron conmigo en todo momento brindándome su apoyo incondicional y motivándome a nunca rendirme.

Finalmente quiero agradecer a mis amigos que estuvieron siempre ahí alentándome y al gran equipo de investigación del laboratorio de Tecnologías Limpias y/o emergentes por todo su apoyo recibido.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
2.1. Materiales.....	4
2.1.1. Material de análisis.....	4
2.2. Métodos.....	4
2.2.1. Análisis Físicoquímico.....	4
2.2.2. Análisis de 5-hidroximetilfurfural (HMF).....	6
2.2.2.1. Condiciones cromatográficas.....	6
2.2.2.2. Curva de calibración.....	6
2.2.2.3. Proceso de extracción.....	7
2.2.2.4. Adición de estándar a las muestras.....	7
2.2.2.5. Cálculo del contenido de 5-hidroximetilfurfural.....	7
2.3. Análisis estadístico.....	8
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
3.1. Caracterización físicoquímica.....	8
3.2. Análisis de 5-hidroximetilfurfural (HMF).....	11
3.2.1. Análisis del estándar y curva de calibración.....	11
3.2.2. Desarrollo del método cromatográfico por spiked.....	11
3.2.3. Contenido de 5-hidroximetilfurfural en jarabe de yacón.....	12
4. CONCLUSIONES.....	13
5. RECOMENDACIONES.....	14
6. BIBLIOGRAFÍA.....	15
ANEXOS.....	

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la presencia y cuantificar los niveles de 5-hidroxiacetilfurfural (HMF) en tres marcas comerciales de jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) mediante cromatografía líquida de alta eficiencia, a su vez analizar sus propiedades fisicoquímicas (sólidos totales, pH, sólidos solubles, acidez titulable, densidad y color). Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos, representados por cada marca de jarabe de yacón (Ecoandino, Ecovalle y Algarrobos Orgánicos) con tres repeticiones para cada uno. Las propiedades fisicoquímicas indicaron valores de sólidos totales de 72.76 a 75.22%, pH de 4.85 a 5.45, sólidos solubles de 74.42 a 76.03, acidez titulable de 0.32 a 0.65%, densidad de 1.38 a 1.40 g/mL. Los parámetros de color nos definen un color rojo y amarillo de baja luminosidad con valores L* de 23.95 a 28.15, a* de 0.82 a 4.82, b* de 0.62 a 6.68, c* de 1.03 a 8.25 y °h de 36.96 a 54.29. Los contenidos de HMF reportaron valores entre 173.31 y 287.43 mg/Kg. Por último, el análisis de varianza realizado demostró que existen diferencias significativas entre las medias de HMF con un valor $p < 0.05$.

Palabras claves: cromatografía líquida de alta eficiencia, 5-hidroxiacetilfurfural, jarabe de yacón, propiedades fisicoquímicas, parámetros de color.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the presence and quantify the levels of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) in three commercial brands of yacon syrup (*Smallanthus sonchifolius*) by means of high efficiency liquid chromatography, in turn to analyze their physicochemical properties (total solids, pH, soluble solids, titratable acidity, density and color). A completely randomized design (CRD) was used with three treatments, represented by each brand of yacon syrup (Ecoandino, Ecovalle and Algarrobos Orgánicos) with three repetitions for each one. The physicochemical properties indicated total solids values from 72.76 to 75.22%, pH from 4.85 to 5.45, soluble solids from 74.42 to 76.03, titratable acidity from 0.32 to 0.65%, density from 1.38 to 1.40 g/mL. The color parameters define a low luminosity red and yellow color with L* values from 23.95 to 28.15, a* from 0.82 to 4.82, b* from 0.62 to 6.68, c* from 1.03 to 8.25 and °h from 36.96 to 54.29. The HMF contents reported values between 173.31 and 287.43 mg/Kg. Finally the analysis of variance carried out showed that there are significant differences between the HMF means with a value $p < 0.05$.

Keywords: high performance liquid chromatography, 5-hydroxymethylfurfural, yacon syrup, physicochemical properties, color parameters.

1. INTRODUCCIÓN

Los procesos térmicos son empleados continuamente en la industria de alimentos con la finalidad de obtener productos aceptables y seguros con una vida útil prolongada, lo cual genera grandes consecuencias en la calidad de los mismos. Resultado de ello se producen efectos deseados y no deseados, los que involucran diversas reacciones como la reacción de maillard, la caramelización y la oxidación de lípidos entre las más destacadas. Dentro de los efectos que se busca con el procesado térmico de los alimentos encontramos el mejoramiento de las características sensoriales, su sabor, aroma, color y textura; además se conoce que este favorece la destrucción de los microorganismos y disminuye la actividad de agua incrementando su estado de conservación (Van Boekel *et al.*, 2010) (Nahid y Mahmood, 2015). Paralelamente al carácter benéfico que se puede lograr con el procesado térmico, la preocupación se centra en el estudio del desarrollo de compuestos contaminantes no presentes de forma natural y que aparecen tras el calentamiento propiciando efectos dañinos, como lo son efectos mutagénicos, carcinogénicos y citotóxicos. Claros ejemplos de estos compuestos contaminantes son las aminas heterocíclicas, nitrosaminas e hidrocarburos aromáticos policíclicos (Capuano y Fogliano, 2011) (Kowalski *et al.*, 2013) (Kulek *et al.*, 2017).

El jarabe de yacón es un producto novedoso en el que diversos estudios preliminares afirman su gran potencial en el mercado debido principalmente a su alto contenido en fructooligosacáridos (FOS) hasta un 50 %, resultado de la concentración del zumo de las raíces, a los que se le atribuye su carácter prebiótico (Noborikawa, 2016). Sus características físicas y organolépticas se asemejan a la miel de abeja, de maple o caña de azúcar, pero con la ventaja de actuar como sustituto hipocalórico de estos edulcorantes para endulzar diferentes tipos de alimentos como ensaladas de frutas, jugos, bebidas calientes, postres, entre otros. Inclusive puede ser consumido por diabéticos en dosis controladas ya que los FOS no elevan el nivel de glucosa en la sangre (Seminario *et al.*, 2003) (Mejia, 2015). Para poder obtenerse este jarabe se extrae el jugo de las raíces y eleva su concentración de sólidos solubles hasta alcanzar un valor aproximado del 70 % en el producto terminado, envasándose a temperaturas mayores a 85 °C para prevenir el desarrollo de microorganismos (Flores y Gonzáles, 2017). El problema para su elaboración surge durante la etapa de concentración, la cual si es llevada de modo discontinuo, durante el procesado térmico genera que los

azúcares del jarabe se recocinen y adquieran un sabor a quemado debido a reacciones de maillard o caramelización (Manrique *et al.*, 2005).

La reacción de maillard y la caramelización de azúcares son las principales reacciones que pueden darse lugar durante la producción del jarabe de yacón. La caramelización requiere temperaturas mayores a 120 °C y pH entre 3 a 9, mientras que la reacción de Maillard se desarrolla a temperaturas mayores a 50 °C y se favorece a un pH de 4 a 7 (Gomes *et al.*, 2019).

En los últimos años se ha visto necesario el análisis y determinación del 5-hidroxiacetilfurfural (HMF), un contaminante derivado del procesado térmico de los azúcares, debido a su posible potencial toxicológico y amplia presencia en diversos tipos de alimentos.

El 5-hidroxiacetilfurfural es un aldehído heterocíclico formado en una variedad de alimentos procesados térmicamente. Una de las vías de formación del HMF es después de reacciones de enolización 1,2, deshidratación y ciclación de azúcares de hexosa y degradación del producto Amadori durante la reacción de Maillard. Además este compuesto cíclico es producido mediante la deshidratación directa de los azúcares en condiciones ácidas, reacción conocida como caramelización (Goncuoglu y Gokmen, 2013). La cantidad de HMF presente en los alimentos se encuentra directamente relacionado a factores como las cargas térmicas suministradas, periodos largos de almacenamiento y composición química del jarabe; siendo un parámetro a evaluar en daños por procesamiento, envejecimiento y cambios en las propiedades sensoriales de los productos alimenticios (Anese *et al.*, 2014). El HMF promueve el deterioro en la miel de abeja (Zirbes *et al.*, 2013), su metabolito intermedio reactivo conocido como 5-sulfoximetilfurfural (SMF) produce efectos genotóxicos y mutagénicos en células bacterianas y mamíferas, además de ser el precursor del cáncer de colon en roedores (Svendsen *et al.*, 2012), aunque los resultados aún no son del todo concluyentes en la salud humana, este sigue siendo objeto de estudio en la actualidad como un potencial agente toxicológico (Abraham *et al.*, 2011) (Severin *et al.*, 2010). Se ha encontrado contenidos de HMF en productos de panificación, café, vinagres, cerveza, mermeladas, cereales, frutas desecadas, productos a base de caramelo y mieles, encontrándose en esta última intervalos entre 35.19 a 52.13 mg/kg (Capuano y Fogliano, 2011) (Petisca *et al.*, 2014).

Dentro de ese contexto, la presente investigación tuvo como objetivo determinar la presencia y cuantificar los niveles de 5-hidroximetilfurfural en tres marcas comerciales de jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) mediante cromatografía líquida de alta eficiencia; a su vez caracterizar sus propiedades fisicoquímicas tales como sólidos totales, pH, sólidos solubles, acidez titulable, densidad y color.

BIBLIOTECA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

2.1.1. Material de análisis

- Jarabe de yacón. Marca: Ecoandino.
- Jarabe de yacón. Marca: Ecovalle.
- Jarabe de yacón. Marca: Algarrobos Orgánicos.

2.2. Métodos

2.2.1. Análisis Físicoquímico

2.2.1.1. Determinación de sólidos totales

Se determinó el porcentaje de sólidos totales por el método AOAC 934.06 (1996), se pesó 1 g de muestra en una balanza analítica (marca AND, modelo: GX-G100) y se llevo a 105 °C por un tiempo de 5 horas en estufa (marca Memmert, modelo ULE400 Neon).

2.2.1.2. Determinación de pH

Se realizó mediante el método AOAC 981.12 (1993), utilizando un potenciómetro (marca Thermo scientific, modelo Orion Star A321), que de manera previa se enjuagó con agua destilada, calibrándose con buffer de pH 4, 7 y 10, para luego introducirse en una muestra de 10 mL de jarabe de yacón disuelto en 50 mL de agua destilada.

2.2.1.3. Determinación de sólidos solubles

Fue llevado a cabo mediante el método para jarabes AOAC 934.14 (1995), reportándose en términos de °brix, haciendo uso del refractómetro digital (marca Hanna, modelo H196801).

2.2.1.4. Determinación de acidez titulable

La acidez titulable se determinó siguiendo el método del electrodo reportado por AOAC 942.15 (2000). Se pesó 20 g de muestra en un vaso de precipitación de 250 mL, luego se llevó a un volumen de 100 mL con agua destilada. El potenciómetro (marca Thermo scientific, modelo Orion Star A321) fue calibrado con buffer pH 4, 7, 10 y el electrodo se enjuagó con agua destilada hasta obtener valores de pH cercanos a 6. La titulación se realizó con NaOH 0.1 M hasta alcanzar un pH 7 mediante el uso de un agitador magnetico (marca IKAMAG, modelo C-MAGHS7). Posteriormente se adicionó 4 gotas de solución de fenolftaleina y se dio lectura al pH. Una vez alcanzado

el pH 8, la solución se agregó gota a gota hasta llegar a pH 8.1. Finalizada la titulación se obtuvo el valor de mL gastados de NaOH 0.1M realizándose el cálculo de % de acidez mediante la siguiente ecuación 1.

$$\%Acidez \left(\frac{g \text{ acido citrico}}{100 \text{ mL}} \right) = \frac{V_{MX} * C_{MX} * f_{acido \text{ citrico}}}{C_{NaOH \ 0.1M} * m} * 100 \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

V_{MX} (mL) = Volumen de gasto de la solución de NaOH estandarizada.

C_{MX} = Concentración de la solución de NaOH estandarizada.

$C_{NaOH \ 0.1M}$ = Concentración ideal de la solución de NaOH 0.1 M.

$f_{acido \text{ citrico}}$ = Factor de conversión de equivalencia (0.006404).

$m(g)$ = Peso de la muestra.

2.2.1.5. Densidad

Se realizó mediante el método del picnómetro dado por AOAC 962.37 (1995) para determinar la densidad relativa, mediante la relación de peso del jarabe respecto al volumen real del picnómetro utilizando agua para su calibración. El cálculo de la densidad se obtuvo utilizando la ecuación 2.

$$\rho_m = \frac{w_{Pm} - w_{Pv}}{w_{Pa} - w_{Pv}} \rho_a \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

ρ_m (g/mL) = Densidad de la muestra.

w_{Pm} (g) = Peso del picnómetro con muestra.

w_{Pv} (g) = Peso del picnómetro vacío.

w_{Pa} (g) = Peso del picnómetro con agua.

ρ_a (g/mL) = Densidad del agua a T (°C).

2.2.1.6. Color

Se determinó haciendo uso del colorímetro (marca Konica Minolta, modelo CR-410), en donde se calculó los parámetros del espacio CIELAB como lo son L* (Luminosidad; blanco o claro / negro u oscuro), a* (rojo/ verde), y b* (amarillo / azul).

Sobre la base de los valores de a^* y b^* , se determinó el valor de cromaticidad (c^*), que es la saturación de color y el ángulo de matiz de color ($^{\circ}h$).

2.2.2. Análisis de 5-hidroximetilfurfural (HMF)

El análisis de HMF en las muestras de jarabe de yacón se realizó siguiendo el método reportado por Jun *et al.* (2017) con algunas modificaciones.

2.2.2.1. Condiciones cromatográficas

Para el análisis de 5-hidroximetilfurfural se utilizó un cromatógrafo líquido de alta eficiencia (marca Thermo Scientific, modelo Dionex Ultimate 3000) equipado con un detector ultravioleta visible (marca Thermo Scientific, modelo DAD-3000RS) y una columna (marca ACQUITY, modelo BEH C18) de dimensiones (100 x 2.1 mm, 1.7 μ m tamaño de partícula). En la tabla 1 se muestran las condiciones cromatográficas.

Tabla 1. Condiciones cromatográficas para análisis de 5-hidroximetilfurfural (HMF).

Parámetros HPLC	Valor
Volumen de inyección	2 μ L
Fase móvil	Agua ultrapura (70%) y acetonitrilo (30%) grado HPLC
Tasa de Flujo	0.3 mL/min
Temperatura de columna	35 $^{\circ}$ C
Longitud de onda del detector	285 nm
Tiempo de corrida	5 minutos

La fase móvil fue filtrada al vacío a través de una membrana de 0.2 μ m y se desgasificó durante 2 minutos a 23 $^{\circ}$ C en ultrasonido (marca JP Selecta, modelo Ultrasons-HD) antes de su uso. Los ensayos fueron realizados por triplicado, el HMF se identificó en las muestras comparando su tiempo de retención con el de los estándares y determinando su concentración mediante la curva de calibración de los estándares a partir del área bajo los picos expresada en miliunidades de absorbancia por minuto (mAU x min) y la concentración (mg/L)

2.2.2.2. Elaboración de la curva de calibración

A partir del reactivo 5-hidroximetilfurfural (pureza 99.8%) se preparó una solución patrón de HMF a 1000 mg/L que mediante diluciones sucesivas se llevó a 100, 80, 60,

20, 10, 6, 4, 2 y 1 mg/L, estas concentraciones fueron tomadas como puntos para elaborar la curva de calibración, en donde a partir de su ecuación se determinó la concentración de las muestras fortificadas y se evaluó su coeficiente R^2 .

2.2.2.3. Procedimiento de extracción

Para el proceso de extracción se pesó 1 g de la muestra de jarabe en una balanza analítica (marca RADWAG, modelo AS 310.X2 PLUS) dentro de un tubo Falcon de 15 mL y se añadió 1 mL de agua destilada, luego se agitó en vortex (marca DragonLab, modelo MX-S) por 2 minutos hasta diluir la muestra. Posteriormente se agregó 4 mL de butanol saturado con agua destilada y se mezcló en vórtex por 2 minutos, seguido a ello se llevó a la centrifuga (marca Hettich, modelo eba20) a 3000 rpm durante 6 minutos. El sobrenadante se transfirió a un matraz de 10 mL y se repitió dos veces más el procedimiento de extracción anterior agregándose 3 mL de butanol saturado al precipitado cada vez, hasta lograr aforar el matraz a 10 mL.

2.2.2.4. Adición de estándar a las muestras (spiked)

Se fortificó las muestras de jarabe de yacón adicionando 1600 uL de estándar de HMF preparado a 50 mg/L y leído previamente por HPLC a 400 uL de la muestra extraída en el punto anterior, para elevar la concentración del analito y facilitar su determinación. Se tomó 1500 uL de la solución obtenida para ser filtrada con una jeringa (marca Segurimaxx, capacidad 5mL) a través de un filtro PVDF (marca Millpore, dimensiones 0.2 um x 25 mm) directo a un vial inyector automatico (marca Waters, capacidad 2mL) antes de su análisis por HPLC-UV.

2.2.2.5. Cálculo de contenido de 5-hidroxiacetilfurfural

Se determinó primeramente la concentración de la muestra extraída o sin fortificar (C_x), mediante la ecuación de dilución 3 planteada.

$$C_e V_e + C_x V_x = C_f V_f \quad \text{Ec. (3)}$$

$$C_x = \frac{C_f V_f - C_e V_e}{V_x} \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde:

$C_e \left(\frac{mg}{L}\right)$ = Concentración real del estándar de 50 mg/L leído por HPLC.

$V_e (mL)$ = Volumen del estándar de 50 mg/L.

$C_x \left(\frac{mg}{L}\right)$ = Concentración de la muestra extraída o sin fortificar.

$V_x (mL)$ = Volumen de la muestra extraída o sin fortificar..

$C_f \left(\frac{mg}{L}\right)$ = Concentración de la muestra fortificada.

$V_f (mL)$ = Volumen de la muestra fortificada.

Finalmente se realizó la corrección para obtenerse la concentración real de HMF en la muestra mediante la ecuación 5.

$$w = \frac{V_{bs} * C_x}{m} \quad \text{Ec. (5)}$$

Donde:

$w \left(\frac{mg}{Kg}\right)$ = Concentración real de HMF en el jarabe de yacón.

$C_x \left(\frac{mg}{L}\right)$ = Concentración de la muestra extraída o sin fortificar.

$V_{bs} (mL)$ = Volumen total de butanol saturado usado para extraer HMF.

$m (g)$ = Peso de jarabe de yacón utilizado para extraer HMF.

2.3. Análisis estadístico

Los resultados reportados del contenido de 5-hidroximetilfurfural se analizaron mediante un diseño completamente al azar (DCA), para lo cual se tuvo 3 tratamientos representados por cada marca de jarabe de yacón, realizándose cada análisis por triplicado. Así se aplicó el Test de Levene para evaluar la homogeneidad de varianzas, seguido de un análisis de varianza (ANOVA) ($\alpha=0.05$). Finalmente se aplicó la Prueba de comparaciones múltiples de Tukey, todas con un nivel de confianza del 95% (Montgomery, 2011).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización fisicoquímica

Los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados: sólidos totales, pH, acidez titulable, densidad y sólidos solubles de las tres marcas de jarabe de yacón se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Características fisicoquímicas de tres marcas de jarabe de yacón

Jarabe de yacón	Sólidos totales (%)	pH	Acidez titulable (%)	Densidad (gr/mL)	Sólidos solubles (°brix)
Ecoandino	73.15±0.15 ^a	5.45±0.15 ^a	0.50±0.03 ^b	1.38±0.01 ^b	75.56±0.02 ^a
Ecovalle	72.76±0.20 ^a	5.07±0.02 ^b	0.64±0.01 ^a	1.41±0.01 ^a	74.42±0.56 ^b
Algarrobos Orgánicos	75.22±0.25 ^b	4.85±0.02 ^b	0.32±0.01 ^c	1.39±0.01 ^{ab}	76.03±0.32 ^a

Tal como se observa, los sólidos totales para las tres muestras de jarabe de yacón se mostraron en un rango comprendido entre 72.76 y 75.22%, existiendo diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$). Estos resultados son cercanos a los valores para jarabe de yacón reportados por Manrique *et al.* (2005) con un 74.5% y a los encontrados por Genta *et al.* (2009) con 71.76%, Chávez (2012) con 70.39%, Gomes *et al.* (2017) con 68.54% y Silveira *et al.* (2020) con 70.67%.

El pH resultó tener diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) y presentó una naturaleza ácida con valores de 4.85, 5.07 y 5.45. Estos resultados se encuentran dentro del rango de pH para jarabe de yacón de 4.2 a 5.8 mencionado por Manrique *et al.* (2005) y cercanos al 5.4 dado por Gomes *et al.* (2017), quien expresa que valores cercanos a pH de 5.4 prolongan la vida útil del producto.

Isuiza (2004) reportó contenidos de 0.16% de acidez en jarabe de yacón; mientras que otros autores como Gomes *et al.* (2017) encontraron un valor alto de 2.82% de acidez, pudiéndose deber este último valor al uso adicional de ácido cítrico como preservante al momento de prepararse el jarabe, siendo el reportado por Isuiza el más cercano al

rango de 0.32 a 0.64% de acidez encontrado en las muestras. Los valores de acidez expresarán una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$).

La densidad obtenida presentó diferencias significativas ($p < 0.05$), con un rango de 1.38 a 1.41 g/mL. Otros autores como Chávez (2012) reportaron valores de densidad de 1.34 g/mL para muestras de jarabe de yacón, Pinto y Rosales (2007) con 1.32 g/mL, Isuiza (2004) con 1.42 g/mL y Genta *et al.* (2009) con 1.54 g/mL.

Para sólidos solubles el rango estuvo entre 74.42 y 76.03 °brix, presentando diferencia significativa ($p < 0.05$), y cercano a otros autores como Silveira *et al.* (2019) con 75°Brix para jarabe de yacón, Manrique *et al.* (2005) con 73°Brix, Gomes *et al.* (2018) con 71.03°Brix y Chávez (2012) con 71°Brix.

Los parámetros de color (L^* , a^* , b^* , c^* y $^{\circ}h$) analizados se muestran en la tabla 3, presentando diferencia significativa ($p < 0.05$). El parámetro L^* (luminosidad) denotó valores de 23.95 a 28.16, lo cual representa colores opacos o de baja luminosidad, estos valores distan del reportado por Gomes *et al.* (2017) con un valor de L^* de 47.50 para jarabe de yacón. Los valores positivos de a^* (rojo/verde) con un rango de 0.82 a 4.82 y de b^* (amarillo/azul) con rango de 0.62 a 6.68 nos definen un tipo de color rojo y amarillo respectivamente, Gomes *et al.* (2017) encontró un valor cercano de a^* con 1.43 y un valor más distante de b^* con 21.81 denotando un color amarillo más pronunciado; asimismo Gómez *et al.* (2019) mencionan que el parámetro a^* puede asociarse en una correlación directa con el pardeamiento no enzimático y así con el contenido de HMF y de manera indirecta con el parámetro de color L^* , esto se pudo comprobar en la muestra de mayor contenido pero no en las demás; para Lachman *et al.* (2003) esta variación puede deberse a las diferentes concentraciones de carotenoides en las variedades de yacón, quienes actúan como precursores del color rojo y amarillo, o bien al uso de colorantes artificiales en los jarabes.

Tabla 3. Parámetros de color (L^* , a^* , b^* , c^* , $^{\circ}h$) de las muestras de jarabe de yacón

Jarabe de Yacon	L^*	a^*	b^*	c^*	$^{\circ}h$
-----------------	-------	-------	-------	-------	-------------

Ecoandino	28.16±0.42 ^a	4.82±0.79 ^a	6.68±0.44 ^a	8.25±0.64 ^a	54.29±4.41 ^a
Ecovalle	25.62±0.16 ^b	2.84±0.39 ^b	3.22±0.64 ^b	4.13±0.45 ^b	46.50±1.52 ^b
Algarrobos Orgánicos	23.95±0.04 ^c	0.82±0.08 ^c	0.62±0.03 ^c	1.03±0.09 ^c	36.96±1.20 ^c

El valor croma c* varió entre 1.03 y 8.25, indicando una baja saturación de color. El ángulo de tono °h teniendo en cuenta valores positivos comprueba que tanto el color como el tono se mueven en el eje de color rojo y amarillo (Rettig y Ah-Hen, 2014).

3.2. Análisis de 5-hidroximetilfurfural (HMF)

3.2.1. Análisis del estándar y curva de calibración

Se dió lectura a una solución estándar de HMF a través del HPLC y se determinó su tiempo de retención que resultó ser a los 0.917 minutos. Asimismo se observó una excelente linealidad dentro del rango de concentraciones de 1 a 100 mg/L para la curva de calibración. Se determinó la ecuación de la recta $y = 0.4673x + 0.0712$ y el valor del coeficiente de determinación $R^2 > 0.99$, lo que confirma que el método se comportó de manera lineal dentro del rango establecido (Anexo 2).

3.2.2. Desarrollo del método cromatográfico por adición de estándar (spiked)

Inicialmente se trabajó el método cromatográfico propuesto por Jun *et al.* (2017) sin la adición de estándar a las muestras, sin embargo se observó que los picos no se separaban por completo (resolución < 1.5). Así para prevenir picos superpuestos, obtención de tiempos de retención adecuados y picos bien definidos se estudió un cambio simple en el desarrollo del método mediante la adición de estándar de HMF a las muestras, dando como resultado una mejor separación como se observa en la figura 1 y que se comprobó en factores como resolución mayor a 1.5, reproducibilidad del tiempo de retención y simetría de los picos (Ariffin *et al.*, 2014).

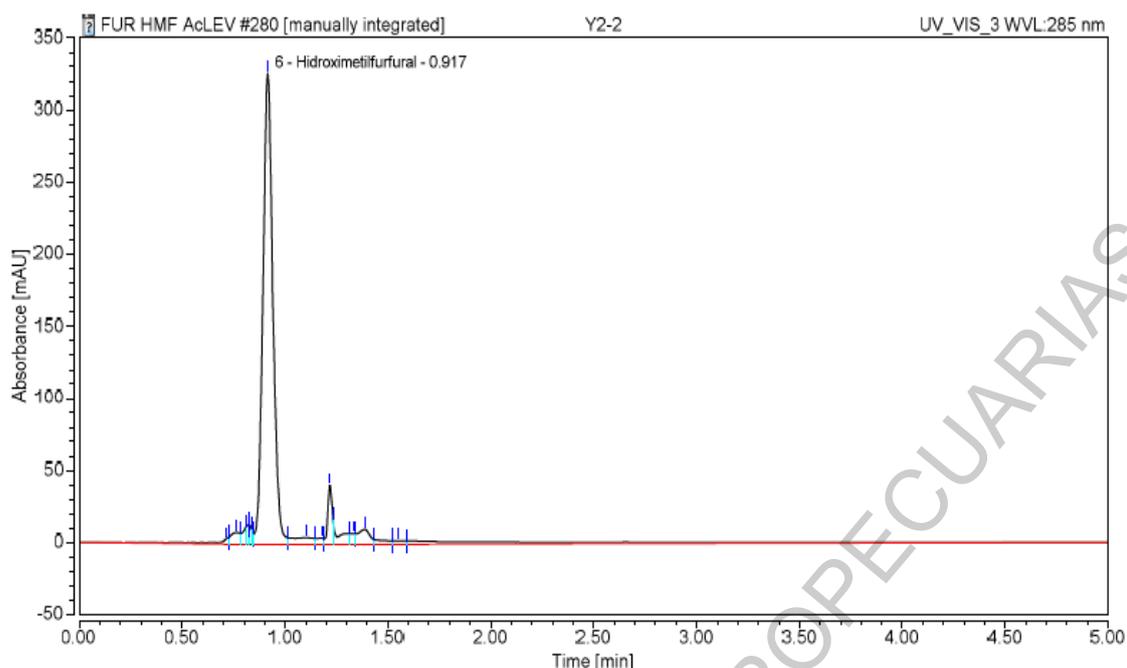


Figura 1. Cromatograma de HMF en jarabe de yacón por spiked.

Las condiciones de trabajo de adición de estándar por spike fueron 1600 uL de estándar de 50 mg/L cuya concentración real previamente leído por HPLC fue de 44.02 mg/L a 400 uL de muestra extraída, dando un total de 2000 uL de muestra fortificada con estándar.

3.2.3. Contenido de 5-hidroximetilfurfural en jarabe de yacón

Se determinó la concentración real de las muestras de jarabe de yacón determinando primeramente la concentración de las muestras fortificadas. Posteriormente se calculó la concentración de la muestra extraída o sin fortificar (Anexo 3). Finalmente se realizó la corrección para obtener la concentración real en las muestras de jarabe (Anexo 4).

En la tabla 4 se muestra la concentración real de HMF en las tres marcas de jarabe de yacón, cuyas las concentraciones estuvieron en el rango de 173.31 a 287.43 mg/Kg de HMF, existiendo diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$).

Tabla 4. Concentración de HMF en muestras de jarabe de yacón

Jarabe de yacón	Concentración de HMF (mg/Kg)
Ecoandino	287.43±5.22 ^a
Ecovalle	173.31±6.11 ^c
Algarrobos Orgánicos	254.81±7.73 ^b

La marca Ecoandino reportó la mayor cantidad de HMF seguido de Algarrobos orgánicos y Ecovalle, estos resultados fueron comparados con otras matrices alimentarias de similar uso reportados por otros autores como Gómez *et al.* (2019) para panela con 14.8 mg/Kg, Romero (2017) para miel de abeja con 35.19 a 52.13 mg/Kg, Ruiz *et al.* (2010) con 100mg/Kg para melasa, Kowalski *et al.* (2013) con 100 a 300 mg/Kg y Kulek *et al.* (2016) con 109.2 a 893.1 mg/Kg ambos para jarabe de caña de azúcar y Kulek *et al.* (2017) con 406.6 a 2121.3 mg/Kg para jarabe de maíz. Las diferencias en los niveles de HMF en las muestras de jarabe de yacón así como con otras matrices pueden tener su sustento en la temperatura durante el procesamiento térmico, el tiempo de almacenamiento y la naturaleza química de los alimentos (Capuano y Fogliano, 2011). Por último se señala que las concentraciones obtenidas de las muestras de jarabe de yacón sobrepasan los límites estipulados por la NTP 209.168 (1999) y la norma codex alimentarius (2001) quienes mencionan un límite máximo permitido de 80 mg/Kg para miel de abeja o mezclas de esta.

4. CONCLUSIONES

El análisis de 5-hidroximetilfurfural apoyado en la adición de estándar (spiked) permitió obtener una buena separación de picos que se comprobó en factores de resolución > 1.5 , reproducibilidad del tiempo de retención y simetría.

El Anova realizado demostró que existen diferencias significativas entre las medias de HMF en las muestras de jarabe de yacón ($p < 0.05$).

El contenido de HMF en muestras de jarabe de yacón con rango de concentraciones de 173.31 a 287.43 mg/Kg mostraron ser relativamente elevados en comparación de otras matrices alimentarias así como también con el límite máximo permitido de 80 mg/Kg para miel de abeja estipulado por la NTP y el codex alimentarius, por tal motivo sería necesario analizar el HMF en otros productos, debido a la data limitada que existe. Estos datos permiten a que en la industria alimentaria se puedan tomar acciones preventivas para reducir así su contenido.

5. RECOMENDACIONES

Debido a la relativa elevada concentración de 5-hidroximetilfurfural en las muestras de jarabe de yacón y su amplia presencia en la industria, se recomienda ampliar los estudios sobre su contenido en otro tipo de matrices alimentarias.

Asimismo realizar estudios en donde se pueda evaluar su reducción aplicando diversos métodos encontrados en la revisión bibliográfica como trabajar a diferentes presiones durante la etapa de concentración, el uso de cisteína y glicina, aplicación de luz ultravioleta, entre otros.

BIBLIOTECA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

6. BIBLIOGRAFÍA

- AOAC 934.06, A. (1996). Chemists Association of Official Analytical.
- 934.14, A. (1995). *Solids in Syrups*. Washinton, DC: Association of Official Analytical Chemist.
- 942.15, A. (2000). *Acidity (Titratable) of fruit products*. Washington D.C: Association of Official Analytical Chemists.
- 962.37, A. (1995). *Official methods of analysis*. Washington. D.C.: Association of Official Analytical Chemists.
- 981.12, A. (1993). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Abraham, K., Gurtler, R., Berg, K., Heinemeyer, G., Lampen, A., & Appel, K. (2011). Toxicology and risk assessment of 5-Hydroxymethylfurfural in food. *Molecular Nutrition and Food Research*, 667-678.
- Anese, M., Bot, F., & Suman, M. (2014). Furan and 5-hydroxymethylfurfural removal from high- and low-moisture foods. *Food Science and Technology*, 529-532.
- Ariffin, A., Ghazali, H., & Kavousi, P. (2014). Validation of a HPLC method for determination of hydroxymethylfurfural in crude palm oil. *Food Chemistry*, 102-107.
- Bouhnik, Y., Raskine, L., Simoneau, G., Vicaut, E., Neut, C., Flourie, B., . . . Bornet, F. (2004). The capacity of non digestible carbohydrates to stimulate fecal bifidobacterias in healthy humans: A double-blind, randomized, placebo-controlled, parallel-group, dose-response relation study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 1658-1664.
- Capuano, E., & Fogliano, V. (2011). Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies. *Food Science and Technology*, 793-810.
- Chávez, J. (2012). Elaboración y caracterización de un jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) procedente de la provincia Huancabamba. *Universidad Nacional de Piura*.
- FAO. (2001). World Health. *Codex Alimentarius*, 459.
- Flores, V., & Gonzales, E. (2017). Efecto de la concentración de jarabe de yacón y el tiempo de inmersión en la calidad de yacón osmodeshidratado. *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*.
- Genta, S., Cabrera, W., Habib, N., Pons, J., Manrique, I., Grau, A., & Sanchez, S. (2009). Yacon syrup: Beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. *Clinical Nutrition*, 182-187.

- Gomes, M., Dionisio, A., Ferreira, A., Silveira, L., Pinto, C., Pinto, F., . . . Ferreira, D. (2017). Yacon syrup: Food applications and impact on satiety in healthy volunteers. *Food Research International*, 460-467.
- Gomes, M., Dionisio, A., Pinto, F., Sousa, E., Wurlitzer, N., Alexandre e Silva, L., . . . Ferreira, D. (2018). Evaluation of nutritional and chemical composition of yacon syrup using H NMR and UPLC-ESI-Q-TOF-MS. *Food Chemistry*, 1239-1247.
- Gómez, F., Mesías, M., Delgado, C., Contreras, J., Ubillús, F., Cruz, G., & Morales, F. (2019). Occurrence of acrylamide and other heat-induced compounds in panela: Relationship with physicochemical and antioxidant parameters. *Food Chemistry*, Vol 301.
- Goncuoglu, N., & Gokmen, V. (2013). Accumulation of 5-hydroxymethylfurfural in oil during frying of model dough. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 413-417.
- INDECOPI. (3 de Octubre de 1999). Miel: definición, requisitos y rotulado. Norma Técnica Peruana 209.168. *Diario Oficial El Peruano*.
- Isuiza, G. (2004). Ensayos preliminares para la obtención de miel a partir de yacón y su caracterización. *Universidad Nacional de San Martín*.
- Jun, L., Youjie, X., Meng, Z., & Donghai, W. (2017). *Energy & fuels*, 13769-13774.
- Kawamura, S. (1983). Seventy years of the Maillard reaction. In *The Maillard reaction in Food and Nutrition. American Chemical Society*, 3-18.
- Kowalski, S., Lukasiewicz, M., & Duda-Chodak, A. (2013). 5-Hydroxymethyl-2-Furfural (HMF) – Heat-Induced Formation, Occurrence in Food and Biotransformation – a Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Science*.
- Kulek, J., Komatsu, E., Perreault, H., Torres, Y., Da Rosa, M., & Felsner, M. (2016). In House Validation from Direct Determination of 5-Hydroxymethyl-2-furfural (HMF) in Brazilian Corn and Cane Syrups Samples by HPLC-UV. *Food Chemistry*, 481-486.
- Kulek, J., Kulek, C., Komatsu, E., Perreault, H., Reyes, Y., Da Rosa, M., & Felsner, M. (2017). A validated fast difference spectrophotometric method for 5-hydroxymethyl-2-furfural (HMF) determination in corn syrups. *Food Chemistry*, 197-203.
- Lachman, J., Fernandez, E., & Orsak, M. (2003). Yacon [*Smallanthus sonchifolia* (Poepp. et Endl.) H. Robinson] chemical composition and use – a review. *Plant Soil Environmental*, 283-290.
- Manrique, I., Párraga, A., & Hermann, M. (2005). Jarabe de yacón: Principios y procesamiento. *Centro Internacional de la Papa (CIP)*, 10-11.
- Mathias-Rettig, K., & Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agrosur*, 39-48.

- Mejía, R. (2015). Impregnación al vacío de fructooligosacáridos de yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp & Endl.) en manzana. *Universidad Nacional Agraria La Molina*.
- Montgomery, D. (2011). *Diseño y análisis de experimentos*. Mexico D.F: Limusa.
- Nahid, T., & Mahmood, N. (2015). Food Processing and Maillard Reaction Products: Effect on Human Health and Nutrition. *International Journal of Food Science*, 1-6.
- Noborikawa, M. (2016). Optimización de los procesos de extracción de fructooligosacáridos y clarificación del extracto acuoso de yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp & Endl). *Universidad Nacional Agraria La Molina*.
- Pedreschi, R., Campos, D., Noratto, G., Chirinos, R., & Cisneros, L. (2003). Andean yacón root (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. Endl) fructooligosaccharides as a potential novel source of prebiotics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 5278-5284.
- Petisca, C., Henriques, A., Perez, T., Pinho, O., & Ferreira, I. (2014). Assessment of hydroxymethylfurfural and furfural in commercial bakery products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20-25.
- Pinto, L., & Rosales, Y. (2007). Comparación de dos métodos tecnológicos para obtención de miel de yacón (*Smallanthus Sonchifolius*) utilizando un concentrador a presión a vacío y una marmita a presión atmosférica. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*.
- Rastall, B., & Gibson, G. (2006). *Prebiotics: Development and application*. England: Wiley.
- Romero, A. (2017). Caracterización de mieles de abeja (*Apis mellifera* Lin) en bosques secundarios de 6 localidades de coronel portillo, Ucayali. *Universidad Nacional Agraria La Molina*.
- Ruiz, A., Soria, A., Sanz, M., & Martínez, M. (2010). Characterization of traditional Spanish edible plant syrups based on carbohydrate GC-MS analysis. *Journal of Food Composition and Analysis*, 260-263.
- Sarchami, T., & Rehmann, L. (2014). Optimizing enzymatic hydrolysis of inulin from Jerusalem artichoke tubers for fermentative butanol production. *Biomass and Bioenergy*, 175-182.
- Seminario, J., Valderrama, M., & Manrique, I. (2003). *El yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio*. Lima: Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE).
- Severin, I., Dumont, C., Jondeau-Cabaton, A., Graillot, V., & Chagnon, M. (2010). Genotoxic activities of the food contaminant 5-hydroxymethylfurfural using different in vitro bioassays. *Toxicology Letters*, 189-194.

- Silveira, L., Dionisio, A., Pinto, F., Ferreira, A., Juliao, G., Wurlitzer, N., . . . Alves, H. (2019). Yacon syrup reduces postprandial glycemic response to breakfast: A randomized crossover, double-blind clinical trial. *Food Research International*.
- Silveira, L., Dionisio, A., Pinto, F., Wurlitzer, N., Cordeiro, B., Ferreira, A., & Alves, H. (2020). Acute postprandial effect of yacon syrup ingestion on appetite: A double blind randomized crossover clinical trial. *Food Research International*.
- Svendsen, C., Meinel, W., Glatt, H., Alexander, J., Knutsen, H., & Hjertholm, H. (2012). Intestinal carcinogenesis of two food processing contaminants, 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo [4,5-b] pyridine and 5-hydroxymethylfurfural, in transgenic FVB min mice expressing human sulfotransferases. *Molecular Carcinogenesis*, 984-992.
- Van Boekel, M., Fogliano, V., Pellegrini, N., Stanton, C., Scholz, G., Lalljie, S., & Eisenbrand, G. (2010). A review on the beneficial aspects of food procesing . *Food Nutrition*, 1-33.
- Zirbes, L., Nguyen, B., De Graaf, D., De Meulenaer, B. R., & Haubruge, E. (2013). Hydroxymethylfurfural: a possible emergent cause of honey beemortality? *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 11865-11870.

ANEXOS

BIBLIOTECA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ANEXO 1

Tabla 5. Estadístico de Levene para las variables fisicoquímicas, colorimétricas e hidroximetilfurfural.

Variable	Levene	p
Sólidos totales	0.472	0.645
pH	11.774	0.008
Acidez titulable	8.308	0.019
Densidad	0.182	0.838
Sólidos solubles	8.290	0.019
Hidroximetilfurfural	0.224	0.806
L*	4.954	0.054
a*	4.815	0.057
b*	5.828	0.039
c*	1.857	0.236
°h	2.254	0.186

Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA) para las variables colorimétricas.

Variable	Análisis	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p
L*	Inter-grupos	26.925	2	13.463	200.770	0.000
	Intra-grupos	0.402	6	0.067		
	Total	27.328	8			
a*	Inter-grupos	24.041	2	12.020	46.087	0.000
	Intra-grupos	1.565	6	0.261		
	Total	25.606	8			
b*	Inter-grupos	55.519	2	27.759	138.666	0.000
	Intra-grupos	1.201	6	0.200		
	Total	56.720	8			
c*	Inter-grupos	78.795	2	39.398	191.757	0.000
	Intra-grupos	1.233	6	0.205		
	Total	80.028	8			
°h	Inter-grupos	451.869	2	225.934	29.161	0.001
	Intra-grupos	46.487	6	7.748		
	Total	498.356	8			

Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) para las variables fisicoquímicas e hidroximetilfurfural.

Variable	Análisis	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p
Sólidos totales	Inter-grupos	10.489	2	5.244	123.202	0.000
	Intra-grupos	0.255	6	0.043		
	Total	10.744	8			
pH	Inter-grupos	0.548	2	0.274	36.782	0.000
	Intra-grupos	0.045	6	0.007		
	Total	0.593	8			
Acidez titulable	Inter-grupos	0.154	2	0.077	209.309	0.000
	Intra-grupos	0.002	6	0.000		
	Total	0.156	8			
Densidad	Inter-grupos	0.002	2	0.001	7.900	0.021
	Intra-grupos	0.001	6	0.000		
	Total	0.002	8			
Sólidos solubles	Inter-grupos	4.104	2	2.052	14.819	0.005
	Intra-grupos	0.831	6	0.138		
	Total	4.935	8			
Hidroximetilfurfural	Inter-grupos	20727.541	2	10363.770	249.941	0.000
	Intra-grupos	248.790	6	41.465		
	Total	20976.330	8			

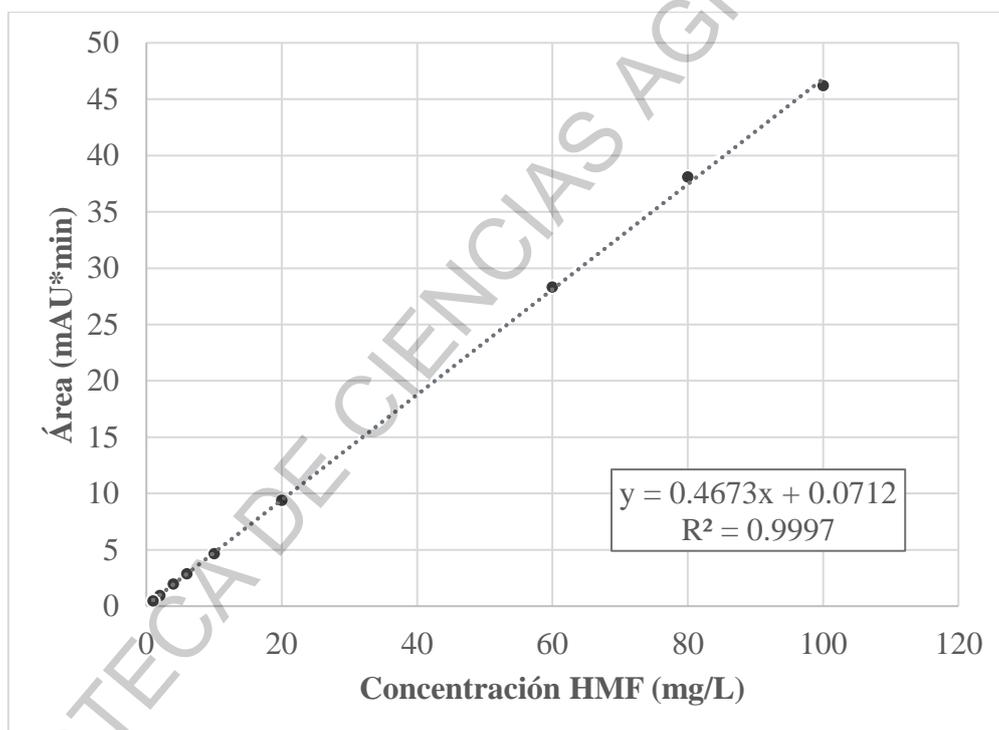
Tabla 8. Prueba Tukey para comparación de medias.

Variable	Marca de jarabe	Grupo a	Grupo b	Grupo c
Sólidos totales	Ecovalle	72.763		
	Ecoandino	73.152		
	Alg. Orgánicos		75.223	
pH	Ecoandino	5.450		
	Ecovalle		5.069	
	Alg. Orgánicos		4.853	
Acidez titulable	Ecovalle	0.643		
	Ecoandino		0.497	
	Alg. Orgánicos			0.323
Densidad	Ecovalle	1.413		
	Alg. Orgánicos	1.390	1.390	
	Ecoandino		1.380	
Sólidos solubles	Alg. Orgánicos	76.033		
	Ecoandino	75.557		
	Ecovalle		74.423	
Hidroximetilfurfural	Ecoandino	287.430		
	Alg. Orgánicos		254.810	
	Ecovalle			173.310
L*	Ecoandino	28.157		
	Ecovalle		25.617	
	Alg. Orgánicos			23.950
a*	Ecoandino	4.823		
	Ecovalle		2.843	
	Alg. Orgánicos			0.820
b*	Ecoandino	6.680		
	Ecovalle		3.217	
	Alg. Orgánicos			0.617
c*	Ecoandino	8.253		
	Ecovalle		4.127	
	Alg. Orgánicos			1.030
°h	Ecoandino	54.287		
	Ecovalle		46.503	
	Alg. Orgánicos			36.960

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

ANEXO 2**Tabla 9.** Concentración de estándar de HMF y área reportada por el HPLC.

Concentración (mg/L)	Área (mAU*min)
100	46.185
80	38.101
60	28.306
20	9.392
10	4.656
6	2.873
4	1.973
2	0.933
1	0.473

**Figura 2.** Curva de calibración de estándar de HMF.

ANEXO 3**Tabla 10.** Concentración de la muestra fortificada y extraída.

Jarabe de yacón	Área (mAU*min)	Concentración de muestra fortificada (mg/L)	Concentración de muestra extraída (mg/L)
Ecoandino-1	19.24	41.02	29.05
Ecoandino-2	19.17	40.87	28.27
Ecoandino-3	19.27	41.08	29.36
Ecovalle-1	18.16	38.70	17.45
Ecovalle-2	18.21	38.82	18.03
Ecovalle-3	18.09	38.57	16.77
Algarrobos orgánicos-1	18.85	40.19	24.89
Algarrobos orgánicos-2	19.00	40.52	26.51
Algarrobos orgánicos-3	18.95	40.39	25.89

ANEXO 4

Tabla 11. Concentración de HMF en muestras de jarabe de yacón

Jarabe de yacón	Peso de muestra (gr)	Volumen de butanol (mL)	Concentración de muestra extraída (mg/L)	Concentración real en muestra (mg/Kg)	Promedio (mg/Kg)
Ecoandino 1	1.01	10	29.05	288.84	
Ecoandino 2	1.01	10	28.27	281.64	287.43±5.22
Ecoandino 3	1.01	10	29.36	291.80	
Ecovalle 1	1.01	10	17.45	173.68	
Ecovalle 2	1.01	10	18.03	179.23	173.31±6.11
Ecovalle 3	1.00	10	16.77	167.03	
Algarrobos orgánicos 1	1.01	10	24.89	246.56	
Algarrobos orgánicos 2	1.01	10	26.51	261.88	254.81±7.73
Algarrobos orgánicos 3	1.01	10	25.89	255.99	

ANEXO 5

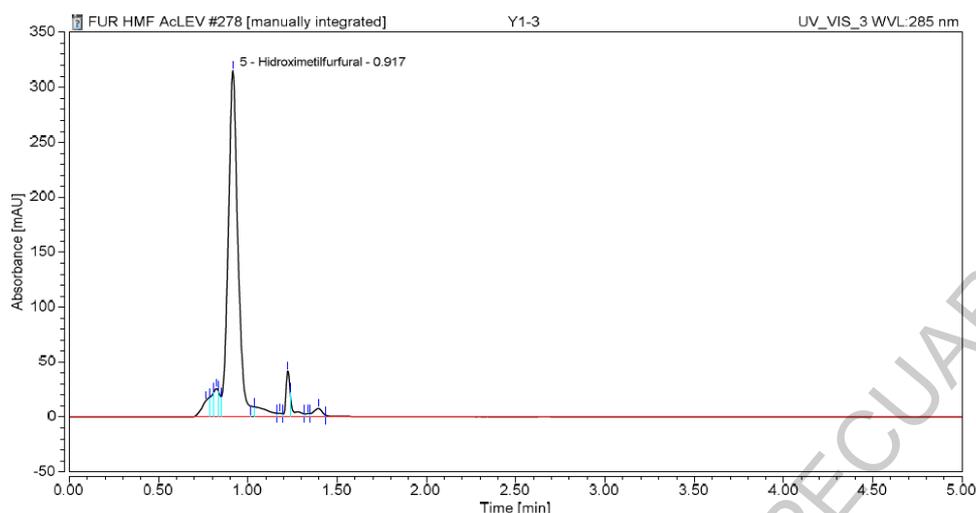


Figura 3. Determinación de HMF en muestra fortificada de jarabe de yacón Ecoandino

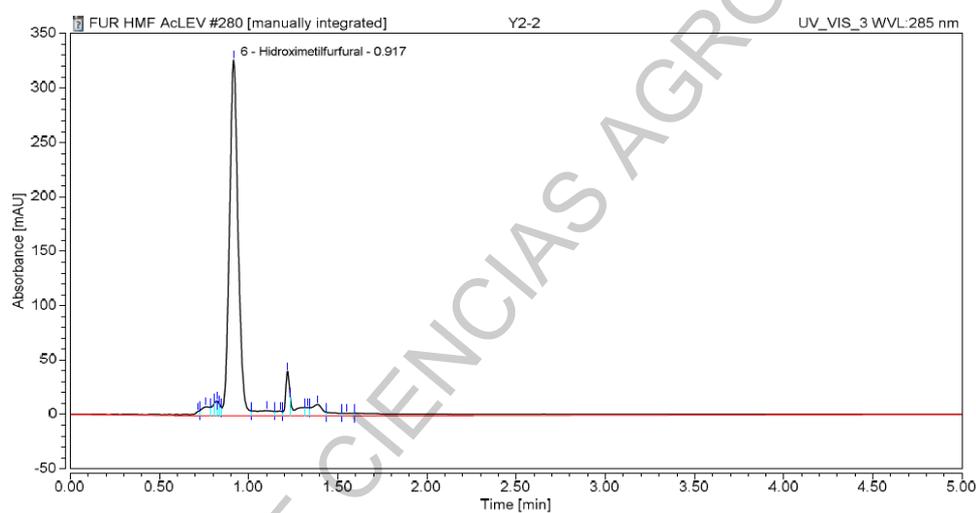


Figura 4. Determinación de HMF en muestra fortificada de jarabe de yacón Ecovalle

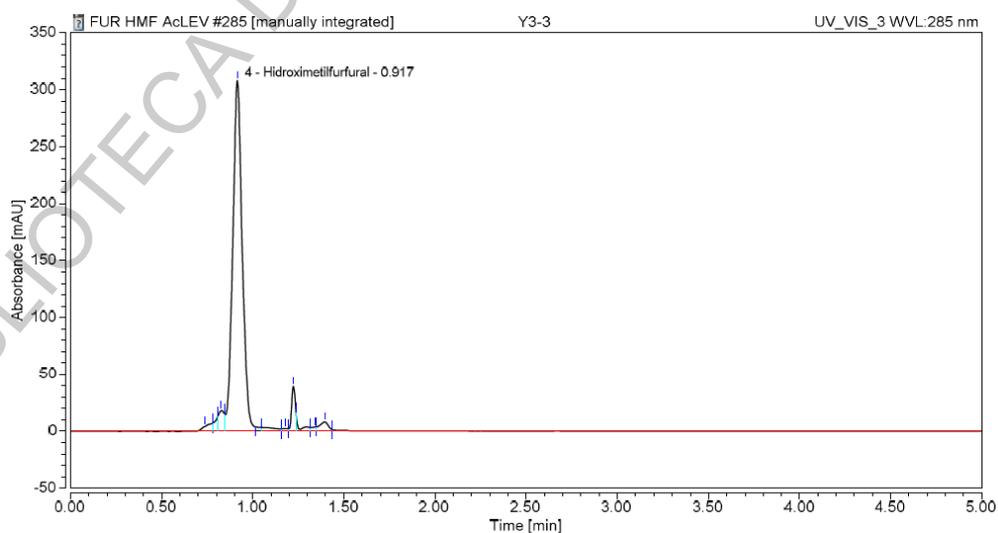


Figura 5. Determinación de HMF en muestra fortificada de jarabe de yacón Algarrobo Orgánicos



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

DECLARACIÓN JURADA

Los AUTORES suscritos en el presente documento DECLARAMOS BAJO JURAMENTO que somos los responsables legales de la calidad y originalidad del contenido del Proyecto de Investigación Científica, así como, del Informe de la Investigación Científica realizado.

TITULO:

Determinación de 5-hidroximetilfurfural en tres marcas comerciales de jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), mediante cromatografía líquida de alta eficiencia

<u>PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA</u>		<u>INFORME FINAL DE INVESTIGACION CIENTÍFICA</u>	
PROY DE TRABAJO DE INVESTIGACION (PREGRADO)	()	TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)	()
PROYECTO DE TESIS PREGRADO	()	TESIS PREGRADO	(X)
PROYECTO DE TESIS MAESTRÍA	()	TESIS MAESTRÍA	()
PROYECTO DE TESIS DOCTORADO	()	TESIS DOCTORADO	()

Equipo Investigador Integrado por:

Nº	Apellidos y Nombres	Facultad	Departamento Académico	Categoría Docente Asesor	Código Docente Asesor Número Matricula del Estudiante	Autor Coautor asesor
01	Altamirano Alayo, Billy Jack	Ciencias Agropecuarias	Ciencias Agroindustriales	-----	1512401014	Autor
02	MSc. Barraza Jauregui, Gabriela del Carmen	Ciencias Agropecuarias	Ciencias Agroindustriales	Principal	5577	Asesora

Trujillo, 28 de Febrero de 2023

Altamirano Alayo, Billy Jack

DNI: 73101199

MSc. Barraza Jauregui, Gabriela del Carmen

DNI: 08715119

Este formato debe ser llenado, firmado, adjuntado al final del documento del PIC, del Informe de Tesis, Trabajo de Investigación respectivamente.



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACION EN REPOSITORIO DIGITAL RENATI-SUNEDU

Trujillo, 28 de Febrero de 2023

Los autores suscritos del INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Titulado:

Determinación de 5-hidroximetilfurfural en tres marcas comerciales de jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), mediante cromatografía líquida de alta eficiencia

AUTORIZAMOS SU PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL, REPOSITORIO RENATI-SUNEDU, ALICIA-CONCYTEC, CON EL SIGUIENTE TIPO DE ACCESO:

- A. Acceso Abierto: (datos del autor y resumen del trabajo)
B. Acceso Restringido
C. No autorizo su Publicación

Si eligió la opción restringido o NO autoriza su publicación sírvase justificar _____

ESTUDIANTES DE PREGRADO: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN TESIS
ESTUDIANTES DE POSTGRADO: TESIS MAESTRIA TESIS DOCTORADO
DOCENTES: INFORME DE INVESTIGACION OTROS

El equipo investigador Integrado por:

Nº	Apellidos y Nombres	Facultad	CONDICIÓN (NOMBRADO, CONTRATADO, EMÉRITO, estudiante, OTROS)	Código Docente Número Matrícula del Estudiante	Autor Coautor asesor
01	Altamirano Alayo, Billy Jack	Ciencias Agropecuarias	-----	1512401014	Autor
02	MSc. Barraza Jauregui, Gabriela del Carmen	Ciencias Agropecuarias	Principal	5577	Asesora

Altamirano Alayo, Billy Jack

DNI: 73101199

MSc. Jauregui Barraza, Gabriela del Carmen

DNI: 08715119

*Este formato debe ser llenado, firmado y adjuntado en el Informe de Tesis y/o Trabajo de Investigación respectivamente
*Este formato en el caso de Informe de investigación científica docente debe ser llenado, firmado, scaneado y adjuntado en el sistema de www.picfedu.unitru.edu.pe