

“Modificación bioquímica de las almendras de cacao en la etapa de postcosecha con la adición de levadura (*saccharomyces cerevisiae*) y melaza, para mejorar su calidad”

*“Biochemical modification of cocoa beans in the postharvest stage with the addition of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and molasses, to improve their quality”*

Dara Evelyn Medina Velásquez¹ 
Universidad Técnica Estatal de Quevedo *

Mathew Miguel Zuñiga Berrezueta² 
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Sheyling Alexis Segobia Muñoz³ 
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

María Lorena Cadme Arévalo⁴ 
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Loguard Smith Rojas Uribe⁵ 
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Fecha recepción: 15 de junio de 2020

Fecha aceptación: 16 de julio de 2020

© 2020 Universidad de Córdoba. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acreditan.

¹ Ingeniera Agroindustrial, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, +593983648597, dara.medina97@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5195-7361>

² Ingeniero en Administración de empresas y negocios, Universidad Autónoma de los Andes, Quevedo, Ecuador, mathew6191@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5186-2132>

³ Ingeniera Agroindustrial, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, sheysego@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8459-0049>

⁴ Ingeniera en Administración de empresas agropecuarias, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, mcadme@uteq.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0003-3877-9251>

⁵ Ingeniero Químico Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, rojas@uteq.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0002-9771-1858>

RESUMEN

De las almendras de cacao, fermentadas y secas (o sin fermentar) se obtienen subproductos y productos finales a través de procesos industriales. Esta investigación pretendió mejorar las características de calidad de las almendras de cacao nacional (*Theobroma Cacao L.*) para la elaboración de chocolates, a través de la modificación bioquímica del cotiledón del cacao en la etapa de postcosecha, mejorando así las reacciones ocurridas dentro del cotiledón en las almendras con la adición de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) en la etapa de postcosecha, realizando una fermentación con levadura en dos tiempos 3 y 4 días de fermentación, lo que ayudó a la modificación bioquímica dentro del cotiledón de las almendras del cacao, mejorando sus características físicas, químicas y sus atributos organolépticos. Los resultados obtenidos del diseño experimental con la adición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), han demostrado la mejora de las características físicas, químicas y sus atributos organolépticos en comparación con el testigo. Debido a que se obtuvieron resultados favorables en los tratamientos T4 (0,125% de levadura x con melaza) y el T6 (0,250 % de Levaduras + con melaza) en cuanto a los análisis físicos y químicos como: humedad, prueba de corte y acidez; y a su vez mayor puntuación de calidad en sus atributos organolépticos

PALABRAS CLAVE cacao, fermentación, enzima, levaduras, chocolates.

ABSTRACT

From cocoa almonds, fermented and dried (or un fermented) by-products and final products are obtained through industrial processes. This research aimed to improve the quality characteristics of national cocoa almonds (*Theobroma Cacao L.*) for chocolate processing, through the biochemical modification of cocoa tiledon in the post-box stage, thus improving reactions occurring within the cotiledon in almonds with the addition of yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) in the post-box stage, undergoing fermentation with yeast in two times 3 and 4 days of fermentation, which helped to modify biochemical within the cotiledon of cocoa almonds, improving their physical, chemical characteristics and organoleptic attributes. The results obtained from the experimental design with the addition of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), have shown the improvement of physical, chemical characteristics and their organoleptic attributes compared to the witness. Because favorable results were obtained in T4 treatments (0.125% yeast x with lylasses) and T6 (0.250 % of yeasts with mingle) in terms of physical and chemical analyses such as: moisture, cutting test and acidity; and in turn higher quality score on its organoleptic attributes.

KEYWORDS: cocoa, fermentation, enzyme, yeasts, chocolates.

1. INTRODUCCIÓN

El cacao ha sido por siglos, un elemento presente en la cultura de los pueblos indoamericano pasando desde la prehispanidad hasta los actuales momentos, su desarrollo productivo, uso y consumo a través de los años ha sido referenciado en muchos trabajos de

investigación y su importancia comercial radica como la base en la elaboración de chocolates en sus diferentes presentaciones y composiciones a nivel mundial, pasando a ser uno de los productos más comercializados en los países industrializados.

Durante el 2015, Las Américas representaron la primera región de destino

para las exportaciones totales de cacao, equivalente al 54 % de la participación. El viejo continente europeo ocupó el 29 % de los envíos, seguidos por el emergente continente asiático con un creciente 17 %. Sudáfrica representó un 0,02 % mientras Australia representó un 0,1 % (ANECACAO, 2016).

La mayor concentración de empresas dedicadas al cultivo de cacao se encuentra en Guayas, Pichincha y El Oro, en 2016 habían registradas 66 empresas, las cuales proveen empleo a 561 personas. Entre el 2013 y 2016 la producción y la superficie cosechada aumentaron en 38 % y 13 % respectivamente. En el año 2016 se obtuvo una producción de 0,18 Millones de Tm y un rendimiento de 0,39 (Tm/ha), inferior a los años 2014 y 2015 con 0,42 Tm/ha. El precio productor a enero del 2018 se reportó en \$ 705 por tonelada a nivel nacional y de \$ 2123 por tonelada a nivel internacional. Refiriéndose un valor aproximado de \$ 2590 por toneladas para el año 2025. De acuerdo al tamaño de las empresas dedicadas a la industria chocolatera, existen 18 microempresas, 4 grandes, 5 medianas y 5 pequeñas, que sustentan a 470 empleados. Estas empresas, el 60 % se encuentra en Pichincha, el 34 % en Guayas, el 3 % en Loja y el 3 % en Azuay. Para los años 2013-2016 se ha informado que los activos y patrimonio de la elaboración de cacao y chocolate, evidencian un crecimiento en el periodo del 5 % y 22 % respectivamente, al contrario del pasivo que disminuyó en 5%. Se evidencia un crecimiento de los ingresos, costos y utilidad en un 13 %, 12 % y 69 % respectivamente (Corporación Financiera Nacional, 2018).

La complejidad del sabor del chocolate depende de muchos factores relacionados con los granos de cacao, tales como: genotipo; condiciones ambientales de crecimiento; manejo postcosecha (pre-acondicionamiento de pulpa, fermentación y secado); y procesos industriales como el tostado, relacionados con la producción de chocolate (Afoakwa et al., 2014), (Afoakwa et al., 2016). El chocolate se asocia típicamente con las siguientes notas de sabor: afrutado, especiado, floral, cacao, acidez,

amargor, astringencia, amaderado y algunos sabores desagradables (Costa et al., 2015). Los atributos sensoriales, como el sabor y aroma, son factores decisivos para la aceptación del consumidor, ya que proporcionan evidencia de que el atractivo de la sostenibilidad debe asociarse con la percepción de la calidad sensorial del producto (Apriyanto & Harmayani, 2016).

El presente trabajo de investigación está enfocado en la modificación bioquímica del cotiledón de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la etapa de postcosecha con la adición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y melaza, con el fin de mejorar su calidad.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Cacao

La palabra cacao, de acuerdo a la lengua maya, “cac” quiere decir “rojo” (en referencia al color de la cáscara del fruto) y “cau” que expresa las ideas de “fuerza” y “fuego” (Llerena Arboleda & Uriña Gómez, 2007). El nombre científico del cacao es “*Theobroma cacao* L.” (la “L” es la inicial del apellido del naturalista sueco que clasificó la planta C. Linneo). El cacao pertenece al género *Theobroma* que en griego significa “alimento de los dioses” de la familia de las bitneriáceas. Los granos tienen sabores amargos y astringentes (Erazo Gavilanez, 2019).

2.1.1 El “Cacao Fino de Aroma” o “Cacao Arriba”

Según The International Cocoa Organization (ICCO), el cacao fino de aroma es una clasificación que describe a un tipo de cacao con almendras que gozan de un alto potencial aromático y bajo contenido de taninos, distinguido en aroma y sabor (Erazo Gavilanez, 2019), también es conocido como Nacional, que es un genotipo nativo de Ecuador definido como cacao fino de aroma (Bradie et al., 2015), cuyo color característico es el amarillo, posee un aroma y sabor único, siendo esencial para la producción del

exquisito chocolate gourmet apetecido a nivel mundial (Llerena Arboleda & Uriña Gómez, 2007).

2.1.2 Composición química del cacao

La composición química depende de: tipo de cacao, origen geográfico, grado de madurez, calidad de la fermentación, secado y procesamiento de los granos (Erazo Gavilanez, 2019). El grano de cacao es fuente de proteína,

grasa y fibra; de estas la grasa es rica en ácido esteárico, además contiene minerales como potasio, magnesio y fósforo, minerales primordiales en la salud humana, y sustancias como flavonoides, los cuales tienen alta capacidad antioxidante, estos granos se aprovechan para elaborar el chocolate y otros subproductos como manteca, grasa, aceite, cacao en polvo y licor de cacao [7].

Tabla 1. Composición química del cacao fresco y mucilago

Composición química del cotiledón de cacao fresco		Composición química del mucilago de cacao	
Componente	%	Componente	%
Proteína	11,5	Proteína	0,09 a 0,11
Sales minerales	2,6	Cenizas	0,40 a 0,50
Ácidos orgánicos y aromas	9,5	Ácido cítrico	0,77 a 1,52
Ácidos tánicos y color	6,0	Pectinas	0,90 a 1,19
Celulosa	9,0	Glucosa	11,60 a 15,32
Azúcares	2,5	Azúcares	12,50 a 15,90
Agua	32,5	Agua	79,20 a 84,20
Grasa	54,0		
Cafeína	1,0		

Fuente: (Erazo Gavilanez, 2019)

Gavilanez, 2019).

2.1.3 Manejo postcosecha

Las mazorcas maduras se identifican por cambios en su coloración. La cosecha de cacao reside en la recolección de mazorcas maduras y sanas. Usualmente se realiza con intervalos de 15 días para obtener un producto uniforme. Se extraen los granos con los dedos dejando la placenta pegada a la mazorca y se eliminan pedazos de corteza, hojas, mezclados con los granos. La fermentación es uno de los procesos que incrementa la calidad de la clase de cacao para hacer chocolate, ya que en éste proceso, es donde muere el embrión y se generan reacciones bioquímicas dentro de los cotiledones; reduciendo el sabor astringente y amargo, generando compuestos precursores que reaccionarán durante el tostado para formar el sabor a chocolate, “no hay sabor a chocolate en almendras sin fermentar” (Erazo

3. METODOLOGÍA

La investigación se realizó tomando muestras correspondientes a la provincia de “Los Ríos”, Los análisis físicos y químicos del presente proyecto de investigación se realizaron en los Laboratorios de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo ubicada en la Provincia de los Ríos y, de la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE) ubicada en Santo Domingo de Los Tsáchilas.

El arreglo factorial consistió en la fermentación de cacao con levadura y melaza, con cuatro niveles en el factor A (%Levadura) y dos niveles en el factor B (Melaza). Para determinar los efectos en cada uno de los tratamientos se utilizó la prueba de TUKEY aplicando el software estadístico InfoStat.

Tabla 2. Factores en estudio del ensayo experimental

Factores	Código	Niveles
		a ₁ : 0

Levaduras	A	a ₂ : 0,125 a ₃ : 0,250 a ₄ : 0,5
Melazas	B	b ₁ : Sin melaza b ₂ : Con melaza

Tabla 3. Esquema del experimento con tratamientos, códigos, detalle y réplicas

Tratamientos - códigos	Detalle	Replicas	Subtotal
T ₁ a ₁ x b ₁	0 % de Levaduras x sin melazas	3	3
T ₂ a ₁ x b ₂	0 % de Levaduras x con melazas	3	3
T ₃ a ₂ x b ₁	0,125 % de Levaduras x sin melazas	3	3
T ₄ a ₂ x b ₂	0,125 % de Levaduras x con melazas	3	3
T ₅ a ₃ x b ₁	0,250 % de Levaduras x sin melazas	3	3
T ₆ a ₃ x b ₂	0,250 % de Levaduras x con melazas	3	3
T ₇ a ₄ x b ₁	0,5 % de Levaduras x sin melazas	3	3
T ₈ a ₄ x b ₂	0,5 % de Levaduras x con melazas	3	3
		Total	24

3.1. Manejo del Experimento.

El manejo experimental consiste de dos etapas: 1) fermentación de los tratamientos y toma de datos de los análisis físicos y químicos a las muestras del experimento, 2) elaboración de las barras de chocolate y análisis sensorial de las muestras del experimento.

3.2. Primera etapa. Fermentación – análisis físicos y químicos

La activación de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) se la realizó disolviendo los gránulos en 160 ml de agua previamente mezclada con 16 g de azúcar, a una temperatura que oscile entre los 37 y 40 °C. A su vez se procedió a diluir la melaza en relación 2:1, es decir, 333ml de agua y 167ml

de melaza. Una vez aplicados los tratamientos a los granos, las cajas de madera con capacidad de 20kg fueron selladas y rotulados con el fin de iniciar el proceso de fermentación. Pasadas las 24 horas se realizó la toma de la temperatura inicial de fermentación y el volteo de la masa fermentativa correspondiente a cada tratamiento. Este proceso se realizó durante 4 días. Una vez culminada la etapa de fermentación, se procedió a continuar con el proceso de secado durante seis días.

Prueba de corte: Se seleccionó al azar 30 almendras fermentadas y secas, se registró su peso en gramos usando una balanza de precisión, se cortaron en forma longitudinal para exponer al máximo la superficie del cotiledón y se examinó una mitad de cada una a la luz del día o luz artificial equivalente.

Tabla 4. Evaluación de almendras de cacao

Color	Causas
Mohosa	Presencia de hongos dentro del cotiledón de cacao destruye completamente el sabor del grano
Pizarra o gris	No fermentada
Violetas	Baja fermentación (El sabor es astringente y amargo, con ausencia de aroma)
Marrón y violeta	Fermentación buena a ligeramente baja (La calidad del sabor y aroma de este tipo de almendra es regular)

Marrón o café	Buena fermentación (La calidad del sabor y aroma del grano es excelente)
Marrón, Oscuro	Sobre fermentación

El valor del pH de la testa se registró en 30 almendras de cacao. Primero se separó la testa del cotiledón; posteriormente tanto el cotiledón como la testa, de manera individual fueron triturados usando un procesador de alimentos o trituradora, una vez triturada se le adicionó 100 ml de agua destilada, se dejó reposar por 10 min y se procedió a filtrar. Con un potenciómetro se realizó la lectura del pH en la testa y el cotiledón, esperando un lapso de 2 a 3 min.

Para medir el porcentaje de humedad de las almendras, se pesaron 10 g de muestra de cacao triturado, las muestras se colocaron en la estufa "MEMMERT" y se incubaron a 130 °C por 24 h. El porcentaje de humedad contenido en la almendra se determinó en función del peso fresco, por diferencia, empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad}(\%) = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (1)$$

Dónde:

m_0 = Masa en gramos de la placa vacía

m_1 = Masa en gramos de la muestra de cacao triturada

m_2 = Masa en gramos de la muestra de cacao seca

En cuanto al porcentaje de acidez titulable, primero se mezclaron 5 g de muestra con 10 ml de etanol y 90 ml de agua destilada en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, se dejó reposar por 10 min y luego se procedió a filtrar. Una vez filtrado se agregaron 3 gotas de fenolftaleína. Se tituló con NaOH al 0,1N con agitación constante, hasta que la muestra presente una coloración marrón con rosado. Luego se procedió a calcular la acidez titulable mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Acidez}(\%) = \frac{f_a * V_{NaOH} * N * f}{V_0}$$

(2)

Dónde:

f_a = Factor del ácido predominante en la muestra

V_{NaOH} = Volumen del NaOH usado en la titulación (ml)

N = Normalidad de la solución de NaOH

V_0 = Volumen de la muestra

Proteína: primero se realizó la preparación de reactivos

Mezcla digestora

- Pesar 150g de sulfato de potasio (K_2SO_4) y agregar en 1000ml de ácido sulfúrico concentrado, disolver agitando con una varilla de vidrio.
- Pesar 12,5g de sulfato de cobre y disolver en 25ml de agua destilada caliente, cuando ambas soluciones estén frías, mezclarlas.

Hidróxido de sodio 40% (NaOH)

- Pesar 400g de NaOH, b) Aforar a 1 litro de agua destilada, agitar hasta que se disuelva,
- Dejar que la solución se enfríe y guardar en frasco (el frasco debe estar tapado para evitar la absorción de CO_2 atmosférico).

Ácido sulfúrico 0.02N standard

- Diluir 2,17ml de ácido sulfúrico concentrado en 4 litros con agua destilada,
- Agitar hasta que se disuelva, dejar que la solución se enfríe

Solución Indicadora

- Disolver 0,18g de rojo de metilo más azul de metilo 0,10g en 100ml de alcohol etílico de 95%

Solución de ácido bórico como indicador

- Pesar 20g de ácido bórico en un frasco de 1 litro,
- Aforar a 1 litro con agua destilada,
- Agregar 4ml de la solución indicadora

Procedimiento 1 (Digestión)

1. Pesar en un balón micro- Kjeldahl 0,1g de muestra molida y tamizada en una malla N° 40
2. Agregar 2ml de la solución digestora
3. Añadir 2 gotas de óxido de selenio 0,5% (opcional)
4. Colocar a calentar en la unidad digestora a temperatura baja y luego continuar a una temperatura más alta, hasta que el digestor se torne incoloro, retirar el balón y dejar que se enfríe

Procedimiento 2 (Destilación)

1. Añadir 8ml de agua destilada para disolver el residuo de sales formado
2. Conectar el balón al aparato de destilación.
3. Vaciar 4ml de la solución de hidróxido de sodio al 50% abriendo al aparato de destilación la llave del recipiente que lo contiene.
4. Conectar al generador de vapor del mismo aparato e iniciar la destilación.
5. Recibir el amonio destilado de la muestra sobre 15ml de la solución de ácido bórico (H_3BO_3) con indicador. Prolongar la destilación hasta 4 minutos después de viraje de color de esta solución.

3.3. Segunda etapa. Elaboración del chocolate al 100% de concentración y análisis sensorial

Recepción y limpieza

Se realizó la recepción de la materia prima: almendras de cacao fermentado y los ingredientes: manteca de cacao y lecitina. En esta fase se realizó la limpieza de impurezas, cuerpos extraños y polvo presentes en la materia prima.

Torrefacción o tueste

A continuación, se procedió con el tueste o torrefacción, el cual es un proceso fundamental en la elaboración del chocolate y consiste en llevar la materia prima a temperatura controlada de 55°C durante 15 minutos para eliminar ácidos volátiles, reducir la humedad del grano y desarrollar el aroma del cacao.

Triturado y descascarillado

Se trituró la materia prima tostada y mediante el uso de tamices se separó la cascarilla que recubre el cotiledón en diferentes tamaños de partículas. Posteriormente se utilizó un ventilador de aire para eliminar los residuos de partículas en polvo.

Molienda, refinado y conchado

Una vez retirada la cascarilla y eliminado el polvo de chocolate, se procede a la molienda y reducción del tamaño de partícula de los cotiledones hasta obtener un diámetro de 10 μm y formar la pasta de cacao. La molienda se mantuvo durante 15 horas para alcanzar la mayor refinación con un tamaño de partículas de 2 μm .

Durante este proceso se realizó cuatro pasos adicionales: 1) se pesó, derritió y adicionó la manteca de cacao; 2) cuando la masa de cacao presentó una consistencia homogénea y viscosa se adicionó la lecitina; 3) la mezcla pasó por una serie de rodillos hasta producir una pasta suave; 4) se realizó el conchado, el cual consiste en inyectar aire a la pasta de chocolate para que adquiera mejor sabor, aroma y textura

Atemperado y moldeado

Consiste en elevar la temperatura del chocolate a 52°C y mantener constantes movimientos envolventes. Una vez alcanzada la temperatura deseada se realizó un shock térmico con baño maría invertido (usando hielo o agua helada) para bajar la temperatura a 32°C. A continuación, se desinfectan los moldes con forma de barras, se procede a colocar el licor de chocolate y se deja en refrigeración por 2 horas. Para el análisis sensorial se tomaron como variables aroma y sabor.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) con respecto a los análisis físicos y químicos en el cacao.

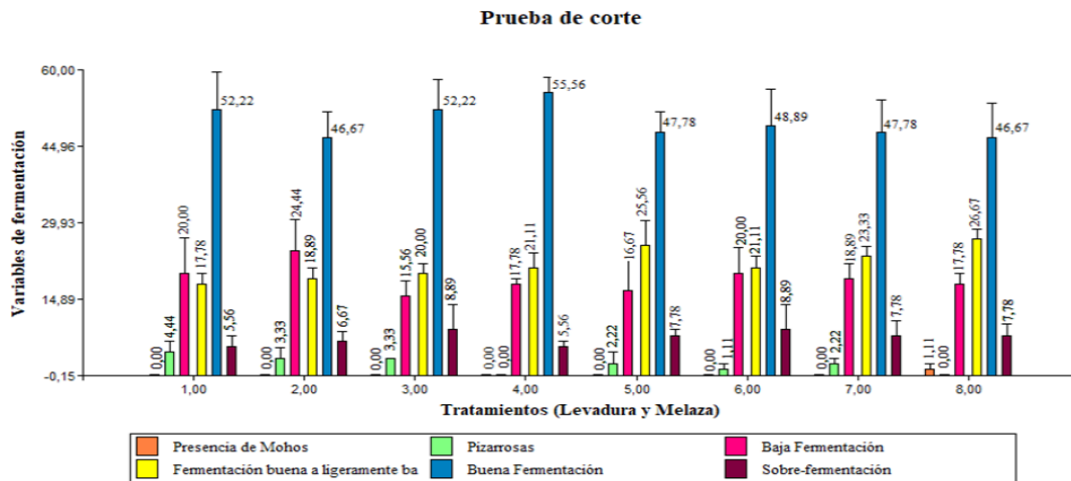


Figura 1. Resultado de las medias correspondientes a las variables de fermentación del plan experimental de fermentación con levadura y melaza
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 se mencionan diferentes tonalidades para evaluar el corte de la almendra de cacao. Los resultados obtenidos validan los colores referidos, ya que las mazorcas de cacao mantuvieron la tonalidad marrón o café que identifica una buena fermentación.

En el análisis de prueba de corte aplicado en el diseño experimental, se observa que el T4 con 0,125% de levadura x con melaza (Figura 1) presenta mayor cantidad y calidad de almendras de cacao con una buena fermentación (55,56%) y no hay presencia de almendras pizarrosas y con moho.

Los microorganismos presentes en la levadura influyen significativamente en el incremento de la temperatura y el proceso de fermentación (Robinson López-Monzón, 2016) (Álvarez et al., 2010). El trabajo expuesto por Guevara aplicando (Levadura

madre + manzana), refiere que los tratamientos no demostraron diferencias estadísticas entre sí a partir de las 96 horas de fermentación y que la levadura madre influye significativamente en el proceso de fermentación, ya que ayuda a incrementar la temperatura. En esta investigación se mantuvo temperaturas que oscilaron entre 37 y 40 °C. (Tamayo, 2015) refiere que existe una tendencia a incrementar la temperatura, partiendo de alrededor de 29 °C hasta que llega a su límite máximo de 42 y 44°C el día 5 del proceso de fermentación y luego empieza a disminuir hasta 41 y 42°C en el séptimo día del proceso, existiendo una tendencia clara al cambio de color mientras el tiempo de fermentación es mayor.

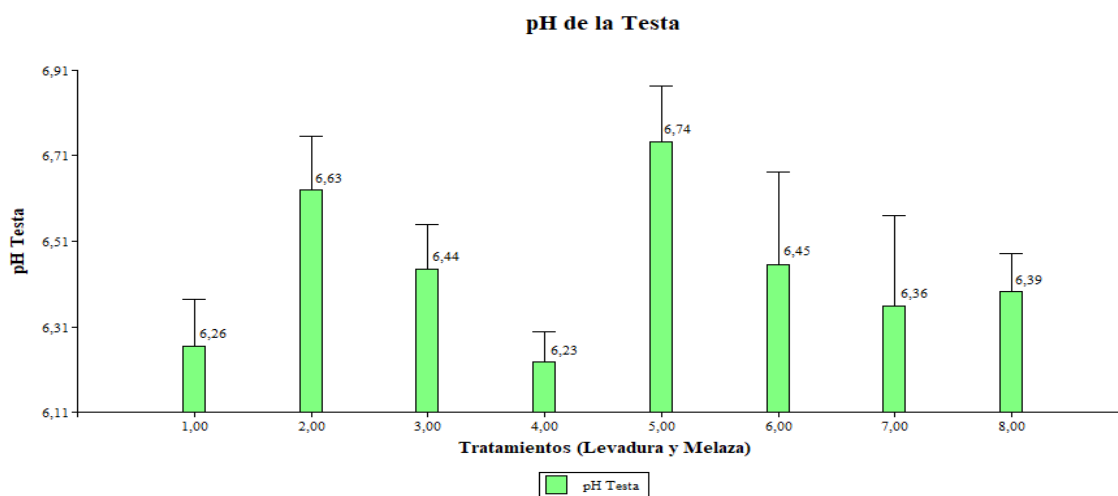


Figura 2. Resultado de las medias correspondientes al pH de la testa del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza

Fuente: Elaboración propia

El tratamiento T5 (0,250% levadura x sin melaza) presenta un pH de 6,74 (Figura 2). Se ha reportado valores entre 5.1 a 5.4 como pH óptimo para obtener un cacao de calidad (Álvarez et al., 2010) y se ha establecido que cualquier pH menor a 5.0 es indicador de la presencia de ácidos no volátiles que pueden llegar a proporcionarle al cacao aromas y sabores desagradables (Navia Orcés & Pazmiño Piedra, 2012). (Tamayo, 2015)

informa valores decrecientes en el pH de 5,5 a 2,8 en el quinto día del proceso, con valores estables durante el sexto y séptimo día, lo que refiere un adecuado proceso de fermentación. (Arvelo Sánchez et al., 2017), menciona que las reacciones microbiológicas y enzimáticas de la fermentación conllevan a la producción de ácidos, los cuales hacen que el pH disminuya con el paso del tiempo y condicionan una adecuada fermentación.

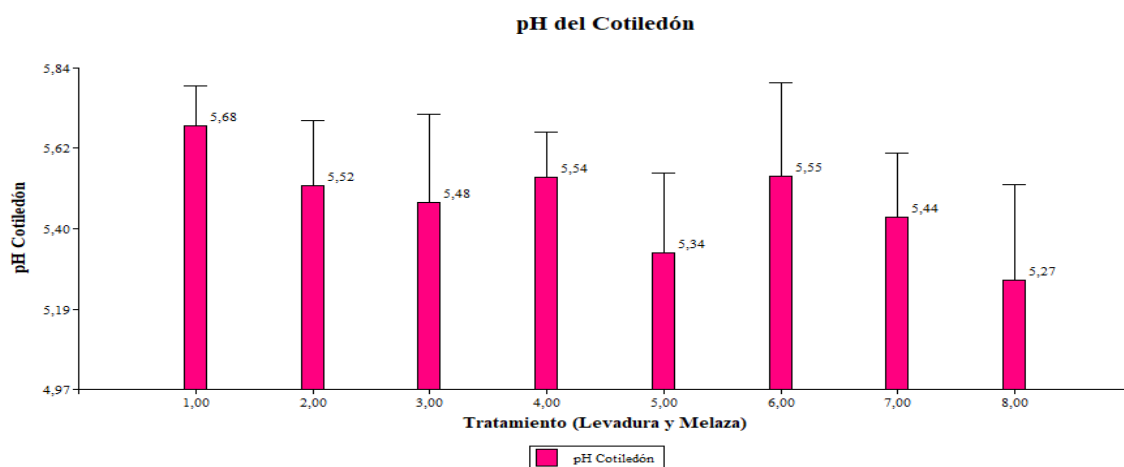


Figura 3.

Resultado de las medias correspondientes al pH del cotiledón del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza
Fuente: Elaboración propia

El mejor tratamiento corresponde al T1 testigo (con melaza y sin levadura) con el valor de 5,68, Obteniéndose un valor óptimo de pH. (El Salous, 2019) informa un pH de 6,11 aplicando 1 gramo de levadura (*Saccharomy*

cerevisiae) por cada 100 gramos de muestras de granos de cacao, 5,94 con el tratamiento de 0,5 gramos y 5,71 sin agentes de fermentación.

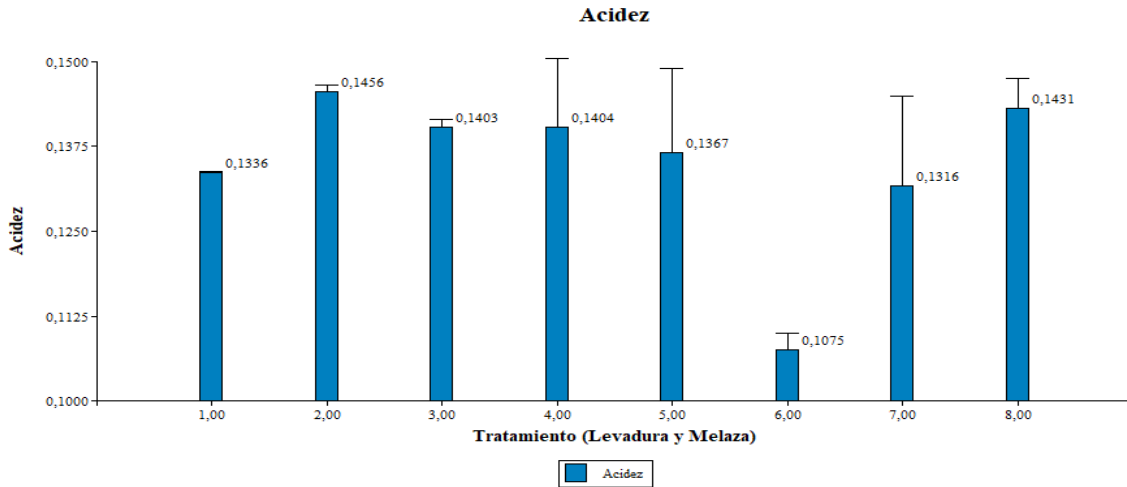


Figura 4. Resultado de las medias correspondientes a la acidez del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza
Fuente: Elaboración propia

El análisis de la acidez titulable reporta en la figura 4, que el mejor tratamiento es el T2 (0% levadura x con melaza) con un porcentaje del 0,1456%, (Guevara, 2017) refiere que los

tratamientos T1 (Levadura madre + manzana), T4 (*S. cereviceae* + manzana) y T7 (testigo), presentan valores de 2,5 en acidez.

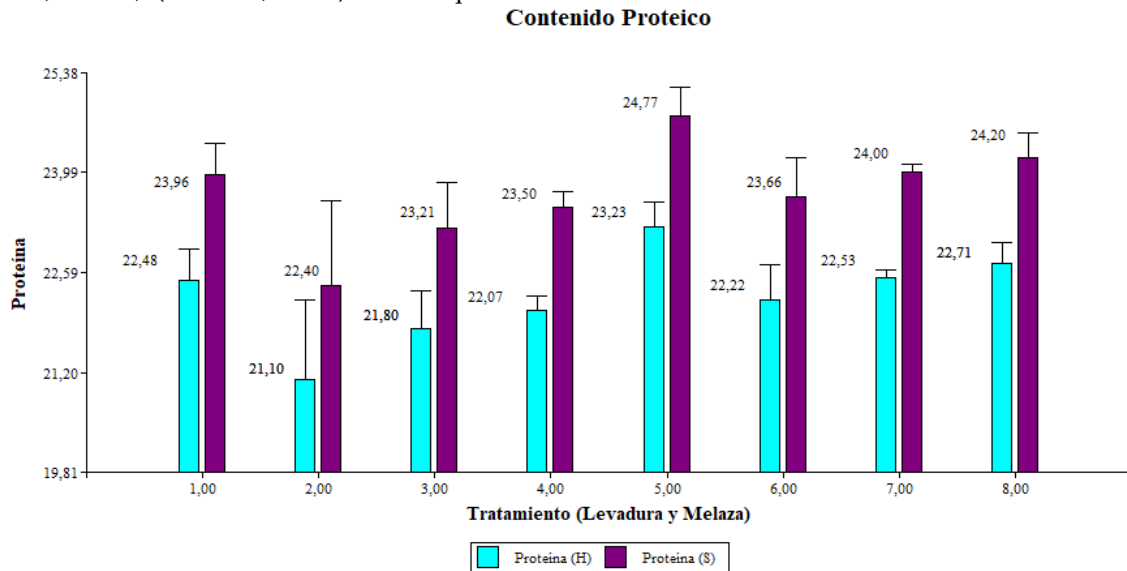


Figura 5. Resultado de las medias correspondientes al contenido de proteína en muestra húmeda y seca del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza
Fuente: Elaboración propia

El T5 (0,250 levadura x sin melaza) contiene el mayor porcentaje de proteína seca (24,77%) y, 23,23% en proteína húmeda (Gráfico 5). (Tamayo, 2015), menciona que el alto contenido de manteca de cacao influye de gran manera en la apariencia del producto final ya que el resultado es un producto con mayor brillo que el chocolate negro comercial. El promedio de las muestras analizadas mantuvo valores menores al 5%, lo que pudo haber aumentado la dificultad de mantener una emulsión estable. (El Salous, 2019) informa el

49,3% de grasas aplicando 0,5 gramos de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) por cada 100 gramos de cacao, 48,7 con 1 gramo y 49,9 sin agentes de fermentación. (INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización), 2018) (El Salous, 2019) permite un contenido de humedad de hasta el 7% mientras que el promedio de las muestras analizadas en el presente trabajo es menor al 5%. Lo que pudo haber aumentado la dificultad de mantener una emulsión estable.

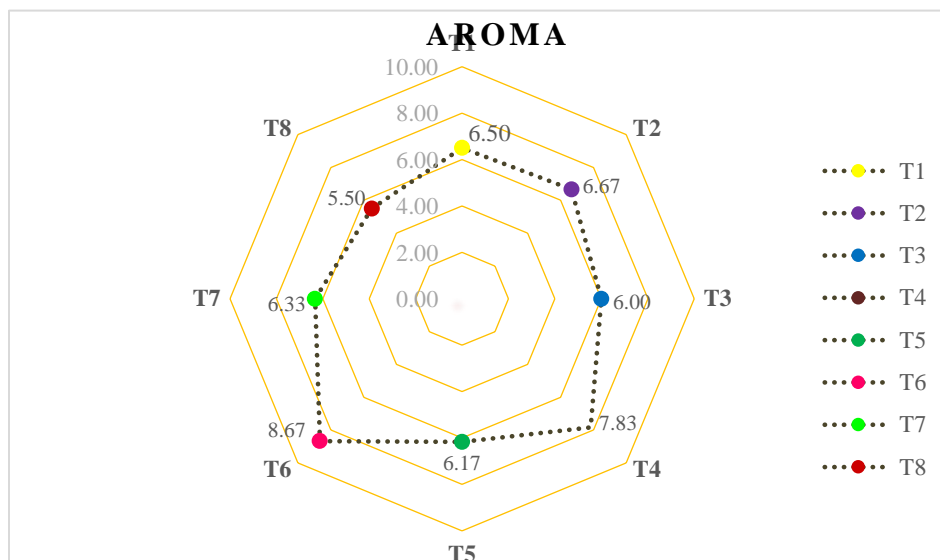


Figura 6. Resultados del análisis sensorial correspondiente a la característica aroma del plan experimental (fermentación con levadura y melaza)
Fuente: Elaboración propia

El T6 (0,250 % de Levaduras + con melaza), seguido del T4 (0,125 % de Levaduras + con melaza) mantiene los valores más altos de calidad de aroma en la catación; 8,67 y 7,83, respectivamente (Gráfico 6)

La prueba organoléptica demostró que el tratamiento T3 (*S. cerevisiae* + Pulpa de

aguacate) presento mejores atributos en “cacao arriba” y “cacao” y el testigo con atributo “floral” (Guevara, 2017). Otros resultados refieren valores de la media en 2,3 para el blanco, 2,5 con PPO y 2,7 con Prozyn (Navia & Pazmiño, 2012)

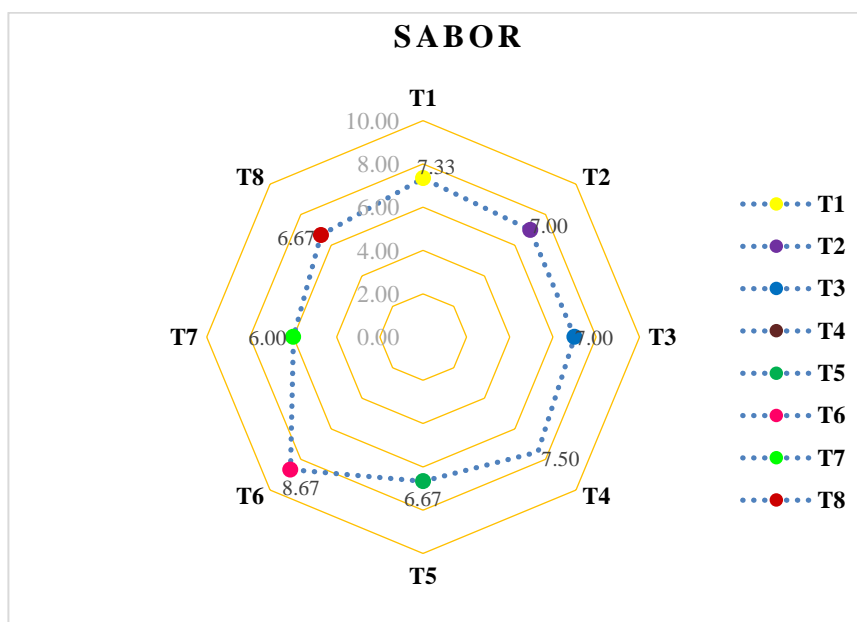


Figura 7. Resultados del análisis sensorial correspondiente a la característica sabor del plan experimental (fermentación con levadura y melaza)
Fuente: Elaboración propia

En relación al sabor, el tratamiento con mayor aceptación es el T6 (0,250 % de Levaduras con melaza) con el valor de 8,67, seguido del T4 (0,125 % de Levaduras + con melaza) con 7,50 (Gráfico 7).

(Guevara, 2017) reporta que las muestras procedentes de los tratamientos con una mejor calidad fermentativa desarrollaron una expresión más intensa del sabor a cacao y otras notas sensoriales típicas de los cacaos finos o de aroma como sabor frutal, arriba o nuez. (Párraga, 2013) refiere que las diferencias en la calidad de la fermentación podrían explicar las correlaciones positivas entre el sabor a cacao con floral, frutal y nuez; así como que los árboles de genotipo nacional utilizados también inciden en las características organolépticas. En esta investigación se utilizó cacao nacional, lo que pudo incidir en los resultados obtenidos.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se plantean las siguientes conclusiones:

En la prueba de corte, el T4 (0,125% de levadura x con melaza) presenta una buena

fermentación (55,56%) en relación a los otros tratamientos, logrando un desprendimiento rápido de la testa.

La acidez titulable presentó valores óptimos en el T2 (0% levadura x con melaza) con el 0,1456%. El T5 (0,250 levadura x sin melaza) contiene el mayor porcentaje de proteína seca (24,77%) y, 23,23% en proteína húmeda.

El T6 (0,250 % de Levaduras + con melaza), seguido del T4 (0,125 % de Levaduras + con melaza) mantiene los valores más altos de calidad de aroma en la catación; 8,67 y 7,83, respectivamente. El T6 (0,250 % de Levaduras + con melaza) alcanzó el valor más alto (8,67) en la catación del sabor.

REFERENCIAS

- [1]. Afoakwa, E. O., Boeckx, P., Dewettinck, K., Boeckx, P., & Dewettinck, K. (2016). Factors influencing quality variation in cocoa (Theobroma cacao) bean flavour profile - A review. *Food Research International*, 82(May), 44–52.

- <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.012>
- [2]. Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Ryan, A. (2014). Flavor Formation and Character in Cocoa and Chocolate: A Critical Review Access details: Access Details: [subscription number 789211765] Critical Reviews in Food Science and Nutrition Flavor Formation and Character in Cocoa and Chocolate: A Critical. *Critical Reviews in Food Science And Nutrition*, 48:840–857, 48(November 2008), 840–857. <https://doi.org/10.1080/10408390701719272>
- [3]. Álvarez, C., Tovar, L., García, H., Morillo, F., Sánchez, P., Girón, C., & De Farias, A. (2010). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores. *Revista Científica UDO Agrícola*, 10(1), 76–87. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3909942>
- [4]. ANECACAO. (2016). *Exportación Ecuatoriana de Cacao. Estadísticas de Exportación*. <http://www.anecacao.com/es/estadisticas/estadisticas-actuales.html>
- [5]. Apriyanto, M., & Harmayani, E. (2016). Study on effect of fermentation to the quality parameter of cocoa bean in Indonesia. *Agricultural Research Communication Centrentre*, 35(2), 160–163. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.v35i2.10724>
- [6]. Arvelo Sánchez, M. A., González León, D., Maroto Arce, S., Delgado López, T., & Montoya López, P. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao Buenas prácticas para América Latina. In *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)*.
- [7]. Bradie, N., Bekele, F., Sikora, E., & Sikora, M. (2015). Aspectos de agronomía, calidad, nutrición y salud del cacao. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.669428>
- [8]. Corporación Financiera Nacional. (2018). *Ficha Sectorial: Cacao y Chocolate GDGE-Subg. de análisis de información*. 30. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/2018/04/Ficha-Sectorial-Cacao.pdf>
- [9]. Costa, A., Entzminger, C., Fredericq, A., Gilmour, M., Matissek, R., & Quintana, S. (2015). *Cocoa Beans: Chocolate & Cocoa Industry Quality Requirements*.
- [10]. El Salous, A. (2019). Acceleration of cocoa fermentation through the action of bacteria (*Acetobacter acetii*) and yeast (*Saccharomyces cerevisiae*). *Espirales Revista Multidisciplinaria de Investigación*, 3(28), 1. <https://doi.org/10.31876/er.v3i28.572>
- [11]. Erazo Gavilanez, C. Y. (2019). *Diseño de un fermentador y secador solar piloto, para dos variedades de cacao (Theobroma cacao), en el cantón El Empalmen, provincia Guayas*.
- [12]. Erazo Gavilanez, Y. C. (2019). *“Diseño de un fermentador y secador solar piloto, para dos variedades de cacao (Theobroma cacao L), en el cantón El Empalme provincia Guayas”* [UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK]. [http://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3361/6/FERMENTACION DE CACAO.pdf](http://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3361/6/FERMENTACION%20DE%20CACAO.pdf)
- [13]. Guevara, K. (2017). *“ADICIÓN DE ENZIMAS Y LEVADURAS SOBRE LOS CAMBIOS QUÍMICOS Y ORGANOLÉPTICOS DEL CACAO (Theobroma cacao L) CLON CCN-51.”* 172. <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2145/1/T-UTEQ-0024.pdf>
- [14]. INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización). (2018). *Granos de cacao. Requisitos NTE INEN 176-5*. 8. http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_176-5.pdf
- [15]. Llerena Arboleda, K. E., & Uriña Gómez, Z. B. (2007). *Uso de*

- Cultivos Iniciadores (Starter) en la Fermentación de Cacao Tipo Nacional Clon 103 y CCN51 en la Estación Pichilingue ubicada en Quevedo - Provincia de los Ríos. 48, 88040.*
- [16]. Navia, A., & Pazmiño, N. (2012). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción Previo a la obtención del Título de: INGENIEROS DE ALIMENTOS Presentada por: Abel Andrés Navia Orcés Natalie Valeria Pazmiño Piedra GUAYAQUIL - ECUAD [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad]*.
<https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/90118/D-79626.pdf>
- [17]. Navia Orcés, A. A., & Pazmiño Piedra, N. V. (2012). Mejoramiento de las Características Sensoriales del Cacao CCN51 a través de la Adición de Enzimas durante el Proceso de Fermentación. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología, 5*, 169–181.
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31173>
- [18]. Párraga, D. (2013). CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICAS Y SENSORIAL DE QUINCE CLONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) TIPO NACIONAL EN ALMENDRAS FERMENTADAS Y SECAS PARA OBTENCIÓN DE PASTA DE CACAO. In *Applied Catalysis A: General* (Vol. 58, Issue 2).
<https://doi.org/10.1179/1743280412Y.0000000001>
- [19]. Robinson López-Monzón. (2016). *Desarrollo De Un Modelo Matemático Para La Fermentación Del Cacao Criollo Blanco*. 100.
- [20]. Tamayo, G. (2015). *Estudio de las propiedades físico-químicas y sensoriales del chocolate a partir de cacao fino de aroma con diferentes tiempos de fermentación*.
<http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/14279>