

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Agroindustria Alimentaria
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria



Proyecto Especial de Graduación

**Desarrollo de una cerveza artesanal utilizando como base pulpa de
café (*Coffea arabica*) y granos de cacao (*Theobroma cacao*) en sustitución de
cebada (*Hordeum vulgare*)**

Estudiantes

Fátima Ivette Gutiérrez Chávez

Luis Fernando Carías Hernández

Asesores

Luis Fernando Maldonado, Ph.D.

Edward Moncada, Mgtr.

Honduras, agosto 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA M. ACOSTA MARCHETTI

Departamento de Agroindustria Alimentaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros	5
Índice de Figuras	6
Índice de Anexos	7
Resumen	8
Abstract	9
Introducción.....	10
Materiales y Métodos	13
Localización del Estudio	13
Materiales	13
Análisis Físicos.....	13
Color	13
Color en Escala EBC y SRM	14
Sólidos Solubles Totales (°Brix)	14
Perfil de Azúcares	14
Perfil de Alcoholes	14
Gravedad Específica	15
Potencial de Hidrógeno (pH).....	15
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	15
Resultados y Discusión.....	22
Color	22
Color en escala EBC y SMR	23
Sólidos Solubles Totales (Brix°)	23
Gravedad Específica	24

Potencial de Hidrógeno (pH).....	25
Análisis de Costos	26
Conclusiones.....	30
Recomendaciones.....	31
Referencias	32
Anexos	36

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Descripción de las sustituciones de los granos utilizados para los tratamientos del estudio.	15
Cuadro 2 Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal utilizando cebada (100%).....	16
Cuadro 3 Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal utilizando pulpa de café (90%), granos de cacao (5%) y cebada (5%).	16
Cuadro 4 Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal utilizando pulpa de café (70%), granos de cacao (15%) y cebada (15%)	16
Cuadro 5 Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal utilizando pulpa de café (50%), granos de cacao (25%) y cebada (25%)	17
Cuadro 6 Media y desviación estándar (D.E.) para las escalas L*a*b* para la determinación de color en cada tratamiento.....	22
Cuadro 7 Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de absorbancia en cerveza utilizando las escalas EBC y SMR.....	23
Cuadro 8 Tiempo de maceración, media y desviación estándar (D.E) para grados Brix en cada tratamiento.	24
Cuadro 9 Media, desviación estándar (D.E.) y porcentaje de alcohol por volumen para cada tratamiento	25
Cuadro 10 Tiempo de maduración, media y desviación estándar (D.E) para la determinación de potencial de hidrógeno (pH)	26
Cuadro 11 Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal tipo Ale utilizando cebada (100%)	26
Cuadro 12 Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal tipo Ale utilizando pulpa de café (90%), granos de cacao (5%) y cebada (5%)	27
Cuadro 13 Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal tipo Ale utilizando pulpa de café (70%), granos de cacao (15%) y cebada (15%)	28
Cuadro 14 Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal tipo Ale utilizando pulpa de café (50%), granos de cacao (25%) y cebada (25%)	29

Índice de Figuras

Figura 1 Diagrama de fluo de proceso para producir 10 litros de cerveza artesanal utilizando cebada (100%).....	18
Figura 2 Diagrama de flujo de proceso para producir 10 litros de cerveza artesanal utilizando pulpa de café (90%), granos de cacao (5%) y cebada (5%).....	19
Figura 3 Diagrama de flujo de proceso para producir 10 litros de cerveza artesanal utilizando pulpa de café (70%), granos de cacao (15%) y cebada (15%)	20
Figura 4 Diagrama de flujo de proceso para producir 10 litros de cerveza artesanal utilizando pulpa de café (50%), granos de cacao (25%) y cebada (25%).	21

Índice de Anexos

Anexo A Selección manual de pulpa de café	36
Anexo B Tostado de cacao	38
Anexo C Fermentado.....	39
Anexo D Escala SRM y EBC	40
Anexo E Perfil de alcoholes	41

Resumen

La cerveza es una bebida alcohólica, que pasa por un proceso de fermentación. Dicha bebida, es elaborada con el uso de varios cereales, tales como el trigo, cebada, maíz, sorgo, entre otros. El objetivo de este estudio fue evaluar las características fisicoquímicas del uso de la pulpa de café (*Coffea arábica*) y granos de cacao (*Theobroma cacao*) en la elaboración de una cerveza artesanal en disminución de cebada (*Hordeum vulgare*). Se usó un diseño experimental con Bloques Completos al Azar (BCA) con un análisis de varianza y separación de medias Duncan a una significancia ($P \leq 0.05$). Las variables de la investigación se realizaron en tres tratamientos a base de pulpa de café (90, 70 y 50%) y granos de cacao y cebada (5, 15 y 25%) y un tratamiento control (cebada 100%) con tres repeticiones, para un total de 12 unidades experimentales. Se realizaron análisis de costos, color, absorbancia, grados brix, perfil de alcoholes, gravedad específica y pH. El costo promedio para elaborar una cerveza artesanal presentó una disminución, además de darle un valor agregado a un coproducto de café. En cuanto al porcentaje de alcohol obtenido, los tres tratamientos mostraron diferencia con el tratamiento control, debido a que la cebada cuenta más azúcares disponibles durante la fermentación. Se logró una caracterización del producto terminado, mediante los análisis realizados donde se categorizó como una cerveza artesanal tipo Porter Ale. Se recomienda añadir sacarosa o mucílago de café para un mejor sabor, además para incrementar el grado alcohólico durante la fermentación.

Palabras clave: coproducto, disminución, fermentación, perfil de alcohol, Porter Ale.

Abstract

Beer is an alcoholic beverage, which goes through a fermentation process. This drink is made with the use of various cereals, such as wheat, barley, corn, sorghum, among others. The objective of this study was to evaluate the physicochemical characteristics of the use of coffee pulp (*Coffea arabica*) and cocoa beans (*Theobroma cacao*) in the production of a craft beer in substitution of barley (*Hordeum vulgare*). A Randomized Complete Block (RCB) experimental design was used. An analysis of variance and Duncan separation of mean were used at significance ($P \leq 0.05$). The variables of the research were carried out three treatments based on coffee pulp (90, 70 and 50%) and cocoa beans and barley (5, 15 and 25%) and a control treatment (barley 100%) with three repetitions for a total of 12 experimental units. Cost, color, absorbance, brix grades, alcohol profile, specific gravity and pH analyses were performed. It was observed that the average cost of brewing a craft beer showed a decrease, in addition to giving an added value to a coffee co-product. As for the percentage of alcohol obtained in the three treatments, they showed a difference with the control treatment, because the barley has more sugars available during fermentation. A characterization of the finished product was achieved, through the analyses carried out in which it was categorized as a Porter type craft beer. It is recommended to add sucrose or coffee mucilage for a better flavor, as well as to increase the alcoholic strength during fermentation.

Keywords: alcohol profile, co-product, decline, fermentation, Porter Ale.

Introducción

La cerveza es una bebida alcohólica, la cual pasa por un proceso de fermentación. Dicha bebida, es elaborada con el uso de varios cereales, tales como el trigo, cebada, maíz, sorgo, entre otros. Al tener un alto contenido de almidón estos tienen el potencial de ser transformados en azúcares fermentables, las cuales son indispensables para la elaboración y fermentación de bebidas alcohólicas y moderación de la cerveza. (Mosher Michael y Trantham Kenneth 2016)

Como punto de partida se tiene que una bebida alcohólica se define como “producto alcohólico apto para consumo humano, obtenido por procesos de fermentación de materia prima de origen vegetal y que es sometido, o no, a destilación, rectificación, infusión, maceración o cocción de productos naturales, con un contenido alcohólico mayor al 0.5% en volumen; el producto puede o no ser añejado, estar adicionado o no de diversos ingredientes y aditivos (Reglamento Técnico Centroamericano 2011)

Dentro del contexto de producción en la industria cervecera; una de las situaciones que impacta directamente a los productores es el alto costo de importación sobre la cebada, lo cual eleva considerablemente el costo dentro de la elaboración de la cerveza (Soria Ludisaca 2017). Por lo cual, se busca sustituir esta materia prima por productos locales de bajo valor comercial; siendo en concreto para este estudio la utilización de pulpa de café como sustituto de malta, así como la adición de granos de cacao con el fin de utilizar productos de fácil acceso para los productores de cerveza.

El cacao es un fruto proveniente del árbol cacaotero *Theobroma cacao L.*, de la familia *Malvaceae* (Souza et al. 2018). Dicho producto, es rico en polifenoles; los cuales contribuyen entre el 12 y el 18% del peso seco del grano entero. Los polifenoles de los granos de cacao se han asociado durante mucho tiempo con el sabor y el color del chocolate (Gonzales 2011). Por lo que su adición a dicha bebida aporta características organolépticas que podrían ser agradables para el mercado meta.

En la producción de café (*Coffea arábica*), se realiza el aprovechamiento del 60% del grano. El excedente es pulpa que constituye un subproducto con pocos usos industriales (Serna Jiménez et al.

2018). Al ser un subproducto poco utilizado, su costo es económico y así se disminuiría el costo de producción de la cerveza para hacerlo más accesible al cliente.

El uso de cacao y pulpa de café como ingredientes para la elaboración de cerveza artesanal, es una tendencia que se puede evidenciar en cervezas elaboradas en diferentes partes del mundo, como por ejemplo Meantime Coffea Porter (EEUU), Samuel Adams (EEUU), Costa Rica (Noruega), Alcapone café (México) y Sekinoichi (Japón) (D'Areny, 2014). Estudios realizados por Peralta Bustamante (2020) muestran que, el uso de materias primas como lo son el cacao y el café; pueden crear nuevos atributos sensoriales a la cerveza, aportar un mejor perfil aromático al producto final e incluso disminuir los costos de producción.

Los ácidos orgánicos presentes en la pulpa de café son muy variados (fórmico, acético, málico, tartárico, oxálico, fumárico, clorogénico, cafeico, cafeínico, entre otros). Ellos participan en el pH del mosto elaborado, dan el sabor final del producto terminado, pero no inhiben el crecimiento de la levadura; todo lo contrario, su crecimiento se ve inhibido por la alta concentración de alcohol producida por ellos mismos (Arguedas Gamboa 2014).

La gran cantidad de azúcar que posee la pulpa de café genera alcohol, convirtiéndose en insumo para la elaboración de cerveza artesanal (Pilligua et al. 2021). Debido a ello es la materia prima ideal para la elaboración del presente estudio.

Los azúcares son la materia prima de las levaduras para formar el alcohol y el gas carbónico; sin embargo, niveles extremos de concentración de azúcar pueden producir la inhibición del crecimiento. Dicha inhibición es el resultado de la disminución de la viabilidad celular causada por la alta presión osmótica y la elevada concentración intracelular de etanol, producto de la mayor velocidad de fermentación (Carrascosa et al. 2005).

Este estudio abarca el desarrollo de una cerveza artesanal de alta fermentación, utilizando como base pulpa de café con cacao y cebada, estableciendo los siguientes objetivos:

Determinar el grado alcohólico utilizando diferentes concentraciones de pulpa de café y granos de cacao en la elaboración de una cerveza artesanal.

Evaluar las características físicas y químicas de la cerveza artesanal a base de pulpa de café y granos de cacao.

Analizar el costo de producción de una cerveza artesanal a base de pulpa de café y granos de cacao.

Materiales y Métodos

Se elaboró una cerveza a base de pulpa de café (*Coffea arabica*) y granos de cacao (*Theobroma cacao*), con el objetivo de evaluar las diferencias físicas, químicas mediante la utilización de tres diferentes concentraciones de pulpa (50, 70 y 90%). Para el análisis del experimento se utilizaron Bloques Completos al Azar (BCA).

Localización del Estudio

El proceso de acondicionamiento de la pulpa de café se realizó en la Planta Hortofrutícola (Anexo A y B); el proceso de elaboración de cerveza se realizó en la Planta de Innovación de Alimentos de Zamorano (PIA), (Anexo C). Los análisis físico - químicos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ). Las instalaciones se encuentran dentro de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Valle de Yeguaré, municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, Honduras, CA.

Materiales

Pulpa de café, granos de cacao, Malta Laca Mecca Lamonta (American Pale), lúpulo Columbus, levadura Safale Ale US-05, lúpulo Cascade, botella de vidrio ámbar de 330 mL, chapas corona de 26 mm, azúcar.

Análisis Físicos

Color

Se midió el color por medio del equipo Colorflex Hunter L* a* b*, utilizando el método AN 1018.00, donde L* nos indicó la luminosidad para colores oscuros (0 – 50) y para colores claros (51 – 100). La escala a* se utilizó para valores positivos (rojo) o negativos (verde) y la escala b* nos indica valores positivos (amarillo) y negativos (azul) (Hunterlab 2016).

Color en Escala EBC y SRM

Se determinó mediante el método AOAC 962.13, con ayuda de un espectrofotómetro UV-VIS (Cary 8454, Agilent Technologies, EE. UU.) a una longitud de onda de 430 nm a 20 °C. Este análisis permitió determinar los colores utilizados por la European Brewing Convention (EBC) y Standard Reference Method (SRM). Para determinar EBC se midió la absorbancia y se multiplicó 25 veces por la disolución. Para obtener el valor SRM se multiplicó la absorbancia por 12.7 (Rathore et al. 2007).

Sólidos Solubles Totales (°Brix)

Se midió la cantidad de sólidos solubles mediante un refractómetro de bolsillo PAL-3, Marca ATAGO, con escala de 0 – 93 ± 0.1% utilizando el método de AOAC 983.17 (Guevara Milla 2019) para conocer el porcentaje de azúcar o sacarosa que contiene.

Perfil de Azúcares

La cuantificación de azúcares se realizó mediante el cromatógrafo líquido de alto rendimiento (HPLC), siguiendo el método AOAC 982.14 (AOAC 2005) Este método cuantifica todas las azúcares presentes en la muestra, las cuales son separadas para identificar el porcentaje que cada una posee.

Perfil de Alcoholes

La cuantificación de etanol se llevó a cabo por medio de un cromatógrafo de gases modelo Agilent 6890 Series GC System, con software GC ChemStation 2010, utilizando el método 984.14 de la AOAC. Se elaboró una curva estándar con n-Propanol al 5% y se aforó con agua destilada en un matraz de 10 mL. Se preparó etanol a 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8% por medio de diluciones en matraces de 10 mL; se aforó cada muestra con agua destilada. Para la curva estándar, se prepararon viales con distintas concentraciones de etanol anteriormente preparadas con la solución de n-Propanol al 5%, en una relación 1:1. Para la muestra de cerveza, se trabajó en una relación 1:1 de cerveza y n-Propanol. (Mejía R. y Linares E. 2021).

Gravedad Específica

Se realizó la medición mediante el uso de un hidrómetro de precisión para cerveza de triple escala, para determinar la gravedad específica y grado alcohólico presente. Se utilizaron 500 mL de muestra en una probeta de vidrio a 21 °C. El resultado que se obtuvo expresa la relación entre la densidad de la cerveza y la densidad del agua pura, por lo cual no posee unidades (González 2017)

Potencial de Hidrógeno (pH)

Se utilizó un potenciómetro OHAUS Starter 2001; la concentración de hidrógenos se expresa por el valor de pH, que indica el estado ácido o alcalino de una solución (Mansilla Canela 2014). Para la medición se tomaron 100 mL de cerveza de cada tratamiento en beakers de 250 mL, realizando tres repeticiones a cada medición y tomando un valor promedio.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con un análisis de varianza por medio de la prueba Duncan a un nivel de significancia ($P \leq 0.05$). Para el análisis estadístico se utilizó el programa SAS en su versión 9.6. Se realizaron tres repeticiones por tratamiento (Cuadro 3, 4 y 5) y un tratamiento control (Cuadro 2), por cual se obtuvo un total de 12 unidades experimentales (Cuadro 1).

Cuadro 1

Descripción de las sustituciones de los granos utilizados para los tratamientos del estudio.

Tratamientos	% Pulpa de Café	% de Cacao	%Cebada
TRT1	90	5	5
TRT2	70	15	15
TRT3	50	25	25
CONTROL	0	0	100

Nota. TRT: Tratamiento.

Cuadro 2

Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal utilizando cebada (100%).

Ingredientes	Cantidad (g)	Formulación (%)
Cebada (Pale Ale)	2,500	98.25
Lúpulo Cascade	15	0.59
Lúpulo Columbus	15	0.59
Levadura Safale US – 05	11.5	0.45
Azúcar	3	0.12
Total	2,544.5	100

Cuadro 3

Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal utilizando pulpa de café (90%), granos de cacao (5%) y cebada (5%).

Ingredientes	Cantidad (g)	Formulación (%)
Pulpa de café	2,250	88.43
Granos de cacao	125	4.91
Cebada (Pale Ale)	125	4.91
Lúpulo Cascade	15	0.59
Lúpulo Columbus	15	0.59
Levadura Safale US – 05	11.5	0.45
Azúcar	3	0.12
Total	2,544.5	100

Cuadro 4

Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal utilizando pulpa de café (70%), granos de cacao (15%) y cebada (15%)

Ingredientes	Cantidad (g)	Formulación (%)
Pulpa de café	1,750	68.77
Granos de cacao	375	14.74
Cebada (Pale Ale)	375	14.74
Lúpulo Cascade	15	0.59
Lúpulo Columbus	15	0.59
Levadura Safale US – 05	11.5	0.45
Azúcar	3	0.12
Total	2,544.5	100

Cuadro 5

Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal utilizando pulpa de café (50%), granos de cacao (25%) y cebada (25%)

Ingredientes	Cantidad (g)	Formulación (%)
Pulpa de café	1,250	49.13
Granos de cacao	625	24.56
Cebada (Pale Ale)	625	24.56
Lúpulo Cascade	15	0.59
Lúpulo Columbus	15	0.59
Levadura Safale US – 05	11.5	0.45
Azúcar	3	0.12
Total	2,544.5	100

Figura 1

Diagrama de flujo de proceso para producir 10 litros de cerveza artesanal utilizando cebada (100%).

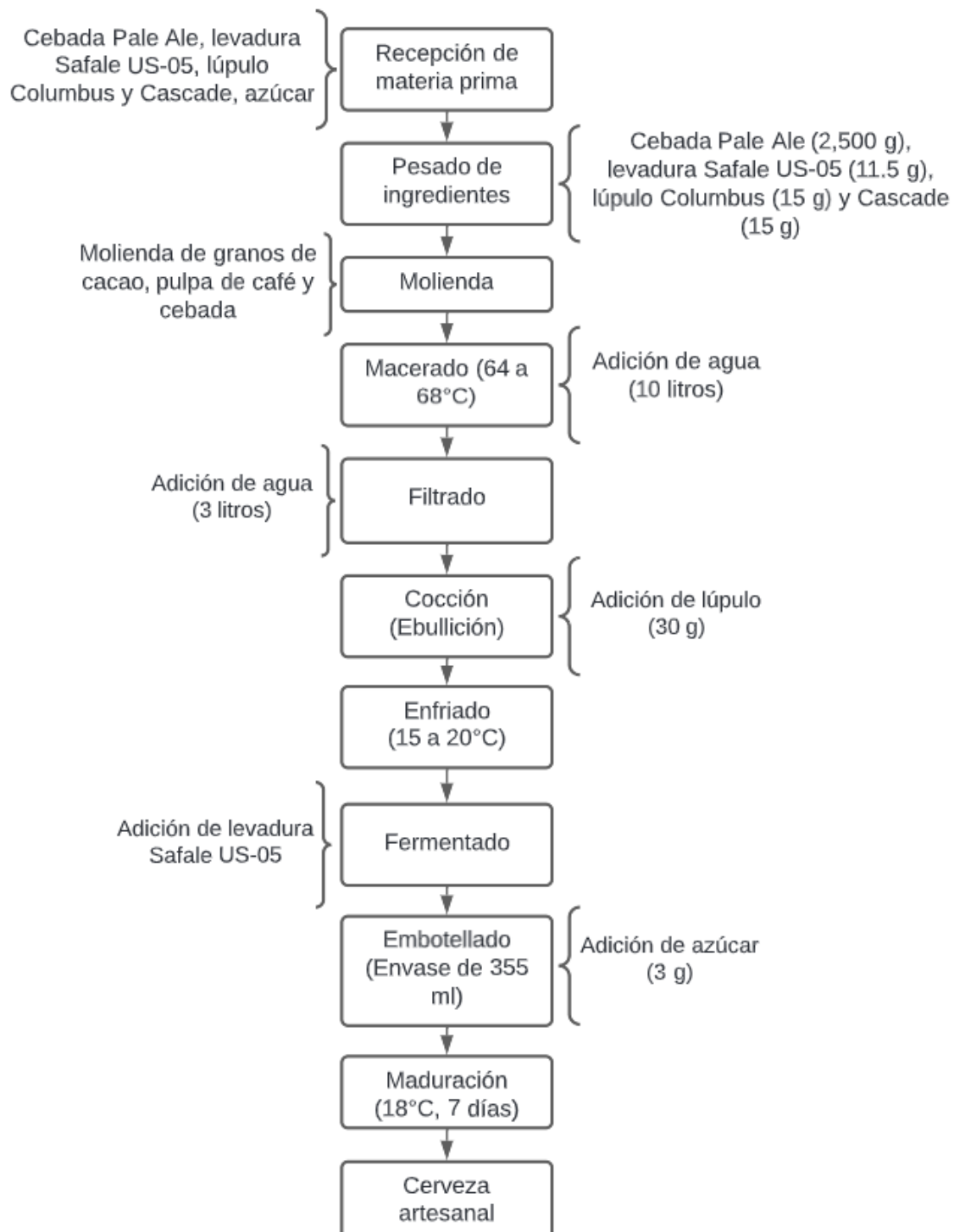


Figura 2

Diagrama de flujo de proceso para producir 10 litros de cerveza artesanal utilizando pulpa de café (90%), granos de cacao (5%) y cebada (5%)

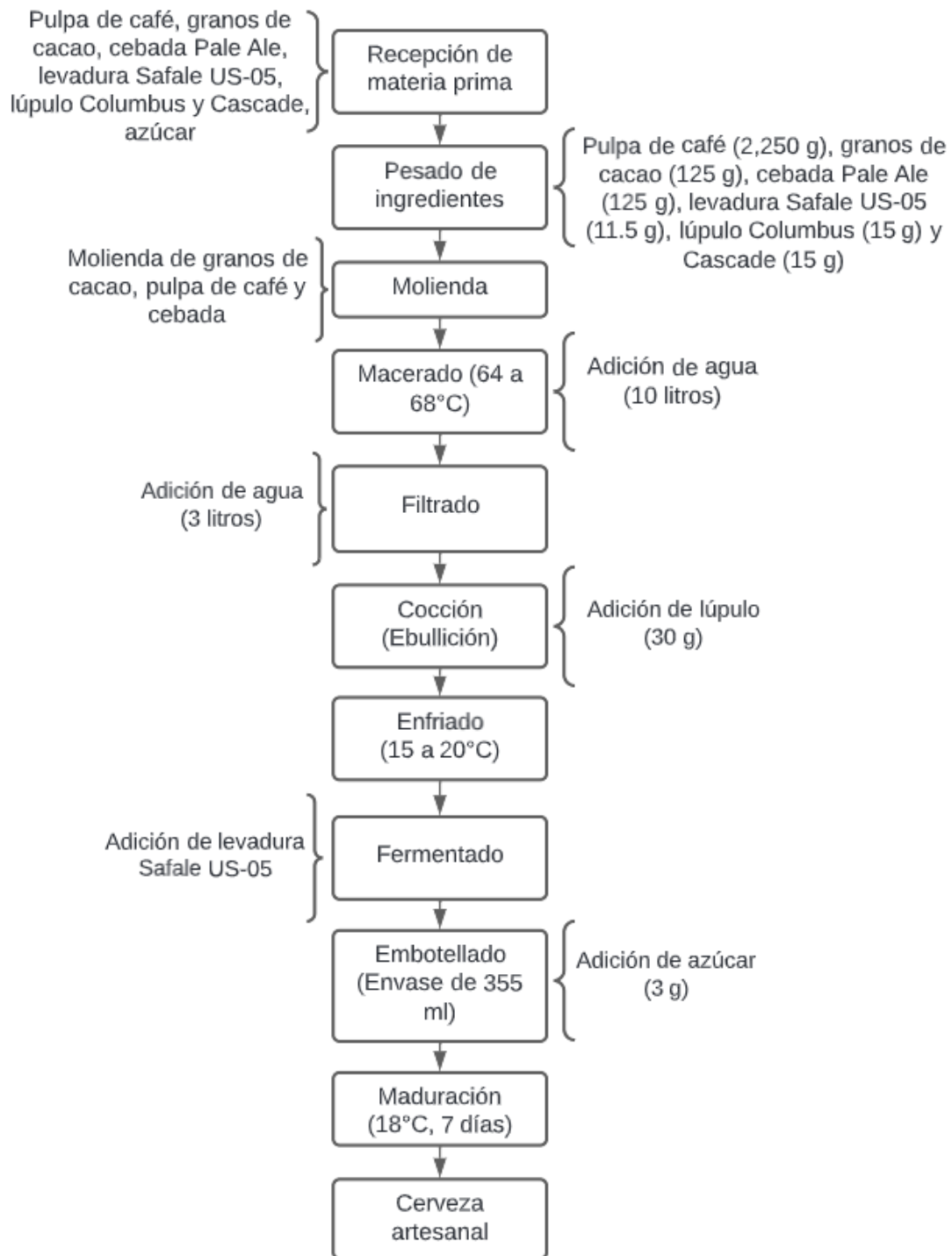


Figura 3

Diagrama de flujo de proceso para producir 10 litros de cerveza artesanal utilizando pulpa de café (70%), granos de cacao (15%) y cebada (15%)

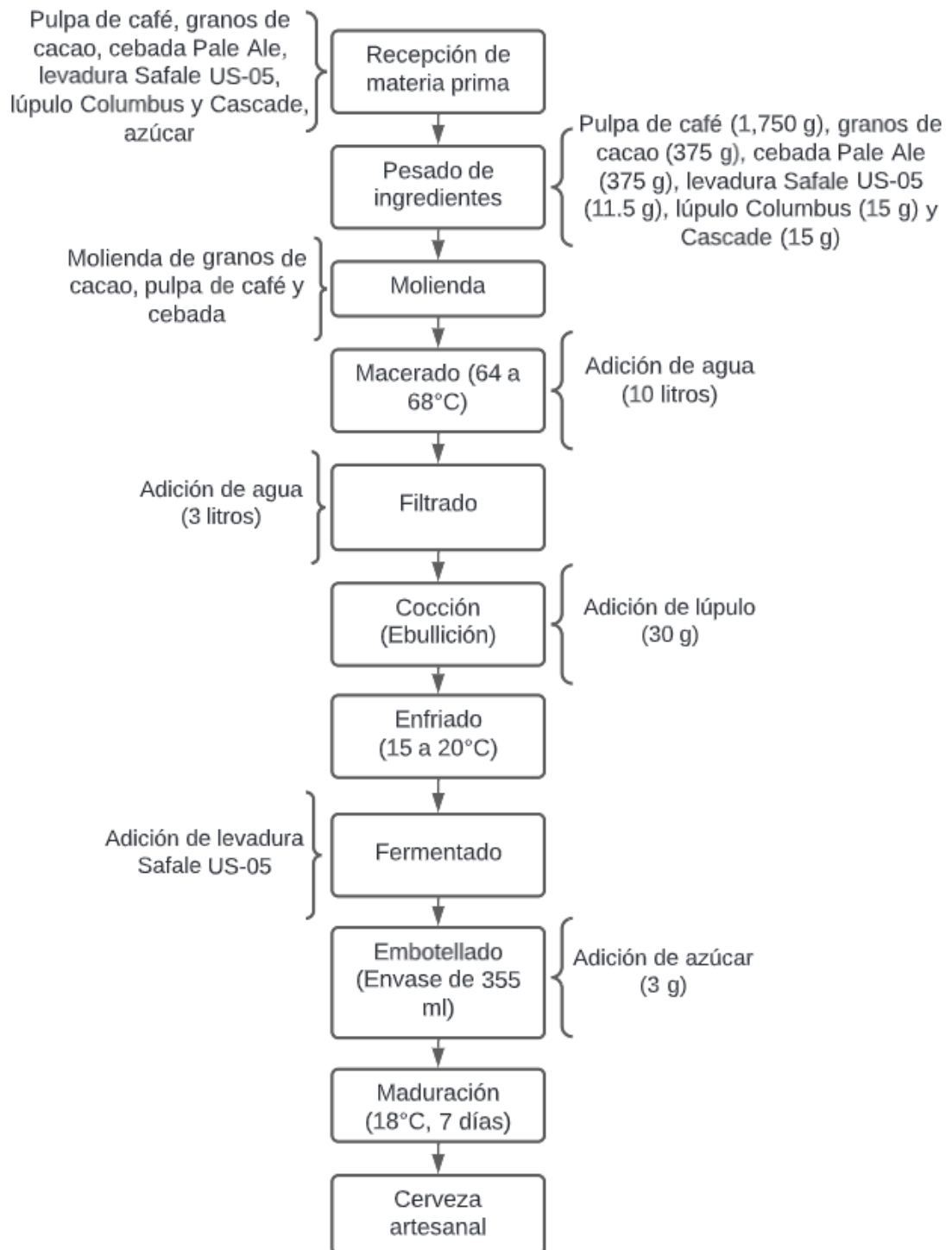
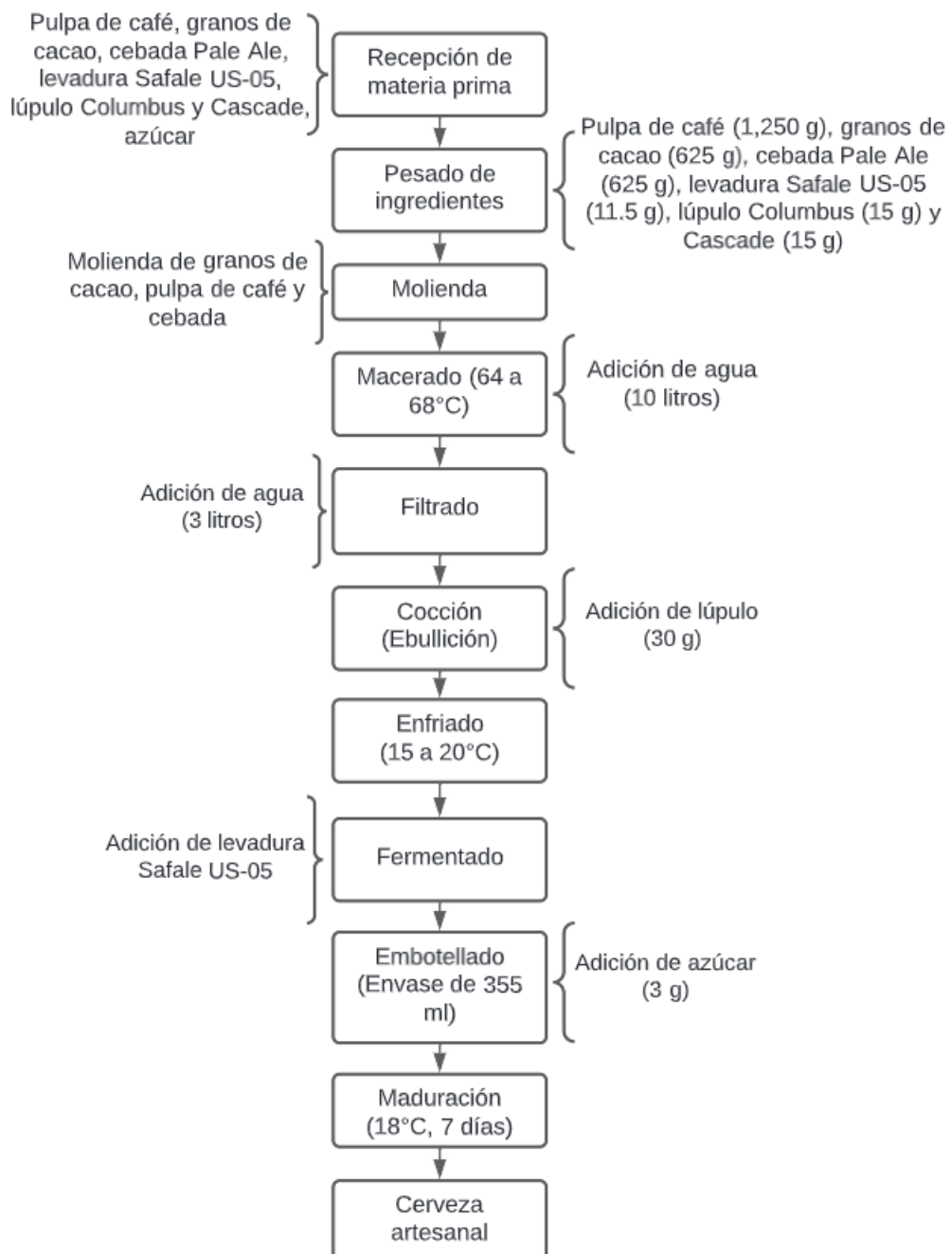


Figura 4

Diagrama de flujo de proceso para producir 10 litros de cerveza artesanal utilizando pulpa de café (50%), granos de cacao (25%) y cebada (25%).



Resultados y Discusión

Color

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las escalas $L^*a^*b^*$, para la escala L^* y a^* , los tratamientos con 50 y 70% de pulpa de café no presentaron diferencias significativas (Cuadro 6). Sin embargo, el tratamiento que solo se utilizó cebada como materia prima base si presentó diferencias significativas en todas las escalas. La malta a temperaturas entre 50 a 70 °C suelen tornar colores claros, y esto se pudo evidenciar en el tratamiento, control. Los tratamientos en los que se utilizaron pulpa de café y granos de cacao brindaron una coloración oscura en la cerveza, lo cual podría estar asociado a los granos de cacao tostados. Además, durante el calentamiento del mosto se generan por reacciones de pardeamiento no enzimático (reacción de Maillard), la cual es responsable de brindar distintas tonalidades en los diferentes tipos de cerveza (Nøddekær y Andersen 2007). Según Badillo González (2014), el color característico de esta cerveza se debe a que se emplean granos tostados, los cuales generan extractos coloreados a causa de las melanoidinas que producidas durante el tostado en base de carbohidratos y sustancias nitrogenadas. Por lo que el color de la cerveza se debió a los granos de cacao tostados.

Cuadro 6

*Media y desviación estándar (D.E.) para las escalas $L^*a^*b^*$ para la determinación de color en cada tratamiento.*

Tratamientos	Color $L^*a^*b^*$		
	$L^* \pm D.E.$	$a^* \pm D.E.$	$b^* \pm D.E.$
90% PC, 5% GC, 5% C	26.91 \pm 2.12 ^(b)	25.49 \pm 1.32 ^(b)	36.06 \pm 2.27 ^(b)
70% PC, 15% GC, 15% C	16.05 \pm 4.50 ^(c)	22.77 \pm 1.67 ^(a)	21.16 \pm 3.63 ^(b)
50% PC, 25% GC, 25% C	17.21 \pm 1.50 ^(c)	28.27 \pm 4.93 ^(a)	14.23 \pm 0.94 ^(c)
Control, 100% C	70.40 \pm 3.49 ^(a)	-0.10 \pm 0.53 ^(c)	30.73 \pm 0.55 ^(a)
CV (%)	3.34	2.91	2.54

Nota. L^* =escala 0-100 siendo cero (0) negro y cien (100) blanco. a^* = mide el espectro visible de verde a rojo, a (-) verde y a (+) rojo. b^* = valor de azul a amarillo, siendo b (-) azul y b (+) amarillo, tanto a^* como b^* utilizan una escala de -60 a 60. ^{abc} Promedios con letra diferente en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$). PC: pulpa de café, GC: granos de cacao y C: cebada. CV (%): Coeficiente de Variación, expresado en porcentaje (%). D.E: Desviación Estándar.

Color en escala EBC y SMR

Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos que contenían pulpa de café y granos de cacao en la escala EBC y SMR. A diferencia de los tratamientos, el control sí presentó diferencias significativas. El color de las cervezas se mide de acuerdo con dos escalas, las cuales son SRM (Standard Reference Method) la cual es utilizada principalmente en Estados Unidos y EBC (European Brewing Convention) en el resto del mundo (Anexo D). (Suárez Díaz 2013) Ambas escalas se miden mediante la absorbancia de la muestra de cerveza a 430 nm. La Escala de color EBC sirve para darle una ponderación a la cerveza y clasificarla dentro de un rango de color (Koren et al. 2020)

Cuadro 7

Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de absorbancia en cerveza utilizando las escalas EBC y SMR.

Tratamientos	Absorbancia		
	Absorbancia \pm D.E.	EBC	SMR
90% PC, 5% GC, 5% C	2.64 \pm 1.00 ^(a)	66.16	33.82
70% PC, 15% GC, 15% C	2.66 \pm 1.75 ^(a)	64.83	32.94
50% PC, 25% GC, 25% C	2.59 \pm 2.00 ^(a)	66.58	33.82
Control, 100% C	0.23 \pm 1.63 ^(b)	5.83	2.96
CV (%)	2.63		

Nota. Absorbancia a 430 nm. (EBC) European Brewing Convention. (SRM) Standard Reference Method. ^{ab}Promedios con letra diferente en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$). PC: pulpa de café, GC: granos de cacao y C: cebada. CV (%): Coeficiente de Variación, expresado en porcentaje (%). D.E: Desviación Estándar.

Sólidos Solubles Totales (Brix°)

Estadísticamente se encontró diferencia significativa entre tratamientos. Los grados Brix fueron menores para los tratamientos con mayor concentración de pulpa de café, siendo evaluados al mismo tiempo de maceración (Cuadro 8). Dicho parámetro permite verificar estándares de calidad establecidos y permite identificar la adulteración. Según Gómez Pinto (2021), las condiciones de temperatura que se emplean en el proceso pueden condicionar dicha cualidad, ya que cada enzima acciona el desdoblamiento del almidón a azúcares simples. Además, en el proceso de fermentación

los grados brix deben de tener un rango de 5.3 a 6.9 grados Brix, de acuerdo con el Cuadro 8. Según Badillo González (2014), los valores de °Brix obtenidos en los cuatro tratamientos indica que el contenido de sólidos solubles difiere, lo cual puede deberse a que en el proceso de maceración se añadió un mayor porcentaje de malta.

Cuadro 8

Tiempo de maceración, media y desviación estándar (D.E) para grados Brix en cada tratamiento.

Tratamientos	Grados Brix°	
	Tiempo de maceración	Grados Brix (%) ±D.E.
90% PC, 5% GC, 5% C	115 min	4.13 ± 0.35 ^(c)
70% PC, 15% GC, 15% C	115 min	4.03 ± 0.25 ^(c)
50% PC, 25% GC, 25% C	115 min	6.00 ± 0.26 ^(b)
Control, 100% C	115 min	8.02 ± 0.50 ^(a)
CV (%)		6.23

Nota. °Brix (%) = g/100g de agua. ^{abc}Promedios con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$). PC: pulpa de café, GC: granos de cacao y C: cebada. CV (%): Coeficiente de Variación, expresado en porcentaje (%). D.E: Desviación Estándar.

Gravedad Específica

En el Cuadro 9 se observa diferencia estadística entre todos los tratamientos. El tratamiento control fue el que presentó el valor más alto de gravedad específica. Este valor disminuyó a medida se incrementó el contenido de pulpa de café en los tratamientos. El valor más bajo de gravedad específica fue para el tratamiento con 90% de pulpa de café y 5% grano de café (Anexo E). “Como parámetro de medida en la fermentación para saber si el mosto está listo se usa la gravedad específica, que es un parámetro que mide la densidad” (Ruiz Ruiz 2020). Entre mayor sea la gravedad específica al final de la fermentación, mayor cantidad de azúcares fermentables siguen disponibles.

Cuadro 9

Media, desviación estándar (D.E.) y porcentaje de alcohol por volumen para cada tratamiento

Tratamientos	Gravedad específica	
	Gravedad específica final \pm D.E.	% ABV
90% PC, 5% GC, 5% C	1,007 \pm 1.15 ^(c)	2.07
70% PC, 15% GC, 15% C	1,012 \pm 2.00 ^(bc)	1.97
50% PC, 25% GC, 25% C	1,015 \pm 4.16 ^(b)	1.93
Control, 100% C	1,023 \pm 5.29 ^(a)	5.66
CV (%)	0.28	

Nota. % ABV= Porcentaje de alcohol por volumen. ^{abc} Promedios con letra diferente son estadísticamente diferentes con respecto al tratamiento ($P \leq 0.05$). PC: pulpa de café, GC: granos de cacao y C: cebada. CV (%): Coeficiente de Variación, expresado en porcentaje (%).

D.E: Desviación Estándar.

Potencial de Hidrógeno (pH).

En el Cuadro 10 se observa estadísticamente que no se obtuvo diferencia significativa entre los tratamientos para pH. Los valores de pH para todos los tratamientos se encontraron en un rango de 4.66 a 5.20 (Latorre et al. 2022), por lo cual todos los tratamientos estuvieron dentro de los parámetros establecidos para la elaboración de cerveza. El pH o acidez de la solución es un factor importante para la reactividad de las enzimas que convertirán el azúcar fermentable en etanol y otros productos. Si el pH es demasiado bajo o alto, la actividad de las enzimas disminuye. Durante la maceración, las proteínas de los granos y otros ingredientes son desdoblados en piezas más pequeñas y aminoácidos individuales, lo cual ayuda a reducir el pH. Además, muchos de estos aminoácidos son esenciales como nutrientes para la levadura durante la fermentación. (Mosher Michael y Trantham Kenneth 2016) Como indica Tirado Vera y Zalazar Rosado (2018), debido a que mayor valor de pH presenta riesgo de pérdida de características típicas de la cerveza y menor valor se tendría mayor proliferación de bacterias ácido lácticas lo cual deterioraría la cerveza. Siendo las bacterias ácidas la mayor causa de pérdida de calidad (Dalmaso et al. 2020).

Cuadro 10

Tiempo de maduración, media y desviación estándar (D.E) para la determinación de potencial de hidrógeno (pH)

Tratamientos	Tiempo de maduración	pH ± D.E.
90% PC, 5% GC, 5% C	14 días	4.66 ± 0.36 ^(a)
70% PC, 15% GC, 15% C	14 días	5.20 ± 0.28 ^(a)
50% PC, 25% GC, 25% C	14 días	4.89 ± 0.16 ^(a)
Control, 100% C	14 días	4.72 ± 0.43 ^(a)
CV (%)		5.97

Nota. pH = Escala de 1 a 14, 1 es ácido, 7 es neutro y 14 es alcalino. ^{abc} Promedios con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$). PC: pulpa de café, GC: granos de cacao y C: cebada. CV (%): Coeficiente de Variación, expresado en porcentaje (%). D.E: Desviación Estándar.

Análisis de Costos

Para la elaboración de 10 litros de cerveza artesanal utilizando cebada malteada, se obtuvo un costo por tanda de HNL 1,151.67, costo por litro de HNL 115.19 y un costo por botella con capacidad de 355 mL de HNL 40.74. La materia prima con mayor precio fue la malta, seguido de levadura, ya que son productos de importación (Cuadro 11). Con estos costos su comercialización en el mercado hondureño sería competitivo, debido a que se encuentra en un rango de precio inferior en comparación de otras cervezas artesanales presentes en el mercado (Archaga 2021).

Cuadro 11

Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal tipo Ale utilizando cebada (100%)

Ingredientes	Costo Unitario (\$)	Cantidad (g)	Total (USD)	Total (L)
Agua	0.0004	10000	4	97
Cebada (Pale Ale)	0.014	2,500	34.7	841.55
Lúpulo Cascade	0.08	15	1.20	29.10
Lúpulo Columbus	0.08	15	1.20	29.10
Levadura Safale US – 05	0.45	11.5	5.20	126.10
Botella ámbar	0.70	1	0.70	16.98
Chapa metálica	0.35	1	0.35	8.49
Azúcar	1.54	3	0.04	0.97
Costo de producción			47.49	1151.67
Costo de producción por litro			4.75	115.19
Costo de producción por botella de 355 mL			1.68	40.74

Nota. Tasa de cambio HNL 24.25 = USD 1.00

Para la elaboración de 10 litros de cerveza artesanal utilizando pulpa de café, granos de cacao y cebada malteada, se obtuvo un costo por tanda de HNL 1,027.99, costo por litro de HNL 102.82 y un

costo por botella con capacidad de 355 mL de HNL 36.62. La materia prima con mayor precio fue la pulpa de café, debido a que es el producto en mayor concentración con 90%, seguido de levadura debido a que son productos de importación y de uso especializado en la industria (Cuadro 12). Con estos costos su comercialización en el mercado hondureño sería competitivo, debido a que se encuentra en un rango de precio inferior en comparación de otras cervezas artesanales presentes en el mercado.

Cuadro 12

Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal tipo Ale utilizando pulpa de café (90%), granos de cacao (5%) y cebada (5%)

Ingredientes	Costo Unitario (\$)	Cantidad (g)	Total (\$)	Total (L)
Pulpa de café	0.012	2,250	27.40	664.5
Granos de cacao	0.004	125	0.55	13.34
Agua	0.0004	10000	4	97
Cebada (Pale Ale)	0.014	125	1.75	44.42
Lúpulo Cascade	0.08	15	1.20	29.10
Lúpulo Columbus	0.08	15	1.20	29.10
Levadura Safale US – 05	0.45	11.5	5.20	126.10
Botella ámbar	0.70	1	0.70	16.98
Chapa metálica	0.35	1	0.35	8.49
Azúcar	1.54	3	0.04	0.97
Costo de producción			42.39	1027.99
Costo de producción por litro			4.24	102.82
Costo de producción por botella de 355 mL			1.51	36.62

Nota. Tasa de cambio HNL. 24.25 = USD 1.00

Para la elaboración de 10 litros de cerveza artesanal utilizando pulpa de café al 70%, granos de cacao 15% y cebada malteada 15%, se obtuvo un costo por tanda de HNL 980.70, costo por litro de HNL. 98.07 y un costo por botella con capacidad de 355 mL de HNL 34.81. La materia prima con mayor precio fue la pulpa de café, luego se encuentra la levadura y la cebada debido a que estos últimos son

productos de importación (Cuadro 13). Con estos costos su comercialización en el mercado hondureño sería competitivo, debido a que se encuentra en un rango de precio inferior en comparación de otras cervezas artesanales presentes en el mercado.

Cuadro 13

Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal tipo Ale utilizando pulpa de café (70%), granos de cacao (15%) y cebada (15%)

Ingredientes	Costo Unitario (\$)	Cantidad (g)	Total (\$)	Total (L)
Pulpa de café	0.012	1,750	21	509.26
Granos de cacao	0.004	375	1.5	36.38
Agua	0.0004	10000	4	97
Cebada (Pale Ale)	0.014	375	5.25	127.32
Lúpulo Cascade	0.08	15	1.20	29.10
Lúpulo Columbus	0.08	15	1.20	29.10
Levadura Safale US – 05	0.45	11.5	5.20	126.10
Botella ámbar	0.70	1	0.70	16.98
Chapa metálica	0.35	1	0.35	8.49
Azúcar	1.54	3	0.04	0.97
Costo de producción			40.44	980.70
Costo de producción por litro			4.04	98.07
Costo de producción por botella de 355 mL			1.43	34.81

Nota. Tasa de cambio HNL. 24.25 = USD 1.00

Para la elaboración de 10 litros de cerveza artesanal utilizando pulpa de café, granos de cacao y cebada malteada, se obtuvo un costo por tanda de HNL 968.57, costo por litro de HNL 96.86 y un costo por botella con capacidad de 355 mL de HNL 34.39. La materia prima con mayor precio fue la pulpa de café, seguido de cebada debido a que este último es un producto con poca oferta en el área (Cuadro 14). Con estos costos su comercialización en el mercado hondureño sería competitivo, debido a que se encuentra en un rango de precio inferior en comparación de otras cervezas artesanales presentes en el mercado (Archaga 2021).

Cuadro 14

Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal tipo Ale utilizando pulpa de café (50%), granos de cacao (25%) y cebada (25%)

Ingredientes	Costo Unitario (\$)	Cantidad (g)	Total (\$)	Total (L)
Pulpa de café	0.012	1,250	15	363.76
Granos de cacao	0.004	625	3.5	84.88
Agua	0.0004	10000	4	97
Cebada (Pale Ale)	0.014	625	8.75	212.19
Lúpulo Cascade	0.08	15	1.20	29.10
Lúpulo Columbus	0.08	15	1.20	29.10
Levadura Safale US – 05	0.45	11.5	5.20	126.10
Botella ámbar	0.70	1	0.70	16.98
Chapa metálica	0.35	1	0.35	8.49
Azúcar	1.54	3	0.04	0.97
Costo de producción			39.94	968.57
Costo de producción por litro			3.99	96.86
Costo de producción por botella de 355 mL			1.42	34.39

*Nota.*Tasa de cambio HNL. 24.25 = USD 1.00

Conclusiones

El grado alcohólico obtenido de la fermentación del mosto elaborado con pulpa de café y granos de cacao fue en promedio 1.90%, una cantidad baja en comparación a las demás cervezas del mercado.

Se logró una caracterización del producto terminado, obteniendo una cerveza artesanal tipo Porter Ale a base de pulpa de café y granos de cacao.

El costo promedio de elaboración de cerveza artesanal, sustituyendo cebada por pulpa de café y granos de cacao, se disminuyó en un 15%, logrando otorgarles un valor agregado a los coproductos del café

Recomendaciones

Realizar análisis sensorial para evaluar las diferentes características de la cerveza con panelistas entrenados.

Realizar filtrado con microfibras de celulosa y centrifugado para disminuir la cantidad de sedimentos presentes en la cerveza y lograr un producto final más cristalino.

Endulzar las cervezas con mucilago y azúcar para un mejor sabor, además, para tener más azúcares presentes en la fermentación y que el grado alcohólico sea mayor.

Referencias

- [AOAC] Association of Official Agricultural Chemists. 2005. Method 982.14 for total sugar. Estados Unidos: [sin editorial]; [actualizado el 11 de ago. de 2022; consultado el 3 de nov. de 2021]. <http://www.eoma.aoac.org/methods/info.asp?ID=27110>.
- Archaga V. 2021. Dinastía, la cerveza artesanal con sabor a chocolate que está conquistando Honduras. Edición Especial. Honduras: Radio House Honduras; [consultado el 13 de jul. de 2022]. <https://www.radiohouse.hn/2021/11/02/dinastia-la-cerveza-artesanal-con-sabor-a-chocolate-que-esta-conquistando-honduras/>.
- Arguedas-Gamboa P. 2014. Definición del proceso de elaboración de una bebida fermentada a partir de pulpa del café (broza). Revista Tecnología en Marcha. (Número Especial):38–49. doi:10.18845/tm.v0i0.1654.
- Badillo González SI. 2014. Elaboración de una cerveza artesanal 'ale' tipo 'stout' con suero de leche como sustrato y granos de kéfir como sustituto de levadura [tesis de grado]. Puebla: Universidad Autónoma de Puebla. spa; [consultado el 12 de jul. de 2022]. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/6824>.
- Bebidas alcohólicas, bebidas alcohólicas destiladas, requisitos. RTCA (2011).
- Carrascosa AV, Muñoz R, González García R. 2005. Microbiología del vino. <https://www.semanticscholar.org/paper/cd95ea518bc30c71de750fc90f95698e8acb610c>.
- Dalmasso LP, Gallace ME, Cenizo VJ, Caramutti VE, Ruíz Espínola M. 2020. Microbiología cervecera: manual teórico práctico. 1ª ed. [sin lugar]: Lucas Pablo Dalmasso. ISBN: 978-987-86-6088-2. spa; [consultado el 4 de jul. de 2022]. <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/7356>.
- Gómez Pinto NL. 2021. Obtención de cerveza artesanal utilizando dos tipos de miel de abeja en la fermentación de la malta [tesis de graduación]. Ecuador: Universidad Técnica del Norte. spa; [consultado el 11 de jul. de 2022]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10955>.

- González M. 2017. Título: Principios de Elaboración de las Cervezas Artesanales. Primera. North Carolina, 27560, USA: Lulu Enterprises. – Lulu Press Inc. ISBN: 978-1-365-67284-2. <http://www.vinodefruta.com/descargas/libro%20principios%20de%20elaboraci%3fb3n%20de%20las%20cervezas%20artesanales%20-%20cap%20muestra.pdf>.
- Guevara Milla RE. 2019. Desarrollo de una cerveza artesanal American Pale Ale utilizando como malta base sorgo (*Sorghum bicolor*) con cebada (*Hordeum vulgare*) y endulzada con miel de abeja [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado el 3 de nov. de 2021].
- Hunterlab. 2016. Measuring color using Hunter L, a, b versus CIE 1976 L*a*b*. Estados Unidos: Hunter Associates Laboratory; [actualizado 2016 mar 07; consultado 2021 nov 3]. <https://support.hunterlab.com/hc/en-us/articles/204137825-Measuring-Color-using-Hunter-L-a-b-versus-CIE-1976-L-a-b-AN-1005b>.
- Koren D, Hegyesné Vecseri B, Kun-Farkas G, Urbin Á, Nyitrai Á, Sipos L. 2020. How to objectively determine the color of beer? J Food Sci Technol. 57(3):1183–1189. eng. doi:10.1007/s13197-020-04237-4.
- Latorre M, Bruzone MC, Garcia V de, Libkind D. 2022. Contaminantes microbianos en cervezas artesanales embotelladas de la Patagonia andina argentina [Microbial contaminants in bottled craft beer of Andean Patagonia, Argentina]. Rev Argent Microbiol. spa. doi:10.1016/j.ram.2022.05.006.
- Mansilla Canela G. 2014. Potencial de Hidrogeniones - pH. Revista de Actualización Clínica Investiga; [consultado el 4 de jul. de 2022]. 40(40):2076–2082. http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2304-37682014000100001&lng=pt&nrm=iso&tlng=es.
- Mejia R. CA, Linares E. SA. 2021. Efecto de la adición de lactosuero dulce en las propiedades fisicoquímicas de una cerveza artesanal tipo American Pale Ale [Tesis de graduación]. Zamorano:

- Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. spa; [consultado el 11 de jul. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/7019>.
- Mosher Michael, Trantham Kenneth. 2016. *Brewing science: A multidisciplinary approach*. New York NY: Springer Berlin Heidelberg. pages cm. ISBN: 978-3-319-46393-3; [consultado el 2 de ago. de 2022].
- Nøddekær TV, Andersen ML. 2007. Effects of Maillard and Caramelization Products on Oxidative Reactions in Lager Beer. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 65(1):15–20. doi:10.1094/ASBCJ-2007-0112-02.
- Peralta Bustamante LI. 2020. Efecto sensorial de la aplicación de nibs de cacao y café tostado en la elaboración de cerveza artesanal [Tesis de grado]. Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador; [consultado el 13 de jul. de 2022]. <https://181.198.35.98/archivos/peralta%20bustamante%20linda%20isabel.pdf>.
- Pilligua RL, Barre-Zambrano RL, Mendoza-González AE, Lavayen-Delgado E, Mero-Santana R. 2021. Influencia del mucilago de cacao (*Theobroma cacao*) en las características fisicoquímicas y sensoriales de la cerveza artesanal. *Rev. ESPAMCIENCIA*. 12(1):25–32. doi:10.51260/revista_espamciencia.v12i1.234.
- Rathore SSS, Paulsen MR, Sharma V, Singh V. 2007. Use of Near-Infrared Spectroscopy for Monitoring Fermentation in a Corn Dry Grind Ethanol Process. *Transactions of the ASABE*. 50(6):2337–2344. doi:10.13031/2013.24086.
- Ruiz Ruiz C. 2020. Estado del arte y diseño de sistemas de fermentación de cerveza. [sin lugar]: Universidad de Sevilla. spa; [consultado el 4 de jul. de 2022]. <https://idus.us.es/handle/11441/106149>.
- Serna Jiménez JA, Torres Valenzuela LS, Martínez Cortínez K, Hernández Sandoval MC. 2018. Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos. *rev.ion*. 31(1):37–42. doi:10.18273/revion.v31n1-2018006.

- Soria Ludisaca JA. 2017. Diseño de un proceso industrial para la elaboración de cerveza artesanal a base de cebada (*Hordeum Vulgare*) y cacao de fino aroma (*Theobroma Cacao*). Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. spa; [consultado el 31 de may. de 2022]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6593>.
- Souza PA de, Moreira LF, Sarmiento DH, Da Costa FB. 2018. Cacao — *Theobroma cacao*. Exotic Fruits. 69–76. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128031384000101>. doi:10.1016/B978-0-12-803138-4.00010-1.
- Suárez Díaz M. 2013. Cerveza: componentes y propiedades [Trabajo fin de master]. España: Universidad de Oviedo; [consultado el 11 de jul. de 2022]. <https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/19093/?sequence=8>.
- Tirado Vera JW, Zalazar Rosado GM. 2018. Banano (cavendish gigante) de rechazo como sustitución parcial de cebada en la calidad fisicoquímica y sensorial de la cerveza artesanal. Calceta, Bolivia: Calceta: ESPAM MFL. spa. <http://190.15.136.145/handle/42000/892>.

Anexos

Anexo A

Selección manual de pulpa de café





Anexo B*Tostado de cacao*

Anexo C*Fermentado*

Anexo D

Escala SRM y EBC

	SRM		EBC	
Lager palida	2 - 3		3,94 - 5,91	
Weissbier	3 - 4		5,91 - 7,88	
Witbier	4 - 5		7,88 - 9,85	
Belgian Blond	6 - 9		11,82 - 17,73	
Pale Ale	10 - 14		19,70 - 27,58	
IPA	14 - 17		27,58 - 33,49	
Mild	17 - 18		33,49 - 35,46	
Brown ale	19 - 22		37,43 - 43,34	
Black lager	22 - 30		43,34 - 59,10	
Porter	30 - 35		59,10 - 68,95	
Stout	35 +		68,95 - 78,80	
Imperial Stout	40+		>78,80	



Anexo E

Perfil de alcoholes

