

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL “TAWALA”
USANDO KIWI COMO FRUTA ADICIONAL

LUISA FERNANDA AGUDELO LIÑAN
MILLER ANDRÉS VARGAS SALAZAR

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D. C.
2018

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL “TAWALA”
USANDO KIWI COMO FRUTA ADICIONAL

LUISA FERNANDA AGUDELO LIÑAN
MILLER ANDRÉS VARGAS SALAZAR

Proyecto integral de grado para optar al título de:
INGENIERO QUÍMICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D. C.
2018

Nota de aceptación

Ing. Edgar Fernando Moreno Torres

Ing. Diana Milena Morales Fonseca

Ing. Alexander Jiménez Rodríguez

Bogotá D.C Agosto de 2018

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. JAIME POSADA DÍAZ

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Decano General Facultad de Ingenierías

Ing. JULIO CÉSAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa Ingeniería química

Ing. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIÉRREZ

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

A Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida en tan hermosa profesión, guiándome día a día a ser mejor persona y aprender de mis errores que ahora son fortalezas.

Dedico este logro a mis padres quienes hicieron esto posible, por todo el esfuerzo, el amor y el apoyo incondicional durante todo el proceso, a mis hermanos por ayudarme a ser mejor persona con los mejores valores éticos y por motivarme a seguir adelante a pesar de los obstáculos.

Luisa F. Agudelo Liñán

DEDICATORIA

Doy gracias a Dios por haberme guiado en todo este proceso, por proteger a mi familia, por ser mi faro y apoyo cuando las cosas se tornaban difíciles y por darme la fortaleza y la paz necesaria para continuar con esta etapa.

A mis padres por apoyarme siempre, por confiar en mí, por educarme y hacer de mí lo que soy, por motivarme a ser mejor persona y respaldarme en todo momento para lograr cumplir esta meta. A mis hermanos que me guían y aconsejan en todas las decisiones que he de tomar. A mi abuela que desde el cielo me protege y cuida mis pasos.

Miller A. Vargas Salazar

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	20
OBJETIVOS	21
1. MARCO TEÓRICO	22
1.1 CERVEZA	22
1.2 CEBADA	23
1.3 CEBADA MALTEADA	26
1.3.1 Tipos de malta	27
1.4 LÚPULO	28
1.5 LEVADURA	30
1.5.1 Tipos de levadura	31
1.6 AGUA	31
1.6.1 Dureza del agua.	32
1.6.2 pH del agua.	32
1.7 KIWI	32
1.7.1 Propiedades nutritivas	33
1.8 DIFERENCIAS ENTRE UNA CERVEZA ARTESANAL Y UNA INDUSTRIAL	33
1.9 DETERMINACIÓN DE IBUS	34
1.10 DETERMINACIÓN DE GRADOS DE ALCOHOL	36
2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA CERVEZA ARTESANAL	38
2.1 INGREDIENTES	38
2.2 MATERIALES E INSTRUMENTOS	39
2.3 SELECCIÓN DE RECETA	40
2.3.1 Aroma	41
2.3.2 Apariencia	41
2.3.3 Sabor	41
2.4 PROCESO DE ELABORACIÓN	43
2.4.1 Etapa de Maceración	43
2.4.2 Etapa de lúpulización	50
2.4.3 Etapa de enfriamiento	53
2.4.4 Etapa de fermentación.	53
2.4.5 Etapa de embotellamiento y carbonatación	60
2.5 DETERMINACIÓN PH, DENSIDAD, IBUS, GRADO DE ALCOHOL	61
2.6 DESCRIPCIÓN CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS	62
2.7 Diagrama de flujo de la elaboración de cerveza	63
2.8 DIAGRAMA DE PROCESO DE LA ELABORACIÓN DE CERVEZA	65

3. DETERMINACIÓN DE LA ETAPA DE ADICIÓN DEL KIWI	68
3.1 DOSIFICACIÓN EN ETAPA DE MACERACIÓN	68
3.2 DOSIFICACIÓN EN ETAPA DE LÚPULIZACIÓN	71
3.3 DOSIFICACIÓN EN ETAPA DE FERMENTACIÓN	73
3.4 RESULTADO GENERAL DE LAS DOSIFICACIONES	75
4. ELABORACIÓN DE CERVEZA CON KIWI	76
4.1 DISEÑO DE EXPERIMENTOS	76
4.1.1 Etapa de Maceración	78
4.1.2 Etapa de lúpulización	80
4.1.3 Etapa de fermentación.	81
4.2 DETERMINACIÓN PH, DENSIDAD, IBUS, GRADO DE ALCOHOL	82
4.3 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS	83
5. COSTOS DE PRODUCCIÓN	84
6. CONCLUSIONES	87
7. RECOMENDACIONES	88
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXOS	93

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Información nutricional de la cebada	25
Tabla 2. Composición química del lúpulo	29
Tabla 3. Datos analíticos que posee el lúpulo Fuggles	39
Tabla 4. Datos analíticos que posee el lúpulo Magnum	39
Tabla 5. Cantidades de cada ingrediente empleados en la cerveza base	43
Tabla 6. Cantidad en gramos de azúcar para diferentes estilos de cerveza	43
Tabla 7. Enzimas presentes en la malta	45
Tabla 8. Tiempos de maceración cerveza base	48
Tabla 9. Datos obtenidos en la maceración para las cervezas base	49
Tabla 10. Cálculos en maceración para cerveza base	49
Tabla 11. Tiempos de lupulización cerveza base	52
Tabla 12. Datos obtenidos en la lupulización para las cervezas base	52
Tabla 13. Cálculos en lupulización para cerveza base	53
Tabla 14. Datos obtenidos en fermentación para cerveza base	60
Tabla 15. Cálculos en fermentación para cerveza base	60
Tabla 16. Cálculo de IBUs que aporta el lúpulo Fuggles en las cervezas base	61
Tabla 17. Cálculo de IBUs que aporta el lúpulo Magnum, en las cervezas base	62
Tabla 18. Datos obtenidos para las cervezas base	62
Tabla 19. Cálculos para las cervezas base	62
Tabla 20. Balance de masa en el macerador	66
Tabla 21. Balance de masa en la olla de cocción	66
Tabla 22. Balance de masa en el fermentador	67
Tabla 23. Materia prima para la adición del kiwi en las diferentes etapas	68
Tabla 24. Datos obtenidos durante la maceración para la prueba 1	69
Tabla 25. Datos obtenidos durante la lupulización para la prueba 1	70
Tabla 26. Datos obtenidos durante la fermentación para la prueba 1	70
Tabla 27. Resultados generales para la adición de kiwi en la maceración	70
Tabla 28. Datos obtenidos durante la maceración para la prueba 2	71
Tabla 29. Datos obtenidos durante la lupulización para la prueba 2	72
Tabla 30. Datos obtenidos durante la fermentación para la prueba 2	72
Tabla 31. Resultados generales para la adición de kiwi en la lupulización	72
Tabla 32. Datos obtenidos durante la maceración para la prueba 3	73
Tabla 33. Datos obtenidos durante la lupulización para la prueba 3	74
Tabla 34. Datos obtenidos durante la fermentación para la prueba 3	74
Tabla 35. Resultados generales para la adición de kiwi en la fermentación	74
Tabla 36. Resumen de las pruebas	75
Tabla 37. Resumen de las pruebas sensoriales	75

Tabla 38. Cantidades de cada ingrediente empleados para la elaboración de la cerveza con kiwi	78
Tabla 39. Tiempos de maceración cerveza con kiwi	78
Tabla 40. Datos obtenidos en la maceración para las cervezas con kiwi	79
Tabla 41. Cálculos en maceración para cerveza con kiwi	80
Tabla 42. Tiempos de lupulización para cerveza con kiwi	80
Tabla 43. Datos obtenidos en la lupulización para las cervezas con kiwi	80
Tabla 44. Cálculos en lupulización para las cervezas con kiwi	81
Tabla 45. Datos obtenidos en fermentación para cerveza con kiwi	81
Tabla 46. Cálculos en fermentación para cerveza con kiwi	82
Tabla 47. Cálculos de IBUs que aporta el lúpulo Fuggles en la cerveza con kiwi	82
Tabla 48. Cálculos de IBUs que aporta el lúpulo Magnum en la cerveza con kiwi	82
Tabla 49. Datos obtenidos para la cerveza con kiwi	83
Tabla 50. Cálculos para las cervezas con kiwi	83
Tabla 51. Cálculos para las cervezas de kiwi	83
Tabla 52. Costos de inversión	84
Tabla 53. Costos para la elaboración de cerveza con kiwi	85
Tabla 54. Costos totales para la producción de 20 litros de cerveza Tawala con la adición de kiwi	85
Tabla 55. Costos mano de obra por persona	85
Tabla 56. Costos mano de obra por proceso de elaboración	86
Tabla 57. Costos y ganancias de una botella de cerveza Tawala con kiwi	86
Tabla 58. Cálculos de pruebas de dosificación	101
Tabla 59. Cálculos estadísticos para cervezas con kiwi	104
Tabla 60. Propiedades de malata Pilsen 2RS	108
Tabla 61. Especificaciones malta Munich Light	109
Tabla 62. Especificaciones del kiwi	110

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Cebada	23
Ilustración 2. Cebada malteada	26
Ilustración 3. Lúpulo	28
Ilustración 4. Levadura	30
Ilustración 5. Perfil de sabores y aromas del lúpulo Fuggles	42
Ilustración 6. Perfil de sabores y aromas del lúpulo Magnum	42
Ilustración 7. Línea de tiempo del proceso de cocción	51
Ilustración 8. Fosforilación de la glucosa	55
Ilustración 9. Ruptura de la pentosa fructosa-1,6-bifosfato	55
Ilustración 10. Obtención del 3-fosfoglicerato	56
Ilustración 11. Obtención del piruvato	56
Ilustración 12. Fermentación alcohólica	57
Ilustración 13. Válvula airlock	59

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Cálculo de IBUs	34
Ecuación 2. Cálculo del corrector de densidad	35
Ecuación 3. Cálculo de la masa de alcohol	36
Ecuación 4. Cálculo del porcentaje de alcohol en peso	36
Ecuación 5. Cálculo del porcentaje de alcohol en volumen	37
Ecuación 6. Balance de masa en el macerador	66
Ecuación 7. Balance de masa en la olla de cocción 1	66
Ecuación 8. Balance de masa en la olla de cocción 2	66
Ecuación 9. Balance de masa en el fermentador 1	67
Ecuación 10. Balance de masa en el fermentador 2	67

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Valores de factor de aprovechamiento según Glenn Tlnseth	35
Gráfica 2. Tiempo de macerado vs temperatura	47
Gráfica 3. Temperaturas maceración para la cerveza base	49
Gráfica 4. Temperaturas maceración para la cervezas con kiwi	79
Gráfica 5. Datos 1 registrados en encuesta general	94
Gráfica 6. Datos 2 registrados en encuesta general	95
Gráfica 7. Datos 3 registrados en encuesta general	95
Gráfica 8. Datos 4 registrados en encuesta general	95
Gráfica 9. Datos 5 registrados en encuesta general	96
Gráfica 10. Datos 1 de prueba sensorial cerveza base 1	97
Gráfica 11. Datos 2 de prueba sensorial cerveza base 1	97
Gráfica 12. Datos 1 de prueba sensorial cerveza base 2	98
Gráfica 13. Datos 2 de prueba sensorial cerveza base 2	98
Gráfica 14. Datos encuesta sensorial para cerveza dosificada en maceración	99
Gráfica 15. Datos encuesta sensorial para cerveza dosificada en lupulización	100
Gráfica 16. Datos encuesta sensorial para cerveza dosificada en fermentación	100
Gráfica 17. Datos 1 de prueba sensorial cerveza con kiwi 1	102
Gráfica 18. Datos 2 de prueba sensorial cerveza con kiwi 1	102
Gráfica 19. Datos 1 de prueba sensorial cerveza con kiwi 2	103
Gráfica 20. Datos 2 de prueba sensorial cerveza con kiwi 2	104
Gráfica 21. Efectos principales para prueba sensorial	106
Gráfica 22. Residuos de prueba sensorial	107

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	pág.
Fotografía 1. Maltas introducidas en la malta previas al proceso de macerado.	46
Fotografía 2. Lúpulos Magnum y Fuggles	51

LISTA DE REACCIONES

	pág.
Reacción 1. Proceso de glucólisis-fermentación alcohólica	57

GLOSARIO

AIRLOCK: es un dispositivo que libera los gases formados en el envase que se desarrolla en la fermentación, a fin de que no explote¹.

ALFA-ÁCIDOS: es una de las resinas que se encuentran en el lúpulo utilizado para la elaboración de la cerveza. Su mayor aporte es el amargor, de modo que, a mayor porcentaje de alfa ácidos, mayor amargor².

ARTESANAL: es todo aquello hecho a mano y siguiendo las técnicas tradicionales

CATA: es el análisis sensorial que se le hace a una cerveza por parte del consumidor que usa sentidos como el gusto, olfato, la vista, el tacto³.

IBU: acrónimo de International Bitterness Unit. Unidad norteamericana usada para medir el amargor de la cerveza. Un IBU es igual a un miligramo de alfa-ácido por cada litro de cerveza⁴.

LEVADURA: organismos vivos unicelulares que pertenecen al reino de los hongos. Se alimentan de los azúcares provenientes de la malta, transformándolos en alcohol⁵.

LÚPULO: es una planta de la familia de las cannabáceas, cuya flor es utilizada en la elaboración de la cerveza⁶.

¹DRAKES PRESS. Fermentación para principiantes. [en línea]. (2013). Disponible en: <https://kottprocew.firebaseio.com/29/Fermentacion-Para-Principiantes-Guia-Paso-A-Paso-Sobre-Fermentacion-Y-Alimentos-Probioticos.pdf>.

² ÁNGEL BALLESTEROS. alfa ácidos. En: artículo solo cervezas. [en línea]. (17 de noviembre del 2011). Disponible en: http://www.solocervezas.com/articulos/ver/titulo/Alfa__cidos#.W3tFqyRKJIU.

³ VIVIANA CAROLINA, Juan Pablo. Propuesta de circuitos turísticos de cata cervecera artesanal en la zona T. [en línea]. Trabajo de grado. Bogota D.C.: Universidad Agustiniana. Facultad de artes. (2017). 200 p. Disponible en: <http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/123456789/293/1/PrietoSalinas-VivianaCarolina-2018.pdf>.

⁴ GALO SANTIAGO ZAPATA. Proceso para obtener una bebida de bajo grado alcohólico a partir de la quinua. [en línea]. Trabajo de grado. Quito.: Universidad Central del Ecuador. Facultad de ingeniería química. (2016). 93 p. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10052/3/T-UCE-0017-0041-2016.pdf>.

⁵ SUÁREZ-MACHÍN, CARIDAD, Garrido-Carralero, Norge Antonio, Guevara-Rodríguez, Carmen Amarilys, Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar [en línea] 2016, 50 (Enero-Abril). Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/2231/223148420004.pdf>

⁶ MARIA SUAREZ. Cerveza: componentes y propiedades. [en línea]. Tesis de maestría. España. Universidad de Oviedo. (2013). 99 p. Disponible en: http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/19093/8/TFM_%20Maria%20Suarez%20Diaz.pdf

MALTA: cebada germinada, desecada y tostada levemente que se emplea en la elaboración de cerveza⁷.

PELLETS: lúpulo concentrado, compactado en barras de pequeñas proporciones⁸.

⁷ MARIA SUAREZ. Cerveza: componentes y propiedades. [en línea]. Tesis de maestría. España. Universidad de Oviedo. (2013). 99 p. Disponible en: http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/19093/8/TFM_%20Maria%20Suarez%20Diaz.pdf

⁸ CERVEZA ARTESANA. Guía definitiva del lúpulo. [en línea]. (2014). Disponible en: <https://www.cervezartesana.es/blog/post/la-guia-definitiva-del-lupulo.html>

RESUMEN

En el presente trabajo se describen las actividades relacionadas con la producción de cerveza de forma artesanal con sabor a kiwi. Se efectuó una clara descripción de cada una de las etapas requeridas en el proceso de elaboración tales como maceración, lupulización y fermentación y el momento, que se consideró óptimo, para agregar el kiwi a la cerveza base de tal suerte que potenciara su sabor y aroma.

Se realizaron múltiples experimentos (2) conducentes a rectificar el producto obtenido, en los cuales se detalló su color, sabor y olor, permitiendo agrandar el paladar de las personas seleccionadas para la degustación. Estos dos prototipos fueron comparados con nuestra cerveza base, la cual es elaborada con las mismas materias primas pero sin presencia de fruta encontrando una mayor aceptación por parte de los degustantes. A estos prototipos finales se les llevaron a cabo estudios organolépticos, pH, IBUs para finalmente realizar un análisis sobre los costos de producción de la cerveza.

PALABRAS CLAVE: Cerveza, maceración, lupulización, fermentación.

INTRODUCCIÓN

El consumo de cerveza en Colombia ha estado en un crecimiento constante a lo largo de los años, recientemente se registró un consumo de 44 litros “per cápita” por año; así mismo la acogida que ha tenido la cerveza artesanal también ha venido en aumento por parte del consumidor llegando a una producción estimada de 8000 hectolitros para el año 2018⁹; este auge que están viviendo las 195 micro cervecerías que actualmente existen en nuestro país¹⁰ ha provocado que muchos consumidores centren su atención en las cervezas artesanales, en sus diferentes estilos y en la variedad de sabores que se pueden llegar a encontrar, que cada vez toman más fuerza en la comunidad cervecera colombiana.

La elaboración de cerveza artesanal abarca un sin fin de factores que dependiendo de cómo se ejecuten darán paso a un producto de calidad y de gusto al consumidor, es aquí donde los cerveceros entran a jugar con uno de los elementos más importantes para la obtención de una bebida alcohólica apetecida para el público, los ingredientes; en un país como Colombia donde la producción de maltas y lúpulos no es tan avanzada y donde se importa la mayoría de estos insumos se genera un interés por el uso de frutas como aditivos en los diferentes estilos de cerveza que hoy se producen y el estudiar cómo estas se comportan e interaccionan con los demás componentes a lo largo de las etapas del proceso, es un ítem que será determinante para el resultado final.

En este trabajo se elabora una cerveza artesanal que a diferencia de las comúnmente encontradas en el mercado, esta incluye fruta (kiwi) en su proceso de elaboración con el fin de que la fruta otorgue el sabor y aroma respectivo a la cerveza, basándonos en una receta tipo IPA (Indian Pale Ale) se experimenta la incorporación del kiwi en diversas etapas del proceso observando y analizando cómo responde el mosto a dicha adición, de tal manera que se pudiese determinar en qué etapa es favorable la adición de la fruta para poder aprovechar sus propiedades organolépticas teniendo en cuenta el aporte extra de azúcares que trae consigo la fruta y como este afecta al producto terminado.

Es fundamental evaluar los costos tanto en materia prima como en costos de operación para evaluar la viabilidad de desarrollo del producto bajo los estándares de calida

⁹ EUROMONITOR. Alcoholic drinks in Colombia.[en línea]. (2017) Disponible en: <https://www.euromonitor.com/alcoholic-drinks-in-colombia/report>

¹⁰ DANE. Por disminución en ventas de bebidas, cayó 1.9% la producción industrial. [en línea]. (2017) Disponible en: <https://www.dinero.com/economia/articulo/produccion-industrial-en-septiembre-de-2017-dane/252301>

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la producción de cerveza artesanal “Tawala” usando kiwi como fruta adicional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir el proceso actual de producción de la cerveza artesanal.
2. Determinar la etapa del proceso en la que se adiciona el kiwi
3. Llevar a cabo el proceso de elaboración de la cerveza artesanal “Tawala” bajo la adición del kiwi.
4. Establecer los costos de producción de la cerveza artesanal “Tawala”.

1. MARCO TEÓRICO

Cada componente utilizado en el proceso de elaboración de cerveza es importante debido a las características y propiedades que aporta al producto final, en este capítulo se da un abrebocas de ciertos agentes que son primordiales para su desarrollo, tales como materias primas, historia de la cerveza, grados de alcohol y amargor (IBUs), entre otros.

1.1 CERVEZA¹¹

La cerveza es la bebida resultante de la fermentación alcohólica mediante levaduras cerveceras seleccionadas, de un mosto procedente de malta de cebada en agua potable, sola o mezclada con otros productos (adjuntos) adicionados con lúpulo y sometidos a un proceso de cocción.

Historia de la cerveza¹²

No se sabe con certeza el año exacto en que se hizo la primera cerveza pero posiblemente haya sido desde que se creó el pan en el siglo XX A.C entre los egipcios, donde descubrieron que al dejar el pan en remojo en agua durante varios días se producía una bebida alcohólica a partir de la fermentación de los azúcares provenientes del almidón del pan, con el tiempo fueron mejorando la bebida agregándole flores para mejorar el aroma y sabor, gracias a esta bebida las personas que trabajaban para los egipcios tenían las fuerzas necesarias para mover los grandes bloques de piedra para la pirámides ya que era una fuente rica en nutrientes y el pan económico que también aportaba carbohidratos.

Al querer innovar en la calidad de la cerveza empezaron a experimentar con otros tipos de cereales y flores que aportaran aroma y cuerpo a la cerveza. A finales del siglo XV surge la primera ley en Alemania sobre los ingredientes que debe tener la cerveza para ser pura en su totalidad agua, malta y lúpulo para garantizar su calidad¹³.

Las primeras semillas de cebada que llegaron al país colombiano fue en el año 1539 por lo que quizás fue por esta época donde se empezó a fabricar esta bebida en el país, las primeras fabricas cerveceras eran bastante regulares con una calidad

¹¹BAVARIA. Su cata cervecera, [en línea]. (2017). Disponible en: <https://www.bavaria.co/sites/g/files/ogq8776/f/201709/cata-cervecera-bavaria.pdf>

¹² RICARDO PLANO DANAI, Historia de la cerveza en Colombia. [en línea]. (2012).Disponible en: <https://www.historiacocina.com/es/cerveza-colombia>

¹³ CERVEZASMADRIZ. REINHEITSGEBOT. La ley de pureza alemana de 1516. [en línea]. (2016). Disponible en: <https://www.cervezasmadriz.com/aula-de-cerveza/reinheitsgebot-la-ley-de-pureza-alemana/701/>

dudosa en especial en las zonas tropicales entre (24-30°C) se empezaron a utilizar nuevos cereales como el maíz y fermentos de frutas.

Con el paso de los años se fue creando esta cultura expandiéndose por varias ciudades empezando por Ibagué alrededor de 1850, en Bucaramanga, Medellín entre otras ciudades. En el año 1887 se origina la industria cervecera moderna en Colombia cuando se funda la cervecería La Esperanza fundada por Christian Peter Clausen en Santander realizando la primera cerveza fabricada en un proceso industrial.

En 1992 es el año donde comienza las cervecerías artesanales ofreciendo una nueva cultura cervecera teniendo variedad de sabores basadas en la calidad de producto con una cerveza diferente para cada tipo de persona.

1.2 CEBADA

Ilustración 1. Cebada



Fuente. AGRO INVERSIONES S.A. Manual de la cebada cervecera [fotografía]. Chile. 2010. 40p

Es una gramínea de sabor dulce; como se puede observar en la imagen 1 sus espigas son largas y flexibles, se siembra en otoño y primavera en Asia Occidental y África Nororiental. Se puede plantar en terrenos poco fértiles y a diferentes alturas, por ello es conocido en varios países, excepto zonas húmedas, tropicales y semitropicales. En la actualidad, los mayores productores de cebada son Canadá y Rusia.¹⁴

¹⁴ MEJOR CON SALUD. ¿para qué sirve y como se consume la cebada? [en línea]. (9 de junio del 2014). Disponible en: <https://mejorconsalud.com/para-que-sirve-y-como-se-consume-la-cebada/>

Uno de los cereales más antiguo cosechado por los humanos es la cebada. Este cereal tiene cualidades sobresalientes con respecto a otros, ya que posee más proteínas que el trigo y el gluten en menor proporción, en algunos lugares se mezclan ambos cereales para así aprovechar todos sus beneficios.

La cebada tiene gran valor nutricional ya que es una fuente rica en vitaminas del grupo B lo cual se encarga de regular el colesterol, ayuda al corazón, protege el sistema nervioso, combate la depresión y la ansiedad, contiene también vitamina K y ácido fólico. Además contiene minerales favorecedores como lo es el potasio, el magnesio y el fósforo y algunos oligoelementos como el cobre, azufre, yodo, zinc y hierro como se puede observar en la tabla 1.

Este cereal contiene la mayor cantidad de fibra soluble de un 17% de su composición por lo tanto retrasa la absorción de glucosa en la sangre y baja los niveles de colesterol, contiene antioxidantes dando protección de los radicales libre y del cáncer.

Propiedades de la cebada: Digestiva, emoliente, desintoxicante, tónica, reconstituyente, diurética, antiinflamatoria, mineralizante, antiséptica, laxante, vasoconstrictora y galactagoga. Se digiere sin problemas cuando está bien cocinado, estimula el sistema neurovegetativo y protege los sistemas nervioso y cardiaco.¹⁵

¹⁵ MEJOR CON SALUD. Tabla nutricional de la cebada. [en línea]. (9 de junio del 2014). Disponible en: <https://mejorconsalud.com/para-que-sirve-y-como-se-consume-la-cebada/>

Tabla 1. Información nutricional de la cebada

Composición química de cebada por 100 gramos	
Principios inmediatos	%
Agua	13
Hidratos de carbono	76
Celulosa	1,2
Grasas	1,1
Proteínas	7,5
Cenizas	1,2
Sales minerales:	
%	
Potasio	0,364
Sodio	0,028
Calcio	0,040
Fósforo	0,395
Magnesio	0,120
Hierro	0,047
Azufre	0,094
Cloro	0,123
Manganeso	0,0016
Cobre	0,0007
Cinc	0,0024
Yodo	0,000001
Vitaminas:	
Vitamina A	70 U.I
Vitaminas B1	0,2 mg
Vitaminas B2	0,1 mg
Vitamina PP	3,5 mg

Fuente: COELLO BAÑOS, Andrea Catalina. Elaboración y valoración nutricional de tres productos alternativos a base de cebada para escolares del proyecto Runa Kawsay. Riobamba-Ecuador, 2010. 10p

También se utiliza otros cereales para la elaboración de cerveza como podría ser el trigo, sin embargo el grano de la cebada es más rico en almidón y posee las proteínas suficientes para proporcionar el alimento necesario para el crecimiento de la levadura. Además, contiene sustancias nitrogenadas que favorecen la formación de espuma.

No todas las variedades de cebada son óptimas para la elaboración de la cerveza. Solo se utilizan aquellas que son aptas para ser malteadas. Las cebadas cerveceras deben poseer una serie de características físicas y bioquímicas. Entre las físicas, el

grano de la cebada debe ser grueso, uniforme, con forma redondeada y tener un color amarillo claro, La cascarilla o glumilla a su vez debe ser fina y rizada.¹⁶

1.3 CEBADA MALTEADA

Ilustración 2. Cebada malteada



CERVEZA ARTESANA. La guía definitiva de la malta [Fotografía] España, 2014.

La cebada se convierte en malta, este proceso es de gran importancia ya que la malta es la base de la cerveza y se requiere que tenga ciertas características como tener altos porcentajes de almidón y baja en proteínas necesaria para obtener una cerveza de calidad. El procedimiento de malteado es lo que hace que se liberen las enzimas necesarias para la producción de azúcares durante el proceso de elaboración de la cerveza, los cuales son necesarios para producir el alcohol en la etapa de fermentación.

Para maltear un cereal, lo primero que hay que hacer es dejar en remojo con agua para que empiece a germinar y, en un momento dado, se corta la germinación secando el cereal rápidamente. Cuando el cereal empieza a germinar, se crean unas enzimas encargadas de que los almidones que contiene se conviertan en azúcares, además de que el grano se debilite y permita liberar estos azúcares fácilmente.

¹⁶ CERVEZA Y SALUD, Ingredientes de la cerveza. [en línea]. (2016). Disponible en: <http://www.cervezaysalud.es/conociendo-a-la-cerveza/ingredientes-de-la-cerveza/>

Una vez la malta ha llegado a un determinado proceso de germinación, se deshidrata rápidamente y luego se tuesta. Así ya se convierte en lo que es la malta de cerveza.

La malta para cervezas claras se tuesta ligeramente mientras que para obtener maltas más oscuras y de mayor sabor el grano se tuesta a mayores temperaturas como podemos observar en la ilustración 2.

La malta se puede clasificar de diferentes formas, algunas utilizan en el nombre de los lugares donde fueron realizadas por primera vez (Múnich, Viena, Pilsner), otras utilizan el nombre de los sabores o aromas que aportan (malta chocolate, malta cristal, malta ahumada, malta de miel) y otras utiliza el color que poseen (malta pale, malta mild) entre otras.

Malta Múnich: Se caracteriza por ser utilizada para sabores complejos y robustos, posee un carácter similar al del café.

Malta Pilsner: Es utilizada para hacer cerveza clara, suave y dulce, es la malta más pálida que se origina en Pilsen, en la región de república checa.

1.3.1 Tipos de malta. Se dividen según el tipo de tostado del grano ya sea porque proporciona sabores más ligeros o acentuados en la cerveza.

Maltas básicas: Lager pilsner y pale ale, estas maltas se producen en grandes cantidades ya que estas son las que poseen mejor fermentación ofreciendo una cerveza clara y suave.

Maltas mixtas: Su proceso de horneado es más intenso, son conocidas como las maltas caramelo.

Maltas especiales: Estas se usan para las cervezas oscuras o tostadas, este tipo de maltas otorgan sabores y aromas especiales a la cerveza, ya que fueron sobre horneados y no fermentan con facilidad.

1.4 LÚPULO

Ilustración 3. Lúpulo



Department of primary industries. Dodds, Kevin [Fotografía]. Australia. NSW, 2017. 1p

Planta trepadora, muy común en varias partes de España, de la familia de las cannabáceas, con tallos sarmentosos de tres a cinco metros de largo, hojas parecidas a las de la vid, flores masculinas en racimo, y las femeninas en cabezuela, y fruto en forma de piña globosa, cuyas escamas cubren dosquetos rodeados de lupulino. Los frutos, desecados, se emplean para aromatizar y dar amargo a la cerveza.¹⁷

Esta planta es cosechada a mediados de septiembre, el lúpulo ya se cultivaba en Mesopotamia y durante su existencia ha sido utilizado como conservante, medicamento y como componente de productos de belleza.

El lúpulo es un ingrediente muy importante para la elaboración de la cerveza. De sus flores, se extrae la lupulina, la cual es la responsable del sabor amargo y el aroma característicos de la cerveza.

El lúpulo logra que la espuma de la cerveza sea más estable, ayuda a conservar su frescura y le confiere otras propiedades. España es uno de los primeros productores de lúpulo, sexto en la Unión Europea y décimo a nivel mundial.

Existen gran variedad de lúpulos, unas más o menos amargos, ricos en elementos ácidos y otros más ricos en elementos aromáticos, esto permite que las personas fabricantes de cerveza tengan una amplia gama para escoger y combinar con diferentes tipos de lúpulos variando así los sabores a experimentar en sus productos.

¹⁷ REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Lúpulo. [en línea]. Disponible en: <http://dle.rae.es/srv/fetch?id=Niqcr0b>

El lúpulo tiene que conservarse en fresco, en forma de extracto o concentrado, se encuentra en su mayoría en pellets; esta es la forma más utilizada por la mayoría de cerveceros ya que proporciona una buena conservación de los ácidos alfa y aceites esenciales.

Dentro del lúpulo encontramos la siguiente composición química:

Tabla 2. Composición química del lúpulo

Composición Química del Lúpulo	
ELEMENTO	% / PESO
Agua	6-12
<i>Resinas Blandas</i>	
Alfa Ácidos	1.5-18
Beta Ácidos	1-10
Aceites Esenciales	0.5-2.5
<i>Resinas Duras</i>	
Polifenoles (Taninos)	
Aminoácidos	0.1
Azúcares Simples	2
Pectina	2
Aceites y Ácidos Grasos (Mas altos en lúpulo con semillas)	0-2.5
Proteínas y Carbohidratos	15
Ceniza (Minerales)	8-10
Celulosa	40-50

STEELE, Michael Construyendo la Receta de Lúpulos de tu IPA. 2016

1.5 LEVADURA

Ilustración 4. Levadura



CASTLEMALTING. Safale-S04
[Fotografía] 2018

Levadura es un nombre genérico que agrupa a una variedad de organismos unicelulares de tipo eucariota, incluyendo especies patógenas para plantas y animales, así como especies no solamente inocuas sino de gran utilidad, clasificados como hongos. Las levaduras han sido utilizadas, desde la antigüedad, en la elaboración de cervezas, pan, vino, a partir de la fermentación, pero los fundamentos científicos de su cultivo y uso en grandes cantidades fueron descubiertos por el microbiólogo francés Louis Pasteur en el siglo XIX¹⁸.

En 1857 Louis Pasteur demostró que la fermentación era consecuencia de las levaduras. En sus experimentos comprobó que la levadura en situaciones aeróbicas, con oxígeno, esta se reproduce y que en situaciones anaeróbicas, sin oxígeno, esta produce alcohol.¹⁹

En pocas palabras la levadura es la parte vital de la cerveza ya que ella es la encargada de la parte más importante del proceso, la transformación del azúcar proveniente del mosto en alcohol.

¹⁸SUÁREZ-MACHÍN, CARIDAD, Garrido-Carralero, Norge Antonio, Guevara-Rodríguez, Carmen Amarilys, Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar [en línea] 2016, 50 (Enero-Abril). Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/2231/223148420004.pdf>

¹⁹ KENSHOSAKE. Levadura de cerveza: ale o lager. [en línea]. (10 de julio del 2015). Disponible en: <http://www.kenshosake.com/levadura-cerveza-ale-o-lager/>

1.5.1 Tipos de levadura²⁰. Existen dos tipos principales de levadura para la elaboración de cerveza: Tipo ale y tipo lager las cuales se diferencian por ser de alta y baja fermentación respectivamente, esto hace referencia a su propensión de flocular en la parte superior o inferior del fermentador antes de terminar el proceso, ambas levaduras aportan características importantes en la cerveza ya se en sabor, aroma y la sensación que deja en la boca después de tomado el producto

Levadura ale (*Saccharomyces cerevisiae*): Esta levadura es de alta fermentación trabaja a una temperatura de fermentación templada, entre 18 y 24°C. Flocula hacia la parte superior, su fermentación es más rápida. Esta fermentación promueve la creación de subproductos que afectan el sabor y el aroma de la cerveza de forma positiva. El subproducto principal son los ésteres, que dan a la cerveza sabores afrutados y fenoles, que a su vez otorgan sabores especiados.

Levadura lager (*Saccharomyces pastorianus*): Las levaduras lager fermentan a bajas temperaturas, entre 7 y 12°C. Además, son capaces de fermentar ciertas cadenas largas de azúcares que las ales no pueden fermentar. Dejando una sensación en boca mucho más ligera. Asimismo, las temperaturas bajas de fermentación inhiben la producción de ésteres y fenoles, dando a las cervezas un perfil limpio, sin notas especiadas o afrutadas derivadas de la levadura. Sin embargo, el proceso de fermentación de la levadura es más lento, por lo que requiere un condicionamiento mucho más largo, a temperaturas cercanas a 0°C.

1.6 AGUA

El agua es un elemento esencial en la elaboración de la cerveza (90% al 95% de su composición) por lo que ha de ser pura, potable, y libre de sabores y olores extraños. El agua contiene una serie de sales que influyen de forma definitiva en la calidad de la cerveza. Los minerales de mayor interés en la bebida son: calcio, sulfatos y cloruros. El calcio aumenta el extracto tanto de malta como de lúpulo, reduce la turbiedad y rebaja el color; los sulfatos refuerzan el amargo y la sequedad del lúpulo; y, finalmente, los cloruros desarrollan un mayor dulzor. Otras sales que participan son el zinc y el sodio.²¹

En la antigüedad no se encontraban las redes de distribución de agua por lo tanto las grandes fábricas cerveceras normalmente se ubicaban cerca a los manantiales de donde extraían el agua para la cerveza ya que esta poseía ciertos minerales de calcio, magnesio, sodio entre otros que daban características únicas al producto.

²⁰ CERVEZAARTESANA. guía definitiva de la levadura. [en línea]. (2014). extraído de: <https://www.cervezartesana.es/blog/post/la-guia-definitiva-de-la-levadura.html>

²¹BAVARIA. Su cata cervecera, [en línea]. (2017). Disponible en: <https://www.bavaria.co/sites/g/files/ogq8776/f/201709/cata-cervecera-bavaria.pdf>

En la actualidad es posible recrear cualquier tipo de agua por medio de tratamientos físico-químicos como los son osmosis inversa, adición de sales minerales, entre otros.

1.6.1 Dureza del agua²². La dureza del agua es la concentración de minerales que hay en una determinada cantidad de agua en particular el contenido de calcio y magnesio, si una cantidad de agua posee una alta contenido de estos minerales se denomina “dura” de lo contrario es de baja dureza “blanda”.

Por lo general el agua blanda es ideal para cervezas claras y las de alta dureza son ideales para las cervezas oscuras.

Existen 2 tipos de dureza, la dureza temporal y la permanente.

Dureza temporal: Los carbonatos hidrogenados se pueden eliminar al hervir el agua, también se desprende el dióxido de carbono y se precipita CaCO_3 .

Dureza permanente: Los sulfatos disueltos en el agua no se eliminan por la ebullición.

1.6.2 pH del agua. El pH es un factor importante en la fermentación, debido al control que ejerce frente a la contaminación bacteriana, así como en el crecimiento de las levaduras, la velocidad de fermentación y la producción de alcohol. La variación del pH durante el proceso de fermentación es debido a la transformación de los aminoácidos por pérdida de nitrógeno, pasando a ácidos, lo cual origina una disminución del pH del medio. Otro factor que puede originar una variación de pH es la producción de dióxido de carbono en la fase de fermentación aerobia produciendo una caída en el pH.²³

1.7 KIWI²⁴

Fruta proveniente de la planta *Actinidia deliciosa*, es una planta trepadora, el kiwi es originario de los bosques del valle del río Yang-Tse-Kiang (China) donde crece en forma silvestre. En los años 1904 y 1906 se intentó iniciar su cultivo en los Estados Unidos de América y Nueva Zelanda, respectivamente; sin embargo, fue en 1940,

²² Albert tinto. La cerveza artesanal. [en línea]. (2016). extraído de: <https://www.fabricarcerveza.es/blog/el-agua-caracter%C3%ADsticas-y-uso-en-la-elaboraci%C3%B3n-de-cerveza>

²³ MARIA SUAREZ. Cerveza: componentes y propiedades. [en línea]. Tesis de maestría. España. Universidad de Oviedo. (2013). 99 p. Disponible en: http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/19093/8/TFM_%20Maria%20Suarez%20Diaz.pdf.

²⁴ GARCÍA RUBIO, JC.; GARCÍA GONZÁLEZ DE LENA, G. Área de Experimentación y Demostración Agroforestal. Guía para el cultivo de kiwi. [En línea]. (2010). Disponible en: <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=5235>

en la bahía neozelandesa de Plenty, donde verdaderamente se comenzó a cultivar, extendiéndose en 1965 a los Estados Unidos (California).

Francia e Italia, en 1967 y 1971, fueron los primeros países europeos que iniciaron el cultivo de esta especie, introduciéndose en 1972-1973 en España, adquiriendo cierta importancia a partir de 1980 en la Cornisa Cantábrica.

Actualmente el líder en producción y exportación del kiwi es Nueva Zelanda. En Colombia, se intentó un cultivo en Sasaima, fracasó debido a que la planta requiere de un frío de 300 horas y temperaturas por debajo de 7 u 8 grados centígrados.

1.7.1 Propiedades nutritivas²⁵. El kiwi es una fruta con gran valor nutricional como se puede observar en la imagen 9 donde se destaca su contenido de vitamina C y vitaminas del grupo B donde se puede encontrar el ácido fólico además también es rico en minerales como el potasio, magnesio y fibra, la fibra mejora el tránsito intestinal además ayuda a la formación de colágeno, huesos, dientes, glóbulos rojos y favorece la absorción del hierro que se encuentra en los alimentos.

1.8 DIFERENCIAS ENTRE UNA CERVEZA ARTESANAL Y UNA INDUSTRIAL

Se puede encontrar una gran variedad de cervezas artesanales a lo largo del país ya que cada cervecero trabaja creando su propia fórmula y ofreciendo al público diversidad de sabores según su necesidad.

Las grandes cerveceras poseen equipos que facilitan la producción y permiten generar grandes cantidades de producto en poco tiempo, mientras que detrás de una cerveza artesanal se encuentran equipos caseros junto con la intervención de una o más personas en cada etapa del proceso realizado de forma manual con el fin de dar un toque personal al producto, por esta razón posee mayor sabor, aroma y cuerpo.

Los cerveceros artesanales buscan dejar un producto de calidad siendo cuidadosos con la materia prima con la que trabajan, hecho por gente que investiga y se informa para desarrollar una cerveza buena con un sabor atractivo para los consumidores y aceptable para la sociedad aumentando sus costos de venta mientras que detrás de una cerveza industrial se encuentran procesos automatizados controlados cuidadosamente.

²⁵ Darmon N, Darmon M, Maillot M, Drewnowski A. *A nutrient density standard for vegetables and fruits: nutrients per calorie and nutrients per unit cost.* J Am Diet Assoc. 2005; 105:1881-7. Disponible en: <https://www.zespri.eu/es/sano-y-feliz/rico-en-nutrientes-kiwi>

1.9 DETERMINACIÓN DE IBUS

Para este ítem se debe aclarar un punto y es que la determinación de IBUs es un procedimiento meramente aproximativo, generalmente se cree que los IBUs determinan el amargor de una cerveza, sin embargo, esto no es del todo cierto, ya que dicho amargor se ve influenciado por la densidad de la cerveza; de igual manera, hay varios factores que influyen en el amargor de la cerveza, primordialmente su contenido de alfa-ácidos.

Los alfa-ácidos son los principales responsables del amargor en la cerveza, cuando se adquiere el lúpulo este viene con su respectiva información, especificando cuál es su porcentaje de alfa-ácidos (%AA), no obstante, esta cantidad no es aprovechada al 100%, ya que dependiendo de la fuerza del hervor, del tiempo de duración en el que el mosto este en la cocción y otras causas impiden que estos alfa-ácidos logren isomerizarse y pasar a ser iso-alfa-ácidos, por tanto, como se empleen los lúpulos en la etapa de lupulización serán determinantes para la cerveza en cuestión.

Para determinar la cantidad de IBUs se deben tener en cuenta 4 factores, los cuales son:), cantidad de lúpulo agregado, volumen del bache, porcentaje de alfa-ácidos del lúpulo (como ya se explicó anteriormente y la tasa de aprovechamiento de dichos alfa-ácidos lo cual se entiende como la cantidad de alfa-ácidos isomerizados durante el proceso.

La fórmula para el cálculo de los IBUs

Ecuación 1. Cálculo de IBUs

$$IBU = \frac{\textit{gramos} * TA * \%AA * 1000}{\textit{Litros} * CrD} \quad (1)^{26}$$

Donde:

Gramos: Cantidad de lúpulo utilizado

TA: Tasa de aprovechamiento o también conocido como factor de aprovechamiento

%AA: Porcentaje de alfa-ácidos

Litros: Cantidad de mosto que quedará al final de la cocción, es decir el mosto que pasará al fermentador

CrD: Corrector de densidad

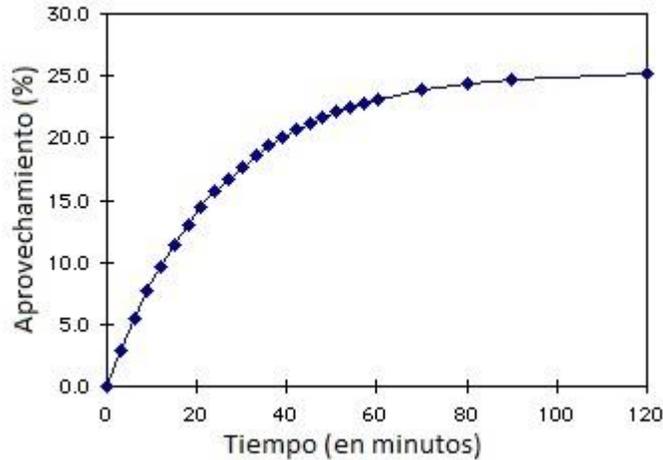
Cabe recalcar que para definir los litros que quedarán al final de la cocción se debe de antemano conocer cómo será el proceso y cuanto mosto será evaporado.

²⁶ CERVEZOMICON, Matemática cervecera cálculo de IBUs. [en línea]. (2016). Disponible en: <https://cervezomicon.com/2016/08/08/matematica-cervecera-calculo-de-ibus/>

La tasa de aprovechamiento depende del tiempo de cocción del lúpulo, hay un sin fin de valores de aprovechamiento que se encuentra en la literatura, expertos en este tema dan sus opiniones al respecto y registrar los datos que ellos estiman para cada tiempo, para este caso, se hará uso de la gráfica proporcionada por Glenn Tinseth.

Gráfica 1. Valores de factor de aprovechamiento según Glenn Tinseth

Aprovechamiento de los alfa-ácidos en el tiempo (DI 1,050)



Fuente: TINSETH, Glenn. Glenn's Hop Utilization Numbers. EE.UU, 1995.

El corrector de densidad se encarga de realizar una corrección en la densidad para el cálculo de los IBU, ya que la isomerización de los alfa-ácidos tiende a decaer cuando el mosto posee una densidad más alta; para hallar el corrector de densidad se aplica la siguiente fórmula:

Ecuación 2. Cálculo del corrector de densidad

$$CrD = 1 + [(Densidad\ del\ hervido - 1,050)/0,2] \quad (2)^{27}$$

Donde la densidad del hervido es la densidad que posee el mosto antes de entrar al proceso de cocción.

²⁷ CERVEZOMICON, Matemática cervecera cálculo de IBUs. [en línea]. (2016). Disponible en: <https://cervezomicon.com/2016/08/08/matematica-cervecera-calculo-de-ibus/>

1.10 DETERMINACIÓN DE GRADOS DE ALCOHOL

Para el grado de alcohol se debe partir de las densidades que posee el mosto antes y después de hervir, como se ha explicado anteriormente en el proceso de fermentación, la levadura ha convertido los azúcares del mosto en alcohol, por tanto, habrá una reducción en la densidad del mosto.

Se parte tomando la densidad inicial la cual se pasa a una escala equivalente usada por los cerveceros en la mayor parte del mundo, la gravedad específica de manera que la densidad obtenido se divide sobre la densidad del agua (comúnmente a 4°C), así se obtiene entonces la conocida gravedad inicial; una vez fermentado el mosto, se toma de nuevo la densidad y se aplica el mismo proceso para hallar la gravedad final.

En el proceso de fermentación la válvula airlock cumple un papel muy importante, que es la liberación de CO₂, de esta manera debido a que se forma alcohol dentro del fermentador producto de la acción de la levadura, al expulsar 1 mol de CO₂ del fermentador, se forma 1 mol de C₂H₆O, en otras palabras 44,0098 gramos de CO₂ equivale a 46,07 gramos de C₂H₆O, es decir que la relación de formación es de 1,05.

Por tanto, la formación de masa de alcohol en la solución es:

Ecuación 3. Cálculo de la masa de alcohol

$$MS = (GF - GI) * 1.05 \quad (3)^{28}$$

Donde

GF: Gravedad final

GI : Gravedad inicial

Para calcular el porcentaje de alcohol:

Ecuación 4. Cálculo del porcentaje de alcohol en peso

$$\%Alch = \frac{MS}{GF} \quad (4)^{29}$$

Este porcentaje de alcohol se basa en un porcentaje de alcohol por eso, sin embargo, algunos cerveceros se prefieren el cálculo del porcentaje de alcohol en

²⁸ JUAN JOSÉ GARCÍA ORNELAS. Como medir el contenido de alcohol en la cerveza. [en línea]. (2013).

Disponible en: <http://brewmasters.com.mx/como-medir-el-contenido-de-alcohol-en-la-cerveza/>

²⁹ JUAN JOSÉ GARCÍA ORNELAS. Como medir el contenido de alcohol en la cerveza. [en línea]. (2013).

Disponible en: <http://brewmasters.com.mx/como-medir-el-contenido-de-alcohol-en-la-cerveza/>

volumen (%ABV), entonces debido a que la densidad del C₂H₆O es 0,79 el cálculo se convierte en:

Ecuación 5. Cálculo del porcentaje de alcohol en volumen

$$\%ABV = \frac{\%Alch}{0,79} \quad (5)^{30}$$

Teniendo más claro los componentes empleados en el proceso de elaboración y la importancia que se le debe dar a cada insumo se procede con el desarrollo del proyecto junto con la base teórica adquirida.

³⁰ JUAN JOSÉ GARCÍA ORNELAS. Como medir el contenido de alcohol en la cerveza. [en línea]. (2013). Disponible en: <http://brewmasters.com.mx/como-medir-el-contenido-de-alcohol-en-la-cerveza/>

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA CERVEZA ARTESANAL

La elaboración de cerveza artesanal es un arte que ha ido evolucionando a lo largo de los años, en la actualidad hay diversos métodos que son empleados por brewmaster y demás fanáticos de este campo, dichos métodos varían según el tipo de receta que se planea elaborar, donde se tienen en cuenta tiempos, cantidades, materiales, insumos y demás factores que son cruciales para el éxito de la cerveza, para dicha de muchos, aún continúan surgiendo diferentes prácticas en donde los cerveceros experimentan con estas como alternativas nuevas para incluirlas en el proceso de elaboración, a continuación se explica que metodología se lleva a cabo para realizar la cerveza tipo IPA estilo belga sin la adición del kiwi y como es el desarrollo de dicho proceso para llegar al producto terminado.

2.1 INGREDIENTES

- Maltas:
- ✓ chateau Pilsen 2RS

Posee un sabor de malta fuerte y dulce a la vez, y contiene una potencia enzimática suficiente como para ser utilizada como malta base.

- ✓ chateau Múnich Light

Malta rica y dorada. Intensifica ligeramente el color acercándolo a un agradable color naranja dorado. Añade un marcado sabor de malta y grano a numerosos estilos de cerveza sin afectar ni a la estabilidad ni al cuerpo de la espuma. También se utiliza en pequeñas cantidades en combinación con la malta Pilsen 2RS a fin de producir cervezas de color claro mejorando su sabor a malta y dándoles un color más rico. Potencia el sabor de las cervezas con carácter. ³¹

- Lúpulos:
- ✓ Fuggles

Pellets tipo 90
Alfa-ácidos: 4,5%
Origen: Estados Unidos

Algunas características extra de este tipo de lúpulo son:

³¹CASTLEMALTING. Maltas belgas que hacen sus cervezas tan especiales [en línea]. (2017). disponible en: <http://www.castlemalting.com/ServicesPDF/CastleMaltingMaltSpecificationPDF.asp?Command=QualityParametersPDF&SpecificationID=138&CropYear=2017&Language=Spanish>

Tabla 3. Datos analíticos que posee el lúpulo Fuggles

Datos analíticos	Cantidad
Beta-ácidos (w/w)	2,0 -3,0%
Cohumulona	25-30%
Humulona	33-38%

Fuente: SIMPLY HOPS. Hop Pellets (Type 90 Pellets) - Material Data Sheet. UK. 2017

✓ **Magnum**

Pellets tipo 90

Alfa-ácidos: 15,6%

Origen: Alemania

Algunas características extra de este tipo de lúpulo son:

Tabla 4. Datos analíticos que posee el lúpulo Magnum

Datos analíticos	Cantidad
Beta-ácidos (w/w)	5,0 -7,0%
Cohumulona	21-29%
Humulona	30-45%

Fuente: WE CONSULTORIA. Lupulo hallertau magnum em pellet t-90Brasil, 2018

• Levadura:

✓ Safale S-04

Levadura: *Saccharomyces cerevisiae*

Temperatura recomendada: 15-24°C

Origen: Bélgica

Levadura liofilizada, deshidratada y empacada al vacío.

2.2 MATERIALES E INSTRUMENTOS

- Fermentador de capacidad 30 litros
- Válvula airlock
- Olla de capacidad 35 litros
- Estufa
- Densímetro

- Termómetro
- Papel indicador de pH
- Malla
- Tapador
- Botellas de capacidad 330 ml
- Probeta de capacidad 200 ml
- Colador
- Filtro de cafetera
- Manguera
- Probeta
- Jarra de capacidad de 1 litro
- Balanza

2.3 SELECCIÓN DE RECETA

Se compararon diferentes recetas de cerveza entre ellas las: Imperial Stout, dubbel oscuro, Pilsen Lager, American pale ale y la IPA estilo belga, donde se recopiló información de cada una de las diferentes cervezas seleccionadas, observando características como el amargor, sabor, aroma, entre otras cosas; se observa en la bibliografía que recetas se llevan mejor con la adición de frutas y cómo interactúan con ellas, examinando que propiedades de las frutas se exponen en la cerveza al ser probada por el consumidor.

La cerveza tipo IPA³²

La cerveza tipo IPA (Indian Pale Ale) tiene su origen alrededor del siglo XVIII cuando los ingleses se encontraban conquistando gran parte de la India; en ese entonces al transportar la cerveza desde Inglaterra con la cual se abastecerían las tropas asentadas en la India, esta llegaba con una gran cantidad de microorganismos y prácticamente imposible de beber, los maestros cerveceros ingleses para buscar una solución a este problema deciden agregar una mayor cantidad de lúpulo a la cerveza y de igual manera aumentar el alcohol que llevaba la cerveza para así asegurar que esta no se fuera a contaminar y lograra resistir los largos viajes por mar que se llevaban a cabo, es de ahí de donde proviene su nombre “Indian”. La palabra “Pale” proviene del color característico de la cerveza, siendo un color pálido, ámbar, inclinándose por colores anaranjados oscuros; finalmente la palabra “Ale” se debe al tipo de fermentación que es utilizada para elaborar este tipo de cerveza en donde la levadura fermenta en la parte superior del mosto.

³² BJCP BEER STYLE GUIDELINES. Beer judge certification program. [En línea]. (2015). Disponible en: https://www.bjcp.org/docs/2015_Guidelines_Beer.pdf

Según la BJCP (Beer Judge Certification Program) traducida al español como el Programa de Certificación de Jueces de Cerveza la IPA estilo belga posee las siguientes características:

2.3.1 Aroma. A lúpulo moderado a alto, a menudo tropical, a frutas de carozo, cítricos o como a pino, típicos de las variedades americanas o del Nuevo Mundo. También se encuentran aromas florales y especiados indicando lúpulos europeos. Aroma a césped debido al **dry hopping** puede estar presente. Aroma a malta a grano-dulce, gentil, con poco o nada de caramelo. Los ésteres frutados son de moderados a altos y pueden incluir aromas a bananas, peras y manzanas. Fenoles ligeros como a clavo de olor podrían ser detectados. Algunas veces están presentes aromas como a candy sugar belga.

2.3.2 Apariencia. Color dorado ligero a ámbar. **Espuma** blanquecina, moderada a grande, con buena retención. La claridad es de justa a bastante turbia en los ejemplos con dry-hopping.

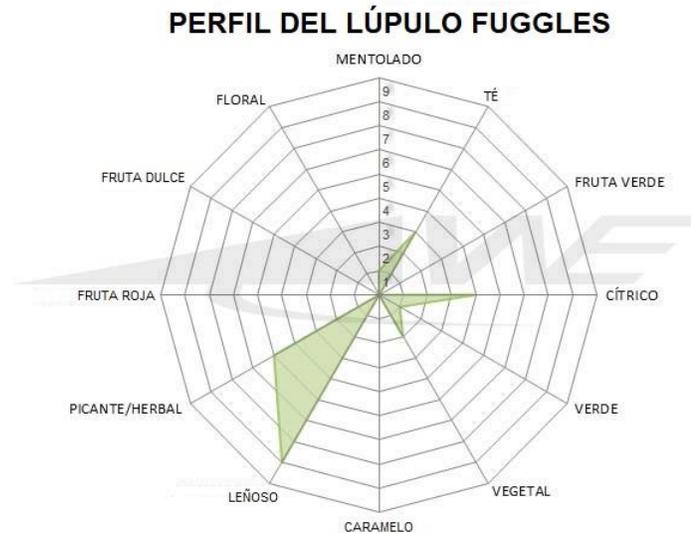
2.3.3 Sabor. El sabor inicial es moderadamente especiado y esteroso asociado con cepas de levadura belga. Son comunes sabores como a clavo de olor o a pimienta. Sabores a banana, pera y manzana también son comunes. Los sabores a lúpulo son de intensidad moderada a alta y pueden reflejar variedades americanas o del Nuevo Mundo, a frutas tropicales, frutas de carozo, melón, cítricos, pináceos, o sabores a lúpulo floral y especiado tipo Saaz. El sabor a malta es ligero y a grano-dulce, a veces con bajo sabor a malta tostada o caramelo, pero no son necesarios. El amargor es alto y puede estar acentuado por los sabores especiados derivados de la levadura. El final es seco a medio-seco, aunque algunos ejemplos tienen un ligero sabor dulce mezclado con un amargor persistente.

Finalmente se opta por tomar como base la receta tipo IPA estilo belga ya que el sabor del kiwi se favorece con los componentes de dicha receta, esto debido a que, partiendo de sus maltas, las cuales si bien poseen un sabor fuerte, a su vez es dulce, encaminándose por tonos frutales, siendo estos convenientes para el kiwi para remarcar sus propiedades; ahora bien, con respecto a los lúpulos (fuggles y magnum) se puede observar que el perfil de sabor que poseen ambos lúpulos tiende hacia sabores y aromas frutales, cítricos, leñosos y un tanto vegetales; excelentes para ir de la mano con el sabor y el aroma que otorgará el kiwi en el producto de cerveza terminado predominando aun así el amargor característico de las IPA, de tal manera que sea esta receta la que más se acople con el objetivo de este proyecto.

La cantidad de lúpulo extra y el aumento en el grado de alcohol aumentan el grado de amargor de la cerveza, de esta manera al agregar kiwi a la cerveza, siendo este un sabor dulce-cítrico, se equilibra el sabor amargo con la acidez y el dulzor de la fruta; por otro lado las maltas que se emplean en la IPA estilo belga poseen características frutales y de cierto toque cítrico de tal manera que el nuevo sabor

que se asienta en la cerveza sea agradable al paladar y de buen gusto para el consumidor.

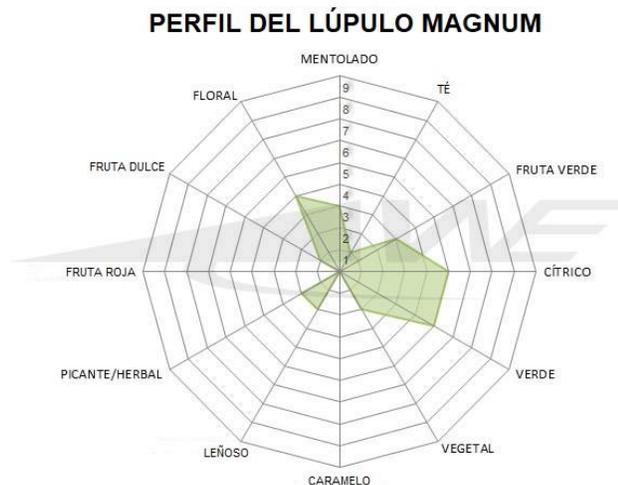
Ilustración 5. Perfil de sabores y aromas del lúpulo Fuggles



Fuente: WE CONSULTORIA. Lupulo fuggle em pellet t-90. Brasil, 2018.

En la ilustración 5 se presenta las condiciones de sabores y aromas que aporta el lúpulo Fuggles a la cerveza, inclinándose mayoritariamente por un toque leñoso y herbal.

Ilustración 6. Perfil de sabores y aromas del lúpulo Magnum



Fuente: WE CONSULTORIA. Lupulo hallertau magnum em pellet t-90Brasil, 2018

En la ilustración 6 se presenta las condiciones de sabores y aromas que aporta el lúpulo Magnum a la cerveza, inclinándose mayoritariamente por un toque leñoso y herbal.

2.4 PROCESO DE ELABORACIÓN

El proceso de elaboración de cerveza base se realizará 2 veces con el fin de determinar la varianza y desviación estándar de cada etapa, con el fin de asegurar consistencia del producto terminado. Los datos registrados en ambos procesos se presentan al finalizar cada etapa.

Para la medición de la temperatura se emplea un termómetro digital TP101, para no tener errores de estimación al momento de hacer el registro, las tomas de densidad se realizan con un densímetro y para la medición del pH se hace uso de las tiras de papel indicador universal.

Tabla 5. Cantidades de cada ingrediente empleados en la cerveza base

Ingredientes	Cantidades
Agua	36 Litros
Malta Pilsen	3 kg
Malta Munich	2 kg
Lúpulo Magnum	20 g
Lúpulo Fuggles	15 g
Levadura S-0.4	11,5g
Azúcar	3,5 g/botella

Fuente: elaboración propia

La cantidad de grados de azúcar se definió entre el rango sugerido para las cervezas tipo IPA estilo belga.

Tabla 6. Cantidad en gramos de azúcar para diferentes estilos de cerveza

Tipos de cerveza	Gramos de azúcar/botella
Ales inglesas	Entre 1,5 y 2,2
Ales americanas	Entre 2,2 y 3
Ales belgas	Entre 2,0 y 4
Trigo alemanas	Entre 2,8 y 5
Lagers	Entre 2,4 y 2,8

Fuente: elaboración propia

2.4.1 Etapa de Maceración. La maceración es el proceso donde se hace la mezcla del agua caliente con la malta la cual fue previamente molida por lo tanto gelatiniza los almidones, gracias a este proceso se puede hacer la extracción de enzimas naturales de la malta, y así se convierten los almidones en azúcares

fermentables. Internamente de la maceración se emplean diferentes rangos de temperaturas, las diferentes enzimas se activan o desactivan según su rango y por medio de esta variable se puede controlar el proceso para obtener los resultados esperados.

Dentro del extracto se encuentra:

- Azucares Fermentables
- Nitratos de amino-ácidos
- Minerales
- Vitaminas
- nutrientes

Dentro del mosto se encuentran otras sustancias las cuales no pueden ser fermentadas puesto que para la levadura es difícil procesar. Estas mismas sustancias son las que le otorgan el cuerpo esperado a nuestra cerveza, algunas son:

- Azucares no fermentables.
- Dextrinas
- Proteínas solubles
- sustancias inorgánicas.

En el transcurso del malteado del grano la enzima beta-glucanasa y la enzima proteolítica se encargan de la modificación del almidón para presentar sus azucares y enzimas para una conversión eficaz.

Las enzimas que se encuentran en la malta son las siguientes:

Tabla 7. Enzimas presentes en la malta³³

Enzima	Rango óptimo de temperatura	Rango óptimo de pH	Función
Fitasa	30-52°C	4.4-5.5	Baja el pH del mosto
Beta Glucanasa	35-45°C	4.5-5.0	Reduce la viscosidad del mosto y mejora la clarificación.
Peptidasa	46-57°C	4.6-5.2	Produce amino nitrógeno libre (FAN), que es esencial para la levadura y la fermentación.
Proteasa	46-57°C	4.6-5.2	Rompe proteínas grandes y reduce la turbiedad.
Beta Amilasa	54-65°C	5.0-5.6	Produce azúcares cortos, altamente fermentables.
Alpha Amilasa	68-75°C	5.3-5.8	Produce azúcares de larga cadena, poco fermentables, que agregan cuerpo a la cerveza.

Como se dijo anteriormente durante el proceso de maceración el suceso principal es la conversión de almidones en azúcares fermentables y dextrinas no fermentables por medio de las enzimas diastáticas. Estas enzimas son afectadas por diferentes rangos de temperaturas permitiendo su activación y pH. Se debe favorecer la temperatura para poder activar las enzimas deseadas en el proceso de maceración.

Para realizar el proceso de maceración se emplea el método de infusión en donde se toman las maltas y se depositan en una malla, la cual se amarra firmemente a la cuba donde se lleva a cabo el proceso de maceración, acto seguido se agregan gradualmente 20 litros de agua a una temperatura que ronda entre los 63 a 67°C en

³³ MARIA PAULA TORRES TORRES. VALORACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL PRODUCTO EN PROCESO EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS, Proyecto de grado. Bogota D.C. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ciencias.(2017). 101 p. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis16.pdf>

un periodo alrededor de 20 minutos, posteriormente se agita constantemente la malta alrededor de 10 minutos para que se mezcle con el agua de manera uniforme, pasado 5 minutos se le agrega un litro de agua a 80°C con el fin de no bajar la temperatura del ya formado mosto a menos de 60°C y que empiece a rondar entre los 75°C para que se sigan extrayendo las enzimas de la malta, este proceso se conoce como lavado ya que al mismo tiempo está arrastrando azúcares que pueden haberse quedado en la malta y se realiza 4 veces obteniendo así un total de 24 litros de mosto, al mismo tiempo se realiza el proceso de clarificación o también conocido como recirculación, en donde se filtra cierta cantidad de mosto en otro recipiente para después volverlo a verter en la cuba de maceración, así se hace un barrido de los azúcares que podrían haberse quedado en la malta y a su vez se extraen sedimentos que sobrepasaron la malla, cabe aclarar que el proceso de infusión y de lavado son simultáneos uno después del otro cada 5 minutos, es decir, se aumenta la temperatura y después se hace el lavado, así sucesivamente hasta haber completado el volumen total de mosto, se continua agitando y se le agrega un último litro de agua esta vez a 85°C hasta que la temperatura del mosto aumente alrededor de los 78°C para después dejarlo reposar durante 2 a 3 minutos.

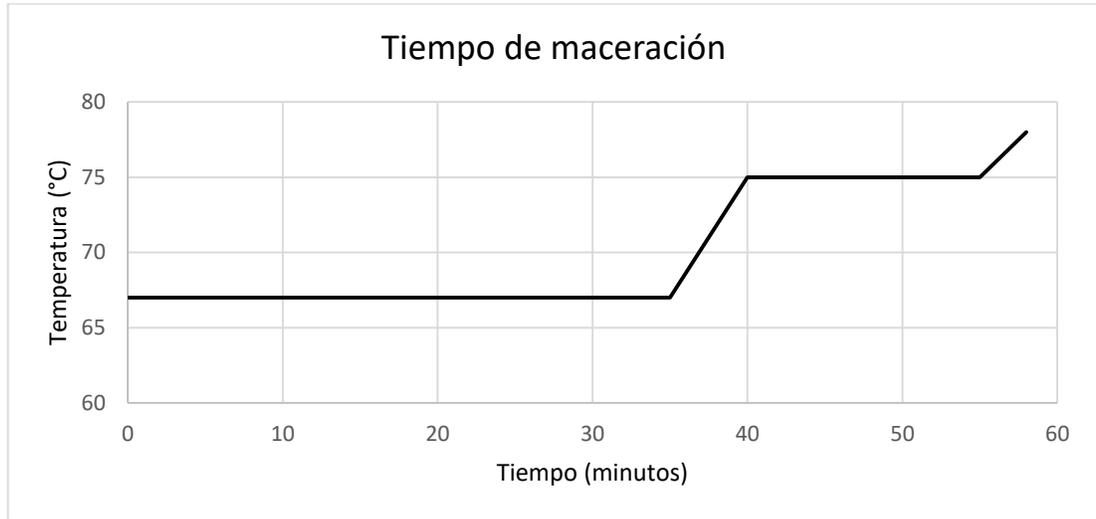
Fotografía 1. Maltas introducidas en la malta previas al proceso de macerado.



Fuente: elaboración propia

En la fotografía 1 se observa como la malla se sujeta de los bordes externos de la cuba de maceración, sosteniendo firmemente el peso de las maltas y así mismo dándole paso al agua y al proceso de agitado.

Gráfica 2. Tiempo de macerado vs temperatura



Fuente: elaboración propia

En la gráfica 2 se muestra el tiempo en minutos y las respectivas temperaturas que se deben llevar a cabo en la preparación del mosto durante el proceso de maceración.

Durante la maceración se mide la temperatura del mosto con el fin de controlar el proceso, asegurando así la activación de las enzimas encargadas de la degradación de los almidones, la medición de la temperatura se realiza cada 3 minutos desde que se agrega el primer litro de agua a la cuba de maceración hasta que se termina como tal el tiempo de macerado siendo este de 60 minutos, posterior a esto y antes de dar paso al proceso de lupulización se realiza una toma de densidad y medición del pH del mosto, a continuación se presentan los datos registrados para ambas pruebas realizadas.

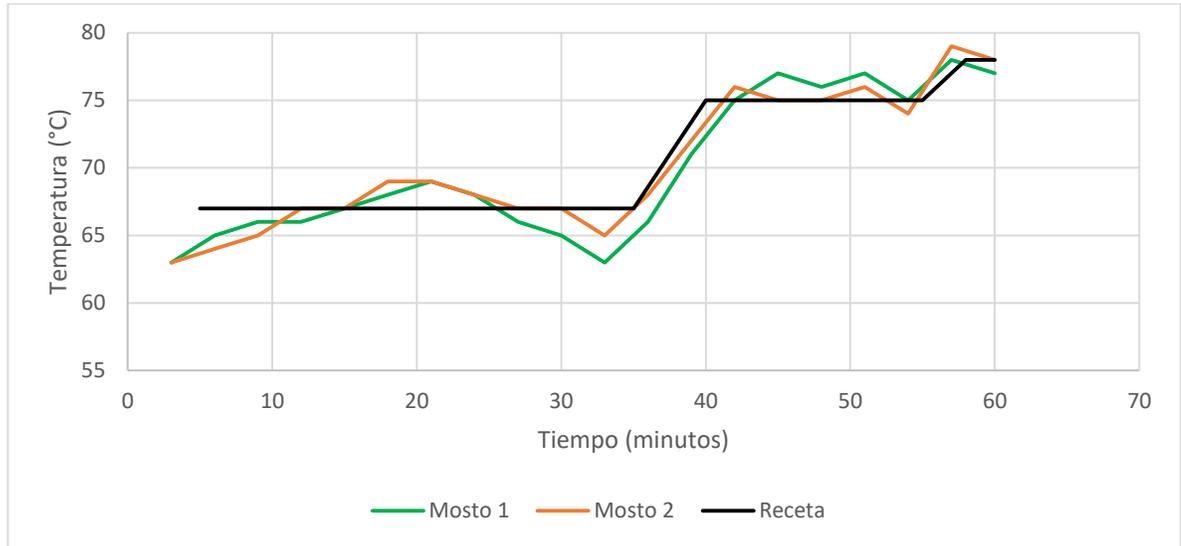
Tabla 8. Tiempos de maceración cerveza base

Maceración Cerveza Base		
Tiempo (min)	Temp Mosto 1	Temp Mosto 2
3	63	63
6	65	64
9	66	65
12	66	67
15	67	67
18	68	69
21	69	69
24	68	68
27	66	67
30	65	67
33	63	65
36	66	68
39	71	72
42	75	76
45	77	75
48	76	75
51	77	76
54	75	74
57	78	79
60	77	78

Fuente: elaboración propia

En la gráfica 3 se muestran los datos de las temperaturas registradas durante las dos corridas durante el proceso de maceración vs la temperatura estándar, cabe destacar que las temperaturas alcanzadas están muy cerca de la estándar partiendo del hecho de que este es un proceso artesanal.

Gráfica 3. Temperaturas maceración para la cerveza base



Fuente: elaboración propia

Tabla 9. Datos obtenidos en la maceración para las cervezas base

Etapa de maceración		
Datos	Cerveza base 1	Cerveza base 2
Densidad	1,03	1,035
T inicial (°C)	63	63
T final (°C)	77	78
pH	5	5

Fuente: elaboración propia

Los respectivos cálculos para esta etapa de maceración son:

Tabla 10. Cálculos en maceración para cerveza base

Etapa de maceración				
Datos	Densidad	T inicial (°C)	T final (°C)	pH
Promedio	1,0325	63	77,5	5
Varianza	1,250E-05	0	0,5	0
Desv. Estand	0,00354	0	1	0

Fuente: elaboración propia

2.4.2 Etapa de lúpulización. La cocción se realiza con el fin de esterilizar el mosto, donde también se eliminan algunas proteínas, azúcares no fermentables y demás compuestos no deseados como los taninos, compuestos que no aportan cualidades organolépticas.

Para el desarrollo de este proceso primero se lleva a cabo la cocción del mosto llevándolo a su punto de ebullición, la finalidad de la ebullición es estabilizar las reacciones enzimáticas y microbiológicas del mosto. Esto se hace con el fin de evitar que las enzimas sigan desdoblando azúcares a lo largo de la fermentación, las amilasas podrían seguir desdoblando las dextrinas y éstas se transformarían enteramente en alcohol.

La precipitación de las materias proteínicas debe realizarse con la mayor efectividad posible ya que si se encuentra alguna de estas materias en el mosto es posible ocasionar problemas en la fermentación provocando turbiedad en la cerveza embotellada. Generalmente la desactivación de las enzimas se puede realizar cuando el mosto llega a su punto de ebullición y se deja un cuarto de hora aproximadamente. Finalmente a lo largo de la ebullición se forman productos reductores que ayudan a mejorar la calidad y estabilidad de la cerveza.

El lúpulo se agrega generalmente en esta etapa del proceso, cuando el mosto ha llegado a su punto de ebullición, el amargor se da por la isomerización de los ácidos y el lúpulo agregado esta reacción es completa gracias principalmente al pH del mosto.

La duración de esta etapa es de 90 minutos, se vierte el mosto en una olla en donde se coloca a ebullición a una temperatura de 92°C, pasados 30 minutos se adiciona el primer lúpulo, para asegurar uniformidad y regular la espuma producida se agita el mosto durante 5 minutos, se espera 50 minutos para la adición del siguiente lúpulo el cual se deja hervir 10 minutos más con agitación constante.

El lúpulo es agregado con la finalidad de otorgar sabor, aroma y amargor a la cerveza, a su vez, el lúpulo posee propiedades antibacterianas, esto debido a los alfa-ácidos y beta-ácidos que son antisépticos por naturaleza previendo así la reproducción de bacterias y a un mayor grado de conservación de la cerveza.

Adición del primer lúpulo: Se adiciona el lúpulo Magnum con el fin de que este le otorgue principalmente amargor a la cerveza; las cantidades que se agregan de este lúpulo varían dependiendo de la prueba que se está realizando, sin embargo su tiempo de adición siempre es pasados 30 minutos desde que se empieza la ebullición.

Adición del segundo lúpulo: Se adiciona el lúpulo Fuggles con el fin de que este le otorgue principalmente el aroma a la cerveza; las cantidades que se agregan de

este lúpulo varían dependiendo de la prueba que se está realizando, sin embargo su tiempo de adición siempre es pasados 80 minutos desde que se empieza la ebullición.

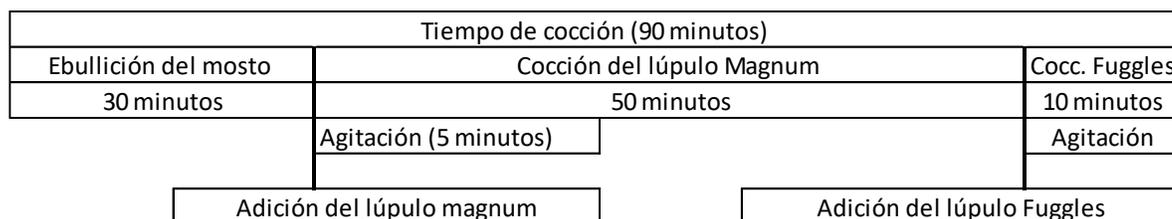
Fotografía 2. Lúpulos Magnum y Fuggles



Fuente: elaboración propia

En la fotografía 2. Lúpulo Magnum (izquierda) y lúpulo Fuggles (derecha) en pellets tipo 90

Ilustración 7. Línea de tiempo del proceso de cocción



En la ilustración 7 se explica con detalle el proceso de cocción, hay que tener en cuenta que la espuma que se genera, se retira a lo largo del proceso, por tanto no es un paso que tenga un tiempo establecido.

Cabe aclarar que si bien el fin de cada lúpulo es que otorgue cierta propiedad organoléptica (ya sea el amargor o el aroma) estos también aportarán un poco de sus demás propiedades, aunque no de una manera tan vigorosa, sin embargo es necesario tener presente esto, ya que si bien ninguno de los dos lúpulos tienen como finalidad el sabor, aun así influirán indirectamente en el sabor del producto terminado; por otro lado los IBUs también se verán afectados por ambos lúpulos.

A lo largo del proceso de lupulización se realizan mediciones de temperatura al mosto para mantenerlo a ebullición constante pero a su vez con el fin de evitar que

una gran parte sea evaporada, ya que esto implica que al haber mayor mosto evaporado, menor cantidad de cerveza se logra obtener, es por eso que cada 10 minutos se hace una toma de temperatura para controlar el proceso (cabe recalcar que el proceso se realiza en una estufa, de tal manera que la intensidad de las llamas que sale de los fogones es controlado por las personas que supervisan el proceso, luego del proceso de enfriamiento se toma una muestra, para tomar la densidad y el pH del mosto hervido. Los datos registrados para ambas pruebas son los siguientes.

Tabla 11. Tiempos de lupulización cerveza base

Lupulización Cerveza base		
Tiempo (min)	Temp Mosto 1	Temp Mosto 2
0	92	91
10	92	91
20	91	90
30	91	91
40	92	90
50	91	98
60	91	90
70	90	89
80	89	91
90	89	92

Fuente: elaboración propia

Tabla 12. Datos obtenidos en la lupulización para las cervezas base

Etapa de Lupulización		
Datos	Cerveza base 1	Cerveza base 2
Densidad	1,040	1,050
T inicial (°C)	92	91
T final (°C)	89	92
pH	5	5
Fuggles (g)	15	15
Magnum (g)	20	20
IBUs	31,98	31,98

Fuente: elaboración propia

Los respectivos cálculos para esta etapa de lupulización son:

Tabla 13. Cálculos en lupulización para cerveza base

Lupulización				
Datos	Densidad	T inicial (°C)	T final (°C)	pH
Promedio	1,0450	91,5	90,5	5
Varianza	5,0E-05	0,5	4,5	0
Desv. Estand	0,00707	1	2	0

Fuente: elaboración propia

2.4.3 Etapa de enfriamiento. Se toma el recipiente donde se encuentra el mosto y se enfría en una bañera con agua fría y hielo, en donde en el menor tiempo posible (los tiempos cambian dependiendo de la prueba que se estaba realizando) se disminuye la temperatura del mosto alrededor de los 21 a 25°C.

La disminución de temperatura en un lapso corto se debe a que el mosto ya está pronto a empezar el proceso de fermentación, por tanto entre menos tiempo sea el proceso de enfriamiento, menos riesgo hay de que el mosto adquiera microorganismos contaminantes del medio, por tanto se sanitiza todos los implementos que se utilizan en esta parte del proceso (termómetro, y fermentador); otro factor por el cual se busca disminuir la temperatura rápidamente es para impedir la isomerización de alfa-ácidos y beta-ácidos extra de los lúpulos ya que estas ocurren a las temperaturas altas de la etapa de lupulización.

Toma de muestra de densidad inicial

Antes de pasar a la etapa de fermentación se toma una muestra de la densidad del mosto en este punto, conocida como densidad inicial para luego determinar la gravedad específica antes de fermentar (o como la llaman algunos brewmaster, gravedad inicial), para después de tener la cerveza fermentada tomar una segunda muestra (densidad final), así de esta manera determinar los grados de alcohol de la cerveza.

Los datos obtenidos en la etapa son los siguientes:

2.4.4 Etapa de fermentación. En este proceso se lleva a cabo la transformación del azúcar en alcohol, gracias en particular a ciertos hongos más conocidos como levaduras. El tipo de levadura que se utilizó en el experimento es la *Saccharomyces cerevisiae* (safale s-0.4) puesto que este tipo se dedica a la producción de etanol mediante la transformación de azúcares.

El proceso se puede dividir en dos partes:

- La primera parte, conocida como glucólisis o glicólisis
- La segunda parte es la propia fermentación, donde el piruvato se transforma en alcohol.

Glucólisis o glicólisis³⁴. Todo el proceso comienza cuando estos organismos se alimentan. El azúcar presente en la cebada está en forma de sacarosa y consiste en la unión de una molécula de glucosa y una de fructosa, por lo que la sacarosa diremos que es un disacárido. La sacarosa cuando se hidroliza se convierte en una molécula de glucosa y una de fructosa. Esta última se isomeriza a glucosa de manera sencilla. Estas dos moléculas de glucosa obtenidas están listas para su entrada en las vías metabólicas de la *Saccharomyces cerevisiae* para que se transforme en etanol y así obtenga energía.

Podemos dividir el proceso de la glucólisis en tres partes bien diferenciadas:

Fosforilación de la glucosa

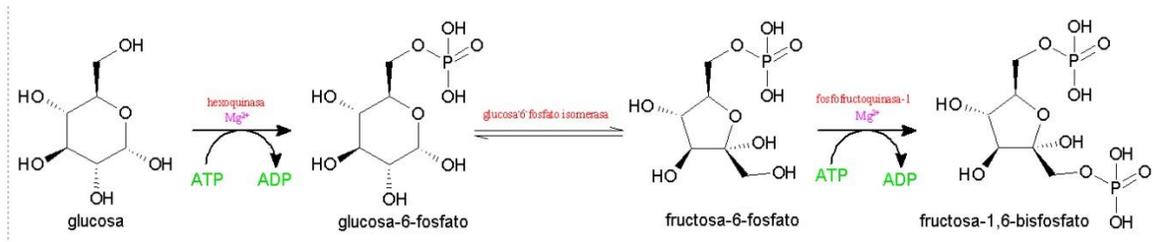
La primera reacción de la glucólisis es la fosforilación de la glucosa, con lo cual conseguimos activarla y poder utilizar esa energía en procesos posteriores. Es un proceso que consume energía en forma de ATP (Adenosín Tri Fosfato). La primera parte consiste en la fosforilación del hidroxilo unido al carbono 6 de la glucosa, consumiendo una molécula de ATP. Esta reacción está catalizada por una enzima, la hexoquinasa, que necesita de una coenzima con magnesio.

Una vez que tenemos la glucosa activada, el siguiente paso consiste en una isomerización de la glucosa-6-fosfato en fructosa-6-fosfato, paso catalizado por la enzima glucosa-6-fosfato isomerasa.

El último paso de esta parte consiste en una segunda fosforilación, esta vez en el hidroxilo del carbono 1 de la fructosa-6-fosfato, dando lugar a una nueva molécula, la fructosa-1,6-bisfosfato, con consumo nuevamente de energía en forma de ATP y con magnesio como cofactor. Este paso es un proceso altamente irreversible y está catalizado por una enzima, la fosfofructoquinasa-1.

³⁴ DIDACFORNER. Fermentación alcohólica de la cebada a la cerveza. [en línea]. (2015). Disponible en: <https://didacforner.net/fermentacion-alcoholica-de-la-cebada-a-la-cerveza/>

Ilustración 8. Fosforilación de la glucosa

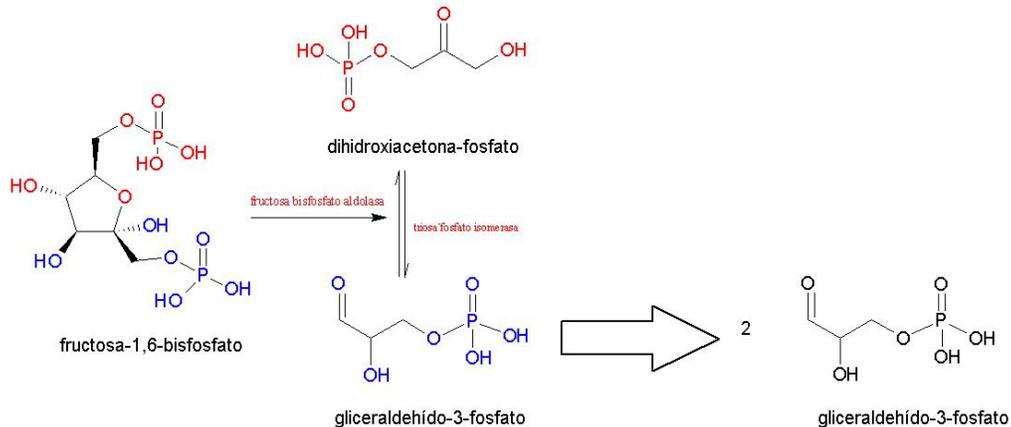


DIDAC, FORNER. Fermentación alcohólica, de la cebada a la cerveza. [Diapositiva]. Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional, 2015.

Ruptura de la pentosa fructosa-1,6-bifosfato

Es un proceso en que no hay consumo ni producción de energía en forma de ATP. La molécula fructosa-1,6-difosfato se rompe en dos moléculas mediante una enzima aldolasa, concretamente la fructosa-1,6-bisfosfato aldolasa, la convierte en dihidroxiacetona fosfato y gliceraldehído-3-fosfato. Ambas moléculas de tres carbonos son convertibles la una en la otra mediante una enzima, la triosa fosfato isomerasa. Por tanto, de una fructosa-1,6-difosfato obtenemos **dos moléculas** de gliceraldehído-3-fosfato.

Ilustración 9. Ruptura de la pentosa fructosa-1,6-bifosfato



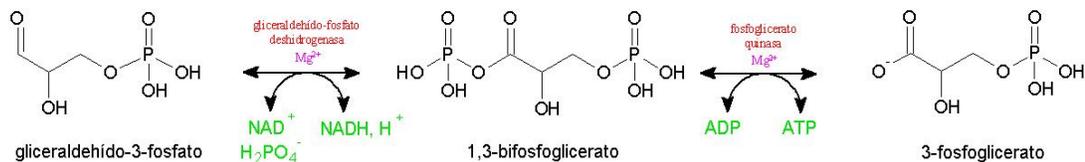
DIDAC, FORNER. Fermentación alcohólica, de la cebada a la cerveza. [Diapositiva]. Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional, 2015.

Desfosforilación

Esta etapa empieza con una oxidación del carbono aldehídico a un grupo carboxílico. Es un proceso que se da en dos partes e implica la generación de una molécula de

ATP (recordemos que cada molécula de glucosa produce dos de gliceraldehído-3-fosfato). La primera parte consiste en una fosforilación del carbono aldehídico para obtener el 1,3-bifosfoglicerato, una molécula muy energética. Este paso se da con el consumo de un NAD^+ (se reduce a NADH por el aporte de protones) fósforo inorgánico en forma de fosfato. Esta catalizada por la enzima gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa y tiene como cofactor el magnesio. La segunda parte consiste en la desfosforilación del 1,3-bifosfoglicerato por la enzima fosfoglicerato quinasa a 3-fosfoglicerato. Este segundo paso produce energía en forma de ATP y tiene como cofactor al magnesio.

Ilustración 10. Obtención del 3-fosfoglicerato



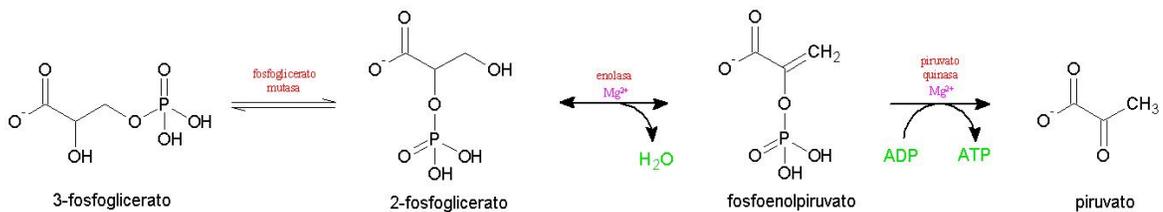
DIDAC, FORNER. Fermentación alcohólica, de la cebada a la cerveza. [Diapositiva]. Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional, 2015.

El siguiente paso consiste en una isomerización del 3-fosfoglicerato procedente de la reacción anterior dando 2-fosfoglicerato, la enzima que cataliza esta reacción es la fosfoglicerato mutasa. Lo único que ocurre aquí es el cambio de posición del fosfato del carbono 3 al carbono 2.

La enzima enolasa libera una molécula de agua de la molécula formando un doble enlace entre el carbono 2 y 3, dando como resultado una molécula llamada fosfoenolpiruvato. Esta enolasa necesita del cofactor magnesio para su funcionamiento.

Por último ocurre la desfosforilación del fosfoenolpiruvato, obteniéndose piruvato y ATP. Reacción irreversible realizada por la enzima piruvato quinasa y con magnesio como cofactor. En esta etapa se produce otra molécula de ATP.

Ilustración 11. Obtención del piruvato



DIDAC, FORNER. Fermentación alcohólica, de la cebada a la cerveza. [Diapositiva]. Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional, 2015.

El ácido pirúvico es un compuesto orgánico clave en el metabolismo. Es el producto final de la glucólisis, una ruta metabólica universal en la que la glucosa se escinde en dos moléculas de piruvato y se origina energía (2 moléculas de ATP).

Fermentación alcohólica. La primera reacción es una descarboxilación del piruvato. Esto significa que la molécula de piruvato pierde una molécula de dióxido de carbono, concretamente del carbono del grupo carboxílico, y se convierten en una molécula más sencilla, el acetaldehído (o etanal). Es una reacción compleja, catalizada por una enzima llamada piruvato descarboxilasa y necesita de magnesio y de un grupo prostético llamado tiamina pirofosfato (TPP) como cofactores.

Ilustración 12. Fermentación alcohólica



DIDAC, FORNER. Fermentación alcohólica, de la cebada a la cerveza. [Diapositiva]. Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional, 2015.

Una vez producido el acetaldehído, este se somete a otra reacción, catalizada por una enzima llamada alcohol deshidrogenasa y utiliza como coenzima el NADH (nicotinamida adenina dinucleótido) en medio ligeramente ácido. Este es un proceso redox, donde el NADH se oxida a NAD⁺ y el acetaldehído se reduce etanol. El proceso global de la glucólisis más la fermentación alcohólica es el siguiente:

Reacción 1. Proceso de glucólisis-fermentación alcohólica



DIDAC, FORNER. Fermentación alcohólica, de la cebada a la cerveza. [Diapositiva]. Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional, 2015.

En este proceso se añade la levadura al mosto una vez enfriado después de la cocción en el menor tiempo posible esta comienza a multiplicarse consumiendo en lo posible el oxígeno y los nutrientes. Esto sigue pasando hasta que consume el oxígeno es su totalidad. Solo hasta entonces la levadura empieza a procesar los azúcares que se encuentra en el mosto.

En el transcurso de la fermentación se va formando el alcohol, CO_2 y otros subproductos como lo pueden ser los alcoholes fusel, los cuales son una mezcla de ácidos orgánicos, alcoholes altos como (propilo, amilo y butilo), aldehídos y esterés, estos subproductos son los responsables de la tan conocida resaca.

Este proceso continúa hasta que se hayan consumido todos los azúcares sencillos, partes de la levadura empieza a cesar su actividad y se sedimentan en el fondo del fermentador, mientras que las demás continúan procesando los azúcares complejos y demás subproductos presentes en la cerveza. Finalmente cuando las levaduras han consumido todo el sustrato posible van a dar al fondo del fermentador.

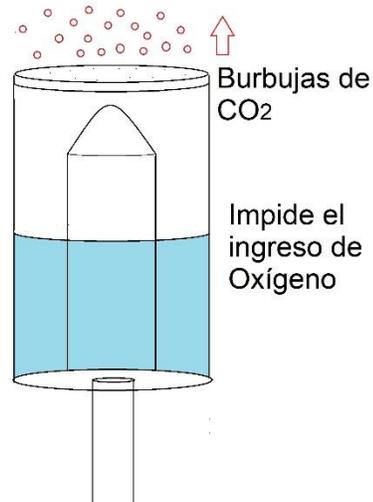
Este proceso tiene que desarrollarse en recipientes limpios y adecuados llamados generalmente fermentadores, son tanques donde se puede almacenar cierta cantidad de mosto junto con la levadura a temperatura ambiente. La cantidad de levadura utilizada para 20 litros de mosto es 11.5 gramos y la temperatura debe controlarse permanentemente durante la fermentación tiene que estar entre los rangos ($12\text{-}25^\circ\text{C}$), su proceso de fermentación puede ser desde 6 días hasta 1 mes dependiendo del tipo de cerveza a realizar.

Se hierve 100 ml de agua a una temperatura de 98°C con el fin de eliminar microorganismos que se encuentren presentes en el agua, posterior a eso se deja reposar el agua hasta que baje a una temperatura similar a la que se encuentre el mosto alrededor de los 21°C a 25°C , a continuación se agrega la levadura al agua y se espera un tiempo de 10 minutos para que esta se esponje, a continuación se toma el mosto y se introduce en el fermentador para seguidamente agregar la levadura, antes de agregar la levadura al mosto, este se agita fuertemente durante 1 minuto, esto se hace para disolver todo el oxígeno que pueda estar presente en el mosto; ya inoculada la levadura como paso final se cierra herméticamente el fermentador con su respectiva válvula airlock.

La implementación de la válvula airlock se hace para permitir la liberación del CO_2 producto de la fermentación ocurrida dentro del fermentador e impedir la entrada de

oxígeno, y así asegurar que el mosto no será contaminado por agentes externos circundantes.

Ilustración 13. Válvula airlock



Fuente: elaboración propia.

En la ilustración 13 se presenta una válvula airlock, la cual funciona como trampa de aire, impidiendo el ingreso de oxígeno y demás partículas del medio, a su vez permite la salida del CO₂ producto de la fermentación

Para que la levadura realice la fermentación y trabaje de una manera adecuada se mantiene el fermentador en una temperatura entre los 15-24°C, de igual manera, se mantiene el fermentador alejado de la luz solar, “esto debido a que el lúpulo contiene compuestos que reaccionan con la luz ultravioleta, provocando aromas y sabores no deseados”³⁵.

Esta etapa se le denomina también primera fermentación en donde la levadura convertirá los azúcares encontrados en el mosto dentro del fermentador, ya que en el proceso de carbonatación se dará paso a una segunda fermentación dentro de la botella.

En el proceso de fermentación se registra la densidad antes de agregar la levadura (toma de muestra de densidad inicial), pasados los 10 días de la adición de la levadura y del proceso de fermentación alcohólica se mide la densidad nuevamente (toma de muestra de densidad final) para así determinar los grados de alcohol.

Toma de muestra de densidad final

³⁵ SECOM. ESPECIAL ILUMINACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CERVEZA. [en línea]. extraído de: <http://descargas.secom.es/productos/konak-led/LEDS%20PARA%20CERVEZA.pdf>

Después de finalizar a la etapa de fermentación se toma una segunda muestra de la densidad del mosto, para determinar la gravedad específica después de fermentar (o como la llaman algunos brewmaster, gravedad final), esta densidad debe ser menor a la inicial, ya que la levadura en la fermentación transformó los azúcares fermentables en alcohol, por tanto la diferencia entre la densidad final con la inicial es la cantidad de azúcares transformados, de esta manera se puede hallar los grados de alcohol en la cerveza.

Los datos registrados para ambos procesos son los siguientes.

Tabla 14. Datos obtenidos en fermentación para cerveza base

Resultados		
Parámetro	Cerveza base 1	Cerveza base 2
Gravedad inicial	1,040	1,050
Gravedad final	1,005	1,010
Masa de alcohol	0,037	0,042
Grado de alcohol	4,6	5,3

Fuente: elaboración propia

Los respectivos cálculos para esta etapa de fermentación son:

Tabla 15. Cálculos en fermentación para cerveza base

Parámetro	Gravedad inicial	Gravedad final	Grado de alcohol	Masa de alcohol
Promedio	1,045	1,0075	4,95	0,039
Varianza	5,0E-05	1,25E-05	0,202	1,38E-05
Desv. Estand	0,007	0	0,449	0,0037

Fuente: elaboración propia

2.4.5 Etapa de embotellamiento y carbonatación (segunda fermentación).

Después de dejar fermentar el mosto durante 10 días, se procede a embotellar, este proceso va de la mano con la carbonatación que es la adición de cierta cantidad de gramos de azúcar (varían dependiendo de la prueba) a la botella para como su nombre lo indica, gasificar la cerveza; para este proceso se toma el fermentador y en donde se encuentra el tubo de salida se coloca un embudo que esta adherido a una manguera, la cual es la que llevará el mosto hasta la botella ya preparada con el azúcar, el uso de la manguera es con el fin de no oxigenar la botella con el mosto para que al servir la cerveza no se genere un exceso de espuma, a su vez el embudo tendrá un colador y dentro de este un filtro de cafetera para retener sedimentos que se generan en el proceso de fermentación.

A partir de este punto ya no se habla de mosto, sino de “cerveza verde” siendo esta el resultado del mosto después de pasar por el proceso de fermentación.

Cabe aclarar que antes de realizar esta etapa las botellas y demás utensilios utilizados en este proceso deben estar desinfectados, por tanto, se sumergen todos estos elementos en agua hirviendo para eliminar la mayoría de microorganismos.

El traspaso de la cerveza verde desde fermentador a la botella se realiza debido a que en la fermentación tanto el lúpulo, como la levadura generan sedimentos, los cuales se asientan en el fondo del fermentador generando una reducción en la cantidad de litros finales, de igual forma, como se informó anteriormente también se filtra la cerveza verde cuando es traspasado a la botella, asegurando aún más una cerveza sin residuos.

Una vez traspasada la cerveza verde a la botella se cierra con un tapador sin hacer mucha presión para no romper el pico de la botella, dando paso a la segunda fermentación, en donde procesos proteínicos de la levadura descomponen las características fenólicas de la fermentación primaria y así con este tiempo de maduración, se sedimenten los últimos residuos de levadura y lúpulo en la cerveza

En esta etapa de segunda fermentación se dejan las cervezas en un lugar donde no posea mucho contacto con la luz, a temperatura ambiente durante un periodo de 15 días, finalizado este tiempo se refrigera la cerveza para que esta esté lista para el consumo.

2.5 DETERMINACIÓN PH, DENSIDAD, IBUS, GRADO DE ALCOHOL

Tabla 16. Cálculo de IBUs que aporta el lúpulo Fuggles en las cervezas base

Fuggles		
Factores	Cerveza base prueba 1	Cerveza base prueba 2
Densidad del hervido	1,030	1,035
CrD	1,000	1,000
Litros	25	25
%AA	0,045	0,045
TA	0,075	0,075
Gramos	15	15
IBUs	2,025	2,025

Fuente: elaboración propia

Tabla 17. Cálculo de IBUs que aporta el lúpulo Magnum, en las cervezas base

Magnum		
Factores	Cerveza base prueba 1	Cerveza base prueba 2
Densidad del hervido	1,030	1,035
CrD	1,000	1,000
Litros	25	25
%AA	0,156	0,156
TA	0,240	0,240
Gramos	20	20
IBUs	29,952	29,952

Fuente: elaboración propia

Los datos obtenidos para ambas pruebas son los siguientes.

Tabla 18. Datos obtenidos para las cervezas base

Producto terminado		
Datos	Cerveza base 1	Cerveza base 2
%ABV	4,6	5,3
IBUs	31,98	31,98
pH	6	6

Fuente: elaboración propia

Tabla 19. Cálculos para las cervezas base

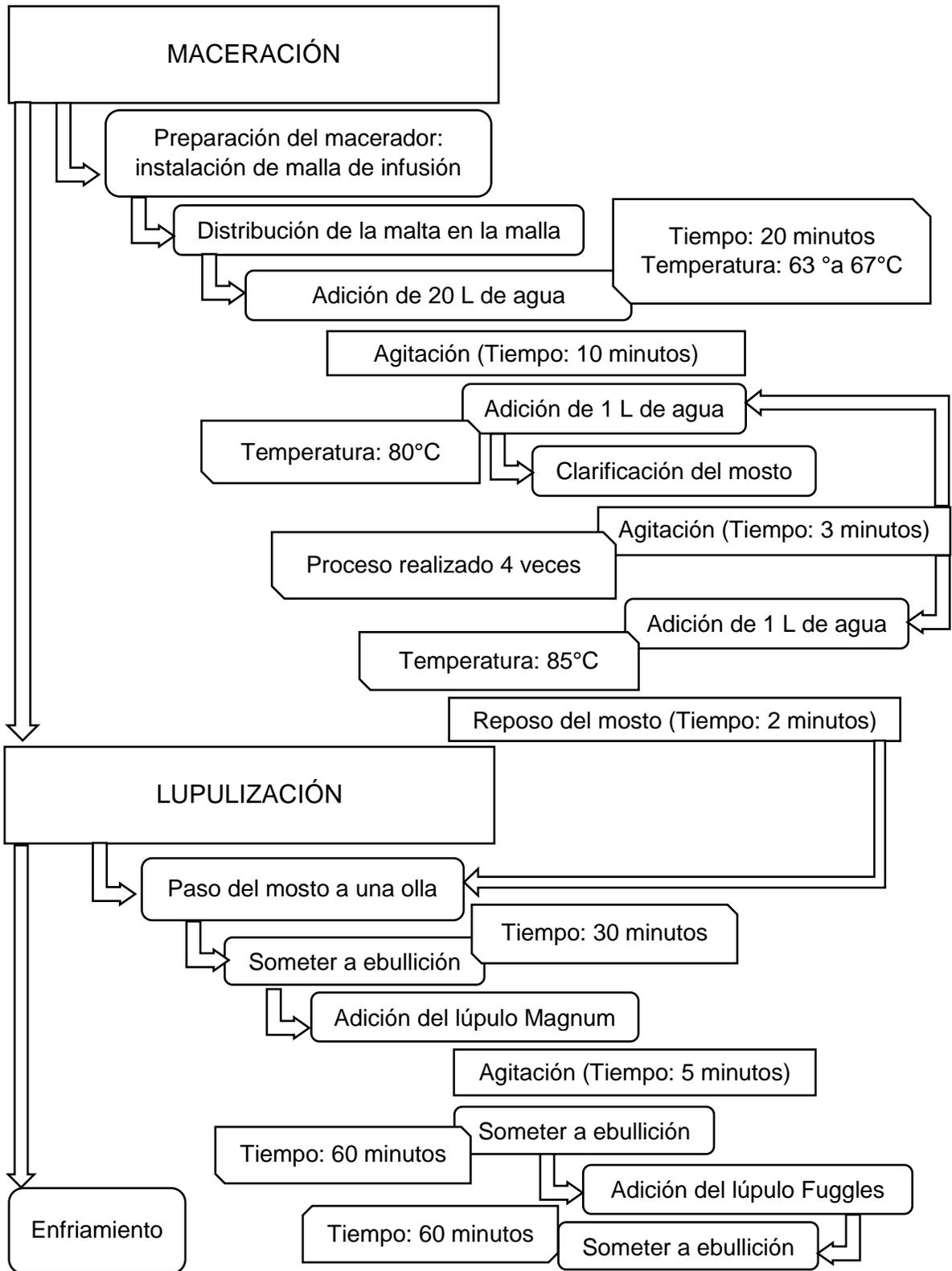
Parámetro	%ABV	IBUs	pH
Promedio	4,9	31,98	6
Varianza	0,202	0	0
Desv. Estand	0,449	0	0

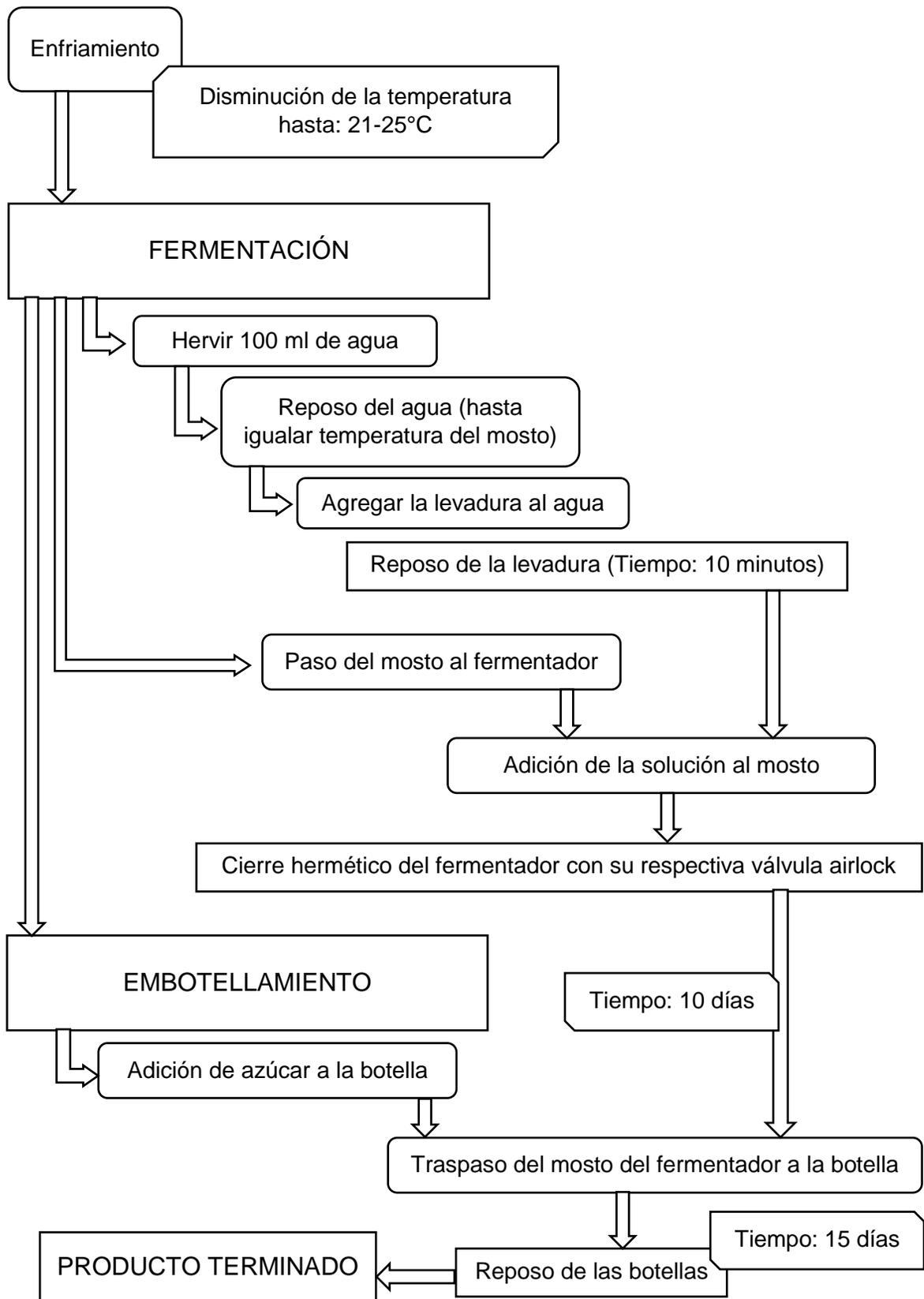
Fuente: elaboración propia

2.6 DESCRIPCIÓN CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

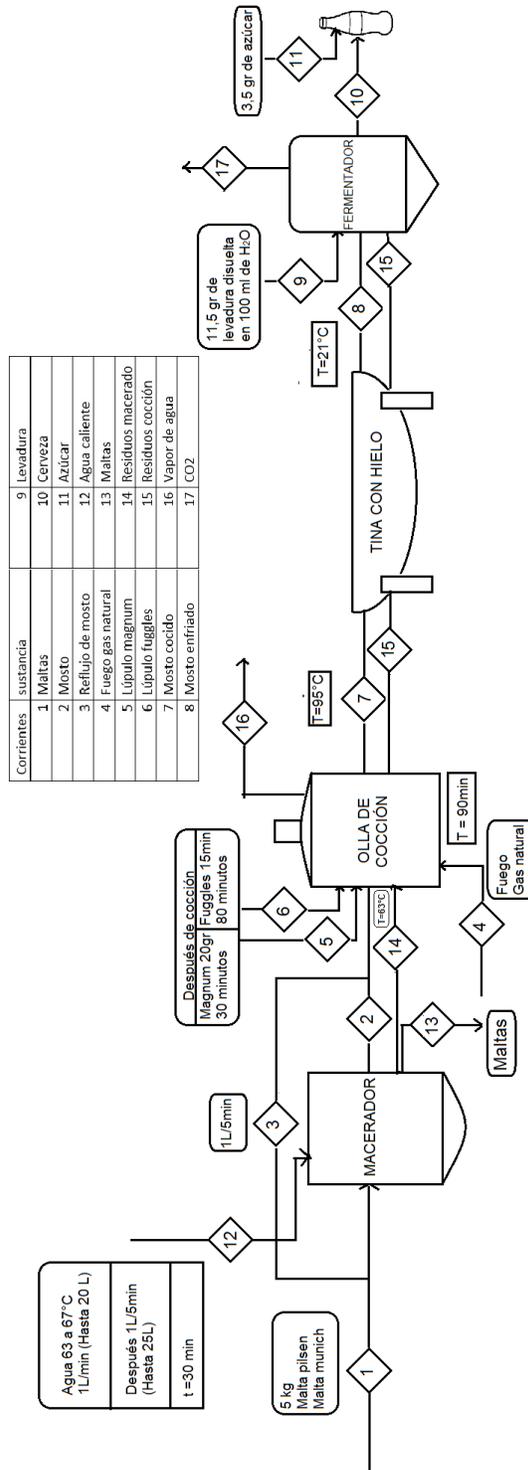
Posee un color rojo anaranjado pálido, tiene un sabor amargo característico de las cervezas tipo IPA, de aroma fuerte ya que está bastante aromatizada debido a los lúpulos utilizados.

2.7 Diagrama de flujo de la elaboración de cerveza





2.8 DIAGRAMA DE PROCESO DE LA ELABORACIÓN DE CERVEZA



BALANCES DE MASA POR UNIDAD DE PROCESO

Macerador

Ecuación 6. Balance de masa en el macerador

$$m1 + m12 = m2 \quad (6)$$

Las maltas se introducen dentro de una malla de infusión para ser retiradas al finalizar el proceso de maceración

Tabla 20. Balance de masa en el macerador

Macerador		
Sustancia	Entrada (Kg)	Salida (Kg)
H ₂ O	25	25
Maltas	5	4,8
Residuos	0	0,2
Total	30	30

Fuente: elaboración propia

Olla de cocción:

Ecuación 7. Balance de masa en la olla de cocción 1

$$m2 + m14 + m4 + m5 + m6 = m7 + m14 + m15 \quad (7)$$

Ecuación 8. Balance de masa en la olla de cocción 2

$$m15 = m2 + m14 + m4 + m5 + m6 - m7 - m14 \quad (8)$$

Tabla 21. Balance de masa en la olla de cocción

Olla de cocción		
Sustancia	Entrada (Kg)	Salida (Kg)
Mosto	25	20
Residuos	0,2	0,201
Lúpulos	0,035	0
Gases	0	5,034
Total	25,235	25,235

Fuente: elaboración propia

Fermentador

Ecuación 9. Balance de masa en el fermentador 1

$$m9 + m8 + m15 = m10 + m17 \quad (9)$$

Ecuación 10. Balance de masa en el fermentador 2

$$m17 = m9 + m8 + m15 - m10 \quad (10)$$

Tabla 22. Balance de masa en el fermentador

Fermentador		
Sustancia	Entrada (Kg)	Salida (Kg)
Cerveza verde	20	19,5
Residuos	0,201	0
Levadura con H ₂ O	0,1115	0
CO ₂	0	0,8125
Total	20,3125	20,3125

Fuente: elaboración propia

En este capítulo se contempló el proceso de elaboración de la cerveza tipo IPA estilo belga, estableciendo los tiempos, temperaturas y demás características que deben tomarse en consideración, esto y demás cuidados que realizándose correctamente llevarán a una cerveza de alta calidad.

3. DETERMINACIÓN DE LA ETAPA DE ADICIÓN DEL KIVI

Para determinar cuál es la mejor etapa en el proceso de la cerveza en la que se debe adicionar la fruta (kiwi), es necesario realizar tres experimentos específicamente en la etapa de maceración, lupulización y fermentación ya que estas son las etapas más relevantes e importantes del proceso donde posiblemente encontraremos cambios en la cerveza final haciendo los debidos estudios físicos y organolépticos de cada uno para determinar en cual etapa se presenta en mayores proporciones el sabor y el olor de la fruta objetivo sin perjudicar la cerveza o cambiar la esencia de la misma, en este punto se debe aclarar que la etapa en la que se adiciona el kiwi es la única que se ve alterada, las demás etapas involucradas en el proceso de elaboración no se modifican con el fin de determinar si la etapa afectada es influyente para obtener el resultado esperado.

La materia prima utilizada en todos los experimentos es la siguiente:

Tabla 23. Materia prima para la adición del kiwi en las diferentes etapas

Agua	40 litros
Malta Pilsen	3 kilogramos
Malta Múnich	2 kilogramos
Lúpulo magnum	15 gramos
Lúpulo fuggles	15 gramos
Kiwi	1.5 kilogramos de fruta
Levadura safale s-0.4	11.5 gramos
Azúcar	3.5 gramos c/botella

Fuente: elaboración propia

La cantidad de fruta (kiwi) escogida para adicionar en la cerveza se tomó a partir de entrevistas con maestros cerveceros los cuales sugirieron trabajar con este valor, 1.5 kg de fruta por cada 20 litros de cerveza.

Teniendo este dato claro se empieza con el estudio de la etapa en la que se debe adicionar el kiwi.

3.1 DOSIFICACIÓN EN ETAPA DE MACERACIÓN

Se elabora un lote de cerveza donde la adición de la fruta se hace única y exclusivamente en la etapa de maceración, para este experimento las demás etapas no se modifican, de tal manera que el proceso de elaboración sea el mismo que se realiza en el capítulo 2 manteniendo las condiciones de la receta.

Al inicio del experimento se tomó la pulpa de la fruta (kiwi), se agregó en el recipiente donde se iba a realizar el proceso de maceración junto con la malta separados por una malla, se agregó agua a una temperatura de 82°C para poder activar las enzimas de malta las cuales se activan a diferentes rangos de temperatura y así los almidones se van transformado en azúcares, al terminar esta etapa se hizo la extracción de la fruta y se observó que esta perdió color y textura, posteriormente el mosto pasó al proceso de lupulización y fermentación al cabo de los 10 días para finalización de dicho proceso, se hizo el traspaso de la cerveza a las botellas de envasado agregando 2.5 gramos de azúcar para realizar el proceso de carbonatación, posteriormente se selló la botella durante 15 días.

Una vez terminada la cerveza se hizo la respectiva cata del producto por un grupo de personas con edades comprendidas entre los 20 a 55 años a los cuales se les dio a probar la bebida, posteriormente se les realizó una encuesta (ver anexos) donde expresaron sus opiniones acerca del sabor, aroma y demás características del producto; la mayoría considera que se reconoce el sabor propio de la cerveza pero no hay presencia del sabor característico de la fruta.

Datos obtenidos durante el proceso de maceración una vez agregada la fruta

Tabla 24. Datos obtenidos durante la maceración para la prueba 1

Datos de maceración	
Datos	Maceración
Densidad	1,055
T inicial (°C)	63
T final (°C)	79
pH	5
Kiwi (Kg)	1,5

Fuente: elaboración propia

Si bien solo se agregó la fruta en la maceración, a continuación se muestran los datos registrados en las demás etapas.

Tabla 25. Datos obtenidos durante la lupulización para la prueba 1

Datos de lupulización	
Datos	Maceración
Densidad	1,065
T inicial (°C)	90
T final (°C)	92
pH	5
Fuggles (gr)	15
Magnum (gr)	15
Kiwi (Kg)	0

Fuente: elaboración propia

Tabla 26. Datos obtenidos durante la fermentación para la prueba 1

Datos de fermentación	
Parámetro	Maceración
Gravedad inicial	1,065
Gravedad final	1,025
Masa de alcohol	0,042
Grado de alcohol	5,2
IBUs	23,89
Kiwi (Kg)	0

Fuente: elaboración propia

Los resultados generales son los siguientes.

Tabla 27. Resultados generales para la adición de kiwi en la maceración

Producto terminado	
Datos	Maceración
%ABV	5,2
IBUs	23,89
pH	5

Fuente: elaboración propia

3.2 DOSIFICACIÓN EN ETAPA DE LÚPULIZACIÓN

Se elabora un lote de cerveza donde la adición de la fruta se hace única y exclusivamente en la etapa de lupulización, para este experimento las demás etapas no se modifican, de tal manera que el proceso de elaboración sea el mismo que se realiza en el capítulo 2 manteniendo las condiciones de la receta.

La fruta se agrega finalizando el tiempo de cocción, alrededor de los 90 minutos y después de haber agregado los dos lúpulos con el fin de que el mosto adquiera el sabor de la fruta y se acople con el amargor de los lúpulos sin necesidad de que los niveles de azúcar varíen considerablemente en dicho mosto; la fruta tenía un aspecto pálido había perdido sus propiedades organolépticas y físicas, posteriormente se prosiguió con el resto del proceso.

Una vez terminada la cerveza, se dio paso a la cata, la cual fue realizada por el mismo grupo de personas que probaron en el experimento de la adición del kiwi en la etapa de maceración, se les realizó la misma encuesta y en general, las opiniones de los degustantes no se encontró ningún cambio en el sabor con respecto a la primera prueba ya que igualmente no presentaba el sabor respectivo de la fruta y ningún rastro cítrico.

Datos obtenidos durante el proceso de lupulización una vez agregada la fruta.

Si bien solo se agregó la fruta en la lupulización, a continuación se muestran los datos registrados en las demás etapas

Tabla 28. Datos obtenidos durante la maceración para la prueba 2

Datos de maceración	
Datos	Lupulización
Densidad	1,04
T inicial (°C)	64
T final (°C)	78
pH	5
Kiwi (Kg)	0

Fuente: elaboración propia

Tabla 29. Datos obtenidos durante la lupulización para la prueba 2

Datos de lupulización	
Datos	Lupulización
Densidad	1,060
T inicial (°C)	92
T final (°C)	91
pH	5
Fuggles (gr)	15
Magnum (gr)	15
Kiwi (Kg)	1,5

Fuente: elaboración propia

Tabla 30. Datos obtenidos durante la fermentación para la prueba 2

Datos de fermentación	
Parámetro	Lupulización
Gravedad inicial	1,060
Gravedad final	1,025
Masa de alcohol	0,037
Grado de alcohol	4,5
IBUs	24,49
Kiwi (Kg)	0

Fuente: elaboración propia

Los datos generales son los siguientes.

Tabla 31. Resultados generales para la adición de kiwi en la lupulización

Producto terminado	
Datos	Lupulización
%ABV	4,5
IBUs	24,49
pH	5

Fuente: elaboración propia

3.3 DOSIFICACIÓN EN ETAPA DE FERMENTACIÓN

Se elabora un lote de cerveza donde la adición de la fruta se hace única y exclusivamente en la etapa de fermentación, para este experimento las demás etapas no se modifican, de tal manera que el proceso de elaboración sea el mismo que se realiza en el capítulo 2 manteniendo las condiciones de la receta.

Después del desarrollo normal de la cerveza se deja fermentar durante 7 días, al cabo de este periodo de tiempo se utiliza la malla de infusión para introducir el kiwi dentro del mosto sin que toque el fondo del fermentador y evitar que se desprendan partes de la fruta y se generen sedimentos; así la levadura convertirá los azúcares del kiwi y a su vez otorgue un sabor cítrico al mosto, luego se volvió a almacenar durante 3 días para luego realizar el proceso de envasado de la cerveza con su respectiva carbonatación.

Con la cerveza terminada se hace la respectiva cata por el mismo grupo de personas involucradas en los anteriores experimentos en esta ocasión la respuesta fue positiva expresado por medio de las encuestas realizadas (ver anexos) en donde como opinión general se encuentra presencia del aroma de la fruta y un sabor cítrico característico de ella.

Datos obtenidos durante el proceso de fermentación una vez agregada la fruta

Tabla 32. Datos obtenidos durante la maceración para la prueba 3

Datos de maceración	
Datos	Fermentación
Densidad	1,045
T inicial (°C)	63
T final (°C)	78
pH	5
Kiwi (Kg)	0

Fuente: elaboración propia

Si bien solo se agregó la fruta en la lupulización, a continuación se muestran los datos registrados en las demás etapas

Tabla 33. Datos obtenidos durante la lupulización para la prueba 3

Datos de lupulización	
Datos	Fermentación
Densidad	1,055
T inicial (°C)	90
T final (°C)	92
pH	5
Fuggles (gr)	15
Magnum (gr)	15
Kiwi (Kg)	0

Fuente: elaboración propia

Tabla 34. Datos obtenidos durante la fermentación para la prueba 3

Datos de fermentación	
Parámetro	Fermentación
Gravedad inicial	1,055
Gravedad final	1,015
Masa de alcohol	0,042
Grado de alcohol	5,2
IBUs	24,49
Kiwi (Kg)	1,5

Fuente: elaboración propia

Tabla 35. Resultados generales para la adición de kiwi en la fermentación

Producto terminado	
Datos	Fermentación
%ABV	5,2
IBUs	24,49
pH	5

Fuente: elaboración propia

3.4 RESULTADO GENERAL DE LAS DOSIFICACIONES

En la siguiente tabla se observa los resultados obtenidos en cada uno de los experimentos realizados para determinar la etapa de adición de la fruta (kiwi):

Tabla 36. Resumen de las pruebas

Producto terminado			
Datos	Maceración	Lupulización	Fermentación
%ABV	5,2	4,5	5,2
IBUs	23,89	24,49	24,49
pH	5	5	5

Fuente: elaboración propia

Tabla 37. Resumen de las pruebas sensoriales

	Maceración	Lupulización	Fermentación
Promedio	2,8	2,7	3,2
Desv. Estandar	0,5509	0,5960	0,5931
Valor máx	4	4	4
Valor min	2	2	2

Fuente: elaboración propia

A partir de las pruebas realizadas en las etapas de maceración, lupulización y fermentación se obtuvo una tabla de resultados, además del sabor obtenido por cada uno de ellos los cuales aportan información para el desarrollo de la cerveza deseada con el respectivo sabor del kiwi.

Según las pruebas sensoriales efectuadas a los panelistas (los cuales son consumidores del común que les gusta la cerveza, de estratos 3,4,y 5) del producto final se concluye que la etapa en la que se encuentra mayor presencia de la fruta es la fermentación, en donde a su vez se mantienen características como la espuma, el gas, el amargor, entre otros; teniendo mayor aceptación entre el público. En la etapa de maceración y lupulización a pesar de que la fruta se agregó en diferentes momentos del proceso, esta no influye en el sabor final del producto mientras que en la etapa de fermentación se puede observar un ligero aporte del sabor y aroma del kiwi ofreciendo una experiencia diferente a las anteriores pruebas, denotando el toque cítrico característico de la fruta, por esta razón y respaldados en las opiniones de los degustantes se escoge la etapa de fermentación como la adecuada para adicionar el kiwi según los resultados positivos obtenidos en ella.

Para rectificar el resultado obtenido se realizan dos pruebas más, siendo la etapa de fermentación la escogida para la adición de la fruta kiwi, este proceso se observa en el siguiente capítulo.

4. ELABORACIÓN DE CERVEZA CON KIWI

4.1 DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Para el diseño de experimento se tomó el rango de aceptación de la bebida a partir de las calificaciones de la prueba sensorial por medio de la encuesta realizada a cada uno de los panelistas como la variable de respuesta. Se toman las calificaciones de 15 personas por prueba y se calcula un promedio, de tal modo que por cada cerveza se obtiene dos promedios en base a los 30 encuestados, siendo estos considerados como dos valores para un mismo tratamiento; los factores para este diseño son la cantidad de kiwi a agregar definido como “factor a” y el conjunto de lúpulos Magnum:Fuggles definido como “factor b”.

Con los datos obtenidos de las pruebas realizadas con 1.5 kilogramos de kiwi, 15:15 gramos de cada lúpulo y 3 kilogramos de kiwi con 10:20 gramos de cada lúpulo se realiza un diseño factorial 2^k partiendo de las calificaciones obtenidas de las pruebas sensoriales de los panelistas.

PARA EL FACTOR A:

Kiwi: 1.5 kg

Kiwi: 3 kg

PARA EL FACTOR B:

Lúpulo: 15:15

Lúpulo: 15:20

$$\begin{cases} H_0 : \alpha_1 = \dots = \alpha_a = 0 \text{ (el factor } A \text{ no influye)} \\ H_1 : \text{algún } \alpha_i \neq 0 \text{ (el factor } A \text{ influye)} \end{cases}$$
$$\begin{cases} H_0 : \beta_1 = \dots = \beta_b = 0 \text{ (el factor } B \text{ no influye)} \\ H_1 : \text{algún } \beta_i \neq 0 \text{ (el factor } B \text{ influye)} \end{cases}$$
$$\begin{cases} H_0 : (\alpha\beta)_{11} = \dots = (\alpha\beta)_{ab} = 0 \text{ (no hay interacción)} \\ H_1 : \text{algún } (\alpha\beta)_{ij} \neq 0 \text{ (hay interacción)} \end{cases}$$

Tabla 38. Tratamientos para el diseño de experimentos

↓	C2	C3	C4	C5-T	C6-T
	OrdenCorrida	PtCentral	Bloques	Kiwi	Lúpulos
1	1	1	1	1,5 Kg	Lúpulos 15:15
2	2	1	1	3 kg	Lúpulos 15:15
3	3	1	1	1,5 Kg	Lúpulos 15:20
4	4	1	1	3 kg	Lúpulos 15:20
5	5	1	1	1,5 Kg	Lúpulos 15:15
6	6	1	1	3 kg	Lúpulos 15:15
7	7	1	1	1,5 Kg	Lúpulos 15:20
8	8	1	1	3 kg	Lúpulos 15:20

Fuente: elaboración propia

Se efectuaron 8 corridas del diseño de experimentos lo cual nos permite concluir que la mejor cerveza es la desarrollada con 15 gramos de lúpulo fuggles, 20 gramos de lúpulo magnum y 3 kilogramos de fruta (kiwi). Ya con estas cantidades se obtienen los mejores resultados fisicoquímicos y sensoriales.

Una vez efectuada las corridas del diseño de experimentos y con base de los resultados fisicoquímicos y sensoriales se procede con la elaboración de la cerveza

Elaboración cerveza artesanal con kiwi

Una vez definida la fermentación como la mejor etapa para la adición del kiwi se realizan dos pruebas siendo una la réplica de la otra donde se varían únicamente el lúpulo y la cantidad agregada de fruta, a comparación de las cantidades usadas en la prueba de la etapa de fermentación del capítulo 3, debido a que estos dos insumos son los que influyen principalmente en el sabor y amargor de la cerveza, de esta manera se busca mejorar y aumentar las propiedades organolépticas del producto. Por otro lado las demás etapas del proceso no se modifican, manteniendo las cantidades especificadas de la cerveza base.

Para las pruebas replica se utilizan los siguientes ingredientes:

Tabla 39. Cantidades de cada ingrediente empleados para la elaboración de la cerveza con kiwi

Ingredientes	Cantidades
Agua	40 Litros
Malta Pilsen	3 kg
Malta Munich	2 kg
Lúpulo Magnum	20 g
Lúpulo Fuggles	15 g
Levadura S-0.4	11,5g
Kiwi	3 kg
Azúcar	3,5 g/botella

Fuente: elaboración propia

4.1.1 Etapa de Maceración. Al igual que en la elaboración de la cerveza base se toma la temperatura del mosto cada 3 minutos para mantener controlado el proceso, los datos registrados son los siguientes:

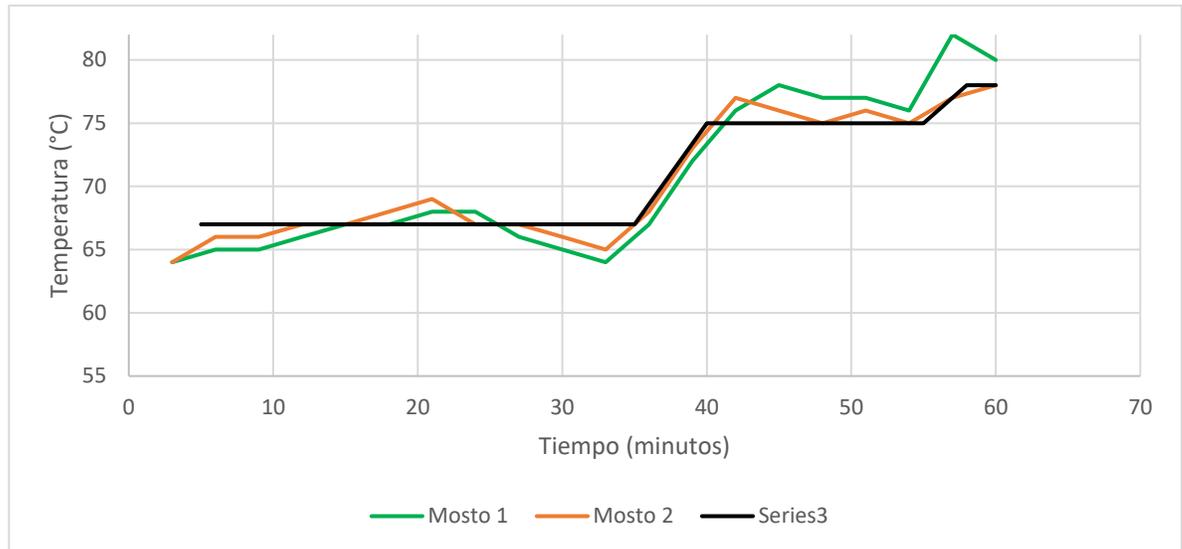
Tabla 40. Tiempos de maceración cerveza con kiwi

Maceración Cerveza de kiwi		
Tiempo (min)	Temp Mosto 1	Temp Mosto 2
3	64	64
6	65	66
9	65	66
12	66	67
15	67	67
18	67	68
21	68	69
24	68	67
27	66	67
30	65	66
33	64	65
36	67	68
39	72	73
42	76	77
45	78	76
48	77	75
51	77	76
54	76	75
57	82	77
60	80	78

Fuente: elaboración propia

En esta gráfica se muestran los datos de las temperaturas registradas durante el proceso de maceración, al igual que la temperatura que sugiere la receta.

Gráfica 4. Temperaturas maceración para la cervezas con kiwi



Fuente: elaboración propia

Tabla 41. Datos obtenidos en la maceración para las cervezas con kiwi

Etapa de maceración		
Datos	Cerveza kiwi 1	Cerveza kiwi 2
Densidad	1,040	1,05
T inicial (°C)	64	64
T final (°C)	80	78
pH	5	5

Fuente: elaboración propia

Los respectivos cálculos para esta etapa de maceración son:

Tabla 42. Cálculos en maceración para cerveza con kiwi

Maceración				
Datos	Densidad	T inicial (°C)	T final (°C)	pH
Promedio	1,0450	64	79	5
Varianza	5,000E-05	0	2	0
Desv. Estand	0,00707	0	1	0

Fuente: elaboración propia

4.1.2 Etapa de lúpulización

Tabla 43. Tiempos de lúpulización para cerveza con kiwi

Lúpulización Cerveza con kiwi		
Tiempo (min)	Temp Mosto 1	Temp Mosto 2
0	91	92
10	91	90
20	89	89
30	90	89
40	92	89
50	92	90
60	92	91
70	92	90
80	91	91
90	90	92

Fuente: elaboración propia

Tabla 44. Datos obtenidos en la lúpulización para las cervezas con kiwi

Etapa de Lúpulización		
Datos	Cerveza kiwi 1	Cerveza kiwi 2
Densidad	1,055	1,060
T inicial (°C)	91	92
T final (°C)	90	92
pH	5	5
Fuggles (gr)	15	15
Magnum (gr)	20	20
IBUs	31,98	31,98

Fuente: elaboración propia

Los respectivos cálculos para esta etapa de lupulización son:

Tabla 45. Cálculos en lupulización para las cervezas con kiwi

Lupulización				
Datos	Densidad	T inicial (°C)	T final (°C)	pH
Promedio	1,058	91,5	91	5
Varianza	1,250E-05	0,5	2	0
Desv. Estand	0,0035	1	1	0

Fuente: elaboración propia

4.1.3 Etapa de fermentación. Se realizó el proceso de elaboración de cerveza según lo explicado en el capítulo 2, pasado 7 días de fermentación se introduce el kiwi dentro del fermentador, esto con el fin de que la levadura dentro del mosto ya haya disminuido y así no exista una gran cantidad de levadura capaz de fermentar los azúcares de la fruta, para esto se toma la fruta y se pela, dejando al descubierto la pulpa para luego ser colocada en la malla de infusión, de esta manera el kiwi no tocará el fondo del fermentador y no generará sedimentos, ya que el fin del uso de la malla es que la cerveza verde adquiera las propiedades de la fruta, para esto se deja reposar el fermentador durante 3 días más antes de pasar al proceso de embotellamiento.

Los datos registrados para ambos procesos son los siguientes.

Tabla 46. Datos obtenidos en fermentación para cerveza con kiwi

Resultados		
Parámetro	Cerveza kiwi 1	Cerveza kiwi 2
Gravedad inicial	1,055	1,060
Gravedad final	1,010	1,010
Masa de alcohol	0,047	0,0525
Grado de alcohol	5,9	6,6
Kiwi (Kg)	3	3

Fuente: elaboración propia

Los respectivos cálculos para esta etapa de fermentación son:

Tabla 47. Cálculos en fermentación para cerveza con kiwi

Parámetro	Gravedad inicial	Gravedad final	Grado de alcohol	Masa de alcohol	Kiwi
Promedio	1,058	1,01	6,25	0,050	3
Varianza	1,3E-05	0	0,216	1,38E-05	0
Desv. Estand	0,004	0	0,465	0,0037	0,00

Fuente: elaboración propia

4.2 DETERMINACIÓN PH, DENSIDAD, IBUS, GRADO DE ALCOHOL

Tabla 48. Cálculos de IBUs que aporta el lúpulo Fuggles en la cerveza con kiwi

Fuggles		
Factores	Cerveza con kiwi prueba 1	Cerveza con kiwi prueba 2
Densidad del hervido	1,040	1,050
CrD	1,000	1,000
Litros	25	25
%AA	0,045	0,045
TA	0,075	0,075
Gramos	15	15
IBUs	2,025	2,025

Fuente: elaboración propia

Tabla 49. Cálculos de IBUs que aporta el lúpulo Magnum en la cerveza con kiwi

Magnum		
Factores	Cerveza con kiwi prueba 1	Cerveza con kiwi prueba 2
Densidad del hervido	1,040	1,050
CrD	1,000	1,000
Litros	25	25
%AA	0,156	0,156
TA	0,240	0,240
Gramos	20	20
IBUs	29,952	29,952

Fuente: elaboración propia

Los datos obtenidos para ambas pruebas son los siguientes.

Tabla 50. Datos obtenidos para la cerveza con kiwi

Producto terminado		
Datos	Cerveza kiwi 1	Cerveza kiwi 2
%ABV	5,9	6,6
IBUs	31,98	31,98
pH	5	5

Fuente: elaboración propia

Tabla 51. Cálculos para las cervezas con kiwi

Parámetro	%ABV	IBUs	pH
Promedio	6,3	31,98	5
Varianza	0,216	0,00	0
Desv. Estand	0,465	0,00	0

Fuente: elaboración propia

4.3 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

Se observó que la bebida posee un color rojizo opaco con una cantidad de espuma estable, el aroma es cítrico y posee ciertas tonalidades florales, con respecto al sabor, es amarga, cítrica y tiene un toque ácido, es refrescante, con un buen nivel de gas.

Se efectuó nuevamente evaluación sensorial por parte de los evaluadores comerciales (degustadores de cerveza artesanal), los resultados son los siguientes: (ver anexos.)

Tabla 52. Cálculos para las cervezas de kiwi

	Cerveza con kiwi 1	Cerveza con kiwi 2
Promedio	4,2	4,5
Desv. Estandar	0,4771	0,5085
Valor máx	5	5
Valor min	4	4

Fuente: elaboración propia

Con base a lo anterior se concluye que la cerveza con mejores resultados es aquella a la que se le agrega 3 kilogramos de fruta, 15 gramos de lúpulo fuggles y 20 gramos de lúpulo magnum teniendo las calificaciones más favorables del panel evaluador.

5. COSTOS DE PRODUCCIÓN

Para llevar a cabo el proceso de elaboración de cerveza, se deben realizar ciertos costos, los cuales pertenecen a una inversión inicial y gastos que se deben asumir cada vez que se va realizar un lote de cerveza, debido a que este proyecto no es financiado por ninguna empresa, todos los gastos son asumidos por parte de los estudiantes.

La inversión principal consta de los materiales e instrumentos que fueron empleados a lo largo del proceso y que solo se realizó un pago por estos.

Tabla 53. Costos de inversión

Materiales	Precio
Bolsa maceración	30000
Densímetro	34000
Termómetro	38000
Papel pH universal	9000
Gramera	20000
Embudo	3500
Fermentador 30 LT	51000
Airlock	8000
Tapadora plástica	80000
Filtrador malla	5000
Colador	3500
Manguera	2000
Churrusco	4000
Total	288000

Fuente: elaboración propia

Para cada prueba que se realiza se deben comprar los ingredientes, además de insumos como las botellas y tapas que se utilizan para envasar la cerveza, a su vez debido a que en este proyecto no se realiza el proceso de malteado, se agrega como un costo extra el molido de la malta, los gastos fueron los siguientes:

Tabla 54. Costos para la elaboración de cerveza con kiwi

Insumo	Precio	Cantidad	Precio
Malta Munich(kg)	5000	3	15000
Malta Pilsen(kg)	6000	2	12000
Hielo(kg)	4000	5	20000
Agua (6 L)	2600	6	15600
Botella cervecera	736	60	44160
Tapa cervecera	45	60	2700
Levadura S04	16600	1	16600
Molido	4000	1	4000
Kiwi (lb)	8000	6	48000
Lúpulo Magnum(gr)	150	20	3000
Lúpulo Fuggles(gr)	230	15	3450
Total			184510

Fuente: elaboración propia

Para realizar un lote de 20 litros de cerveza teniendo en cuenta la inversión inicial se tiene un gasto de:

Tabla 55. Costos totales para la producción de 20 litros de cerveza Tawala con la adición de kiwi

Total materiales	288000
Total insumos	184510
Total (20 Lt)	472510

Fuente: elaboración propia

El proceso de elaboración de la cerveza y de envasado se realiza en un tiempo alrededor de 8 horas equivalente a un día de trabajo, los gastos se realizan en base al SMMLV siendo actualmente de \$781,242

Tabla 56. Costos mano de obra por persona

Salario mínimo/ 8hr	26040
Auxilio de transporte diario	2940
Salud (eps)	2213
Pensión	4166
Caja de compensación	1041
Cesantías	2415
Intereses a cesantías	289
Total	39104

Fuente: elaboración propia

Debido a que ambos estudiantes están involucrados en el proceso de elaboración se hace un cálculo en base a dos personas para realizar el proyecto.

Tabla 57. Costos mano de obra por proceso de elaboración

Pago trabajador	Horas	Valor día
Luisa Agudelo	8	39104
Miller Vargas	8	39104

Fuente: elaboración propia

Estableciendo un valor de \$7000 por botella (330ml) de cerveza Tawala con un grado de alcohol de 6.5% siendo una cerveza desarrollada con materias primas naturales de alta calidad estableciendo así dicho valor; se evalúan los costos que toma producir una botella (\$4378.63) de estas y se compara, observando la ganancia que deja la venta (\$2621.36) de este producto.

Tabla 58. Costos y ganancias de una botella de cerveza Tawala con kiwi

Costo cerveza	4378,6
Valor venta	7000
Ganancia por botella	2621,3
Total (60 botellas)	157282

Fuente: elaboración propia

El valor promedio de una cerveza artesanal de 350 ml ronda de 6000 a 10000 pesos esto se debe a que su proceso de elaboración es más costoso ya que no está industrializado, sin embargo este precio varía según el % de alcohol que posea el producto, teniendo en cuenta lo anterior se escogió el valor de la cerveza artesanal con sabor a kiwi (7000 pesos) con un grado de alcohol de 6.5 proporcionando una buena accesibilidad al mercado al no ser tan costosa. Determinado lo que cuesta producir una cerveza se puede observar que es viable y rentable el desarrollo de este producto ya que deja ganancias considerables (\$157282) con respecto a la inversión y compra de materia prima inicial.

6. CONCLUSIONES

- Se desarrolló la descripción del proceso de la cerveza artesanal base donde se especificaron los tipos y las cantidades de malta (Múnich, Pilsner), lúpulo (Magnum, Fuggles) y levadura (Safale s-04) utilizadas, también se definió el tiempo y la temperatura de cada etapa del proceso, obteniendo un producto de calidad con una gran aceptación entre los panelistas, obteniendo los siguientes datos de IBUs (31.98), pH (6) y grado de alcohol (4.9 %).
- A partir de las 3 etapas más importantes del proceso (maceración, lupulización y fermentación) se determinó que la etapa ideal para agregar el kiwi es en la fermentación, la cual fue escogida a partir de pruebas sensoriales mostrando mejores rasgos de sabor y aroma de la fruta sin afectar el cuerpo principal de la cerveza.
- Se realizaron dos pruebas replica con la fruta (kiwi) teniendo en cuenta la etapa en la que se tiene que agregar la fruta, teniendo en cuenta algunas mejoras en las cantidades utilizadas de kiwi y lúpulo para mejorar el producto, posteriormente se tomaron los respectivos valores de densidad (1,015), amargor IBUs (38,856) y grado de alcohol (6.5%).
- Se estableció un diseño de experimentos 2^k variando la cantidad de kiwi y lúpulo, por medio de las calificaciones de las pruebas sensoriales se escogió la cantidad adecuada para realizar la cerveza con sabor a kiwi las cuales fueron: 20 gramos de lúpulo Magnum, 15 gramos de lúpulo Fuggles y 3 kilogramos de kiwi, siendo este el de mayor aceptación por los panelistas, con las mejores características de aroma y sabor.
- Se establecieron los costos de producción de la cerveza “Tawala” a partir de los estudios de los costos de las materias primas y equipos que intervinieron en el proceso de producción, con un valor de \$4378,63, generando una ganancia de \$2621,36 si se la cerveza se vende a \$7000, se puede concluir que la viabilidad de desarrollo de este producto es positiva dejando una ganancia por lote de \$157282.
- Se evaluó la producción de cerveza artesanal “Tawala” usando kiwi como fruta adicional comprobando que es posible emplear el kiwi en el proceso de elaboración de la cerveza artesanal otorgando otras cualidades sensoriales.

7. RECOMENDACIONES

A partir el desarrollo de este proyecto se pueden sugerir las siguientes recomendaciones:

- Al momento de preparar la solución de levadura con los 100 ml de agua para ser agregados posteriormente al mosto, se debe dejar bajar la temperatura hasta un rango en que la levadura se active y no sufra alteraciones (para este caso fue de 12 a 23°C) , si la levadura es expuesta a otra temperatura puede que no fermente completamente los azúcares del mosto, de tal manera que se pierda el bache completo, en tal caso de agregar la levadura en agua por arriba de los 40°C la levadura se muere.
- Se deben esterilizar los equipos antes de utilizarlos se recomienda con agua hirviendo para eliminar los microorganismos que puedan estar presentes con la finalidad de evitar contaminaciones en el producto.
- La malta residual que queda al final de la etapa de maceración puede ser reutilizada como abono para las plantas ofreciendo una alternativa de reutilización de los subproductos generados en el proceso.
- Se recomienda mejorar el proceso de filtración con la incorporación de laminas que tela que permite el paso de la parte líquida y retiene la parte firme.
- Se recomienda realizar un estudio de factibilidad con el fin determinar la posibilidad de producir la bebida a nivel industrial.

BIBLIOGRAFÍA

ÁNGEL BALLESTEROS. Alfa ácidos. En: artículo solo cervezas. [En línea]. (17 de noviembre del 2011). Disponible en: http://www.solocervezas.com/articulos/ver/titulo/Alfa__cidos#.W3tFqyRKjIU.

Albert tinto. La cerveza artesanal. [En línea]. (2016). extraído de: <https://www.fabricarcerveza.es/blog/el-agua-caracter%C3%ADsticas-y-uso-en-la-elaboraci%C3%B3n-de-cerveza>

BAVARIA. Su cata cervecera, [en línea]. (2017). Disponible en: <https://www.bavaria.co/sites/g/files/ogq8776/f/201709/cata-cervecera-bavaria.pdf>

BJCP BEER STYLE GUIDELINES. Beer judge certification program. [En línea]. (2015). Disponible en: https://www.bjcp.org/docs/2015_Guidelines_Beer.pdf

CARVAJAL MARTÍNEZ Luis Danny, INSUASTI ANDRADE Marco Andrés, Elaboración de cerveza artesanal utilizando cebada (*Hordeum vulgare*) y yuca (*Manihot Esculenta Crantz*), 2010. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/642/1/03%20AGI%20256%20TE SIS.pdf>

CERVEZA ARTESANA. Guía definitiva del lúpulo. [En línea]. (2014). Disponible en: <https://www.cervezartesana.es/blog/post/la-guia-definitiva-del-lupulo.html>.

CERVEZAARTESANA. Guía definitiva de la levadura. [En línea]. (2014). extraído de: <https://www.cervezartesana.es/blog/post/la-guia-definitiva-de-la-levadura.html>.

CERVEZA DE ARGENTINA. Aporte del lúpulo a la cerveza. [En línea]. (2014). Disponible en: <http://www.cervezadeargentina.com.ar/articulos/lupuloaporteamargor.html>

CERVEZA Y SALUD, Ingredientes de la cerveza. [En línea]. (2016). Disponible en: <http://www.cervezaysalud.es/conociendo-a-la-cerveza/ingredientes-de-la-cerveza/>
REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Lúpulo. [En línea]. Disponible en: <http://dle.rae.es/srv/fetch?id=Niqcr0b>.

Cervezasmadriz. Reinheitsgebot. La ley de pureza alemana de 1516. [En línea]. (2016). Disponible en: <https://www.cervezasmadriz.com/aula-de-cerveza/reinheitsgebot-la-ley-de-pureza-alemana/701/>.

CERVEZOMICON, Matemática cervecera cálculo de IBUs. [En línea]. (2016). Disponible en: <https://cervezomicon.com/2016/08/08/matematica-cervecera-calculo-de-ibus/>

CRIS MUCHOS DATOS. Las maltas, las variedades y su uso en la cervecera. [En línea]. (30 de septiembre de 2014). Disponible en: <https://cervecerovalenciano.wordpress.com/2014/09/30/la-malta-las-variedades-y-su-uso-en-la-cerveza/>

CASTLEMALTING. Maltas belgas que hacen sus cervezas tan especiales [en línea]. (2017). disponible en: <http://www.castlemalting.com/ServicesPDF/CastleMaltingMaltSpecificationPDF.aspx?Command=QualityParametersPDF&SpecificationID=138&CropYear=2017&Language=Spanish>

DANE. Por disminución en ventas de bebidas, cayó 1.9% la producción industrial. [En línea]. (2017) Disponible en: <https://www.dinero.com/economia/articulo/produccion-industrial-en-septiembre-de-2017-dane/252301>.

DAVID PALOMO. La química detrás de la amargura y el sabor de la cerveza. [En línea]. (17 de enero del 2017). Disponible en: <http://www.dciencia.es/quimica-cerveza/>

Darmon N, Darmon M, Maillot M, Drewnowski A. A nutrient density standard for vegetables and fruits: nutrients per calorie and nutrients per unit cost. J Am Diet Assoc. 2005; 105:1881-7. Disponible en: <https://www.zespri.eu/es/sano-y-feliz/rico-en-nutrientes-kiwi>

DIDACFORNER. Fermentación alcohólica de la cebada a la cerveza. [En línea]. (2015). Disponible en: <https://didacforner.net/fermentacion-alcoholica-de-la-cebada-a-la-cerveza/>

DRAKES PRESS. Fermentación para principiantes. [En línea]. (2013). Disponible en: <https://kottprocew.firebaseio.com/29/Fermentacion-Para-Principiantes-Guia-Paso-A-Paso-Sobre-Fermentacion-Y-Alimentos-Probioticos.pdf>.

EUROMONITOR. Alcoholic drinks in Colombia. [En línea]. (2017) Disponible en: <https://www.euromonitor.com/alcoholic-drinks-in-colombia/report>.

GALO SANTIAGO ZAPATA. Proceso para obtener una bebida de bajo grado alcohólico a partir de la quinua. Trabajo de grado. Quito.: Universidad Central del Ecuador. Facultad de ingeniería química. (2016). 93 p. Disponible en:

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10052/3/T-UCE-0017-0041-2016.pdf>.

GARCÍA RUBIO, JC.; GARCÍA GONZÁLEZ DE LENA, G. Área de Experimentación y Demostración Agroforestal. Guía para el cultivo de kiwi. [En línea]. (2010). Disponible en: <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=5235>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Sexta edición, 1 ed. Bogotá: ICONTEC, 2008. 33 p.

_____. Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura, NTC 5613. 1 ed. Bogotá: El instituto, 2008. 38 p.

_____. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. NTC 4490. 1 ed. Bogotá: El instituto, 1998. 23 p .

JUAN JOSÉ GARCÍA ORNELAS. Como medir el contenido de alcohol en la cerveza. [En línea]. (2013). Disponible en: <http://brewmasters.com.mx/como-medir-el-contenido-de-alcohol-en-la-cerveza/>

KENSHOSAKE. Levadura de cerveza: ale o lager. [En línea]. (10 de julio del 2015). Disponible en: <http://www.kenshosake.com/levadura-cerveza-ale-o-lager/>.

LUIS CUELLAR, cómo usar frutas en la preparación de cerveza, [en línea]. (20 de Junio de 2006). Disponible en: <https://www.cerveza-artesanal.co/como-usar-frutas-en-la-preparacion-de-cerveza/>

MARIA SUAREZ. Cerveza: componentes y propiedades. [En línea]. Tesis de maestría. España. Universidad de Oviedo. (2013). 99 p. Disponible en: http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/19093/8/TFM_%20Maria%20Suarez%20Diaz.pdf.

MARIA PAULA TORRES TORRES. VALORACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL PRODUCTO EN PROCESO EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS, Proyecto de grado. Bogotá D.C. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ciencias. (2017). 101 p. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis16.pdf>

MEJOR CON SALUD. ¿Para qué sirve y como se consume la cebada? [En línea]. (9 de junio del 2014). Disponible en: <https://mejorconsalud.com/para-que-sirve-y-como-se-consume-la-cebada/>.

MEJOR CON SALUD. Tabla nutricional de la cebada. [En línea]. (9 de junio del 2014). Disponible en: <https://mejorconsalud.com/para-que-sirve-y-como-se-consume-la-cebada/>.

MITCH STEELE. Construyendo la Receta de Lúpulos de tu IPA. [En línea]. (28 de noviembre del 2014). Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/248567491/Construyendo-una-cerveza-IPA>

RICARDO PLANO DANAIS, Historia de la cerveza en Colombia. [En línea]. (2012). Disponible en: <https://www.historiacocina.com/es/cerveza-colombia>.

SECOM. ESPECIAL ILUMINACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CERVEZA. [En línea]. Disponible en: <http://descargas.secom.es/productos/konak-led/LEDS%20PARA%20CERVEZA.pdf>

SOMOS CERVECEROS, Uso de frutas para saborizar la cerveza. [En línea]. (2017). Recuperado de: <http://somoscervceros.com/2011/03/03/uso-de-frutas-para-saborizar-la-cerveza/>

SUÁREZ-MACHÍN, CARIDAD, Garrido-Carralero, Norge Antonio, Guevara-Rodríguez, Carmen Amarilys, Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar [en línea] 2016, 50 (Enero-Abril). Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/2231/223148420004.pdf>.

THEBEERBOX STAFF. Que es la famosa malta? [En línea]. (2012). Disponible en: <https://thebeerbox.wordpress.com/2009/10/11/%C2%BFque-es-la-famosa-malta/>

VIVIANA CAROLINA, Juan Pablo. Propuesta de circuitos turísticos de cata cervecera artesanal en la zona T. Trabajo de grado. Bogotá D.C.: Universidad Agustiniana. Facultad de artes. (2017). 200 p. Disponible en: <http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/123456789/293/1/PrietoSalinas-VivianaCarolina-2018.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A

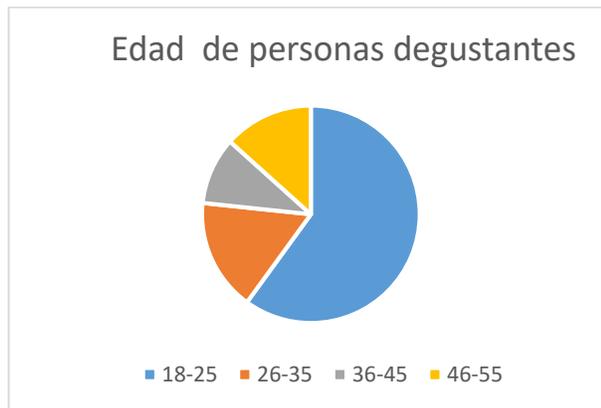
ENCUESTA GENERAL A LOS DEGUSTANTES

- 1) Edad _____
- 2) Estrato al que pertenece 1__ 2__ 3__ 4__ 5__ 6__
- 3) ¿Es usted consumidor de cerveza? Sí _____ No _____
- 4) ¿Es usted consumidor de cerveza artesanal? Sí _____ No _____
- 5) ¿Qué tan frecuente lo hace?

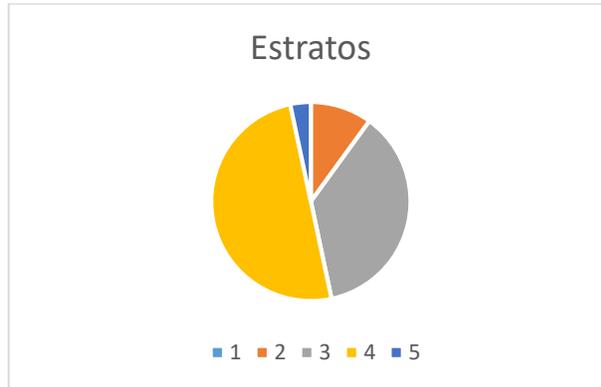
Una vez a la semana _____
Dos veces a la semana _____
Una vez cada 15 días _____
Una vez cada mes _____
Otro _____

Los datos generales de los degustantes son los siguientes:

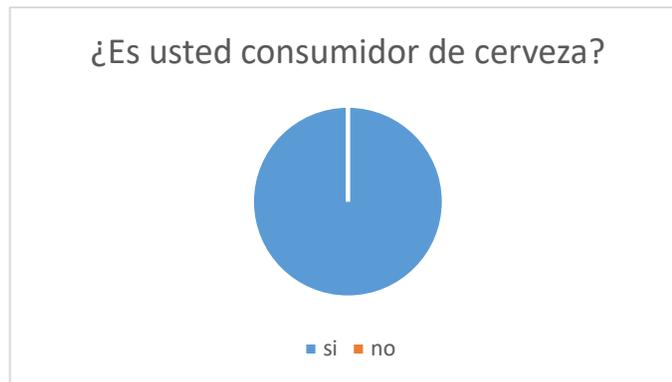
Gráfica 5. Datos 1 registrados en encuesta general



Gráfica 6. Datos 2 registrados en encuesta general



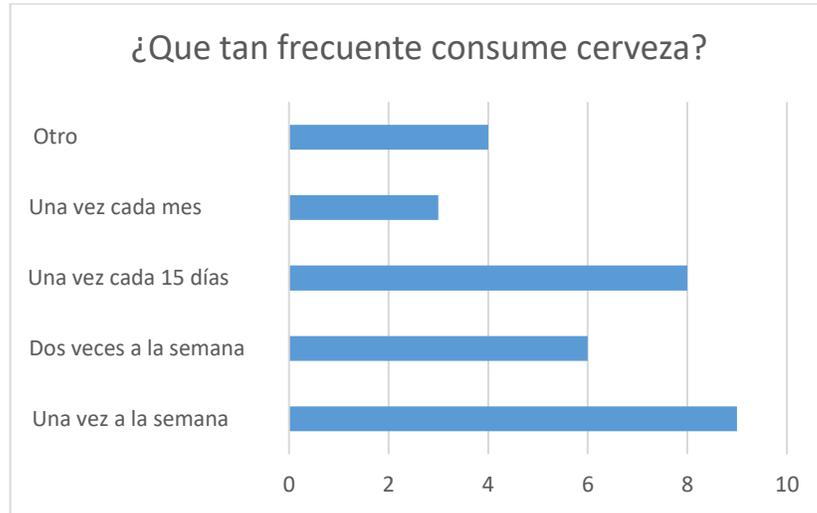
Gráfica 7. Datos 3 registrados en encuesta general



Gráfica 8. Datos 4 registrados en encuesta general



Gráfica 9. Datos 5 registrados en encuesta general



ANEXO B

ENCUESTA PARA LA CERVEZA BASE

Del 1 al 5 califique, siendo:

1. Muy malo 2. Malo 3. Regular 4. Bueno 5. Muy bueno

- 1) ¿Cómo califica usted el sabor de esta bebida?
- 2) ¿Cómo califica el nivel de gas de esta bebida?
- 3) ¿Cómo califica el nivel de espuma de esta bebida?
- 4) ¿Cómo califica el amargor de esta bebida?
- 5) ¿Qué tan llamativo le parece el color de esta bebida?
- 6) ¿Qué tanto percibe usted el grado de alcohol de esta bebida?
- 7) ¿Compraría usted este producto? Si es así ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por este producto?

3.000-4.000 ____

4.000-5.000 ____

5.000-6.000 ____

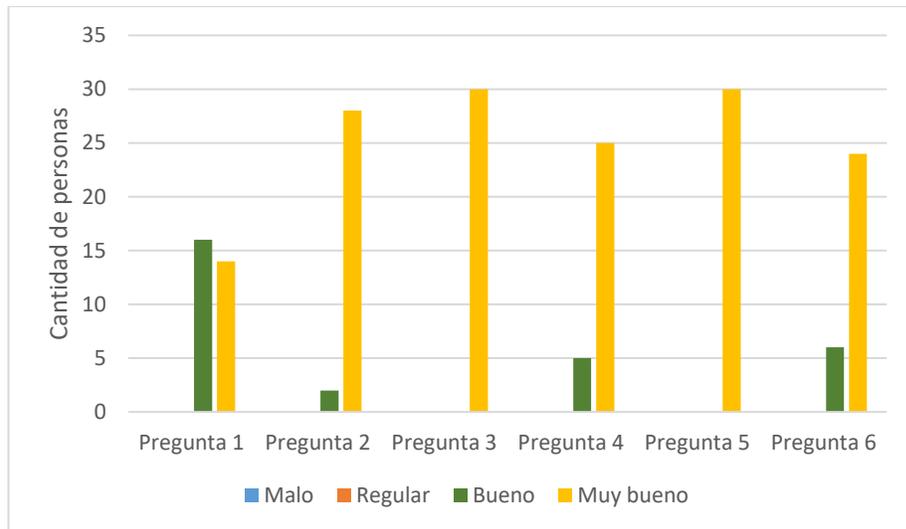
6.000 o mas ____

Nada ____

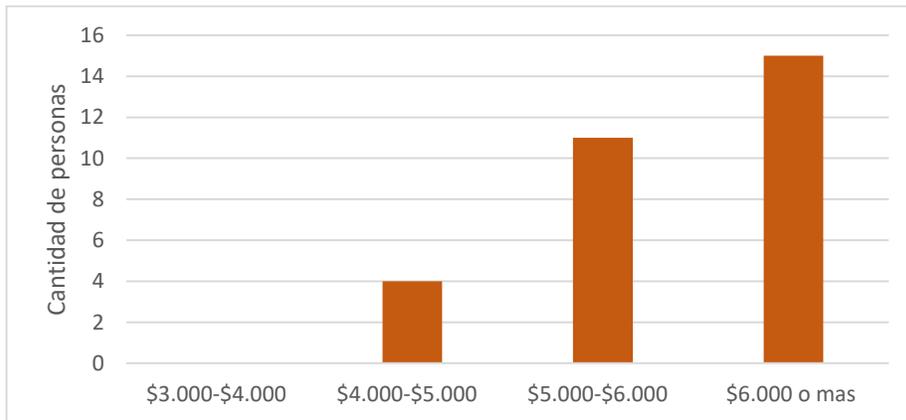
Obteniendo los siguientes niveles de respuesta:

PARA LA CERVEZA BASE 1:

Gráfica 10. Datos 1 de prueba sensorial cerveza base 1



Gráfica 11. Datos 2 de prueba sensorial cerveza base 1



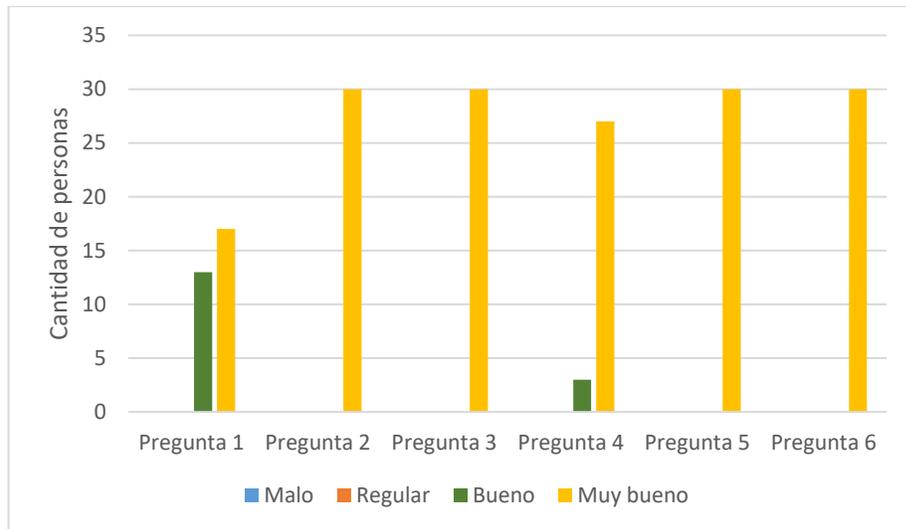
Algunas opiniones son:

“Esta buena la cerveza, si tuviera un poquito más de amargor estaría excelente, pero aun así me parece que tiene un muy buen sabor”. Camilo Casas

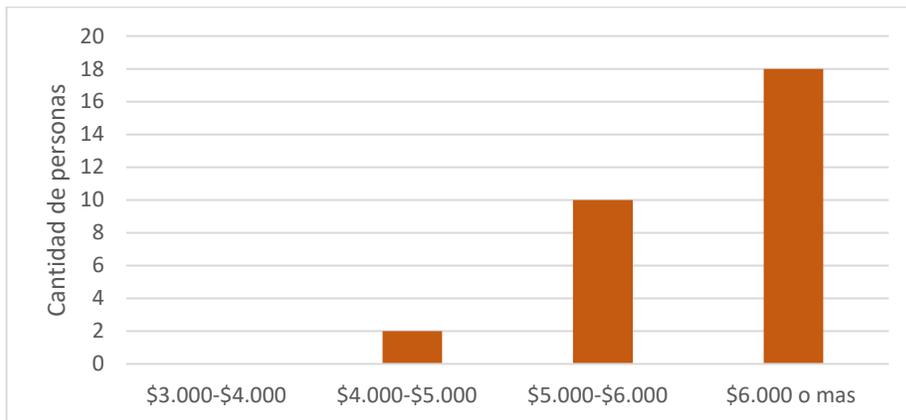
“Tiene buen sabor, aunque no soy muy amante de las cervezas fuertes, pero se nota que tiene una buena cantidad de alcohol, de pronto con el kiwi si sería más de mi agrado ” Jeisy Julieth

PARA LA CERVEZA BASE 2:

Gráfica 12. Datos 1 de prueba sensorial cerveza base 2



Gráfica 13. Datos 2 de prueba sensorial cerveza base 2



Algunas opiniones son:

“Felicitaciones, les quedo muy bien esta cerveza, de verdad que me gusto, a la anterior le faltaba algo de amargor, pero ahora esta perfecta”. Camilo Casas

“Que buena cerveza, es bastante refrescante y amarga, es exactamente lo que espero de una cerveza artesanal” Nicolás Santiesteban.

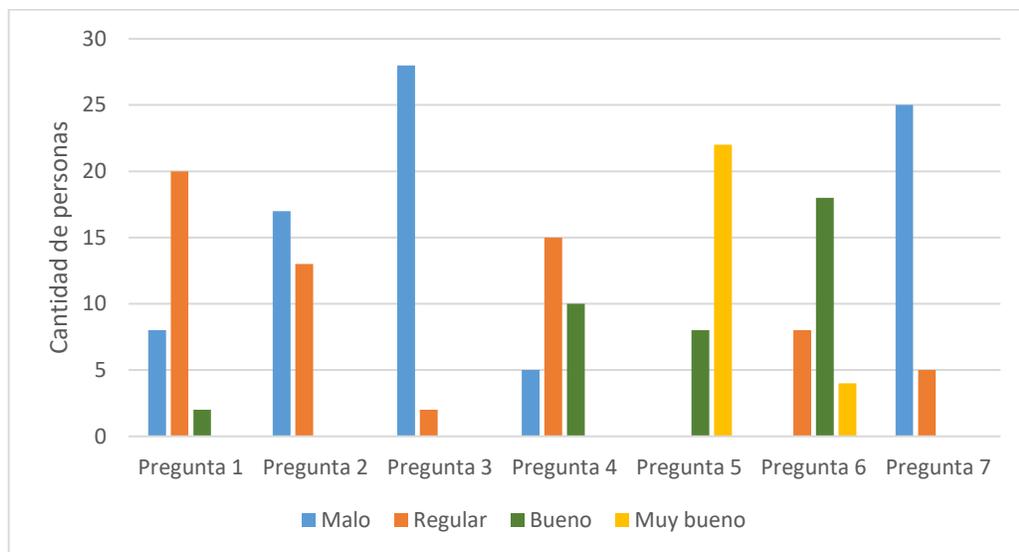
ANEXO C

ENCUESTA PARA LOS EXPERIMENTOS DE LA ADICIÓN DE KIVI EN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROCESO

1. Muy malo 2. Malo 3. Regular 4. Bueno 5. Muy bueno

- 1) ¿Cómo califica usted el sabor de esta bebida?
- 2) ¿Cómo califica el nivel de gas de esta bebida?
- 3) ¿Cómo califica el nivel de espuma de esta bebida?
- 4) ¿Cómo califica el amargor de esta bebida?
- 5) ¿Qué tan llamativo le parece el color de esta bebida?
- 6) ¿Qué tanto percibe usted el grado de alcohol de esta bebida?
- 7) ¿Cómo califica usted la presencia del sabor de la fruta (kiwi) en la bebida?

Gráfica 14. Datos encuesta sensorial para cerveza dosificada en maceración

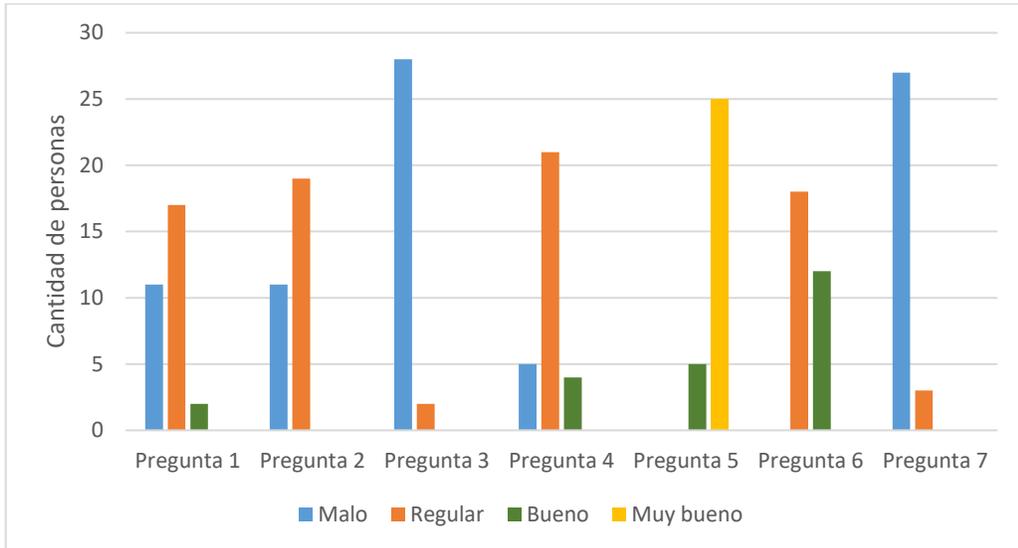


Algunas opiniones son:

” ¿Se supone que tiene kiwi?” Lisseth Rodríguez

“No se siente ningún sabor referente a la fruta” Nicolás Santiesteban.

Gráfica 15. Datos encuesta sensorial para cerveza dosificada en lupulización

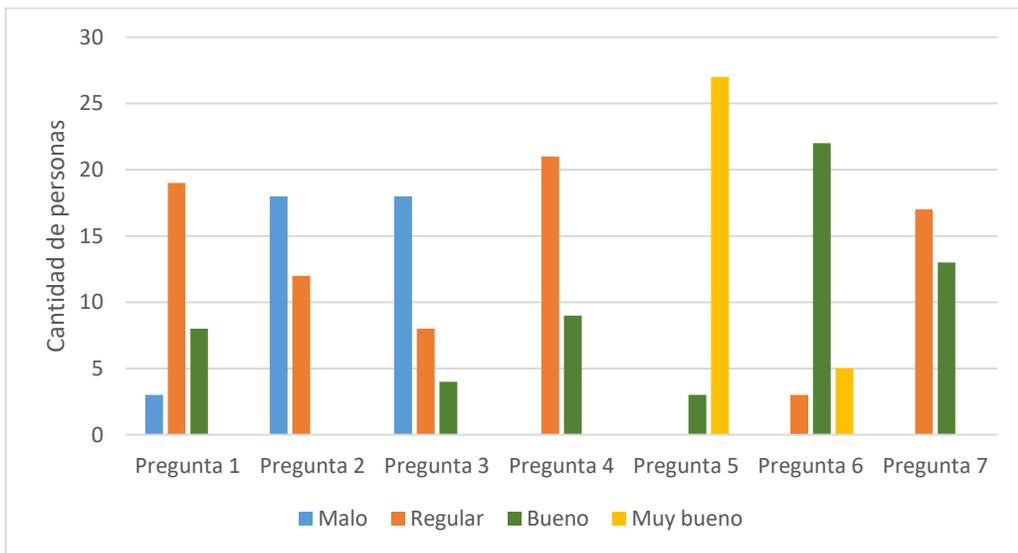


Algunas opiniones son:

“Ya no esta tan amarga, pero no tiene para nada el sabor de kiwi, parecería que fuera una cerveza muy normal”. Camilo Casas

“No pareciera que tuviera fruta, no la siento tan cargada pero si ustedes no me dicen, no pensaría que tuviera kiwi” Jeisy Julieth

Gráfica 16. Datos encuesta sensorial para cerveza dosificada en fermentación



“Huele bastante a cítrico, siento que refresca pero le sigue faltando ese plus que la hace como tal una cerveza, porque se le siente el gas, pero como tal no diría que es cerveza, más bien parece un jugo con mucho gas” Camilo Casas

“Si me gusta pero no le siento el amargor y es que eso en mi caso es lo que me llama la atención de una cerveza, o sea, es agradable que tenga el kiwi y que se sienta cuando la estoy bebiendo, pero sin amargor, no me termina de convencer, aparte de que no permanece esa sensación dentro de la boca que caracteriza a una cerveza” Nicolás Santiesteban.

“Tiene un buen aroma, curiosamente se siente el cítrico, pero no se siente el kiwi, es decir, es como una mezcla entre un sabor ácido y cítrico que se pierde en un sabor extraño, no deja percibir demás sabores que pueda tener esta cerveza, pienso que le falta más gas también” Jeisy Julieth

“A simple vista no es atractiva, puede que tenga burbujas pero sin espuma no llama la atención, tiene un sabor raro pero me gusta, si tuviese un poco más de gas y se resaltara más el sabor del kiwi sé que sería una muy buena cerveza” Lisseth Rodríguez

Tabla 59. Cálculos de pruebas de dosificación

	Maceración	Lupulización	Fermentación
Promedio	2,8	2,7	3,2
Desv. Estandar	0,5509	0,5960	0,5931
Valor máx	4	4	4
Valor min	2	2	2

ANEXO D

ENCUESTA PARA LA CERVEZA CON KIWI

1. Muy malo 2. Malo 3. Regular 4. Bueno 5. Muy bueno

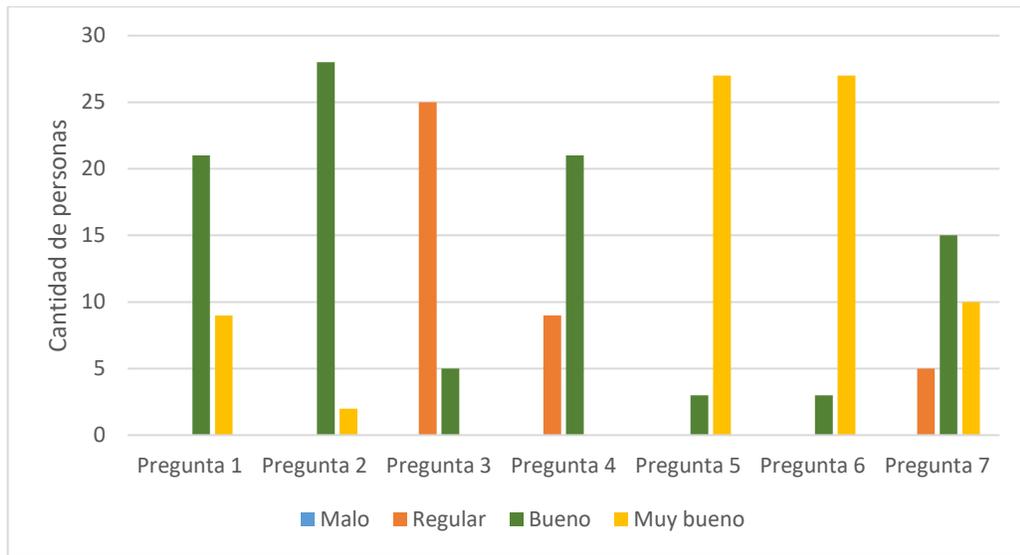
- 1) ¿Cómo califica usted el sabor de esta bebida?
- 2) ¿Cómo califica el nivel de gas de esta bebida?
- 3) ¿Cómo califica el nivel de espuma de esta bebida?
- 4) ¿Cómo califica el amargor de esta bebida?
- 5) ¿Qué tan llamativo le parece el color de esta bebida?
- 6) ¿Qué tanto percibe usted el grado de alcohol de esta bebida?
- 7) ¿Cómo califica usted la presencia del sabor de la fruta (kiwi) en la bebida
- 8) ¿Compraría usted este producto? Si es así ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por este producto?

- 3.000-4.000 _____
- 4.000-5.000 _____
- 5.000-6.000 _____
- 6.000 o mas _____
- Nada _____

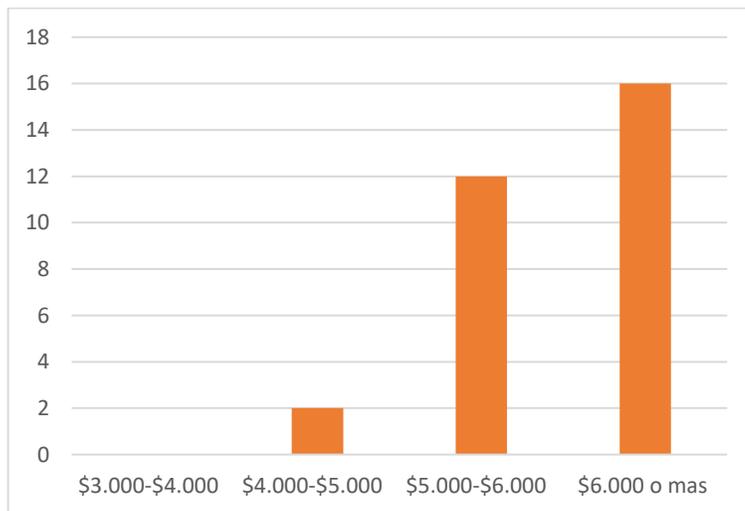
Obteniendo los siguientes niveles de respuesta:

PARA LA PRIMERA PRUEBA DE CERVEZA DE KIWI :

Gráfica 17. Datos 1 de prueba sensorial cerveza con kiwi 1



Gráfica 18. Datos 2 de prueba sensorial cerveza con kiwi 1



Algunas opiniones son:

“Después de degustar las anteriores pruebas, se siente el avance y la mejora en el sabor tiene más gas y mejor aroma algo más parecido a la fruta, también mejoro la espuma”. Camilo Casas

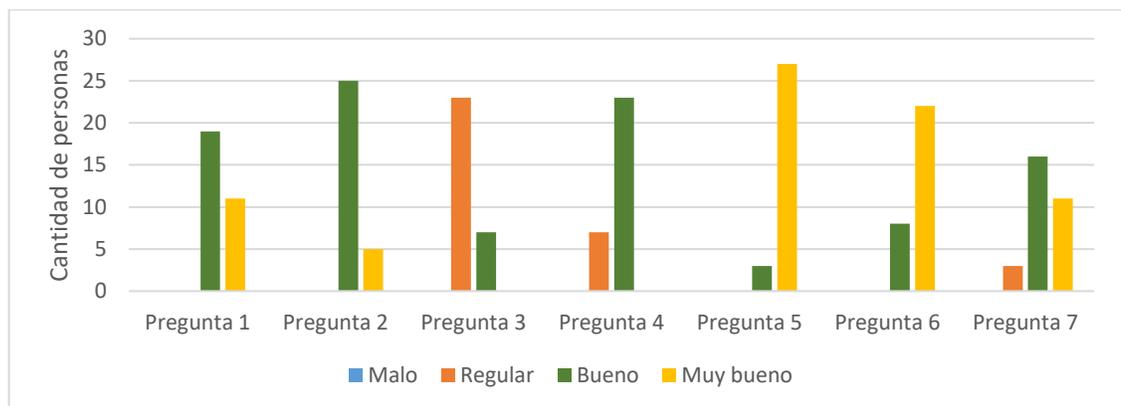
“Al principio tengo que decir que parecía guarapo pero ahora se nota el sabor de la cerveza me gusta que es más amarga y tiene un buen sabor” Jeisy Julieth

“Me gusta mucho el color que tiene, es un aspecto llamativo del producto, ha mejorado mucho tiene buen sabor podría decir que se le siente el aroma de la fruta” Lisseth Rodríguez

“Al comparar la cerveza con kiwi y la que cerveza base se puede notar una gran diferencia en el sabor ya que la original es más suave mientras que la que tiene kiwi es más amarga y fuerte” Nicolás Santiesteban.

PARA LA SEGUNDA PRUEBA DE CERVEZA DE KIWI

Gráfica 19. Datos 1 de prueba sensorial cerveza con kiwi 2



Gráfica 20. Datos 2 de prueba sensorial cerveza con kiwi 2



Algunas opiniones son:

“Aunque mi estilo es más como sabe la cerveza base me gusta mucho la que posee kiwi se siente la diferencia cuando las pruebas, ambas proporcionan experiencias de sabor diferentes” Camilo Casas

“Ha mejorado bastante, me gusta que tiene un sabor particular y que es agradable al paladar, es una cerveza que si volvería a tomar” Jeisy Julieth

”Muy buena cerveza, me llama la atención que es algo diferente, tiene un sabor que no es muy común, se nota que está mucho más elaborada” Lisseth Rodríguez

“Sin duda mejoró la esencia de la cerveza, el amargor es más notorio, es bastante refrescante, aparte de que se nota que tiene bastante alcohol, me gusto, yo la compraría” Nicolás Santiesteban.

Tabla 60. Cálculos estadísticos para cervezas con kiwi

	Cerveza con kiwi 1	Cerveza con kiwi 2
Promedio	4,2	4,5
Desv. Estandar	0,4771	0,5085
Valor máx	5	5
Valor min	4	4

ANEXO F

DISEÑO EXPERIMENTAL

Diseño factorial completo

Resumen del diseño

Factores:	2	Diseño de la base:	2. 4
Corridas:	8	Réplicas:	2
Bloques:	1	Puntos centrales (total):	0

Todos los términos están libres de estructuras alias.

Regresión factorial: Prueba sensorial vs. Kiwi. Lúpulos

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	3,29500	1,09833	31,38	0,003
Lineal	2	3,25000	1,62500	46,43	0,002
Kiwi	1	2,64500	2,64500	75,57	0,001
Lúpulos	1	0,60500	0,60500	17,29	0,014
Interacciones de 2 términos	1	0,04500	0,04500	1,29	0,320
Kiwi*Lúpulos	1	0,04500	0,04500	1,29	0,320
Error	4	0,14000	0,03500		
Total	7	3,43500			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,187083	95,92%	92,87%	83,70%

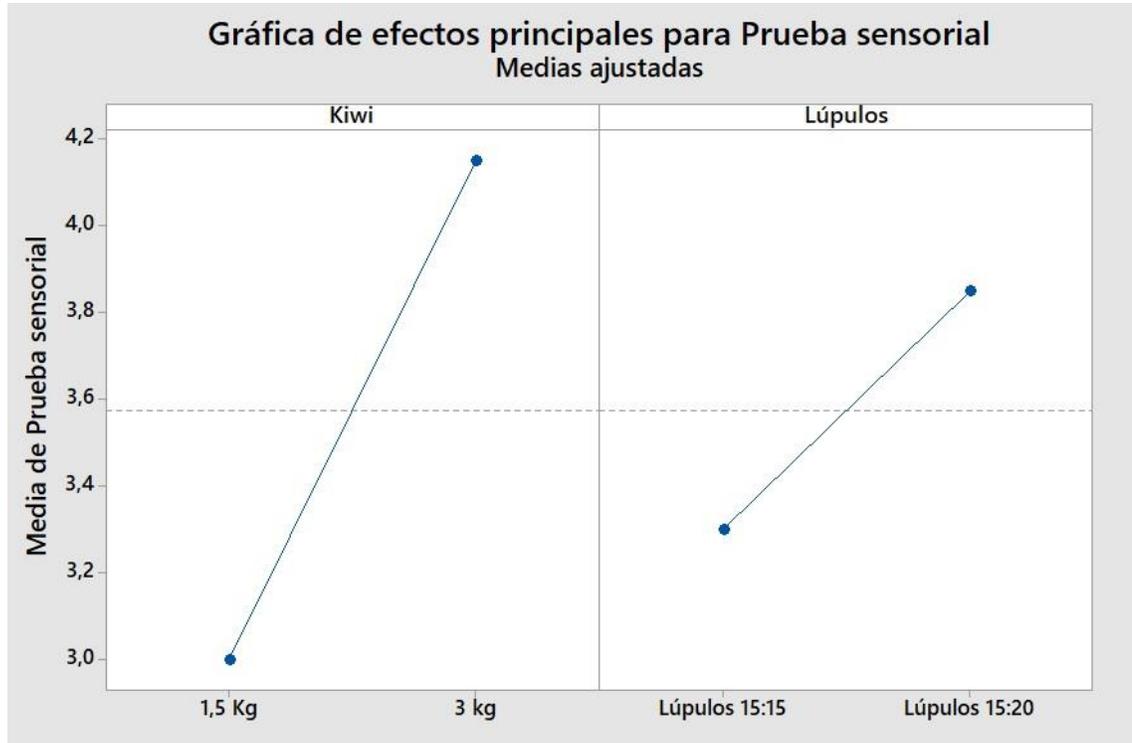
Coeficientes codificados

Término	Efecto	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		3,5750	0,0661	54,05	0,000	
Kiwi	1,1500	0,5750	0,0661	8,69	0,001	1,00
Lúpulos	0,5500	0,2750	0,0661	4,16	0,014	1,00
Kiwi*Lúpulos	-0,1500	-0,0750	0,0661	-1,13	0,320	1,00

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\text{Prueba sensorial} = 3,5750 + 0,5750 \text{ Kiwi} + 0,2750 \text{ Lúpulos} - 0,0750 \text{ Kiwi} \cdot \text{Lúpulos}$$

Gráfica 21. Efectos principales para prueba sensorial



Gráfica 22. Residuos de prueba sensorial

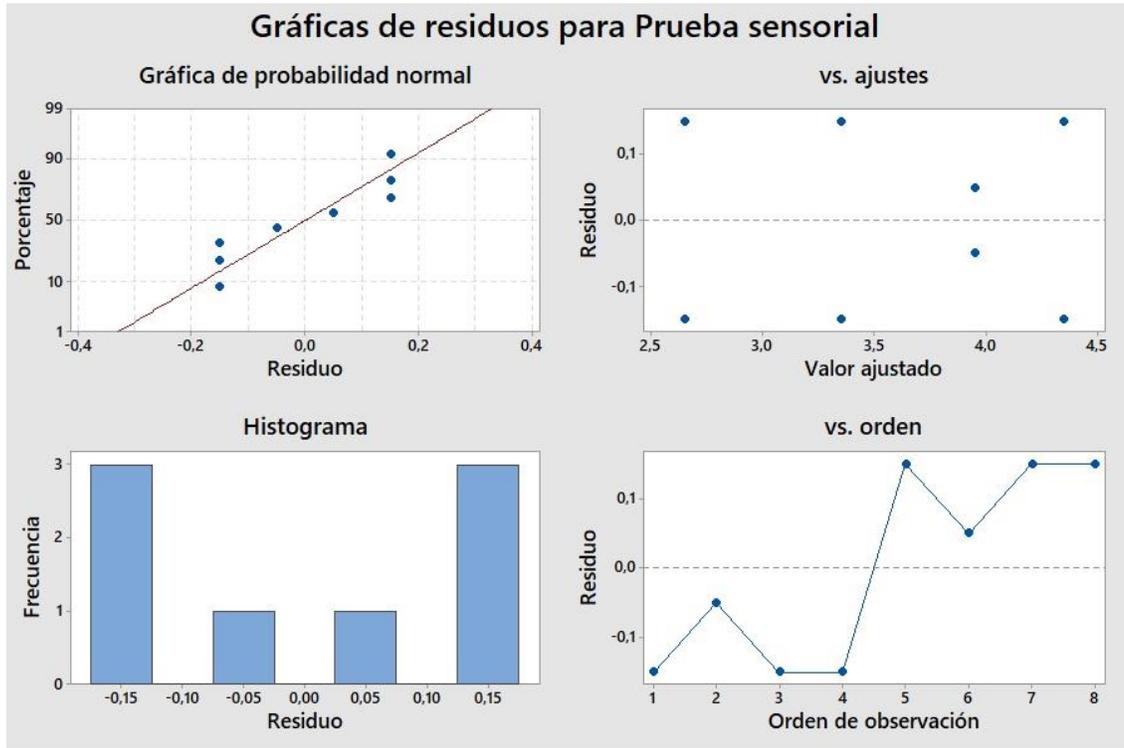


Tabla 61. Propiedades de malata Pilsen 2RS**ESPECIFICACIÓN****CHÂTEAU PILSEN 2RS**
Cosecha 2017

PARÁMETRO	Unidad	Min	MÁX
Humedad	%		4.5
Extracto (sustancia seca)	%	81.0	
Diferencia f/g	%	1.5	2.5
Color del mosto	EBC(Lov.)		3.5 (1.9)
Postcoloración	EBC(Lov.)		6 (2.8)
Total proteínas (malta seca)	%		11.5
Proteína soluble	%	3.5	4.4
Índice Kolbach	%	35.0	45.0
Viscosidad	cp		1.6
Beta glucans	mg/l		250
pH		5.6	6.0
Potencia diastática	WK	250	
Friabilidad	%	80.0	
Vidriado (granos enteros)	%		2.5
PDMS			5.0
Filtración			Normal
Tiempo de sacarificación	Minutos		15
Claridad del mosto			Claro
Calibración: - superior a 2.5 mm	%	90.0	
Calibración: - rechazado	%		2.0

Fuente: CASTLEMALTING. Chateau Pilsen 2RS. 2017

Tabla 62. Especificaciones malta Munich Light

ESPECIFICACIÓN

CHÂTEAU MUNICH LIGHT®
Cosecha 2017

PARÁMETRO	Unidad	Min	MÁX
Humedad	%		4.5
Extracto (sustancia seca)	%	80.0	
Diferencia f/g	%		2.5
Color del mosto	EBC(Lov.)	13.0 (5.4)	17.0 (6.9)
Total proteínas (malta seca)	%		11.5
Proteína soluble	%	3.5	4.9
Índice Kolbach	%	37.0	49.0
Viscosidad	cp		1.6
Potencia diastática	WK	150	
Friabilidad	%	80.0	
Vidriado (granos enteros)	%		2.5
Filtración			Normal
Tiempo de sacarificación	Minutos		15

Fuente: CASTLEMALTING. Munich Light. 2017

Tabla 63. Especificaciones del kiwi

Ácidos grasos

Mirístico C14:0 [g]	0,00	Palmitoleico C16:1 [g]	0,00	Araquidónico C20:4 [g]	0,00
Palmitico C16:0 [g]	0,05	Oleico C18:1 [g]	0,10	Eicosapentaenoico C20:5 [g]	0,00
Estearico C18:0 [g]	0,04	Linoleico C18:2 [g]	0,34	Docosapentaenoico C22:5 [g]	0,00
Omega 3 [g]	0,00	Linolénico C18:3 [g]	0,06	Docosahexaenoico C22:6 [g]	0,00
Ac. Grasos cis	0,00	Omega 6 [g]	0,00	Omega 3/ Omega 6	0,00
AGP cis	0,00	Ac. Grasos trans	0,00	AGM cis	0,00
		AGM trans	0,00	AGP trans	0,00

Aminoácidos

Alanina [mg]	0,00	Glicina [mg]	0,00	Prolina [mg]	0,00
Arginina [mg]	0,00	Histidina [mg]	0,00	Serina [mg]	0,00
Ac. aspártico [mg]	0,00	Isoleucina [mg]	0,00	Tirosina [mg]	0,00
Ac. glutámico [mg]	0,00	Leucina [mg]	0,00	Treonina [mg]	0,00
Cistina [mg]	0,00	Lisina [mg]	0,00	Triptófano [mg]	18,00
Fenilalanina [mg]	0,00	Metionina [mg]	0,00	Valina [mg]	0,00
		Hidroxiprolina [mg]	0,00		

Hidratos de carbono

Hidratos de carbono simples	Ácidos orgánicos disponibles [g]	Fitosteroles
Glucosa [g]	4,32	Fitosteroles totales [mg]
Fructosa [g]	4,60	Beta-sitosterol [mg]
Galactosa [g]	0,00	Campesterol [mg]
Sacarosa [g]	0,21	Estigmasterol [mg]
Lactosa [g]	0,00	Estigmasterol D7 [mg]
Maltosa [g]	0,00	Brásica-esterol [mg]
Oligosacáridos [g]	0,00	Avenaesterol D5 [mg]
		Avenaesterol D7 [mg]
		Otros fitosteroles [mg]
Hidratos de carbono no disponibles		
Polisac. celu.solubles [g]	0,59	
Polisac. no celu. insolubles [g]	0,42	
Celulosa [g]	0,83	
Lignina [g]	0,28	
Almidón [g]	0,00	

Fuente: CASTLEMALTING.kiwi. 2017