

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Evaluación del uso entre banano verde o banano maduro
(Cavendish) como adjunto en el desarrollo de una cerveza
artesanal”

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO DE ALIMENTOS

Presentada por:

Xavier Antonio Jaramillo Álava

Patricio Xavier Salazar Núñez

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia, en especial a mis padres, a mis hermanos. A Arturo Ordoñez que supo guiarnos de la manera adecuada y oportuna, y que nos compartió sus conocimientos sin siquiera conocernos. A todos mis amigos que de alguna forma contribuyeron a la creación de esta tesis.

Patricio Salazar N.

AGRADECIMIENTO

A mi Madre y mi Padre que
estuvieron en constante
apoyo para la culminación
de mi carrera profesional

A todas las personas que
colaboraron de una u otra
manera con la realización
de TFG en especial
mención a la Ing. Priscila
Castillo por su invaluable
ayuda.

Xavier Jaramillo

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MI FAMILIA

A MIS AMIGOS

Xavier Jaramillo.

DEDICATORIA

A mi familia, en especial a mis padres, que con sus inagotables energías trabajaron para darme el mejor regalo que puede recibir un ser humano, la educación. A mis amigos del movimiento estudiantil, con los cuales aprendimos enseñanzas que no se dan en las aulas.

Patricio Salazar N.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Jorge Duque R.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Juan Cevallos C.
DIRECTOR DEL TFG



Ing. Priscila Castillo S.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Patricio Xavier Salazar Núñez



Xavier Antonio Jaramillo Álava

RESUMEN

El presente trabajo consistió en la evaluación del uso del banano como adjunto cervecero, para esto se evaluó el grado de maduración ideal para poder realizar las pruebas.

Para encontrar que cualidades debe de juntar la cerveza a producirse se realizó un panel sensorial con muestras ciegas, en el cual se evaluaron las cervezas del mercado ecuatoriano, una vez determinado el tipo de cerveza ganadora, se tomaron las características de la misma pero utilizando banano verde y maduro para su desarrollo.

Se realizaron cervezas variando las proporciones de malta y cantidad de banano, para evaluar el nivel de agrado de estos cambios en el consumidor. Se realizó una curva de maceración para desdoblar los almidones del banano tanto maduro como verde y se establecieron parámetros de proceso para la producción de la cerveza.

Se analizaron los resultados de manera estadística para evaluar la cerveza con mayor grado de rendimiento y para la elección del mejor tipo de cerveza

desde el punto de vista sensorial, este panel fue realizado por panelistas no entrenados y por panelistas expertos.

Finalmente se analizaron los costos directos de producir una cerveza de banano maduro y banano verde para la toma de decisión del tipo de materia prima a escoger para producir nuestra cerveza.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ABREVIATURAS	vii
SIMBOLOGÍA	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO 1

1. GENERALIDADES	3
1.1 Origen de la cerveza	3
1.2 Materia Prima	5
1.3 Diagrama de flujo del proceso de producción	24
1.4 Objetivos	50

CAPITULO 2

2. PROCESOS BIOQUÍMICOS	52
2.1 Metabolismo de azúcares.....	54
2.2 Vía glicolítica de la fermentación alcohólica	55
2.3 Metabolismo de aminoácidos	56
2.4 Producción de moléculas aromatizantes	58

CAPITULO 3

3. INGENIERÍA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y PRUEBAS

EXPERIMENTALES	65
3.1 Definición del perfil sensorial del producto	65
3.2 Caracterización de cerveza artesanal a partir de adjunto de banano.	68
3.3 Métodos.....	69
3.4 Caracterización de materias primas para preparación de cerveza de banano.....	71
3.5 Desarrollo del proceso de producción de cerveza artesanal	74

CAPITULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	89
4.1 Rendimiento de volumen de cerveza obtenida a partir de adjuntos: banano verde y banano maduro.	93
4.2 Resultados Físico - químico y sensoriales	101

CAPITULO 5

5. ESTUDIO ECONÓMICO	112
5.1 Costos directos de producción de cerveza usando banano maduro y banano verde como adjunto.	112

CAPITULO 6.....

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	117
--	-----

6.1 Conclusiones.....	117
6.2 Recomendaciones.....	119

APENDICES

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURA

A.C.	Antes de Cristo
AOAC.	Association of Official Agricultural Chemists (Asociación Oficial de Químicos Agrícolas)
ASBC.	American Society of Brewing Chemists (Sociedad Americana de Químicos Cerveceros)
°C	Grados Celsius
Ca	Calcio
Cl	Cloro
CO₂	Dióxido de carbono
C₁₂H₁₂O₁₁	Sacarosa
C₂H₅OH	Etanol
DMS.	Dimetil Sulfuro
EBC.	European Brewing Convention (Convenio Europeo de Fabricación de Cerveza)
FAN.	Free Amino Nitrogen (Aminonitrógeno Libre)
g.	Gramo
H₂O.	Agua
Ha.	Hectáreas
HCO₃⁻	Bicarbonato
hl.	Hecto litro
IBU.	International Bittering Units (Unidades Internacionales de Amargor)
INEN.	Instituto Ecuatoriano de Normalización
IR.	Infra Rojo
IVA.	Impuesto al valor agregado
kcal.	Kilo calorías
kg.	Kilogramo
kJ.	Kilo-Joule (Kilo-Julio)
l.	Litro
min.	Minuto
mg.	Miligramo
M1.	Muestra 1
M2.	Muestra 2
Mg.	Magnesio
ml.	Mililitro
mPa.s.	Milipascal por segundo
N.	Normal
Na	Sodio
NH₂	Amino
nm	Nanometro

NIR.	Near Infrared Spectroscopy (Espectroscopía del infrarrojo Cercano)
NTE.	Normativa
°P	Grados Plato
pH.	Potencial de Hidrógeno
ppb.	Partes por billón
ppm.	Partes por millón
Rm.	Rendimiento de mosturación
SECA.	Sociedad Ecuatoriana de Cerveceros Artesanales.
SO^{2*}₄	Sulfato
Tm.	Tonelada métrica.
USD.	United States Dollars (Dólares estado unidenses)
UV.	Ultra violeta
Vs.	Atenuación Real
Vw.	Atenuación Aparente
WK.	Potencial diastático
W.	Weight (Peso)

SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
β	Beta
α	Alfa
α	Significación estadística
H_0	Hipótesis nula
H_1	Hipótesis alternativa
μ	Micro
$^{\circ}$	Grados
σ	Desviación estándar

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1	Artesanía de mujer haciendo cerveza..... 4
Figura 1.2	Cebada malteada..... 9
Figura 1.3	Lúpulo en pellets..... 12
Figura 1.4	Diagrama de flujo del proceso de producción cerveza de banano verde..... 25
Figura 1.5	Gelatinización del almidón..... 30
Figura 1.6	Representación de las formas de almidón que se dan en la cebada. Amilopeptina y amilosa..... 33
Figura 1.7	Ábaco (Nomograma)..... 36
Figura 1.8	Intercambiador de calor flujo paralelo y contracorriente..... 42
Figura 1.9	Diafanidad de rayos de luz diferentes longitudes de onda, en dependencia de color de vidrio..... 47
Figura 1.10	Diagrama de flujo de proceso de producción cerveza de banano maduro..... 49
Figura 2.1	Estados aeróbicos y anaeróbicos de la glucosa 56
Figura 2.2	Ecuación de Gay Lussac..... 56
Figura 2.3	Metabolismo proteico..... 58
Figura 2.4	Formación del diacetilo..... 60
Figura 2.5	Alcoholes superiores en cerveza..... 62
Figura 2.6	Sustancias aromáticas en la cerveza..... 64
Figura 3.1	Teorema del límite central..... 67
Figura 3.2	Clasificación del banano de acuerdo a su grado de maduración y porcentaje de azúcar..... 73
Figura 3.3	Levadura Liofilizada 74
Figura 3.4	Mezcla de cebada y banano..... 76
Figura 3.5	Maceración de colada principal..... 79
Figura 3.6	Mezcla de los dos mostos 79
Figura 3.7	Reacción negativa (izquierda) y positiva (derecha) al yodo..... 80
Figura 3.8	Curva de maceración para cerveza de banano verde y banano 81
Figura 4.1	Prueba de Tukey, valores de medias en base a

	prueba sensorial de preferencia de cervezas del mercado ecuatoriano	91
Figura 4.2	Prueba de Tukey, comparación entre cervezas del mercado ecuatoriano	91
Figura 4.3	Gráfico Hsu, comparación entre cervezas del mercado ecuatoriano	92
Figura 4.4	Gráfica de distribución normal para datos de volumen.....	99
Figura 4.5	Comparaciones de Tukey de volúmenes de cervezas.....	100
Figura 4.6	Comparaciones de medias de volúmenes de cerveza.....	101
Figura 4.7	Curva de fermentación de cerveza de banano verde 60:40	101
Figura 4.8	Curva de fermentación de cerveza de banano maduro 60:40.....	102
Figura 4.9	Curva de fermentación de cerveza de banano verde 80:20.....	102
Figura 4.10	Curva de fermentación de cerveza de banano maduro 80:20.....	103
Figura 4.11	Prueba de Tukey, cervezas de banano verde y maduro.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Composición química de la cebada..... 7
Tabla 2	Especificaciones de cebada malteada para cervezas lager..... 10
Tabla 3	Producción de lúpulo..... 13
Tabla 4	Composición química del lúpulo..... 14
Tabla 5	Composición iónica del agua en los centros productores de cerveza..... 16
Tabla 6	Banano: Superficie, producción y rendimiento a nivel nacional serie histórica 2000 – 2010..... 22
Tabla 7	Destino nacional banano 1987 – 2007..... 23
Tabla 8	Azúcares en mosto..... 34
Tabla 9	Composición típica del mosto... .. 53
Tabla 10	Análisis Físico Químico (Pilsener Light)..... 68
Tabla 11	Temperaturas y pH óptimo de enzimas..... 78
Tabla 12	Rendimientos de maceración tercera repetición..... 98
Tabla 13	Determinación de pH..... 105
Tabla 14	Análisis sensorial..... 108
Tabla 15	Análisis de cerveza de banano maduro (80:20)..... 110
Tabla 16	Análisis de cerveza de banano verde (80:20)..... 111
Tabla 17	Costos unitarios de materia prima..... 113
Tabla 18	Costos de agua para la industria..... 113
Tabla 19	Costos unitarios de producción para 100 litros de cerveza de banano maduro (80:20)..... 114
Tabla 20	Costos unitarios de producción para 100 litros de cerveza de banano verde (80:20)..... 114
Tabla 21	Costo de mano de obra..... 116

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de graduación tiene como finalidad evaluar el uso entre banano verde o maduro para la fabricación de cerveza artesanales, conociendo que los dos son una gran fuente de carbohidratos.

En el capítulo 1 se detalla el marco teórico sobre la historia y origen de la cerveza, la materia prima a emplear, el uso de adjuntos como el banano verde y maduro, el flujo del proceso de producción de la cerveza de banano verde y maduro, y se plantean los objetivos principales del proyecto de graduación.

En el capítulo 2 se explica el fundamento bioquímico del proceso de la fermentación alcohólica, los procesos metabólicos de la levadura y los compuestos aromáticos originados en la fermentación, que son de mucha importancia para el entendimiento de los bouquets y flavors que son los que otorgan a la cerveza final un determinado perfil sensorial.

En el capítulo 3 se realiza una evaluación sensorial de cervezas en el mercado a muestras ciegas, para determinar el perfil del producto deseado por el

consumidor, en base a esto se desarrolla la cerveza utilizando banano verde y maduro en distintas proporciones malta/adjunto.

En el capítulo 4 se describen los resultados de los análisis físico-químico de las cervezas, rendimientos, y se someten a degustación a panelistas no entrenados para que escojan la cerveza que más les agrada, los datos recopilados son analizados estadísticamente y de las cervezas ganadoras del panel se sometieron a degustación por jueces calificados, para evaluar características sensoriales más a fondo.

En el capítulo 5 se realiza un estudio económico, comparando el costo de producir una cerveza de banano verde y otra de banano maduro, el costo de mano de obra, esto es realizado con el fin de facilitar la toma de decisión de tipo de materia prima a escoger para producir nuestra cerveza.

Finalmente en el capítulo 6 se dan las conclusiones y recomendaciones de la elaboración de la cerveza utilizando como adjunto banano verde y maduro.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 Origen de la cerveza

En la antigüedad la fabricación de cerveza era muy empírica (Figura 1.1), la mención más antigua que se halla en una escritura cuneiforme del año 2800 A.C, la cual describe una ración diaria de cerveza y pan a los trabajadores, posteriormente su fabricación fue reglamentada por el rey babilónico Hammurabi (1728 a 1686 A.C). En varias regiones se utilizó en la dieta diaria de la población como una fuente importante de nutrientes.(1)

La fabricación de cerveza y vino se ha ido desarrollando a lo largo de 5000 - 8000 años. Debieron producirse varios descubrimientos independientes de que exponiendo al aire los jugos de frutas, o los extractos de cereales, se obtenían bebidas fermentadas.(2)

La cerveza en Europa ya era una bebida muy popular para los germanos, el trabajo era realizado por las propias familias como alimento diario, esto lo realizaban por lo general las mujeres, que luego cambio hacia una profesión masculina, lo cual se mantuvo a través de los tiempos hasta el presente.



Figura 1.1 Artesanía de mujer haciendo cerveza

Fuente:<http://www.bloganavazquez.com/2010/07/20/el-origen-de-la-cerveza-y-la-diosa-ninkasi/>

En la edad media se tiene como referencia, que la cerveza era considerada como un arte o misterio, cuyos detalles solo los conocían los maestros cerveceros y sus gremios. En realidad se desconocían las razones que justificaban las diversas etapas de elaboración de los cuales la fermentación, fue descubierta por casualidad. (2)

Las malas condiciones higiénicas facilitaban la presencia de levaduras y bacterias que producían turbidez y aromas no deseados,

debido a que sus procesos eran realizados en condiciones rusticas, por estas razones muchos cerveceros obtenían vinagre en lugar de cerveza, a causa de bacterias ácido acéticas.

“En el siglo XIV se comienza a utilizar el lúpulo como saborizante, luego de haber usado antes sobre todo una mezcla de diferentes condimentos que se denomina “Grut” en idioma alemán” (1).El lúpulo se utiliza como factor de amargura. Las malas cosechas y otras circunstancias llevaron a veces, debido a la escasez de materia prima, a usar otros productos diferentes de los usuales. Así se producía la substitución del lúpulo por hierbas amargas, se utilizaban también cereales primarios en la fabricación de cerveza o se elaboraba con avena barata. Incluso, algunas hierbas substitutas ponían en riesgo la salud. Por lo que para evitar inconvenientes se estableció mediante leyes gubernamentales que, para la fabricación de cerveza, se debían emplear únicamente malta, lúpulo y agua. (Ley de Pureza). (1)

1.2 Materia Prima

Cebada malteada

La cebada (*Hordeum vulgare*) es la materia principal para la fabricación de cerveza. La producción de cebada fue de

aproximadamente 130 millones de toneladas en el 2002. De esta producción, las regiones que aportaron en mayor cantidad fueron Europa Central en países como Alemania, Francia, Inglaterra, Dinamarca; así como en América los Estados Unidos, Canadá, Argentina y Uruguay; y Oceanía.(1).

El uso de la cebada se debe al hecho de que tiene un alto contenido de almidón, y que la cáscara (gluma) sigue adherida al grano aún después de la trilla (1). Contiene proteínas, generalmente en cantidades más que suficientes para proporcionar los aminoácidos necesarios para el crecimiento de la levadura, y de sustancias nitrogenadas que desarrollan un papel importante en la formación de espuma. (2)

El contenido de agua de la cebada es de 14 a 15% en promedio. Puede variar entre el 12% en una cosecha muy seca, y más del 20% para una cosecha húmeda. El control de humedad para la cebada es de suma importancia, una cebada húmeda corre riesgos en lo que se respecta a su capacidad de almacenamiento y de germinación. Debe ser secada con un contenido de agua menor que el 15% (2). En promedio, la

materia seca de la cebada tiene la siguiente composición (TABLA 1).

TABLA1
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CEBADA

Carbohidratos Totales	70.0 – 85.0%
Proteínas	10.5 – 11.5%
Sustancias minerales	2.0 – 4.0%
Grasas	1.5 – 2.0%
Otras sustancias	1.0 – 2.0%

**FUENTE: TECNOLOGIA PARA CERVECEROS Y
MALTEROS.**

El convertir la cebada en cebada malteada involucra un proceso que contiene etapas como el remojo, la germinación y el tostado de la malta.

- a. **Remojo:** En esta etapa se le suministra agua al interior del grano que inicialmente puede encontrarse con un contenido de humedad de 12 a 15 %, de esta manera las enzimas presentes son activadas para iniciar el proceso vital de germinación. (2)

Junto con todos los procesos vitales, se incrementa la respiración de la cebada y, con ello, el requerimiento de oxígeno, durante el remojo la absorción de agua ocurre rápidamente al principio, disminuyendo cada vez más con el tiempo, hasta alcanzar un contenido de humedad del 42 a 44% en maltas pálidas (tipo Pilsner). En esta etapa es consumido oxígeno en tanto que dióxido de carbono es formado. (2)

- b. Germinación de la cebada:** Durante esta etapa se distinguen procesos de crecimiento y producción de enzimas. En el proceso de crecimiento se desarrollan las raicillas las cuales se ramifican en dos o cuatro pequeñas raíces que al cabo de dos días, alcanzan una longitud de 1.5 veces la longitud de grano (Figura 1.2), para maltas tipo Pilsner. Además se desarrolla la acrospira que es la responsable en gran parte de la producción de las lipooxigenasas, las cuales degradan las grasas (1).

Durante la germinación también son formadas gran cantidad de enzimas degradadoras que serán las responsables de originar los nutrientes requeridos por la

levadura, enzimas degradadoras de almidón tales como la α -amilasa, la dextrinasa límite, mientras es liberada β -amilasa, ya existente en el endospermo; enzimas citolíticas tales como endo- β -glucanasa, exo- β -glucanasa, β -gluconosolubilasa, endo-xilanasa; enzimas degradadoras de proteínas o proteolíticas como las proteinasas, peptidasas; enzimas degradadoras de grasas como las lipasas como la lipooxigenasa antes mencionada; y enzimas disociadoras de éster fosfórico fosfatasa (1).



Figura 1.2 Cebada Malteada

<http://imagonalia.com/wrp/?p=875>

Tostado de la malta: En esta etapa se interrumpe la germinación para evitar pérdidas adicionales, se persigue que el contenido de agua que es mayor que el 40%, se disminuya a menos del 5%, logrando así mayor resistencia de almacenamiento y conservación de la

malta. Al disminuir el contenido de agua se detienen funciones vitales, actividad enzimática, germinación y modificación pero la actividad enzimática debe mantenerse latente en su totalidad (1).La (TABLA 2) muestra las especificaciones de una cebada malteada.

TABLA2
ESPECIFICACIONES DE CEBADA MALTEADA PARA
CERVEZA LAGER

PARÁMETRO	UNIDAD	MIN	MÁX
Contenido de proteínas	%	-	10,8
Índice de Kolbach	%	38	42
Rendimiento de extracto	%	82	-
Diferencia molienda fina – gruesa	%	1.7	2
Viscosidad	mPa.s	-	1.55
Color	EBC	2.5	35
Color de mosto cocido	EBC	-	5
Nitrógeno soluble en materia seca	%	0.55	0.75
Valor de friabilímetro	%	87	-
DMS-P	ppm	-	6
Vitreosidad total	%	-	2
Potencial diastático	WK	240	260
Contenido de agua	%	-	5

FUENTE: TECNOLOGIA PARA CERVECEROS Y
MALTEROS.

Para proteger las enzimas, la malta primeramente debe ser pre-secada, antes de ser sometida a un calentamiento fuerte, disminuyendo el contenido de agua lentamente a temperaturas de 40 a 50°C, esto además influye favorablemente sobre la estabilidad del sabor. La temperatura puede ser aumentada a más de 50°C cuando el contenido de agua haya disminuido al 10 a 12%. (1)

Lúpulo

El lúpulo (*Humulus lupulus* L.) es una planta trepadora, que produce flores femeninas y masculinas, perteneciente al grupo de las urticáceas, está dentro de la familia de las cannabináceas, y es pariente del *Cannabis sativa* y el cáñamo índico, más conocidas como marihuana y hachís.

En la industria es posible usarse el lúpulo en sus distintas presentaciones como el lúpulo en pellets (Figura 1.3), en hojuelas o en aceite.



Figura 1.3 Lúpulo en Pellets

<http://www.clubdarwin.net/seccion/tecnologia/hijos-de-rivera-reciclara-lupulo>

Un punto clave de la distinción está en sus respectivas resinas, los de lúpulo dan el amargor a la cerveza, mientras los de la marihuana poseen efectos alucinógenos. Su cultivo es posible en todas las regiones templadas del mundo (TABLA 3).

Más de 100,00 toneladas son cultivadas cada año, aproximadamente un tercio de esto en Alemania, siendo Estados Unidos el segundo mayor productor, con la mayor parte de los cultivos concentrados en tres estados: Washington, Oregon, e Idaho. El lúpulo es también cultivado en el hemisferio sur, como en el norte, con un cultivo muy importante en Australia, en particular en Tasmania. (3)

Los lúpulos son responsables del aroma acre y el característico sabor amargo de la cerveza, fue utilizado en la antigüedad como planta medicinal (4).

TABLA 3
PRODUCCION DE LÚPULO (1998)

PAIS	PRODUCCIÓN DE LUPULO (MILES DE HECTAREAS)
Alemania	21
Estados Unidos	18
China	7
República Checa y Eslovaquia	6
Polonia	3
Eslovenia	3
Inglaterra	2
Rusia y Ucrania	2
Australia	1
Francia	1
España	1

FUENTE: BEER TAP INTO THE ART AND SCIENCE OF BREWING.

En la producción de cerveza las fábricas utilizan únicamente las inflorescencias de las plantas femeninas. Estas contienen resinas amargas como la “lupulina” y los aceites etéreos que le suministran a la cerveza los componentes amargantes y aromáticos (1).

Existen dos usos para el lúpulo: Para dar amargor y aroma, esta planta también tiene otras funciones como la de evitar la “espuma” en el agente de ebullición y bacteriostático. La composición del Lúpulo tiene una gran influencia sobre la calidad de la cerveza fabricada a partir de este. En su materia seca (TABLA 4) el lúpulo está compuesto por aceites, taninos, proteínas, etc. (5).

TABLA 4

COMPOSICION QUIMICA LÚPULO

Compuestos Amargos	18.5%
Aceite de lúpulo	0.5%
Taninos	3.5%
Proteína	20.0%
Sustancias Minerales	8.0%

FUENTE: TECNOLOGIA PARA CERVECEROS Y MALTEROS.

Agua

El agua es muy importante para la fabricación de la cerveza representa el 95% de su peso, su composición iónica puede coadyuvar a la definición de los rasgos de una determinada cerveza. Por ejemplos aguas que son ricas en bicarbonato cálcico son ideales para la producción de cervezas oscuras.

(2)

En la antigüedad se tomaba el agua de los afluentes aledaños sin conocer la importancia de la composición iónica para la creación de una cerveza, en la actualidad se realiza algo similar pero con la variante que ahora es posible el ablandamiento del agua de las fuentes cercanas y añadirle a estas sales, lo que permite replicar aguas con iguales características a la de cualquier parte del mundo. Existen dos iones de gran interés para el control del pH de la cerveza, estos son calcio y el carbonato que contribuyen al aroma de la cerveza.(1)

El calcio es importante ya que en presencia de este las levaduras y los coágulos flocculan mejor decantándose, facilitando la clarificación del mosto y la cerveza ,además que los polifenolesse extraen peor cuanto más bajo es el pH, por

lo que las cervezas fabricadas por alto contenido de calcio resultan menos astringentes y menos coloreadas.(2)

En general, el pH ideal del agua para la elaboración de la cerveza es de alrededor de 6.5 a 7.0 pero el tipo de cerveza que se produce es lo que determinara el pH óptimo. En la (TABLA 5) se muestra la composición iónica de algunas aguas usadas en centros de producción de cerveza (2).

TABLA 5
COMPOSICION IÓNICA DEL AGUA EN LOS CENTROS
PRODUCTORES DE CERVEZA (mg l⁻¹)

	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Burton-on-Trent	54	24	352	16	820	320
Pilsen	32	8	7	5	6	37
Munich	10	19	80	1	6	333
London	24	4	90	18	58	123
Dublin	12	4	119	19	54	319
Dortmund	69	23	260	106	283	549

FUENTE: BIOTECNOLOGÍA DE LA CERVEZA Y DE LA MALTA.

Levaduras

“La levadura es un sacaromiceto unicelular, el cual es capaz de cubrir su demanda de energía”. (1)

- En presencia de Oxígeno (aerobio), por respiración y
- En ausencia de Oxígeno (anaerobio), por fermentación.

Dentro del tipo de levadura utilizada en la fabricación de cerveza, se diferencian numerosas cepas. En la práctica estas cepas se dividen en dos grandes grupos:

- Levaduras Fermentación Alta (Sacchromyces cereviceae).
- Levaduras Fermentación Baja (Sacchromyces carlsbergensis).

Las levaduras de fermentación alta suben a la superficie en el transcurso de la fermentación las de fermentación baja se depositan en el fondo, hacia el final de la fermentación.

Otra característica esencial de las levaduras de fermentación baja es el comportamiento diferenciado de floculación. De acuerdo con esto las levaduras para cerveza de fermentación baja se dividen en levaduras no floculantes y floculantes.

En las levaduras no floculantes, las células quedan finalmente distribuidas en el substrato de fermentación y recién descienden lentamente al fondo al final de la fermentación. Las células de levaduras floculantes se aglomeran, después de algún tiempo, formando floculo grandes, depositándose entonces rápidamente. El poder de floculación de una levadura está condicionado genéticamente y es heredado. Las levaduras de fermentación alta no floculan. (1)

Con levaduras floculantes se obtiene una cerveza clara, pero no tan altamente fermentada, mientras que con las levaduras no floculantes y las de alta fermentación se obtienen cervezas con un grado de fermentación más alto.

Las levaduras de fermentación alta y la de fermentación baja se diferencian también a lo referente a la temperatura de fermentación. Con levaduras de fermentación baja se fermentan a temperaturas entre 4 y 12°C. Con cepas de levaduras de fermentación alta se trabaja con 14 a 25°C el control de la Temperatura es determinado por el cervecero (1).

Adjuntos

Los adjuntos son materiales, aparte de la malta, que son fuente de extracto. Se utilizan como suplemento de extracto ya que es menos costoso que los de malta y en ciertos casos imparten características deseables al producto. Se puede diluir los niveles de nitrógeno soluble y taninos polifenólicos en el mosto, lo que permite el uso de alto contenido de nitrógeno (ricos en proteínas) maltas y la producción de cerveza menos propensa a formar niebla. Algunos complementos mejoran la formación de cabeza y retención. A mayor proporción de adjuntos utilizados en la maceración, más difícil es lograr una buena recuperación del extracto y la viscosidad se incrementa a menudo, haciendo que el escurrimiento se desarrolle lento.(6)

La adición de azúcares solubles o jarabes para la templea aumenta efectivamente la capacidad de la sala de cocción y proporciona un método simple para la generación de alta gravedad. Sólidos adjuntos “mash tun” puede ser añadido a la molienda y el almidón que contienen se hidroliza por las enzimas de la malta o de otras fuentes (6).

El potencial enzimático de la malta es suficiente para degradar almidón adicional. Por eso, se sustituye en algunos países una parte de la malta por lo general, 15 a 20% por cereal sin maltear, y en ciertos países la legislación no permite más del 45 % de adjuntos para remplazar la malta, aunque también existe la limitante de si la malta posee suficiente poder enzimático para degradar los almidones. Este cereal sin maltear, que es más barato como proveedor de almidón que la malta relativamente más cara , es denominado adjunto(1).

Banano como adjunto y aromatizante.

El banano es la fruta más cultivada a nivel mundial y el cuarto cultivo más difundido a nivel mundial luego del trigo, el arroz y el maíz.

Los principales países vendedores de la fruta a nivel mundial son: Ecuador, Filipinas, Costa Rica, Colombia y Guatemala. Los importadores principales son Estados Unidos, Alemania, Bélgica y Japón(7).

La variedad más cultivada en el Ecuador es la Cavendish, es originaria de Vietnam, China y las Islas Canarias. Las tres especies de sub-variedades de banana que se cultivan en el país son el Gran Cavendish, Lacatán y Valery.

En el año 2012 el volumen de las exportaciones mundiales de bananos brutos alcanzó un máximo histórico de 16.5 millones de toneladas, 1.1 millones de toneladas (o el 7.3 %) por encima del nivel de 2011 (8).

Las buenas condiciones climáticas para el cultivo del banano en nuestro país permiten cultivar en la actualidad aproximadamente 240.000 hectáreas que se encuentran distribuidas alrededor de diez provincias (TABLA 6).

Desde el punto de vista nutricional, el banano y el plátano ofrecen buena perspectiva para su uso. Su aporte calórico es similar al del maíz, (89Kcal/100g.), y su bajo contenido de fibra cruda los hace aptos para la alimentación humana. La baja cantidad de proteína puede ser aumentada mediante suplementario con leguminosas u oleaginosas. (9)

TABLA6

**BANANO: SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO
A NIVEL NACIONAL SERIE HISTÓRICA 2000 - 2010**

Año	Superficie sembrada (Ha.)	Superficie cosechada (Ha.)	Producción en fruta fresca (Tm.)	Rendimiento (Tm./Ha.)
2000	266.125	252.570	5.512.204	21,82
2001*	255.470	244.318	5.611.897	22,97
2002	237.859	229.622	5.611.438	24,44
2003	243.949	233.813	6.453.806	27,60
2004	240.009	226.521	6.132.276	27,07
2005	232.780	221.085	6.118.425	27,67
2006	221.107	209.350	6.127.060	29,27
2007	211.843	197.410	6.002.302	30,41
2008	233.427	215.521	6.701.146	31,09
2009	229.602	216.115	7.637.324	35,34
2010**	232.939	218.793	8.237.546	37,65

FUENTE: MAGAP / III CNA / SIGAGRO; INEC / ESPAC
<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/procesador-de-estadisticas-agropecuarias-3/>

La incorporación de banano y plátano a la dieta, como fuente calórica ofrece buenas perspectivas y probablemente constituye una necesidad a corto plazo, ya que la producción de cereales especialmente el maíz ha venido disminuyendo en forma alarmante en los últimos años (10).

Debido a los controles de calidad por parte de los países importadores de banano se generan muchos desperdicios en las plantas empacadoras de hasta 20.000 toneladas semanales. Mucho de este desperdicio es utilizado como alimento para el ganado porcino, vacuno entre otros. A continuación en la (TABLA 7) se muestra el destino nacional del banano entre los años 1987 – 2007.

TABLA7

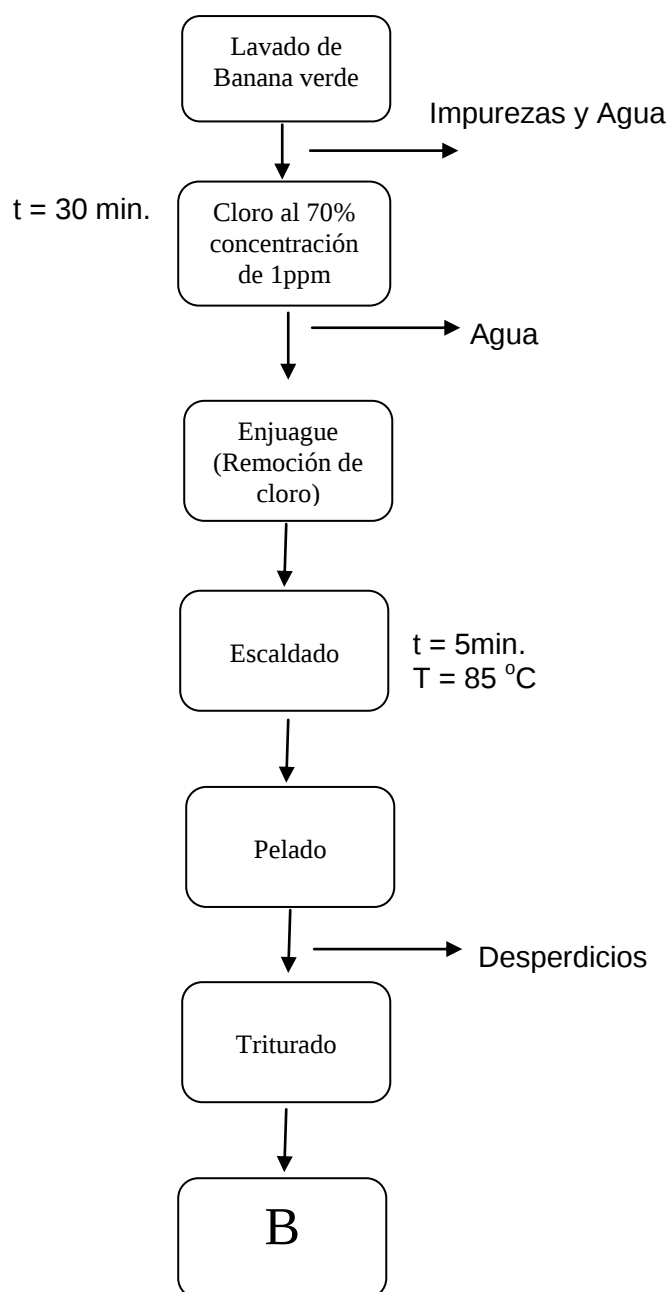
DESTINO NACIONAL BANANO 1987 - 2007

Destino	Promedio Anual	Promedio Toneladas
Exportaciones	79.11%	4'966.732
Consumo humano interno	3.51%	220.366,95
Consumo animal	3.05%	191.488,95
Industria	3.88%	243.596,51
Desperdicios	10.45%	656.078,24
Producción total	100%	6'278.260,65

FUENTE: PLUAS, N., SUCUNUTA, A. (2011). *DISEÑO DE UNA PLANTA DESHIDRATADORA DE BANANO*. (PROYECTO DE GRADUACIÓN). ESPOL. GUAYAQUIL

1.3 Diagrama de flujo del proceso de producción

1.3.1. Diagrama de flujo del proceso de producción cerveza de banano verde.



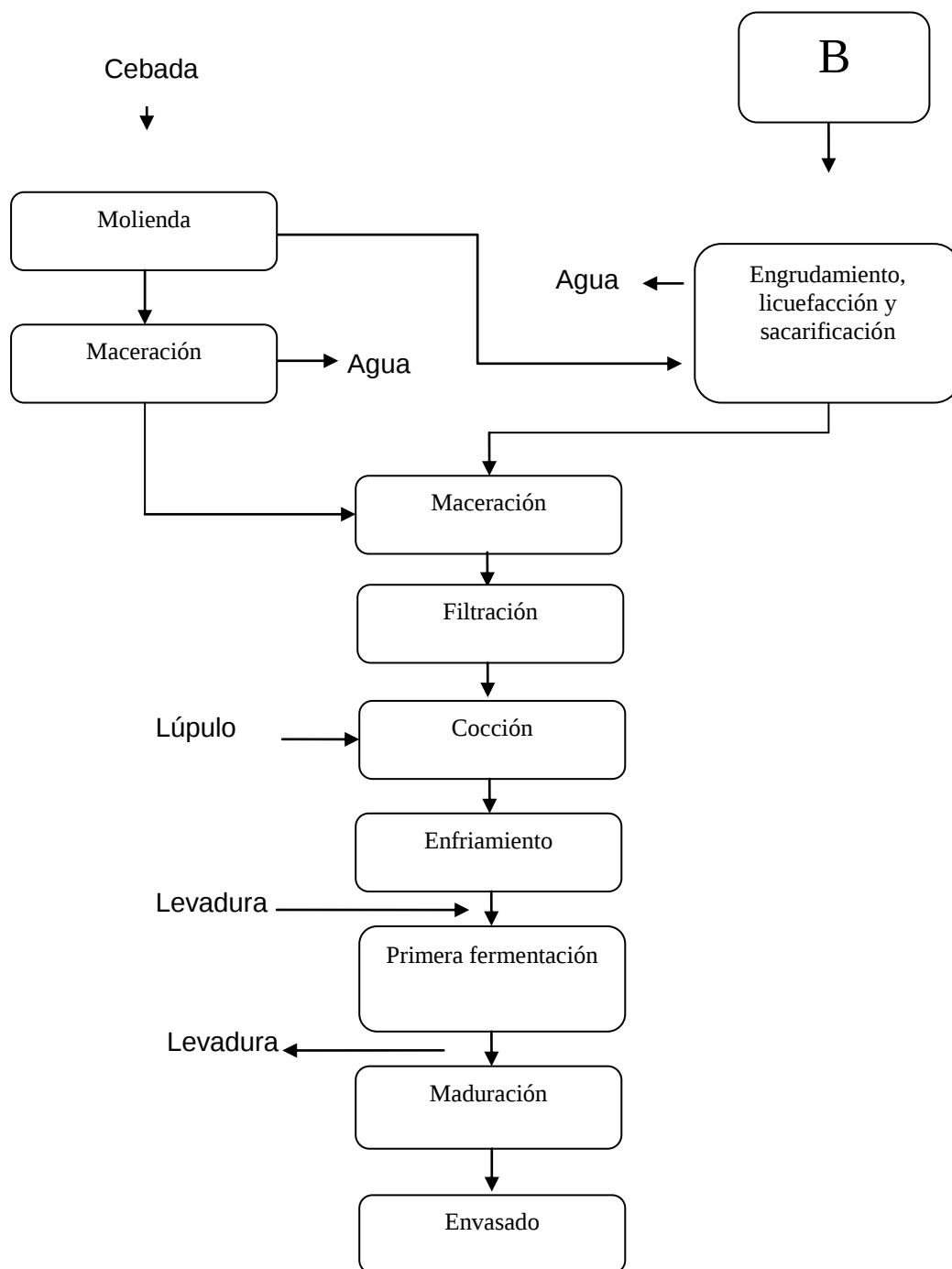


Figura 1.4 Diagrama de flujo del proceso de producción cerveza de banano verde

Fuente: Patricio Salazar y Xavier Jaramillo

1. **Lavado de Banano:** Se enjuaga el banano con agua para la eliminación de impurezas y suciedad.
2. **Lavado con cloro:** Se lo realiza para la desinfección del producto. Se utiliza una concentración de 1ppm de cloro al 70% en el cual se sumerge el producto por un periodo de 30 minutos.
3. **Enjuague:** Se lo realiza con agua potable para la eliminación de residuos de cloro que pudieran afectar al proceso de fermentación.
4. **El escaldado:** Se lo realiza para facilitar la operación de pelado del producto, y la extracción de pulpa. Se realizó en olla abierta utilizando agua a temperatura de 85°C por un tiempo de 5 minutos (11).
5. **Pelado:** Consiste en la separación física de la pulpa de la fruta de su cáscara.

6. **Triturado:** Consiste en convertir el banano en una pasta semilíquida para su posterior mezcla en la olla de adjuntos junto con la cebada.
7. **Molienda:** La molienda es un proceso mecánico, que tiene como fundamento el posibilitar a las enzimas de la malta que actúen sobre los componentes de esta última y que los desdoblen durante la maceración. Esto se logra reduciendo el tamaño de partícula del grano de cebada aumentando la superficie de contacto en que las enzimas podrán atacar el sustrato, sin afectar en lo posible la cáscara ya que posteriormente a la maceración se realiza la filtración del mosto, este es un proceso en que se requerirán las cáscaras como capa filtrante para aclarar el mosto.

Una cáscara seca se astilla fácilmente y, debido a la formación de pequeñas partículas por el astillado, se reduce fuertemente la capacidad de filtración de la cáscara. Si la cáscara es humedecida se vuelve más elástica, tanto más húmeda más elástica y se puede proteger más fácilmente, de esta manera se logra acelerar la etapa de filtración.

La importancia de la molienda se encuentra en que de esta etapa mucho dependerá el rendimiento de la etapa de maceración, en la actualidad es preferible el moler en húmedo. Se debe de tener cuidado de si se humedece el grano no hacerlo en exceso, ya que no se desea que se humedezca el endospermo, esto ocasionaría que el endospermo se oprima fuera de la cáscara.

También depende la molturación del grado de modificación de la malta ya que una malta bien modificada se muele fácilmente, las maltas mal modificadas son más duras y no se parten fácilmente, estas maltas incrementan la porción de molienda gruesa demorando el proceso de maceración, por lo tanto puede esperarse un rendimiento menor si éstas sémolas no son degradadas completamente.

La trituración de la cebada tiene influencia en la velocidad de filtración ya que tanto más fina sea la molienda menor será el volumen de la torta filtrante y menos porosa se vuelve prolongando la filtración del mosto, inclusive llegando al punto que no fluya el mosto. Todo esto es sólo considerable si no se cuenta con equipos de filtración modernos como es nuestro caso. Si se acondiciona, se debe de humedecer la malta antes

de la molturación en seco, se lo puede hacer con vapor saturado o agua a 30 a 35°C, uno a dos minutos previo a molerse.

8. Gelatinización o engrudamiento: La importancia de esta etapa radica en que se busca el aumento del área de acción en que las enzimas podrán actuar durante la maceración, aunque también a medida que se engruda la α -amilasas y las β -amilasas de la malta mezcladas en la templa secundaria comienzan a actuar atacando los enlaces de las cadenas de amilosa y amilopectina. El que el área de acción pueda aumentar es gracias a un proceso a través del cual el almidón aumenta de volumen debido a la adición de agua, así los granos de almidón unidos fuertemente entre sí, se hinchan y finalmente revienten. “Esto se logra a temperaturas de 90 °C que es la temperatura de máxima captación de agua por los almidones de la Musa Cavendish” (12), a temperaturas menores de 60°C la captación de agua se mantiene baja. Esta etapa se la realiza exclusivamente para acelerar la degradación del almidón de la Musa Cavendish ya que de lo contrario este proceso tomaría varios días, la temperatura de gelatinización dependerá del tipo de adjunto que se utilice. En la Figura 1.5 se puede apreciar fotografías del almidón

diferentes estados de la gelatinización a medida que aumenta la temperatura.

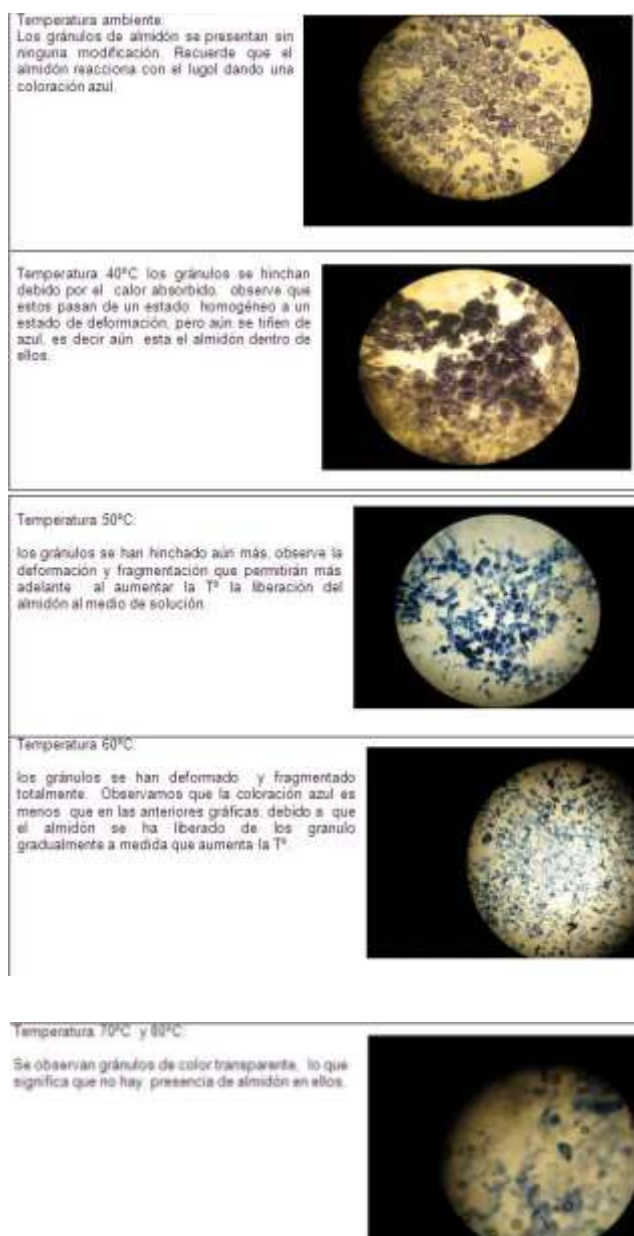


Figura 1.5 Gelatinización del almidón

FUENTE: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/202015/202015zip>

9. Maceración: Durante esta etapa el mosto se somete a distintas temperaturas con diferentes tiempos, con el principal propósito de convertir la mayor cantidad de sustancias insolubles en solubles, sustancias como el almidón en azúcares simples como maltosa, maltotriosa, sacarosa, glucosa y fructuosa para que sean degradadas por la levadura durante la fermentación.

Uno de los primeros compuestos a ser degradados durante la maceración es el β -glucano de alto peso molecular, el cual en estado soluble se encuentra distribuido de manera antiparalela pero también es posible encontrarlo de forma entrelazada, la endo- β -glucanasa es capaz de degradar estos filamentos finos, esta tiene una temperatura óptima de 40 a 45 °C, así se reduce la formación de geles. De igual manera a esta temperatura las proteínas de bajo peso molecular son degradadas por enzimas como la endopeptidasa, carboxipeptidasa, aminopeptidasa y dipeptidasa (1).

Durante esta etapa intervienen con mayor presencia las enzimas α -amilasas y β -amilasas, las primeras operan a

temperaturas óptimas de 72 – 75 °C quedando inactivada a los 80 °C, su pH óptimo es de 5.6 a 5.8. La β -amilasa actúa a temperatura óptima de 60 a 65 °C quedando inoperable a los 70 °C, su valor óptimo de pH es de 5.4 a 5.5. Las α -amilasas atacan las cadenas de amilosa y amilopectina convirtiéndolas en cadenas más cortas hasta obtener dextrinas de 7 a 12 glucosas, con cada disociación deja dos extremos expuestos que pueden ser atacados por las β -amilasas las cuales sólo pueden disociar de a dos residuos (maltosa). Debido a las diferentes longitudes de cadena se crean distintos tipos de azúcares entre estas glucosas y maltotriosas (1).

El ataque de las enzimas se detiene siempre de 2 a 3 residuos de glucosa antes de llegar al enlace α -1.6 glucosídico (Figura 1.6) de la amilopectina ya que estas enzimas no son capaces de desdoblar este enlace.

La malta también contiene dextrinasa límite, que es capaz de romper los enlaces las α -1.4-glucosídico y α -1.6-glucosídico pero su temperatura óptima de acción 50 a 60°C, apenas tiene efecto durante la maceración, a 70°C su acción es casi nula.

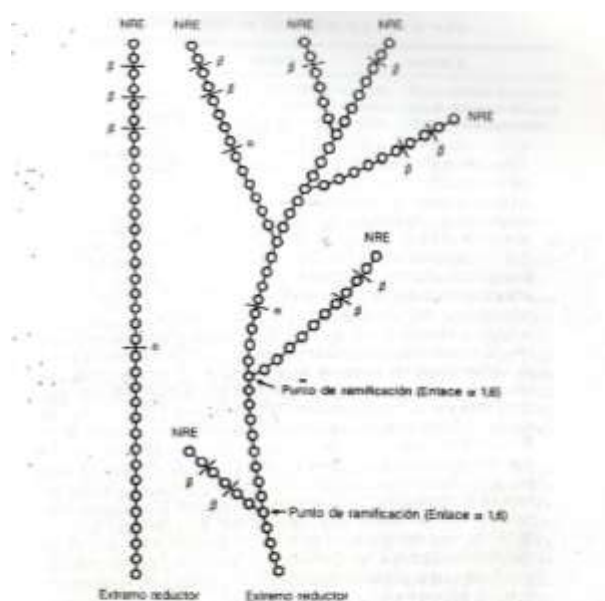


Fig. 1.7 Representación de las dos formas de almidón que se dan en la cebada (a) cadena lineal de amilosa y (b) amilopeptina ramificada. Cada círculo represen-

Figura 1.6 Representación de las formas de almidón que se dan en la cebada. Amilopeptina y amilosa.

FUENTE: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/202015/202015zip>

La comprobación de que el almidón se ha degradado por completo es a través de la prueba del yodo, dando como resultado una coloración azul a rojo si hay presencia de almidones o dextrinas mayores, mientras que los azúcares y dextrinas menores dan una coloración amarillo-marrón, esta prueba debe de ser realizada a temperatura de 20°C.

Al final de la maceración los porcentajes de azúcares fermentables de un mosto normal deberían encontrarse cercanos a las siguientes proporciones (TABLA 8).

TABLA8
AZÚCARES EN MOSTO

Azúcares fermentables	Porcentaje en extracto	g en 100 ml de mosto al 12%	porcentaje del extracto fermentable
Hexosas	7-9	0.9 – 1.2	11.9
Sacarosa	3-4	0.4-0.5	5.1
Maltosa	43-45	5.6-5.9	65.4
Maltotriosa	11-13	1.4-1.7	17.6
Total	62-68	Promedio 8.8	100.0

OGIA PARA CERVECEROS Y MALTEROS

Es importante para el cervecero el poder medir el grado de fermentación que tendrá la cerveza una vez finalizada la fermentación, por ejemplo:

Si se inicia la fermentación con 12% de extracto y al final de la fermentación se tiene 8% de extracto, esto quiere decir que un 66.7 % fue fermentado.

Para poder lograr un mejor entendimiento de esto, es importante tener claro conceptos como atenuación aparente y real.

El grado de atenuación aparente es medido en el fermentador y es realizada mediante hidrómetro, pero esto es tan sólo aparentemente correcto ya que la medida es alterada por el alcohol, se realiza esta medición con fines prácticos debido a la facilidad y rapidez del método.

La atenuación real es calculable en laboratorio por destilación del alcohol reemplazando esa cantidad perdida con agua. Se puede tomar como referencia una fórmula para cálculos rápidos con un factor empírico determinado por BALLING, en la cual la atenuación real (V_s) es igual a la atenuación aparente (V_w) multiplicada por el factor mencionado anteriormente (1).

Atenuación real = atenuación aparente x 0.81

$V_s = V_w \times 0.81$

También se la puede obtener por medio de un ábaco si se determina el porcentaje de extracto al inicio de la fermentación

y al final de la fermentación, uniendo los dos puntos con una línea se obtiene en la intersección el V_s y el V_w . (Figura 1.7)

Adicional se debe de calcular la atenuación límite por laboratorio, que es la cantidad máxima fermentable.

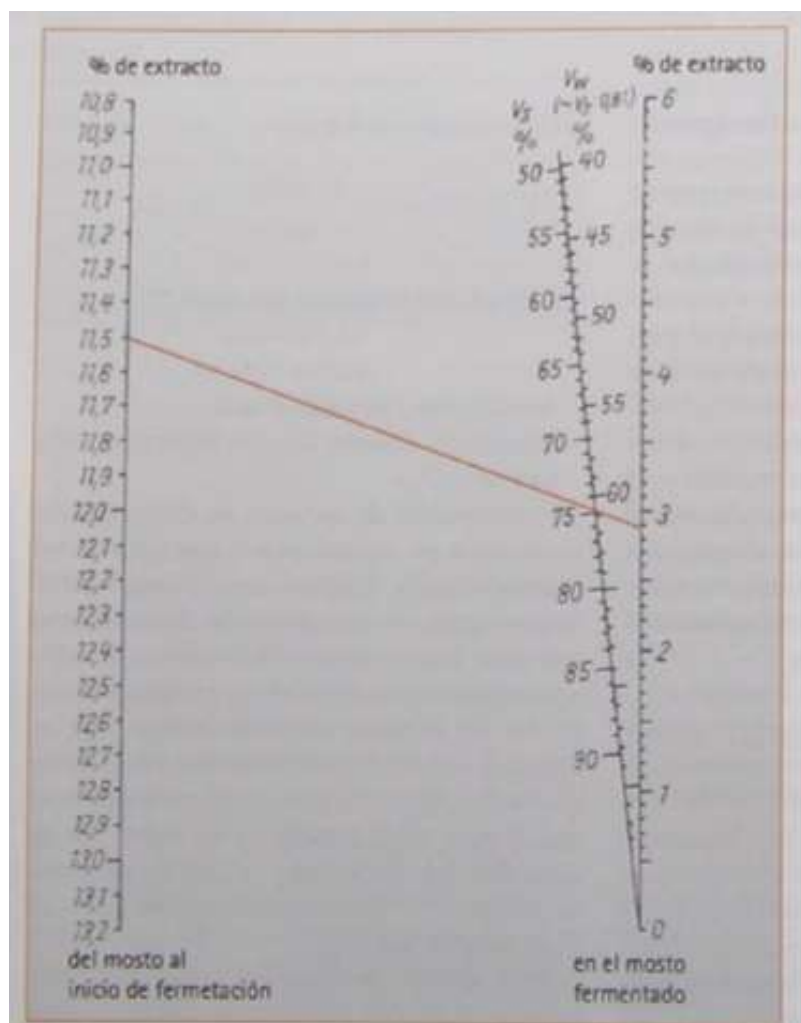


Figura 1.7 Ábaco (Nomograma)
FUENTE: TECNOLOGIA PARA CERVECEROS Y
MALTEROS

Se la establece a través de la acción de enzimas degradadoras de almidón. La atenuación límite para cervezas claras es 80 a 84%.

Es importante el conocer estos valores ya que al calcular los valores de atenuación límite y la atenuación al final de la maduración, previo al envasado, si vemos que la diferencia entre estos es grande puede ocasionar problemas de turbidez ya que una diferencia grande entre estos dos valores implica que aún existe extracto fermentable que puede ser usado por las levaduras ocasionando posibles problemas de turbidez, en general se trata en lo posible que estos valores sean iguales.

10. Filtración: Luego de la maceración tenemos sustancias solubles e insolubles, la solución acuosa se llama mosto y las partes no disueltas se denominan afrecho. El afrecho está compuesto por las cáscaras, los embriones y otras sustancias que no entraron en solución (1).

En la filtración las cáscaras cumplen el papel de material filtrante. El proceso de filtrado se realiza en dos etapas, la descarga del mosto principal y el lavado del afrecho para la extracción del extracto soluble aún remanente.

La filtración ocurre en una olla de fondo falso a través de la cuál quedan atrapadas las cáscaras y demás sustancias que no entraron en solución, éstas a su vez cumplen la función de material filtrante aclarando el mosto, al escurrir a través del afrecho algo de extracto queda atrapado. El mosto principal se lo hace con un 6% de concentración mayor a lo deseado, a efectos de realizar un lavado de los granos con una colada secundaria (agua caliente), de esta manera aprovecharemos los azúcares remanentes atrapados en el afrecho y podremos diluir hasta la cantidad de extracto deseada (1).

11. Cocción: Existen una serie de procesos durante esta etapa entre las más importantes están la disolución de componentes como el lúpulo, la precipitación de compuestos formados por proteínas y polifenoles, la esterilización del mosto, destrucción

de todas las enzimas y la evaporación de sustancias aromáticas indeseadas (1).

La adición de lúpulo en esta etapa es importante ya que aportará el contraste amargo al dulce obtenido en la etapa de maceración. Se debe de hacer en esta etapa puesto que las α -ácidos son insolubles en mosto frío.

Ocurre una isomerización de la α -ácido durante la cocción, éstos ante la acción de la temperatura se convierten en α -ácidos solubles, aunque no de manera completa. Tan sólo una tercera parte de los α -ácidos se convierte en compuesto iso (1).

El tiempo que permanecen los α -ácidos durante la cocción también determina su aprovechamiento, siendo los que añaden inicialmente los que logran el mayor rendimiento.

Hay que considerar que la esencia del lúpulo es volátil mientras se cuece, dependiendo del origen del lúpulo éstos

tienen aromas diferentes, es por ello que ciertos cerveceros tratan de preservar este aroma durante la cocción para atribuir estas cualidades a la cerveza posteriormente, es por esto que algunas cervecerías añaden el mejor lúpulo el más aromático al finalizar la cocción (1).

Otro factor de importancia que ocurre con la cocción es la precipitación de sustancias albuminoideas de alto peso molecular, éstas tienen tendencia a formar compuestos con los polifenoles (taninos).

La precipitación se ve favorecida por el tiempo de cocción, y si el mosto es cocinado bajo presión la floculación de estos se acelera, la agitación también mejora la reacción entre las sustancias albuminoideas y los polifenoles, valores de pH de 5.2 son óptimos para la floculación de estas sustancias, es por esto que se controla el valor de pH durante la cocción (1).

Tampoco es deseable el eliminar por completo estas sustancias ya que se las relaciona con la retención de espuma en la cerveza.

Otro proceso importante que ocurre es la esterilización del mosto, ya que muchas bacterias y mohos se encuentran en la malta, esta debe ser esterilizada ya que podrían poner agria la cerveza, luego de esta etapa es necesario tomar precauciones desde el punto de vista microbiológico. Además se destruyen enzimas por acción de temperatura.

El pH desciende ligeramente durante la cocción debido a que pasan compuestos ácidos del lúpulo y debido a la creación de melanoidinas producto de la reacción de azúcares con aminoácidos.

Hay sustancias de importancia que deben de ser eliminadas durante la cocción, pero sobre el que mayor cuidado se toma es sobre el precursor del DMS (dimetilsulfuro), ya que el DMS atribuye un sabor a verduras en la cerveza. Con el aumento de la temperatura se mejora la disociación térmica del precursor del DMS, la S-metilmeteonina (1).

12. Enfriamiento: Se debe de enfriar el mosto una vez terminada la cocción a una temperatura de 25°C para poder inocular la levadura, para esto se usa un intercambiador de calor, uno de los intercambiadores recomendables es el de placas el cual está compuesto por placas delgadas de cobre, una entrada de agua fría con su salida, y una entrada de mosto con su salida, los cuales se los opera en contra corriente para mayor eficiencia del equipo (Figura 1.8). La eficiencia dependerá de varios factores como la temperatura de ingreso del agua, la temperatura de ingreso del mosto, y el caudal de agua.

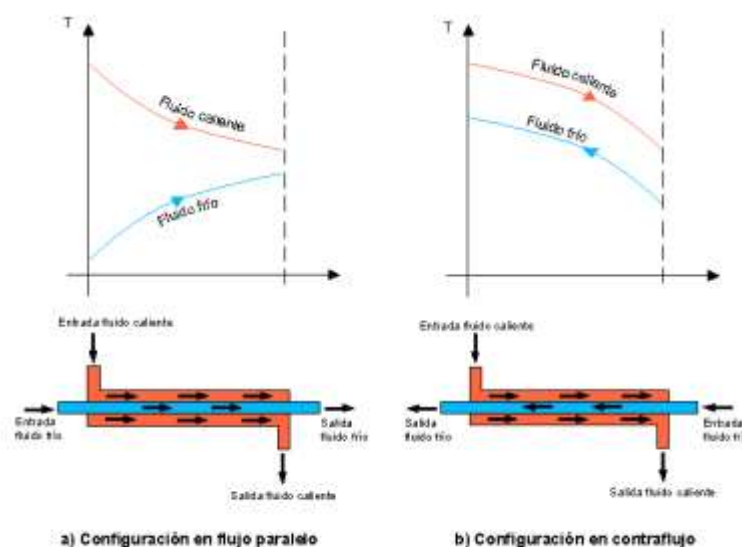


Figura 1.8 Intercambiador de calor flujo paralelo y contracorriente

FUENTE: [HTTP://WWW.TELECABLE.ES/PERSONALES/ALBATROS1/CALOR/TRANSFERENCIA_DE_CALOR_07_INTERCAMBIADORES.HTM](http://www.telecable.es/personales/albatros1/CALOR/TRANSFERENCIA_DE_CALOR_07_INTERCAMBIADORES.HTM)

13.Fermentación: Durante esta etapa la levadura entra a un medio inicialmente agresivo para ella, pues posee un distinto pH, alta concentración de azúcares, diferente temperatura. Rápidamente se acostumbra pero antes de comenzar a utilizar los sustratos del medio utiliza aminoácidos de reserva que le dan la primera energía.

Al encontrar una sobreoferta de azúcares y oxígeno disuelto da inicio a la respiración acumulando energía en las mitocondria. Una vez acabado el oxígeno disuelto inicia otro camino metabólico el de la fermentación mientras a la par de reproduce por gemación, en este punto hay una intensa actividad en la cual son convertidos los azúcares contenidos en el mosto a etanol y dióxido de carbono, los cuales son venenos celulares (1).

Una vez acabados los nutrientes, la levadura comienza a flocular, este es el momento oportuno para cosecharlas, se entiende que en este punto los nutrientes se han acabado y la levadura comienza a usar su energía de reserva excretando productos metabólicos y enzimas que afectan a la calidad de

la cerveza, finalmente acabadas sus reservas las levaduras se disuelven producto de las enzimas de digestión liberando su interior a la cerveza (autólisis), esto debe de evitarse ya que varía el pH en la cerveza así como su sabor.

Entre las transformaciones de importancia que intervienen en este proceso se encuentran la disminución de pH bajando hasta a 4.2 – 4.4 debido a la formación de ácidos orgánicos, la disminución del pH también ayuda a que los compuestos amargos y taninos alcancen su punto isoelectrico precipitándose (1).

Inicialmente el mosto se encuentra a una temperatura de 25°C al inicio de la fermentación para efecto de que la levadura se acostumbre a su medio, posteriormente dependiendo del tipo de levadura la temperatura de fermentación variará entre 8 a 9 °C para fermentación en frío y desde 10 a 15°C para fermentación en caliente (1).

14. Maduración: Previo al comienzo de esta etapa la levadura es extraída casi en su totalidad desde el fondo por el cono del

fermentador, se realiza tan sólo una separación por medio físico ya que se remueve tan sólo la levadura sedimentada en el fondo del fermentador.

La maduración en lo posible se la realiza a altas temperaturas ya que ayudan a la degradar compuestos como el diacetilo, se recomienda temperaturas de 18 °C en cervezas de fermentación baja, el diacetilo es responsable del sabor a cerveza verde (1).

15. Envasado: La cerveza comúnmente es envasada en recipientes de vidrio, aunque no se limita a estos pues cada vez son más comunes los recipientes plásticos y los de aluminio. Las ventajas del vidrio como recipiente son:

- Es impermeable al gas.
- Es neutral al sabor.
- Resistente a las altas temperaturas.
- Indeformable.

Es importante la tonalidad de la botella ya que esta protege a la cerveza de la luz solar. Las longitudes de onda que se

encuentran entre los 350 – 500 nm son las que la afectan de manera particular, esto se debe a que se crea en presencia de esta un compuesto llamado mercaptano que es disociado a partir de una cadena lateral del α -iso-ácido del lúpulo, este sabor se marca con mayor intensidad mientras más tiempo permanezca la cerveza expuesta, se le conoce este defecto como sabor asoleado. Las botellas de vidrio que mejor protegen a la cerveza son las de color ámbar, claro que no las protegen en su totalidad (1).

Las botellas deberán de ser pre-tratadas con agua con la finalidad de encontrarse a una temperatura similar a la cerveza a envasar, para evitar que al ser juntadas la diferencia de temperatura entre ambas ocasione espumado en las bebidas que contienen CO₂, así se evitan mermas y problemas en el envasado (1).

En el gráfico a continuación (Figura 1.9) podemos apreciar en el eje de las Y en porcentaje la transmisión de la luz a través de distintos colores de vidrio que poseen un espesor de 2mm, mientras que en el eje de las X se puede ver el rango del

espectro de la luz en nanómetros comenzando en los rayos UV (violeta), la luz visible (color verde) y los IR (naranja) (1).

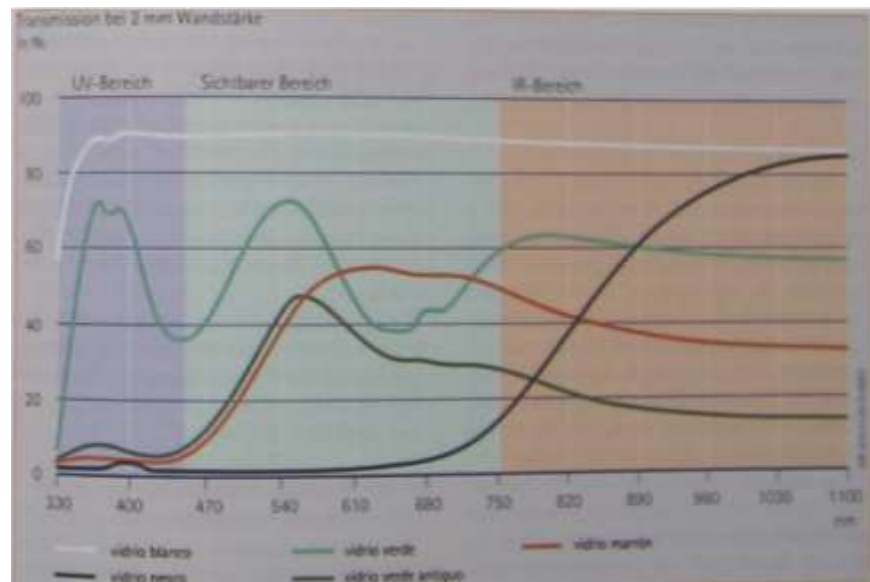
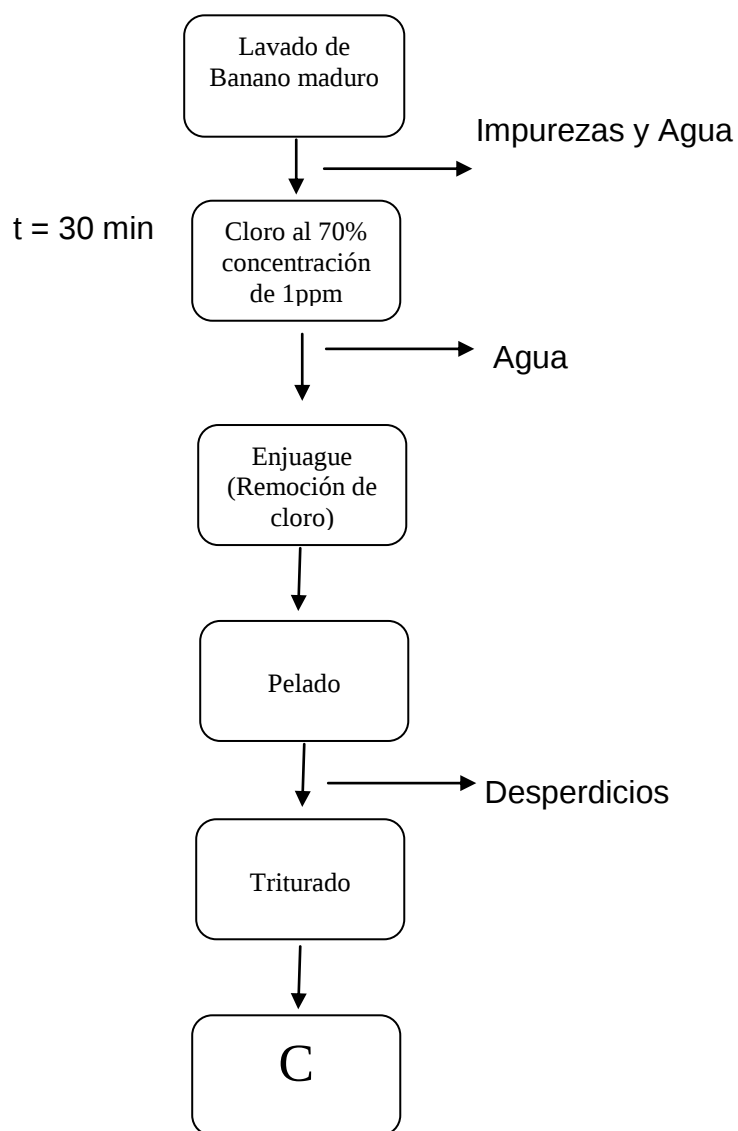
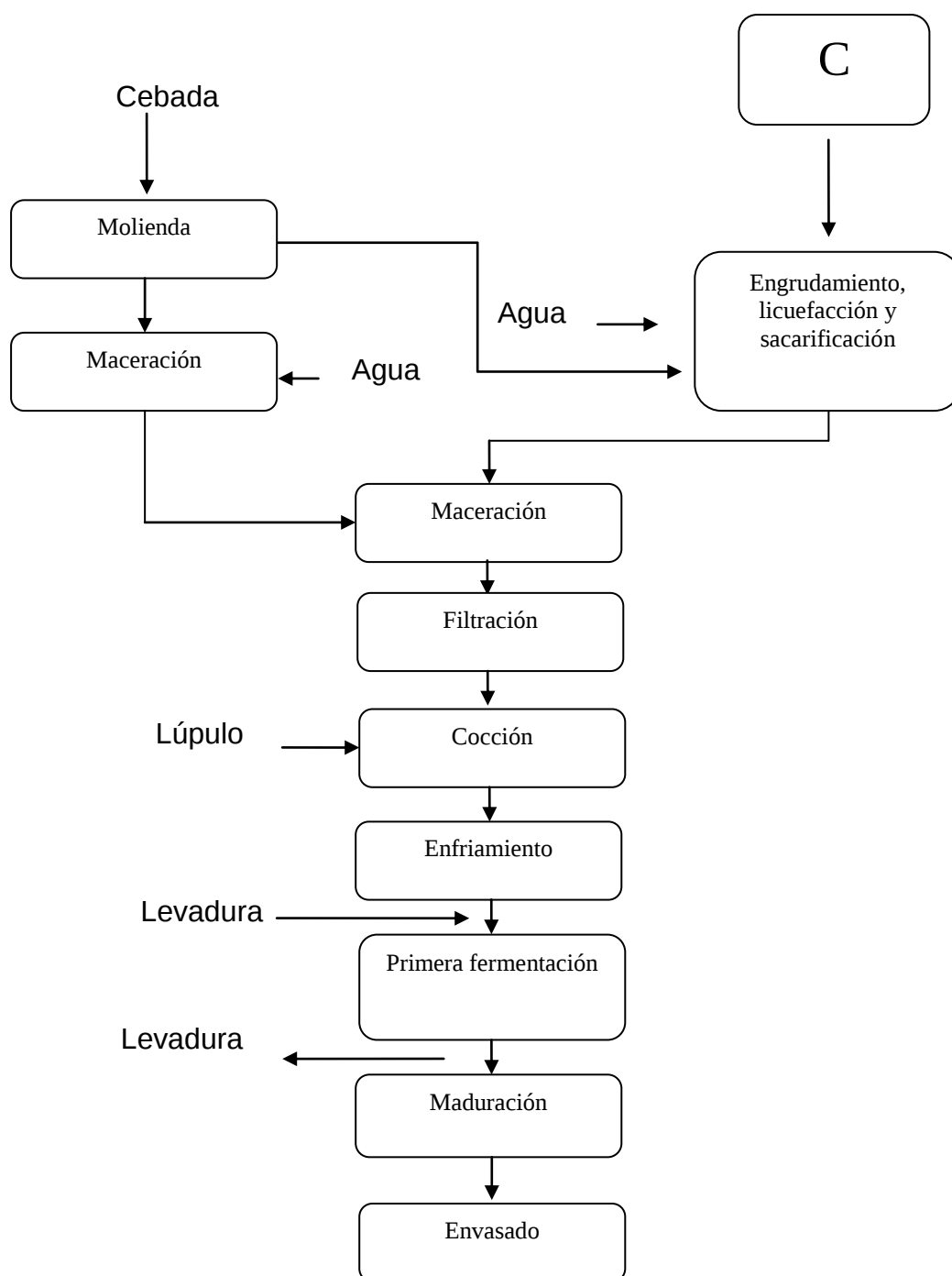


Figura 1.9 Diafanidad de rayos de luz diferentes longitudes de onda, en dependencia del color de vidrio.

FUENTE: TECNOLOGIA PARA CERVECEROS Y MALTEROS

1.3.2. Diagrama de flujo del proceso de producción de cerveza banana maduro





**Figura 1.10 Diagrama de flujo del proceso de producción
cerveza de banano maduro**

Fuente: Patricio Salazar y Xavier Jaramillo

La única etapa que difiere del banano verde con el banano maduro es la etapa del escaldado, que no es necesaria para el banano maduro.

1.4 Objetivos

Objetivos generales

- Obtener una cerveza que use como adjunto banano, como posible sustituto al uso de arrozillo.
- Establecer los parámetros de proceso para el desarrollo de una cerveza de banano estableciendo tiempos, temperaturas y pH.

Objetivos específicos

- Encontrar con cuál de las distintas proporciones que entraran en mezcla la cebada y el banano maduro o banano verde se obtiene el mejor rendimiento.
- Determinar la relación entre cebada, banano para obtener una cerveza con características organolépticas agradables.

- Realizar el análisis de costos directos de las materias primas de las cervezas que sensorialmente resulten las más agradables, y tomando en cuenta el rendimiento obtenido escoger cuál de las formulaciones es la más conveniente para su desarrollo industrialmente.

CAPÍTULO 2

2. PROCESOS BIOQUÍMICOS

Para la transformación de cerveza, los azúcares contenidos en el mosto deben ser fermentados por las enzimas de la levadura, a etanol y dióxido de carbono. La TABLA 9 hace referencia a los componentes típicos del mosto, este presenta una gran variedad de nutrientes como azúcares, aminoácidos, sustancias nitrogenadas, sales minerales y vitaminas que son utilizados por la levadura para su crecimiento y multiplicación e iniciar el proceso de fermentación. Cada uno de estas sustancias proporcionan distintos procesos metabólicos para formar sub-productos que influyen notablemente en el sabor, olor y otras propiedades características de la cerveza, por ejemplo el consumo de azúcares produce energía y son utilizadas en vías metabólicas, como reacciones de biosíntesis. (2)

TABLA 9 COMPOSICIÓN TÍPICA DEL MOSTO

COMPOSICION TIPICA DEL MOSTO	
SUSTANCIA	CANTIDAD (g l⁻¹)
Fructosa	2.1
Glucosa	9.1
Sacarosa	2.3
Maltosa	52.4
Maltotriosa	12.8
Carbohidratos no fermentables	23.9
Nitrógeno total	0.8
Aminoácidos Totales	1.65
Componentes fenólicos totales	0.25

FUENTE: BIOTECNOLOGIA DE LA CERVEZA Y MALTA

Las reacciones de fermentación se pueden dividir en reacciones de fermentación principal y reacciones de maduración lo cual realmente es un proceso continuo. (1)

Esta etapa es de suma importancia, debido al metabolismo de las levaduras, porque forman productos secundarios pues estos serán nuevamente fermentados de forma parcial y estos son los que determinan de manera decisiva, juntos a otros componentes como el lúpulo, el sabor y el aroma de la cerveza (1).

La cepa de levaduras cerveceras son anaeróbicos facultativos que pueden metabolizar glucosa y otros azúcares en condiciones tanto anaeróbicas

como aeróbicas. En condiciones anaeróbicas solo es posible la fermentación. En el desarrollo de la fermentación, en presencia de altas concentraciones de oxígeno, la levadura tiende a reproducirse mediante respiración aeróbica, por lo que el consumo de azúcar es bajo y el proceso de fermentación se ve fuertemente restringido (efecto Pasteur), por otro lado el azúcar en concentraciones mayores a 0.1g/l permiten el proceso de fermentación de la levadura, debido a que el complejo de enzimas de respiración es inhibido (efecto Crabtree) (1).

2.1. METABOLISMO DE AZÚCARES

El consumo de azúcares por parte de la cepa *saccharomyces* ha sido el estándar más utilizado en el proceso de fermentaciones industriales. El control del consumo del azúcar es complejo y altamente regulado.

Cuando se presentan una mezcla de azúcares asimilables, las levaduras tienen mecanismos para seleccionar, en primer lugar aquellos que son más fácilmente utilizables, los azúcares simples provenientes de la etapa de maceración como maltosa, maltotriosa, sacarosa, glucosa y fructuosa son utilizados por la levadura tanto por la vía aeróbica como anaeróbica para su producción posterior a etanol y CO₂.(1)

2.2. VIA GLICOLÍTICA DE LA FERMENTACIÓN ALCOHOLICA

La glucólisis, o la vía de Embden-Myerhof-Parnas, es la principal vía catabólica de azúcares, es la primera etapa de la fermentación alcohólica, para su destino final que es la producción de etanol. Se opera bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas, es la ruta por la cual aproximadamente el 70% de azúcares hexosa exógenos se asimilan. (13)

La vía cataliza la conversión de una molécula de glucosa en dos moléculas de piruvato. La enzima piruvato descarboxilasa se separa en CO_2 y el resto en acetaldehído, entonces el alcohol deshidrogenasa transforma el acetaldehído a etanol. (Figura 2.1). “La Importancia de esta vía se refleja en el hecho de que las enzimas glucolíticas comprenden $30 \pm 65\%$ de la reserva total de proteína soluble” (13).

La fermentación alcohólica se puede resumir con la ecuación de Gay-Lussac (Figura 2.2).

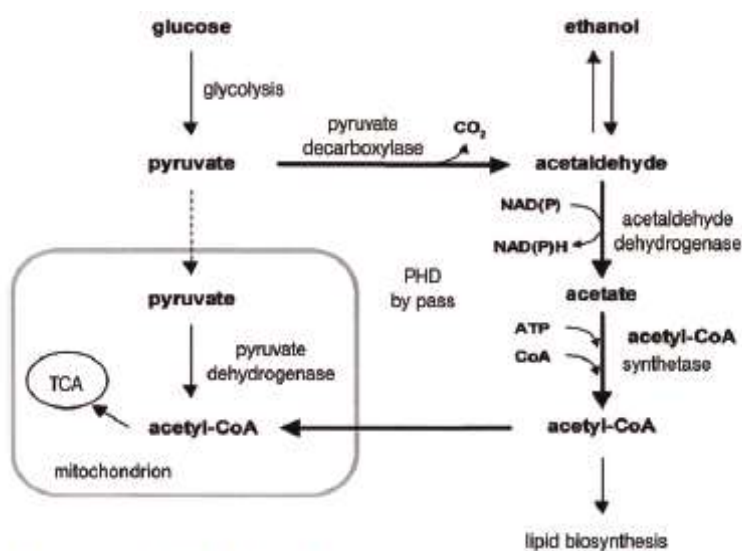


Figure 5.3 Aerobic and anaerobic fate of glucose [49].
PDH = pyruvate dehydrogenase; TCA = tricarboxylic acid.

FIGURA 2.1 ESTADOS AERÓBICOS Y ANAERÓBICOS DE LA GLUCOSA FUENTE: BREWING SCIENCE AND PRACTICE

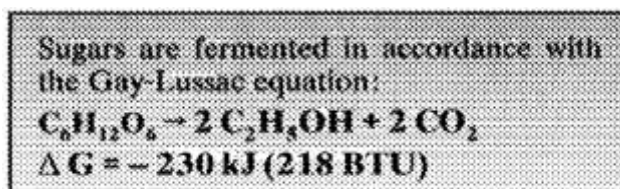


FIGURA 2.2 ECUACION DE GAY-LUSSAC FUENTE: TECNOLOGIA PARA CERVECEROS Y MALTEROS

“Esta ecuación indica que la glucosa rinde 2 en pesos iguales de dióxido de Carbono y Etanol, adicional la energía para realizar actividades celulares” (2).

2.3. METABOLISMO DE AMINOACIDOS

Para la formación de nuevas sustancias celulares, se requiere mucha fuente de nitrógeno, los cuales se encuentran presentes en el mosto en forma de aminoácidos. Los aminoácidos son absorbidos por la levadura en una determinada secuencia, solo los de bajo peso molecular de hasta cuatro átomos de carbono, son utilizados por la levadura por ser de fácil asimilación (1).

Para la levadura es importante aquí el grupo libre NH_2 , el grupo amino, el cual extrae y utiliza para la formación de proteínas propias de la célula. Una medida para un buen abastecimiento de aminoácidos es un contenido de 200 a 230 mg/l de α -amino nitrógeno libre FAN. (Referido en un mosto al 12%) (1).

La absorción de los aminoácidos del mosto ocurre a través de las proteínas de los poros de la pared celular, estos son enviados a un pool externo donde son enriquecidos y posteriormente a un pool interno en el cual por transaminación ocurre la conversión e incorporación de las proteínas a la célula.

El metabolismo de aminoácidos es de suma importancia ya que muchos productos provenientes del metabolismo son devueltos a la

cerveza, con esto pudiendo influenciar a las características finales del producto como la retención de espuma y otros factores.

El grupo amino se usa para la formación de proteínas, este pasa a α -cetoácido por desaminación, que es la extracción del grupo amino, seguidamente ocurre la descarboxilación que es la extracción de oxígeno y CO_2 producido, queda un alcohol superior que nuevamente es excretado como productos de fermentación secundaria representado en la (Figura 2.3)

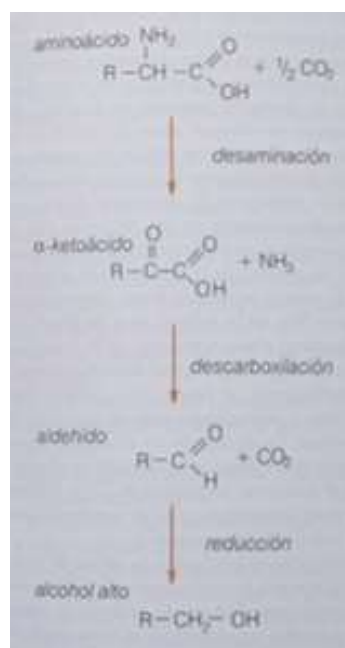


FIGURA 2.3 METABOLISMO PROTEICO

FUENTE: TECNOLOGIA PARA CERVECEROS Y MALTEROS

2.4. PRODUCCIÓN DE MOLECULAS AROMATIZANTES

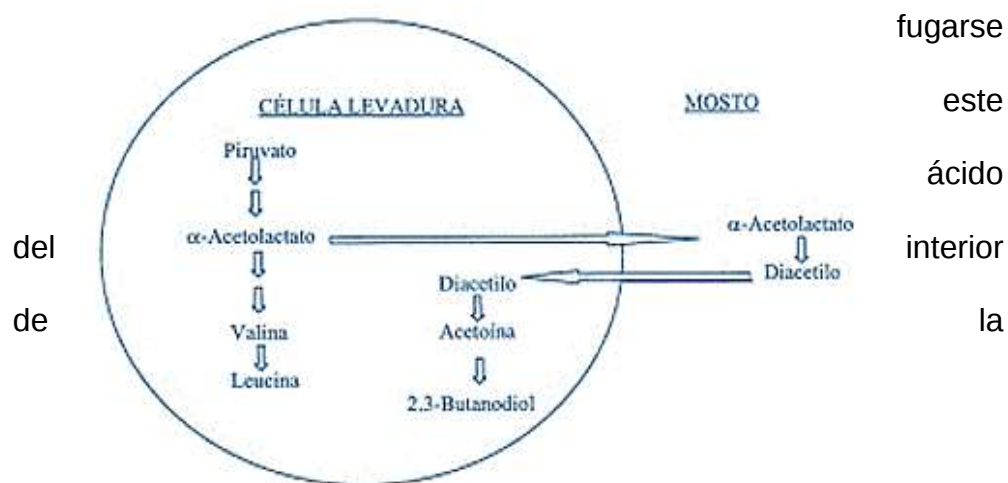
Durante el proceso de fermentación ocurren una serie de productos de metabolismo hechos por la levadura de cerveza. Estos son denominados productos secundarios de fermentación, que son los

que tienen una influencia decisiva sobre la calidad de la cerveza. Para esto el metabolismo de la levadura y la formación de estos productos se los considera de forma conjunta, entre los principales están el diacetilo, alcoholes superiores, esteres, aldehídos y compuestos sulfurosos. (1)

El diacetilo, aldehídos y compuestos sulfurosos pertenecen a sustancias de bouquet en la cerveza verde, que le otorgan un sabor y olor impuro, joven, que en altas concentraciones afectan la calidad de la cerveza, estas pueden ser reducidas hasta límites imperceptibles en etapas de fermentación y maduración por medios bioquímicos.(1)

El Diacetilo (2-3 butanodiona) es la substancia bouquet de la cerveza más importante, debido a que al exceder el índice de perceptibilidad origina un sabor dulzón, amargo, hasta desagradable, en altas concentraciones produce un sabor a manteca.(14)

Su formación comienza a partir del ácido pirúvico formado en glucolisis y el acetaldehído, que son transformados en ácido α -acetoláctico (o α -Acetolactato) dentro de la célula de la levadura. Al



levadura, por descarboxilación es transformado en diacetilo (Figura 2.4).

FIGURA 2.4 FORMACION DEL DIACETILO
FUENTE:- REVISTA MASH

Su degradación y formación se desarrolla durante el proceso de maduración este se lo considera un indicador de grado de maduración de una cerveza. (14)

Por lo general, la percepción en exceso de diacetilo se acompaña con una sensación en boca como grasosa o pegajosa (slipperiness) y su apreciación aumenta a medida que la cerveza va perdiendo el frío. Los alcoholes superiores y ésteres son las que forman la esencia y aroma, siendo una precondition de una cerveza de calidad, estas a diferencias del diacetilo no pueden ser removidas por medios tecnológicos (14).

Los alcoholes superiores o “aceite de fusel” tienen el umbral de percepción entre los 50 y 100 miligramos por litro en cervezas de fermentación de fondo (estas levaduras producen menos subproductos) y entre los 100 y 150 miligramos por litros en cervezas de fermentación de superficie (15).

Los alcoholes superiores están presentes en una cerveza joven o verde donde ocurre una fermentación vigorosa (presencia de espuma) estos son aromas que acaban finalmente como componentes en la cerveza (Figura 2.5), durante las primeras etapas de la fermentación hay un incremento en la producción de alcoholes superiores luego en la siguiente fase su contenido no varía, según literatura (16).

Unas de la vías de formación de los alcoholes superiores, es que la mayoría son sintetizados del azúcar por la vía del acetato, alrededor del 80% son formados en la primera fermentación, la producción de estos aumenta por incrementos en la temperatura de fermentación, y el otro por incrementos en la concentración del mosto mayor a los 13 °P.

4.1.2.7 Evaluation of the aroma compounds in beer (according to Miedaner)

Aroma compound	Concentration range mg/l	Flavour threshold mg/l	Aroma impression
Higher alcohols:			
2-methyl propanol	5–20	10–(200)	alcohol
2-methyl butanol	10–20	10–(65)	alcohol, solvent
3-methyl butanol	35–70	30–(70)	alcohol, banana
2-phenylethanol	10–20	28–(125)	roses
	30–50		(in wheat beer)

FIGURA 2.5 ALCOHOLES SUPERIORES EN CERVEZA
FUENTE: TECNOLOGIA PARA CERVECEROS Y MALTEROS

El contenido de ésteres es el componente más importante para el aroma en una cerveza, esto se ve fuertemente influenciado por la calidad de mosto.

La presencia de ésteres en las etapa de maduración influye mucho en el sabor final de la cerveza, en la fase de maduración depende también

de la composición del mosto elaborado, mostos con grandes cantidades de glucosa y fructuosa poseen más esteres que los que contienen altas cantidades de maltosa, los esteres son responsable del carácter afrutado de bebidas fermentadas (Figura 2.6).

Existen alrededor de 60 diferentes esteres contenidos en una cerveza sin embargo solo 6 son los más importantes para las propiedades de aroma en la cerveza estos son:

- Acetato de etilo
- Acetato de isoamilo
- Acetato de isobutilo
- Acetato Beta fenilo
- Caproato etílico
- Caprilato de etilo

Los componentes sulfurosos como el ácido sulfúrico, mercaptanos y otros productos en pequeñas concentraciones tienen un fuerte olor y sabor, resultados de la fermentación de la levadura también estos ocurren como resultado de una infección por bacterias termoresistentes que producen el mismo efecto, uno de los componentes más considerados es el Dimetilsulfuro (DMS) ya que la levadura no puede

remover el mismo DMS formado del mosto, aunque permanezca una cantidad residual algunos pueden ser eliminados en el gas de fermentación y en algunos casos más se pueden formar por la reducción de sulfóxido de dimetilo en general esto puede ser controlado por la cantidad presente en el mosto. (16)

Aroma compound	Concentration range mg/l	Flavour threshold mg/l	Aroma impression
Esters:			
ethyl acetate	5–30	25–30	fruity, boiled sweets
isobutyl acetate	0.1	0.4–(1.6)	fruity, banana
isoamyl acetate	0.5–2.5	1–1.6	fruity, banana
ethyl butyrate	0.3	0.4	papaya, apple
ethyl hexanoate	0.1–0.3	0.12–0.23	apple, fruity
ethyl dodecanoate	0.02	3.5	soapy, estery
ethyl lactate	0.1–0.5	250	fruity, strawberry
	0.4–0.8		(biolog. acidification)
Organic acids:			
butyric acid	0.2–0.6	1.2–2.2	cheesy, rancid
isovaleric acid	0.5–1.2	1.5–1.6	cheesy, old hops
octanoic acid	3–10	10–13	oily
decanoic acid	0.8	10	rancid
dodecanoic acid	0.1–0.5	6	soapy
Vicinal diketones:			
diacetyl	0.1	0.10–0.15	sweet, unpleasant
acetoin	3	8–20	fruity
Sulphur compounds:			
Dimethyl sulphide	0.03– 0.12	0.10–0.12	vegetables, musty

FIGURA 2.6 SUSTANCIAS AROMATICAS EN LA CERVEZA

FUENTE: TECNOLOGIA PARA CERVECEROS Y MALTEROS

CAPÍTULO 3

3. INGENIERÍA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1 Definición del perfil sensorial del producto

Para escoger las características sensoriales con las cuales haremos nuestra cerveza se realizó un panel sensorial mediante una encuesta (ANEXO A) con las cervezas actuales más consumidas y conocidas del mercado ecuatoriano, al encontrar las cualidades deseadas por el público trataremos de igualar o mejorar sus características. Para esto se fijó como tamaño de muestra, para el estudio, la población de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, el tamaño de la muestra fue de 104 personas a las cuales se les pidió califiquen 5 cervezas lager diferentes, primeramente se les pidió calificar de acuerdo al nivel de agrado y luego se pidió escojan cual es la cerveza que más les agrado.

De esta muestra 69 fueron hombres y 35 mujeres, las cervezas evaluadas fueron Pilsener light, Pilsener, Budweiser, Brahma y Club Premium.

3.1.1 Prueba de Escala Hedónica

Las pruebas de escala hedónica se utilizan para evaluar la aceptación o rechazo de un producto determinado en donde el juez expresa su reacción subjetiva y lo informa de acuerdo a una escala verbal-numérica que va en la ficha, aunque su realización pueda parecer rutinaria, el planteo es muy complejo y debe hacerse con rigor para obtener datos significativos.

Se lo utiliza para determinar si el producto es el idóneo para el consumo en un grupo de población, si es competitivo con otros ya existentes.

Se lo realiza con panelistas inexpertos o con solamente consumidores, pueden ser elegidos, al azar o bien seleccionados por aspectos concretos: edad, sexo, capacidad económica, hábitos sociales o de consumo, etc.; a estos

individuos se les puede abordar en la calle, citarlos en un estudio o sala donde se les hará la prueba.

Análisis estadístico para prueba sensorial

Para el análisis de los datos se usó el método paramétrico ANOVA debido a que el tamaño de muestra n fue mayor a 30.

Según el Teorema del Límite Central (Figura 3.1) cuando el n de la población es grande, la suma de estas variables aleatorias e independientes se aproxima a una distribución normal, bajo este concepto no es necesario hacer pruebas de normalidad ni usar métodos no paramétricos.

Teorema del límite central: Sea $X_1, X_2, \dots, X_n$ un conjunto de variables aleatorias, independientes e idénticamente distribuidas con media μ y varianza $0 < \sigma^2 < \infty$. Sea

$$S_n = X_1 + \dots + X_n$$

Entonces

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \Pr \left(\frac{S_n - n\mu}{\sigma\sqrt{n}} \leq z \right) = \Phi(z).$$

Figura 3.1 Teorema del límite central

http://es.wikipedia.org/wiki/Teorema_del_l%C3%ADmite_central

3.2 Caracterización de cerveza artesanal a partir de adjunto de banano.

Una vez finalizado el panel sensorial y analizados los datos estadísticamente, se concluyó que la cerveza de mayor agrado eran la Budweiser y la Pilsener Light pero se escogió la segunda debido a su menor costo de producción, mediante análisis realizados a la cerveza Pilsener Light gracias a análisis periódicos, elaborados a las cervezas del mercado ecuatoriano, podemos encontrar que posee las siguientes características, las cuales serán nuestra guía para crear una cerveza de banano con similares atributos(Tabla 10).

TABLA 10

Análisis Físico - Químico (Pilsener Light)

Marca		Pilsener Light	Pilsener Light	Pilsener Light
		2011	2011	2011
Mandatory analysis				
Original Extract	(°P)	8,08	7,95	8,23
Alcohol by Volume	(ml/100 ml)	3,32	3,26	3,37
Apparent Extract	(°P)	1,69	1,66	1,75
pH		4,21	4,11	4,22
Colour	(EBC)	5,58	5,21	5,89
Bitterness	BU	12,2	12,2	12,9
CO ₂	(g/l)	0,57	0,55	0,57
Haze 0°C (90° Scatter)	(EBC)	0,43	0,47	0,13
Foam Nibem 3 cm	(s)	233	246	221
Total Diacetyl	(ppb)	26,12	32,41	13,73

Fuente: Análisis realizados por AMBEV Ecuador

3.3 Métodos.

El método de maceración a seguir es el de dos maceraciones, en la cual se realizan dos cocciones paralelamente. Ambas templeas siguen curvas de maceración independientes, pero una de las templeas es añadida a la otra en un punto del proceso, luego de este paso se eleva la temperatura de la mezcla hasta un descanso de 75°C, para finalmente elevar la temperatura de la mezcla hasta hervor.

3.3.1. Análisis físico – químicos.

Determinación de pH

Se realizó la determinación de pH de acuerdo a la normativa NTE INEN 2 325:2002. (Anexo B)

Determinación de extracto aparente

La determinación del extracto aparente se la realizó por método instrumental con un equipo NIR AntonPaar. (Anexo C)

Determinación de color (EBC)

El método para determinar el color fue tomado de la American Society of Brewing Chemist (ASBC), método

espectrofotométrico de color por medio de un equipo NIR AntonPaar.

Determinación de amargor (IBU)

El método para determinar el amargor fue tomado de la American Society of Brewing Chemist (ASBC), método espectrofotométrico de color por medio de un equipo NIR AntonPaar (Anexo D).

Determinación de alcohol

Se realizó la determinación de alcohol de acuerdo a la NTE INEN 2 322:2002, método instrumental para determinar alcohol con un equipo AntonPaar. (Anexo E)

Determinación de grados Brix

Se realizó la determinación de los grados Brix en el mosto mediante el método de análisis AOAC 945.30 B, señalado en la normativa INEN.

Análisis sensoriales

El objetivo es evaluar la calidad sensorial de la cerveza como producto envasado a través de la observación de características negativas y/o desvíos significativos del perfil sensorial patrón. El criterio para la calificación de la cerveza fue realizado en base al (ANEXO F), la cual es usada en AMBEV Ecuador.

3.4 Caracterización de materias primas para preparación de cerveza de banano

Agua

El agua utilizada en la elaboración de la cerveza es obtenida del suministro de agua potable.

Malta de cebada

La malta de cebada utilizada es la Château Pilsen de color claro, es una variedad europea de origen belga. Esta malta es provista por la Sociedad Ecuatoriana de Cerveceros Artesanales (SECA) (ANEXO G).

Lúpulos

Para la fabricación del mosto de banano se utilizarán dos tipos de lúpulos que tienen su presentación en pellets.

1. Lúpulo de amargor Warrior (15 a 17 % de alfa ácidos)
2. Lúpulo de aroma Kent Golding (4 a 5.5% de alfa ácidos)

Adjunto de banano maduro y verde

Se utilizará banano verde sin cáscara y banano maduro sin cáscara, de la variedad Musa Cavendish (Valery), que debido a su alta producción en el país, y características nutricionales en comparación con otras variedades de bananos es la más indicada. El banano se lo califica de acuerdo a la (Figura 3.2), para nuestra experimentación hemos elegido trabajar con banano maduro grado 7 y banano verde grado 2(17).

	Clasificación		Azúcar
	1	Verde	0,1% - 2%
	2	Verde un poco amarillo	2% - 5%
	3	Más verde que amarillo	3,5% - 7%
	4	Más amarillo que verde	6% - 12%
	5	Puntas verdes	10% - 18%
	6	Amarillo	16,5% - 19,5%
	7	Amarillo moteado	17,5% - 19%

Figura 3.2 CLASIFICACIÓN DEL BANANO DE ACUERDO A SU GRADO DE MADURACIÓN Y PORCENTAJE DE AZÚCAR

Fuente: Procesos fisiológicos y sistemas de postcosecha.
Carlos Demerutis P. Costa Rica. 1996.

Levaduras

Para la fermentación se usará la levadura Saf S-23 – LAGER (Figura 3.3), que es una levadura de baja fermentación, se la obtuvo por medio de la sociedad ecuatoriana de cerveceros artesanales (SECA).

La dosis recomendada para temperaturas entre 12 a 15°C es de 80 - 120 g/hl y para temperaturas menores de 200 – 300 g/hl a 9°C.



Figura 3.3 LEVADURA LIOFILIZADA
FUENTE: <http://brewmasters.com.mx/wp-content/uploads/2013/03/saflager29.jpg>

3.5 Desarrollo del proceso de producción de cerveza artesanal

3.5.1 Formulación y preparación de mosto para cerveza de banano.

Molienda de la cebada.

La cebada malteada fue molida en un molino de maíz casero de platos, que está compuesto por una pequeña tolva de alimentación y un tornillo sin fin que conduce a los discos de molienda.

Se realizó el análisis granulométrico con diferentes tamaños de mallas en el tamiz y se comparó con los estándares manejados en la industria. (Anexo H).

Mezcla de cebada malteada con banano

La cebada malteada fue separada en dos partes para ser mezcladas en dependencia del tipo de cerveza a preparar, habiendo dos proporciones (60:40) y (80:20) en materia seca, de esta cantidad de malta se tomó alrededor del 20% para ser mezclada con el banano (Figura 3.4), esta maceración duró 65 minutos a diferentes intervalos de temperatura para lograr el engrudamiento, licuefacción y sacarificación gracias a la acción de las enzimas de la cebada malteada disminuyendo la viscosidad de la mezcla.

La cantidad de agua en relación a la materia seca fue añadida en una relación 1:4, en la cual 1 es la cantidad de materia seca y 4 es la cantidad de agua.

El primer descanso se realizó a los 50°C por 10 minutos con la finalidad de hidratar la cebada y ayudar a comenzar la hidrolización de los β -glucanos y sustancias albuminoideas.



Figura 3.4 MEZCLA DE CEBADA Y BANANO
FUENTE: PATRICIO SALAZAR Y XAVIER JARAMILLO

El segundo descanso se lo realizó a los 73 °C por 20 minutos, este descanso fue realizado para que el mosto con alta viscosidad sea atacado por las α -amilasas y de esa manera disminuir su viscosidad y comenzar el proceso de sacarificación que ocurre simultáneamente, con esto se logra un mosto mucho más propenso al ataque de las enzimas de la cebada malteada permitiendo así acelerar la degradación del almidón.

En esta etapa se elevó la temperatura hasta los 90°C por 20 minutos para alcanzar la máxima captación de agua del almidón de banano y así dejarlo totalmente disuelto.

Esto se realizó paralelamente a la cocción de la temple pura de cebada, para llevar a cabo la conversión de sustancias albuminoideas y almidones presentes en el banano y cebada

en aminoácidos y azúcares fermentables como glucosa y maltosa, por medio de enzimas como la endopeptidasas, dextrinasas, las α y β amilasas.

Finalmente los dos mostos fueron mezclados, el de banano fue poco a poco colocado en la templa con cebada pura para elevar lentamente la temperatura de ésta hasta los 64°C, con el objetivo de hidrolizar la amilopeptina o amilosa.

Maceración.

La cebada malteada fue macerada a una temperatura inicial de 35°C (Figura 3.5) y su pH ajustado a 5.4 mediante la adición de ácido láctico al 85% en una proporción de 0.68ml/kg de malta, se macero de acuerdo a las temperaturas y pH óptimos de las enzimas que se encuentran detallados en la TABLA 11.

La relación materia seca agua fue de 1:4.

TABLA 11
TEMPERATURASY pH ÓPTIMO DE ENZIMAS

Enzimas	Temperatura óptima(°C)	pH óptimo	Sustrato
Endo- β -1.4-glucanasa	40 - 45	4.5 – 4.7	B-glucano
Endopeptidasa	45 - 50	5.0	Proteínas
Dextrinasa	55 - 60	5.1	Almidón
β –amilasa	62 - 65	5.4 – 5.5	Almidón
α -amilasa	72 - 75	5.5 – 5.6	Almidón

FUENTE: TECNOLOGIA PARA CERVECEROS Y
MALTEROS

La temperatura fue aumentada paulatinamente para activar poco a poco las enzimas presentes en el mosto. Al término del descanso dado a 45°C la templa principal fue mezclada con la segunda templa que contiene la mezcla de banano y cebada aumentando la temperatura hasta los 64°C (Figura 3.6).



Figura 3.5 MACERACIÓN DE COLADA PRINCIPAL
FUENTE: PATRICIO SALAZAR Y XAVIER JARAMILLO

Los descansos dados a las enzimas fueron de 35°C por 10 minutos para la hidratación de la cebada, 45°C por 20 minutos para la acción de la endo- β -glucanasa y enzimas proteolíticas endopeptidasa, carboxipeptidasa, aminopeptidasa y dipeptidasa, 64°C por 30 minutos para la acción de la β -amilasa, 73°C por 30 minutos para la acción de las α -amilasas.



Figura 3.6 MEZCLA DE LOS DOS MOSTOS
FUENTE: PATRICIO SALAZAR Y XAVIER JARAMILLO

Al final de la maceración a 73°C se procedió a realizar el ensayo del yodo para controlar la degradación de almidón por medio de tintura de yodo 0.02N a temperatura ambiente, el ensayo dio como resultado la coloración amarillo-marrón que refleja la hidrólisis completa del almidón presente en el mosto. La (Figura 3.7) muestra el cambio de la coloración ante la ausencia y presencia de almidones, después de la maceración.



Figura 3.7 REACCIÓN NEGATIVA (IZQUIERDA) Y POSITIVA (DERECHA) AL YODO
FUENTE: PATRICIO SALAZAR Y XAVIER JARAMILLO

Posteriormente, finalizada la filtración, se elevó la temperatura a 78°C para inactivar las enzimas presentes en la templa. Finalmente la representación gráfica de lo antes descrito queda figurado en la curva de maceración (Figura 3.8), esta curva es la recomendada para trabajar tanto para hacer la cerveza de banano verde y banano maduro.

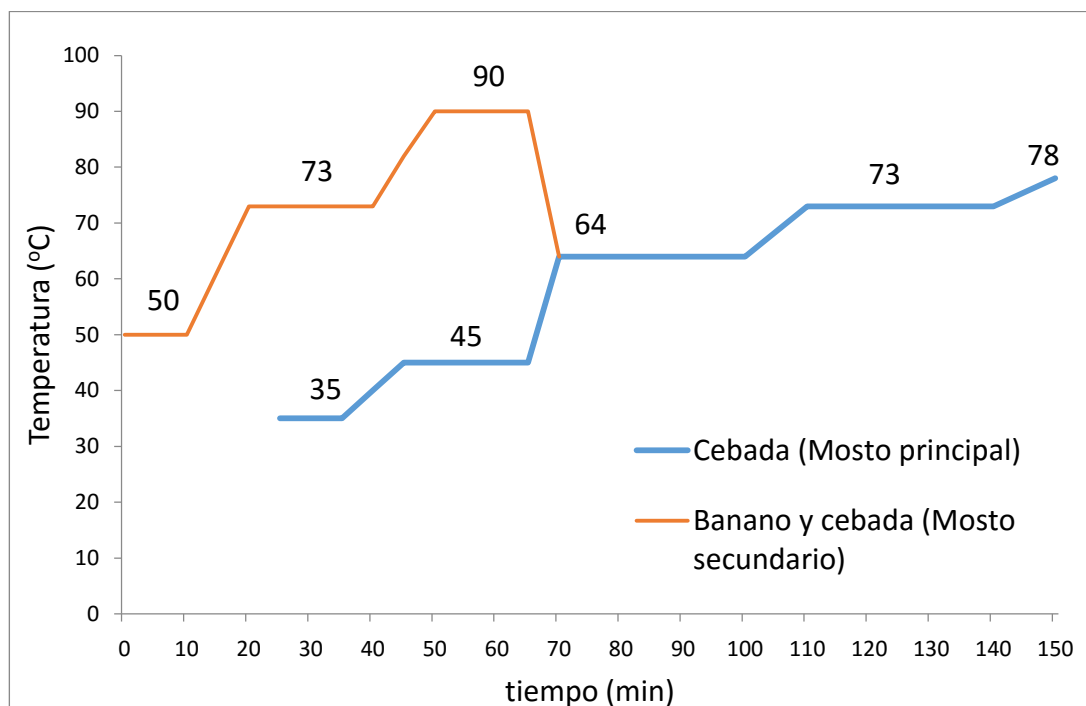


Figura 3.8 CURVA DE MACERACIÓN PARA CERVEZA DE BANANO VERDE Y BANANO MADURO
FUENTE: PATRICIO SALAZAR Y XAVIER JARAMILLO

Filtración

Una vez macerado el mosto fue filtrado con la ayuda de una olla de fondo falso que permitió la creación de la cama filtrante con ayuda del afrecho (cáscaras, embriones y otras sustancias no disueltas que no entraron en suspensión), el mosto fue recirculado hasta que la cama filtrante se compactó y evitó el paso del afrecho. A este primer mosto filtrado llamado también colada primaria, se le tomó la medición de grados Plato, encontrándose una concentración de 16°P. El afrecho que quedó en el filtro fue lavado con agua a 73°C, se lo realiza a

esta temperatura con el fin de no inactivar la α -amilasa, este líquido obtenido del lavado de los granos llamado también colada secundaria, tuvo como objetivo la disminución de la concentración de la colada primaria a 8°P que es la concentración buscada para una cerveza light.

Cocción

Una vez alcanzada la concentración deseada del mosto se procedió a calentar hasta a hervor, a partir de ese momento la templa se coció por 60 minutos, durante este tiempo fue añadido el lúpulo.

Cálculo de las unidades de amargor (IBU)

Durante la etapa de cocción debe añadirse lúpulo a la cerveza, con esto se logra una isomerización del α -ácido insoluble a iso- α -ácido soluble, con lo cual se genera amargor en la cerveza. Para esto debemos de saber cuán grande debe de ser la adición de lúpulo y cómo se debe de agregar el lúpulo al mosto. Por lo tanto si queremos alcanzar 12 IBU que es el grado de amargor de una cerveza light, debemos de alcanzar 12 mg de compuestos amargos por cada litro de cerveza, para

calcular la cantidad deseada de unidades de amargor se realizan los siguientes cálculos. Ejemplo:

Cantidad de mosto caliente: 100 l.

Factor de contracción por enfriamiento: 4 l.

Cantidad de mosto frío = Cantidad de mosto caliente – factor de contracción.

Cantidad de mosto frío = 96 l.

Grados IBU = 12

mg de α -ácido / l = 96×12

mg de α -ácido / l = 112

g. de α -ácido / l = 1.12

kg de α -ácido / l = 0.0012

Conociendo que requerimos 0.0012 kg de α -ácido por litro, y sabiendo que por literatura el aprovechamiento de los α -ácidos del lúpulo durante la cocción es alrededor del 30%, entendemos que 0.0012 kg α -ácido por litro representa nuestro 30%, así que calculamos el 100% a requerirse.

kg de α -ácido / l con rendimiento de 30% = $0.0012 \times 100 / 30$

kg de α -ácido / l con rendimiento de 30% = 0.00372

Cómo antes lo habíamos mencionado se usarán dos tipos de lúpulos los cuales se añaden en distintos tiempos de cocción: El lúpulo para dar amargor se añade siempre primero, iniciado el hervor, es recomendable que se añada el lúpulo con mayor cantidad de α -ácido para transformar al máximo su gran potencial, el segundo lúpulo se añade 5 minutos antes de terminar la cocción, y tiene como finalidad aromatizar la cerveza, sin embargo en este último se debe prescindir del aprovechamiento máximo de los compuestos amargos debido al poco tiempo de permanencia en cocción, por lo que consideraremos para nuestros cálculos de grados IBU tan solo el primer lúpulo.

Usamos como primer lúpulo la variedad Warrior que contiene un 15% de α -ácido.

Cantidad de lúpulo Warrior a añadir = $(\text{kg de } \alpha\text{-ácido/l} \times 100) /$
(porcentaje de concentración α -ácido de lúpulo)

1 era Adición (Hervor)

Cantidad de lúpulo Warrior a añadir = $0.0037 \text{ kg} \times 100 / 15$

Cantidad de lúpulo Warrior a añadir = 0.02477 kg

Cantidad de lúpulo Warrior a añadir = $0.02477 \text{ kg} \times 1000 \text{ g} / 1 \text{ kg}$

Cantidad de lúpulo Warrior a añadir = 24.77 g.

De las cantidades de lúpulo a añadir, el 75% comprende lúpulo de amargor y el otro 25% comprende lúpulo de aroma.

Lúpulo amargor (75%) = 24.77 g.

2 da Adición (5 minutos antes de terminar cocción)

Lúpulo aroma Kent Golding (25%) = $((24.77 \times 100) / 75) - 24.77$

Lúpulo aroma (25%) = 8.26 g.

Inoculación

Una vez enfriado el mosto a 25°C se activa la levadura hidratándola con 10 veces su peso en agua esterilizada y dejándola reposar por 15 a 30 minutos, luego se la mantiene en agitación por otros 30 minutos más, luego de esto se inocula en el mosto oxigenándolo vigorosamente para el comienzo de una intensa fermentación.

Fermentación

La fermentación se la realizó en tanques Cornelius de 20 litros de capacidad a una temperatura de 12°C, el tiempo de fermentación establecido fue de 7 días para todas las cervezas de acuerdo a los datos obtenidos en las mediciones diarias realizadas de grados Plato, mediante el cual obtuvimos el grado de fermentación durante el tiempo. Se realizó el trasiego de la cerveza a un segundo tanque, eliminando la levadura que ha floculado para evitar su autólisis que conllevaría a sabores indeseables en la cerveza, esto se lo realizó un grado plato antes de llegar a la atenuación límite de la cerveza, con esto también se ayuda a que la levadura tenga algo de extracto con el cuál alimentarse y puede disminuir el contenido de Diacetilo en el tanque de maduración.

Maduración

La maduración se la realizó en tanques Cornelius de 20 litros de capacidad a una temperatura de 18°C, el tiempo de maduración establecido fue de 7 días, tiempo en el cual se busca el descenso del diacetilo por debajo del umbral

organoléptico (0.1 mg/l), luego de esto es recomendable que la cerveza sea refrigerada a una temperatura de -1 a -2°C durante una semana para alcanzar una estabilidad coloidal.

Envasado

La cerveza fue envasada en botellas ámbar de 300 ml, se lo realizó en frío a una temperatura entre 5 a 10°C.

Cálculo de la cantidad de azúcar a agregar por botella para gasificación natural.

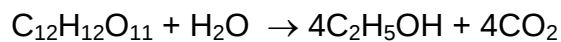
Tomando como objetivo 2.6 volúmenes de CO₂ y conociendo que a 27°C que es la temperatura más alta alcanzada en la fermentación se tienen 0.73 volúmenes de CO₂ disueltos (18).

Volúmenes de CO₂ a agregar= 2.6 – 0.73=1.87 volúmenes

Conociendo que 1 volumen de CO₂ equivale a 1 l de CO₂ disuelto en 1 l de cerveza y que la densidad del CO₂ en condiciones normales de presión y temperatura es de 1.96 g/l tenemos:

$$(1.87 \text{ l. de CO}_2 / 1 \text{ l. de cerveza}) \times (1.96 \text{ l. de CO}_2 / 1 \text{ l. de CO}_2) \\ = (3.665 \text{ g. de CO}_2 / 1 \text{ l. de cerveza})$$

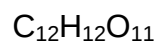
Para la carbonatación se usará azúcar de caña por lo tanto:



SACAROSA AGUA ETANOL DIÓXIDO DE CARBONO

342 g/mol 18g/mol 46g/mol 44g/mol

$$1 \text{ g. CO}_2 \times (1 \text{ mol de CO}_2 / 44 \text{ g. de CO}_2) \times (1 \text{ mol C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} / 4 \text{ mol CO}_2) \times (342 \text{ g. C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} / 1 \text{ mol CO}_2) = 1.943 \text{ g.}$$



$$(3.665 \text{ g.de CO}_2 \times 1 \text{ l. de cerveza}) \times (1.943 \text{ g. de azúcar} / 1 \text{g. de CO}_2) = (7.12 \text{ g. de azúcar} / 1 \text{ l. de cerveza})$$

$$(7.12 \text{ g. de azúcar} / 1 \text{ l. de cerveza}) \times 96 \text{ l.} = 683.52 \text{ g de azúcar}$$

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al tabular los datos de las encuestas del panel realizado en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción se pudo encontrar que las cervezas con mayor aceptación fueron la Pilsener light, Budweiser y Brahma ya que no existía diferencia significativa entre las tres para el consumidor, se escogió realizar una cerveza como la Pilsener light ya que posee menor extracto original que la Budweiser y Brahma, esto implica que necesita menor cantidad de materia prima para producirse, que repercute así mismo en menores costos de producción y mayor rendimiento en comparación con la Budweiser y Brahma.

Se utilizó el análisis paramétrico ANOVA en el programa Minitab 17 para la interpretación de los datos, se trabajó con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

El resultado al correr los datos sensoriales arrojó un valor $p = 0.005$, bajo este concepto la hipótesis nula (H_0) es rechazada a favor de la hipótesis alternativa (H_1), que indica que al menos una de las muestras es diferente.

Se usó la prueba de Tukey con confianza del 95% para evaluar si había diferencia significativa entre las medias de las muestras analizadas. Según los valores de las medias se puede concluir que las cervezas de mayor preferencia fueron Pilsener Light, Budweiser y Brahma (Figura 4.1), (Figura 4.2), nos indica también que no existe diferencia significativa entre las tres cervezas mencionadas, sin embargo en el gráfico de la comparación por el método HSU (Figura 4.3) nos podemos dar cuenta que la tendencia se inclina hacia las cervezas Pilsener light y Budweiser.

Adicional se pudo observar que la cerveza Pilsener Light era significativamente diferente a la cerveza Club Premium y a la Pilsener.

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Pilsener light	104	1,346	A
Budweiser	104	1,202	A B
Bramha	104	0,865	A B
Club	104	0,644	B
Pilsener	104	0,606	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Figura 4.1 Prueba de Tukey, valores de medias en base a prueba sensorial de preferencia de cervezas del mercado ecuatoriano
Fuente: Patricio Salazar y Xavier Jaramillo

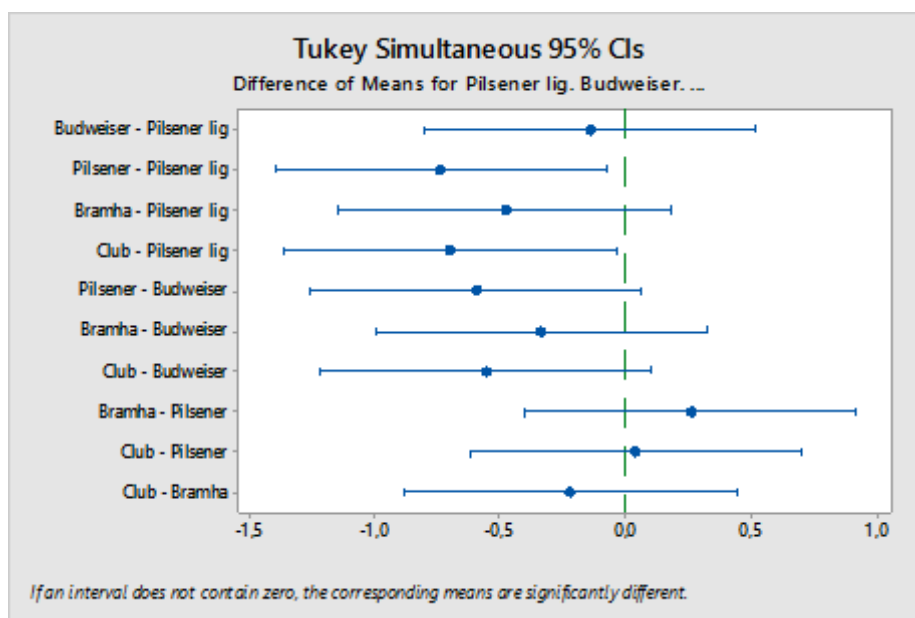


Figura 4.2 Prueba de Tukey, comparación entre cervezas del mercado ecuatoriano
Fuente: Patricio Salazar y Xavier Jaramillo

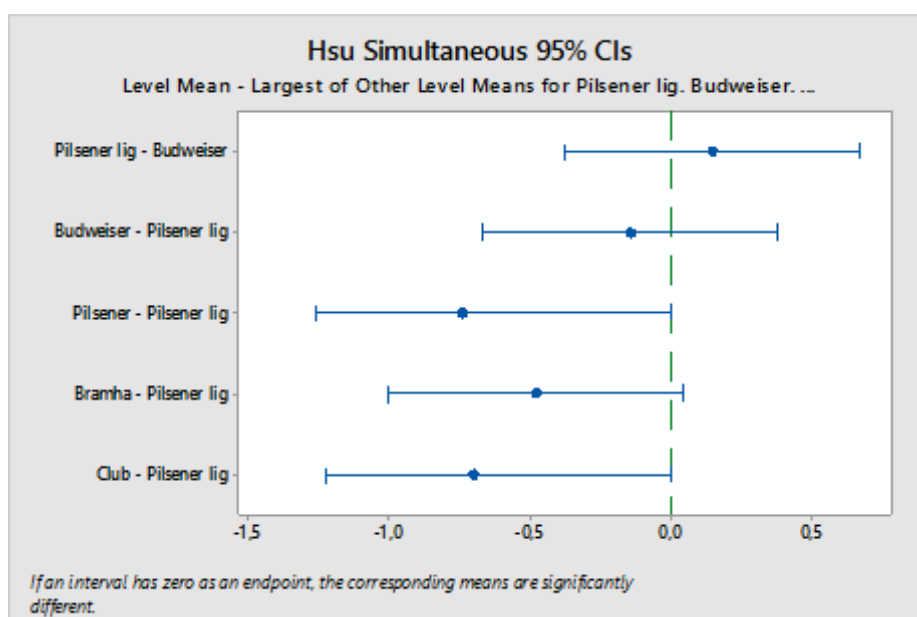


Figura 4.3 Gráfico Hsu, comparación entre cervezas del mercado ecuatoriano

Fuente: Patricio Salazar y Xavier Jaramillo

Según los datos obtenidos en el análisis ANOVA las cervezas Budweiser y Pilsener Light son las preferidas por los panelistas, entre ellas no existe diferencia significativa, por lo que la elección del tipo de cerveza se lo enfocó desde el punto de vista del rendimiento.

La Pilsener Light al ser una cerveza ligera requiere alrededor del 30% menos de extracto para su preparación en comparación de una cerveza como la Budweiser, entendiendo que esto se verá reflejado en los costos de producción debido al uso de menor cantidad de materias primas para alcanzar una calidad similar, concluimos que la mejor alternativa es la producción de una cerveza Light, la cual cumplirá las

mismas preferencias de los panelistas, que no son más que un reflejo del mercado guayaquileño.

4.1 Rendimiento de volumen de cerveza obtenida a partir de adjuntos: banano verde y banano maduro.

Debido a que fundamentalmente el rendimiento de la cerveza está enfocado tanto a una buena molienda y maceración, podemos considerar que las etapas posteriores del proceso como la filtración de la levadura y las pérdidas en cocción son despreciables. Por lo antes expuesto, enfocamos el análisis de rendimiento de cerveza hasta la etapa de maceración.

Rendimiento de la mosturación

Para obtener el rendimiento de la mosturación se debe medir el extracto original con que entra a fermentación el mosto, luego de la cocción, para esto necesitamos conocer los grados Plato. Se realizó la determinación de grados Brix y luego se convirtió por tabla a grados Plato (APENDICE 1).

La fórmula para determinar el rendimiento de la mosturación es la siguiente:

$R_m = \text{Extracto original} \times \text{kg. obtenidos} / \text{kg. de cebada y banano};$
considerando humedad del 4% para ambos ingredientes.

Rendimiento de mosturación para cerveza de banano verde 60:40

Extracto original: 8.5°P = kg. de azúcar en 100 kg. de mosto

Kilogramos obtenidos de mosto = 38.8 kg

Cantidad de cebada usada = 2.4 kg

Cantidad de pulpa de banano verde usada = 3.27 kg con humedad del 53.2% según dato de humedad obtenido por laboratorio. Considerando que los adjuntos comúnmente son cereales que bordean el 4% de humedad y para los cálculos de rendimiento de mosturación requerimos humedades similares, para no llegar a un valor errado de rendimiento, llevamos matemáticamente la humedad del banano al 4% para facilidad de los cálculos. Con esto los Kg añadidos son 1.6 kg de banano al 4%.

$$R_m = (8.5 \times 38.8) / 4$$

$$R_m = 82.5\%$$

Rendimiento de mosturación para cerveza de banano maduro 60:40.

Extracto original: 8.7 °P = kg. de azúcar en 100 kg. de líquido

Kilogramos obtenidos de mosto = 37.1 kg

Cantidad de cebada usada = 2.4 kg

Cantidad de pulpa de banano madura usada: 4.50 kg con humedad del 65.8% según dato de humedad obtenido por laboratorio. Considerando que los adjuntos comúnmente son cereales que bordean el 4% de humedad y para los cálculos de rendimiento de mosturación requerimos humedades similares, para no llegar a un valor errado de rendimiento, llevamos matemáticamente la humedad del banano al 4% para facilidad de los cálculos. Con esto los kg añadidos son 1.6 kg de banano al 4%.

$$R_m = 8.7 \times 37.1 / 4$$

$$R_m = 80.7 \%$$

Rendimiento de mosturación para cerveza de banano verde 80:20

Extracto original: 8.3°P = kg. de azúcar en 100 kg. de mosto

Kilogramos obtenidos de mosto = 38.7 kg

Cantidad de cebada usada = 3.2 kg

Cantidad de pulpa de banano verde usada = 1.64 Kg con humedad del 53.2% según dato de humedad obtenido por laboratorio. Considerando que los adjuntos comúnmente son cereales que bordean el 4% de humedad y para los cálculos de rendimiento de mosturación requerimos humedades similares, para no llegar a un valor errado de rendimiento, llevamos matemáticamente la humedad del banano al 4% para facilidad de los cálculos. Con esto los kg añadidos son 0.8 kg de banano al 4%.

$$Rm = 8.3 \times 38.7/4$$

Rm: 80.3 %

Rendimiento de mosturación para cerveza de banano maduro 80:20.

Extracto original: 8.5 °Plato = kg. de azúcar en 100 kg. de líquido

Kilogramos obtenidos de mosto = 36.9 kg

Cantidad de cebada usada = 3.2 kg

Cantidad de pulpa de banano madura usada = 2.25 kg con humedad del 65.8% según dato de humedad obtenido por laboratorio. Considerando que los adjuntos comúnmente son cereales que bordean el 4% de humedad y para los cálculos de

rendimiento de mosturación requerimos humedades similares, para no llegar a un valor errado de rendimiento, llevamos matemáticamente la humedad del banano al 4% para facilidad de los cálculos. Con esto los Kg añadidos son 0.8 kg de banano al 4%.

$$R_m = 8.5 \times 36.9 / 4$$

$$R_m = 78.4 \%$$

Los rendimientos obtenidos durante el proceso de maceración, en todos sus casos se encuentran entre los 74 y 80%, según literatura el proceso de maceración se encuentra dentro de los rangos normales, pues la normalidad es entre 74y 79%.

Este resultado asimismo implica que el banano, tanto verde como maduro puede ser usado como adjunto cervecero, sus rendimientos son similares independientemente de la formulación (TABLA 12).

TABLA 12

RENDIMIENTOS DE MACERACIÓN TERCERA REPETICIÓN

Formulación	Volumen (litros)	Extracto °P	Rendimiento Porcentaje (%)
Mosto Banano Maduro (60:40)	38.8	8.5	82.5
Mosto Banano Verde (60:40)	37.1	8.7	80.7
Mosto Banano Maduro (80:20)	38.7	8.3	80.3
Mosto Banano Verde (80:20)	36.9	8.5	78.4

FUENTE: PATRICIO SALAZAR Y XAVIER JARAMILLO

Se realizaron 3 repeticiones por cada fórmula, para un total de 12 datos los cuales mediante el programa Minitab 17 fueron analizados.

Debido a que la cantidad de datos era menor de 30 se verificó la normalidad de los datos mediante el método Kolmogorov-Smirnov, con un nivel $\alpha = 0.05$. El método antes mencionado compara la función de distribución acumulada empírica de los datos de su muestra con la distribución esperada si los datos son normales. Si esta diferencia observada es suficientemente grande, la prueba rechazará la hipótesis nula de normalidad en la población.

Si el valor p de esta prueba es menor que el nivel $\alpha = 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la población es no normal. Debido a que el valor $p = 0.173$ (Figura 4.4) es mayor que $\alpha = 0.05$ se concluye que la distribución tiende a la normalidad, bajo esta premisa se realiza el análisis ANOVA a los volúmenes.

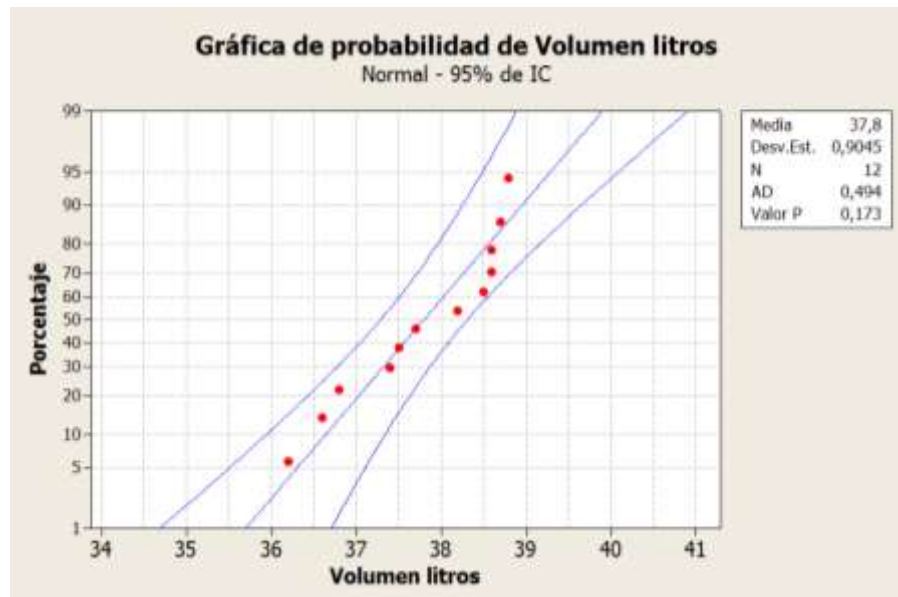


Figura 4.4 Gráfica de distribución normal para datos de volumen.

Fuente: Patricio Salazar y Xavier Jaramillo

Los datos obtenidos de los volúmenes en Minitab 17, se trabajaron con $\alpha = 0.05$. El valor p fue menor a 0.05 por lo que se rechazó la hipótesis nula (H_0) y se aceptó la alternativa (H_1) de que al menos una de las muestras es diferente.

De acuerdo a la (Figura 4.5) se puede visualizar que entre las medias de los volúmenes obtenidos del mosto de banano maduro (80:20) y el mosto de banano maduro (60:40) no existe diferencia significativa, mientras que los mostos de banano verde son significativamente diferentes, esto también puede ser visualizado en la (Figura 4.6).

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Formulación	N	Media	Agrupación
M.B.M(80/20)	3	38,6000	A
M.B.M(60/40)	3	38,533	A
M.B.V(60/40)	3	37,5333	B
M.B.V(80/20)	3	36,533	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ICs simultáneos de 95% de Tukey

Gráfica de intervalos de Volumen litros vs. Formulación

Figura 4.5 Comparaciones de Tukey de volúmenes de cerveza

Fuente: Patricio Salazar y Xavier Jaramillo

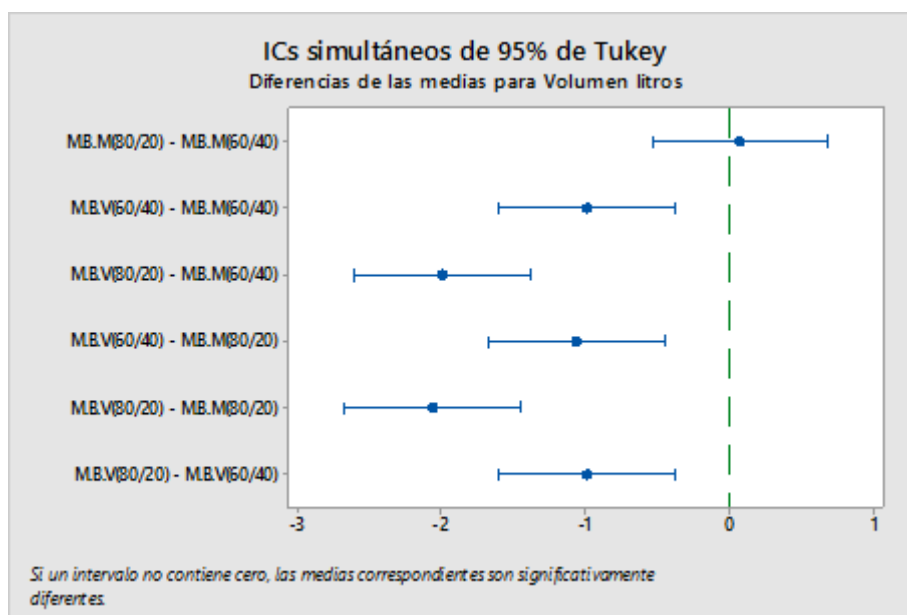


Figura 4.6 Comparaciones de medias de volúmenes de cerveza

Fuente: Patricio Salazar y Xavier Jaramillo

4.2 Resultados Físico - químico y sensoriales

- °Plato versus tiempo

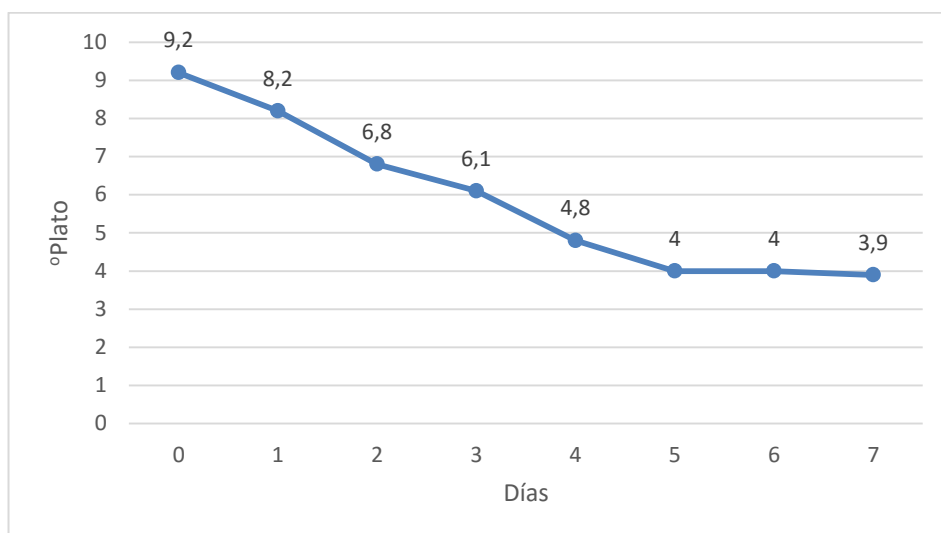


Figura 4.7 Curva de fermentación de cerveza de banano verde 60:40

Fuente:Patricio Salazar y Xavier Jaramillo

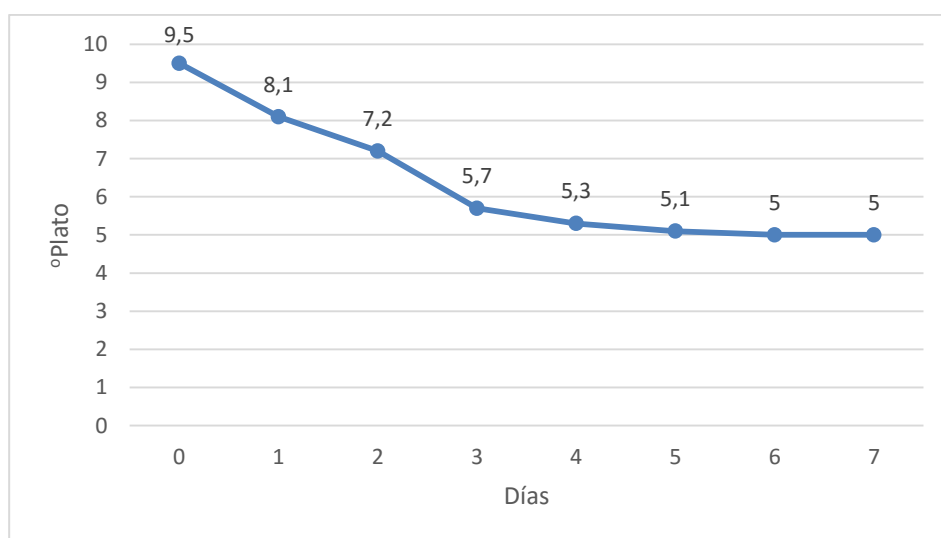


Figura 4.8 Curva de fermentación de cerveza de banano maduro 60:40

Fuente:Patricio Salazar y Xavier Jaramillo

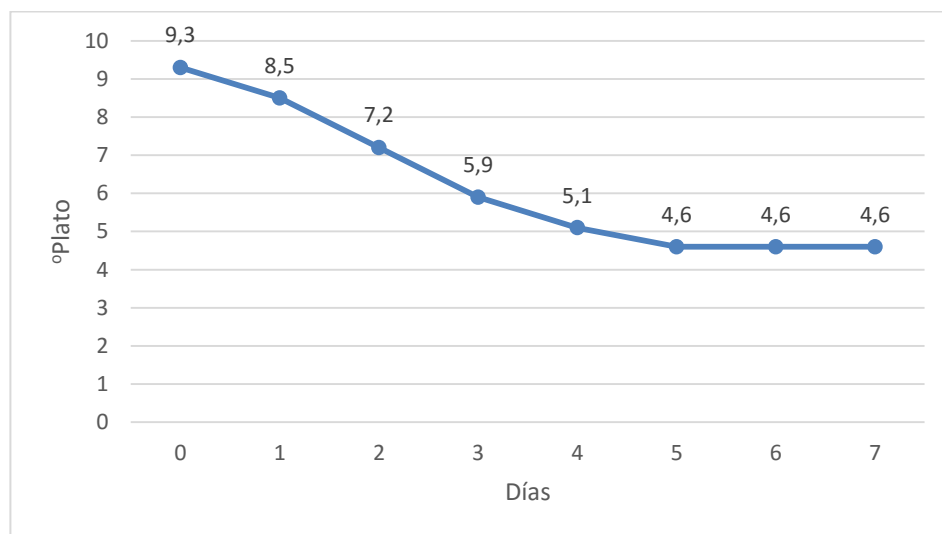


Figura 4.9 Curva de fermentación de cerveza de banano verde 80:20

Fuente:Patricio Salazar y Xavier Jaramillo

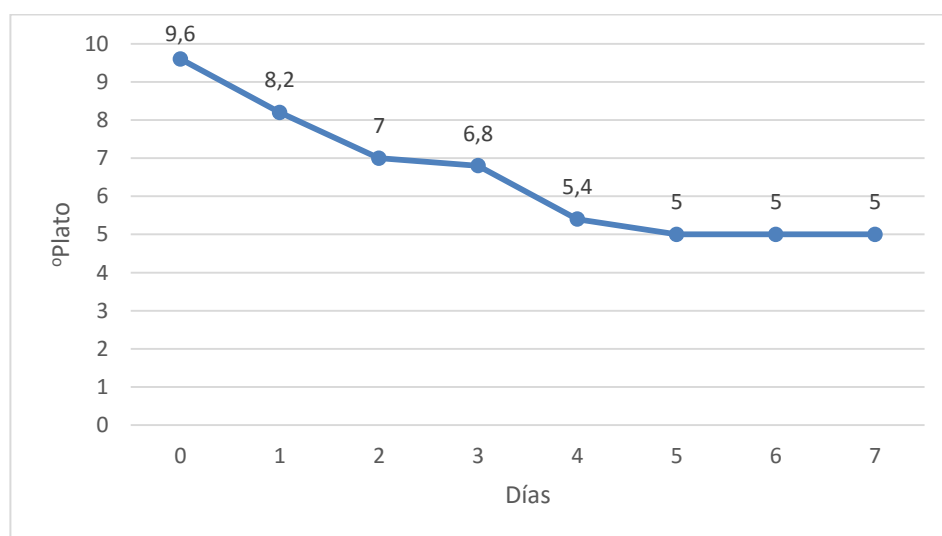


Figura 4.10 Curva de fermentación de cerveza de banano maduro 80:20

Fuente:Patricio Salazar y Xavier Jaramillo

Las curvas de fermentación, (Figura 4.7), (Figura 4.8), (Figura 4.9), (Figura 4.10), demuestran que el uso de sustratos ocurrió con normalidad por parte de las levaduras, al parecer el porcentaje de azúcares reductores ronda el esperado, pues al final de la primera etapa de fermentación alrededor del 50% de azúcares han sido consumidos indistintamente de la formulación, lo común es que el 65% de los azúcares obtenidos sean fermentables, es de esperarse que durante la etapa de maduración al menos disminuya un grado plato más el contenido de extracto.

Se puede apreciar que si bien existe una diferencia en volumen que se inclina a favor del banano maduro este no es determinante sobre el banano verde.

Las curvas tienen en común que una vez llegado el quinto día de fermentación, el contenido de sustrato dejó de descender marcadamente, esto implica que llegado a este punto es posible el cortar la fermentación y pasar a la etapa de maduración obviando los dos días posteriores, inclusive es

recomendable el hacerlo para evitar una autólisis de levadura debido a escasez de sustratos.

El que se haya realizado la fermentación en 5 días, es síntoma que de la cantidad total de azúcares solubles, hubieron muchos azúcares reductores, posiblemente mucha maltosa, lo que hizo sencilla la tarea de fermentación a la levadura.

- **Análisis de pH cerveza.**

Los análisis de pH indican que los parámetros se encuentran dentro de lo normal, lo que favoreció a la floculación de compuestos originados durante la fermentación.

El que la primera fermentación haya sido acabada el séptimo día, a pesar de que desde el quinto ya no se observa mayor disminución de sustrato, no afectó el pH de la cerveza. Aun así es recomendable para producciones futuras terminar esta etapa al quinto día para evitar la autólisis de las levaduras, lo que podría afectar enormemente el sabor y la calidad en general de nuestra cerveza (TABLA 13).

TABLA 13 DETERMINACIÓN DE pH

Fórmula	pH 1	pH 2	pH 3	Rango pH cerveza	media	σ
Banano maduro 60:40	4.51	4.5	4.46	3.5 – 5	4.49	0.021
Banano verde 60:40	4.49	4.46	4.52	3.5 – 5	4.49	0.025
Banano maduro 80:20	4.58	4.54	4.54	3.5 – 5	4.55	0.019
Banano verde 80:20	4.53	4.61	4.52	3.5– 5	4.55	0.040

FUENTE: Patricio Salazar y Xavier Jaramillo

- ANÁLISIS FINAL DE PRUEBA SENSORIAL DE CERVEZA DE BANANO**

Se realizó un panel sensorial de preferencia (Escala Hedónica) a 100 personas a las cuales se les hicieron degustar las 4 cervezas producidas. (ANEXO I).

Se decidió procesar los datos en el programa Minitab 17 usando ANOVA debido a que la n es mayor a 30, por lo que se asumió la normalidad de los datos, se trabajó con un nivel $\alpha = 0.05$.

El resultado al correr los datos sensoriales arrojó un valor $p < 0.05$, bajo este concepto la hipótesis nula (H_0) es rechazada a favor de la hipótesis alternativa (H_1), la cual señala que al menos una de las muestras es diferente.

Se usó la prueba de Tukey con confianza del 95% para evaluar si había diferencia significativa entre las medias de las muestras analizadas. Según los valores de las medias se puede concluir que las cervezas de mayor preferencia son la de banano maduro 80:20 y banano verde 80:20 (Figura 4.11); además, la prueba de TUKEY nos indica que no existe diferencia significativa entre las dos cervezas mencionadas.

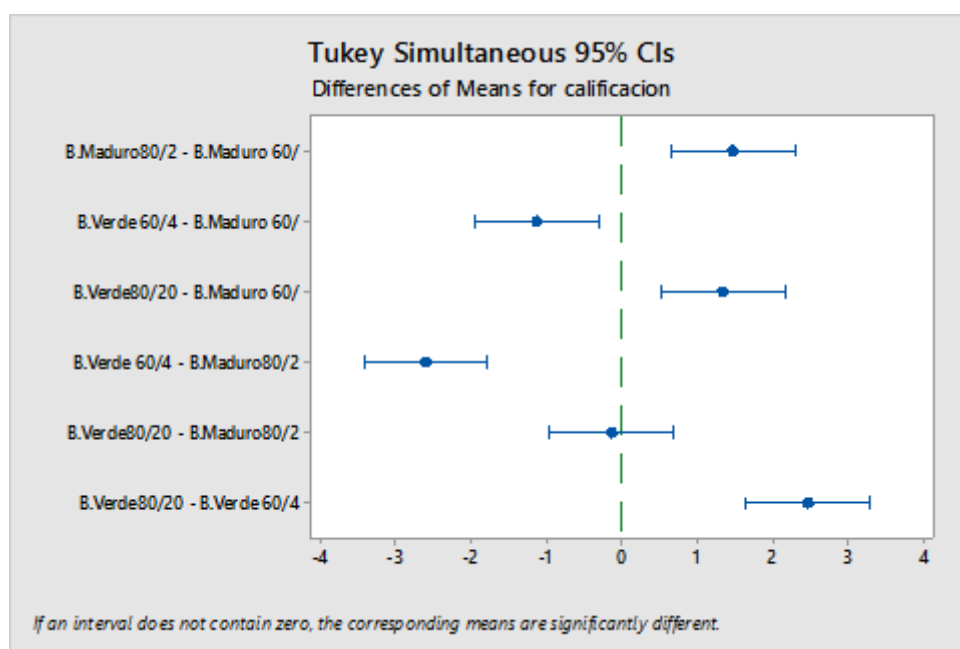


Figura 4.11 Prueba de Tukey, cervezas de banano verde y maduro.

Fuente: Patricio Salazar y Xavier Jaramillo

Las cervezas con mayor puntaje del panel sensorial, banano maduro (80:20) y banano verde (80:20) fueron calificadas por un panel sensorial entrenado, cuatro panelistas participaron, la calificación y las recomendaciones fueron tomadas del ANEXO J, los resultados del panel son descritos en la TABLA 14.

M1: Banano maduro (80:20)

M2: Banano verde (80:20)

TABLA 14 ANÁLISIS SENSORIAL

PANELISTA	MUESTRA	CARACTERÍSTICAS		CALIFICACION
		POSITIVAS	NEGATIVAS	
A	M1	ESTERIFICACION, AMARGO MODERADO, ACIDEZ LEVE, AROMA LUPULO	VINAGRE LEVE, DEFUMADO LEVE, BAJA ESPUMA	6
	M2	AMARGO MODERADO, ACIDEZ LEVE, ESTERIFICACION	BAJA ESPUMA	6,5
B	M1	ESTERIFICACION, OLOR A LUPULO, CLAVO DE OLOR	ACIDEZ ALTA, ESPUMA BAJA	6,5
	M2	SIN OFF FLAVOR, CERVEZA LIMPIA	BAJA ESPUMA	6,5
C	M1	ESTERIFICACION	OLOR A VINAGRE, QUEMADO, BAJA ESPUMA	5,5
	M2	LIMPIA, AMARGO MODERADO	BAJA ESPUMA	6
D	M1	ESTERIFICACION, ACIDEZ LEVE	ESPUMA BAJA, BAJO CO2	6,5
	M2	BUEN PERFIL	BAJA ESPUMA	6

FUENTE: AMBEV ECUADOR

La media de los resultados del panel sensorial fueron:

Banano maduro (80:20) =6.1

Banano verde (80:20) =6.3

Esto nos indica desde el punto de vista sensorial que la cerveza de banano maduro (80:20) tiene moderadas desviaciones de atributos y recomienda evaluar posibles desvíos del proceso, sin embargo se considera una buena muestra con perfil típico de las cervezas light.

La cerveza de banano verde (80:20) tiene leves desviaciones de atributos pero es una muy buena muestra y con perfil típico de las cervezas light.

La esterificación percibida por los panelistas en la M1 es posible que se deba al grado de maduración del banano, pues parte de los aromas esterificados son relacionados a aromas frutales.

La baja espuma puede deberse a un exceso de tiempo de descanso en la maceración a los 45°C o a una demora en el incremento de la temperatura a la siguiente etapa de maceración lo que prolongo la acción de las enzimas proteolíticas.

A pesar que la cerveza light es una de las cervezas más claras que se pueden producir y bordean los 5 EBC, en nuestro caso es calificado con mayor grado, esto puede deberse en parte al grado de limpieza o de sólidos suspendidos, ya que posterior a la maduración no se realizó ningún filtrado, aunque si es deseado se puede filtrar la cerveza con filtros de celulosa de 5 μm y 1 μm en serie, colocándose el filtro de 5 μm primero, con esto es posible el filtrar levaduras y sustancias de menor tamaño

Si se decide realizar este proceso es importante el tomar todas las medidas sanitarias del caso, pues es fácil de contaminar la cerveza debido a la manipulación, es recomendable en ciertos casos el uso de otro filtro de 10µm previo al de 5µm si la cantidad de sólidos que pasaron al tanque de fermentación fue grande.

Finalmente se realizaron análisis físico químico de las dos cervezas preferidas por el panel sensorial Tabla 15 y Tabla 16.

**Tabla 15 ANÁLISIS DE CERVEZA DE BANANO MADURO
(80:20)**

Parámetro	Resultado
Color:	7.56 EBC
Espuma:	205
Amargo:	13.3 IBU
pH:	4.58
Alcohol:	3.79 %V/V
Extracto original:	9.05 %W/W
Extracto aparente:	1.80 %W/W
Extracto real:	3.20 %W/W
Calorías:	134.98 KJ/100ml

FUENTE: PATRICIO SALAZAR Y XAVIER JARAMILLO

**Tabla 16ANÁLISIS DE CERVEZA DE BANANO VERDE
(80:20)**

Parámetro	Resultado
Color:	7.10 EBC
Espuma:	195
Amargo:	12.8IBU
pH:	4.55
Alcohol:	3.23 %V/V
Extracto original:	8.75 %W/W
Extracto aparente:	1.66 %W/W
Extracto real:	3.20 %W/W
Calorías:	121.42 KJ/100ml

FUENTE: PATRICIO SALAZAR Y XAVIER JARAMILLO

CAPÍTULO 5

5. ESTUDIO ECONÓMICO

Para el estudio económico se realizó una comparación del banano pero con diferente estado de madurez, también se consideró el rendimiento de mano de obra en dependencia de la materia prima con la que se trabaja.

5.1 Costos directos de producción de cerveza usando banano maduro y banano verde como adjunto.

Se considera para el análisis de costos directos las dos cervezas escogidas, banano maduro (80:20) y banano verde (80:20).

Análisis de costo de banano maduro (80:20) y banano verde (80:20)

En la (TABLA 17) se adjuntan precios de materias primas con el IVA incluido y con los costos de envío que implica el traer desde Quito la cebada, el lúpulo y la levadura, ya que el representante de la

compañía distribuidora se encuentra en la ciudad mencionada. El uso del agua estará en dependencia de la cantidad usada (TABLA 18), a mayor consumo el valor se incrementa.

La (TABLA 19) muestra los costos en función a un batch de 100 litros de cerveza de banano maduro, mientras que la (TABLA 20) muestra los costos en función a un batch de 100 litros de cerveza de banano verde.

TABLA 17 COSTOS UNITARIOS DE MATERIA PRIMA

Materia prima	Costo (USD)	Cantidad	unidad	Costo(USD) x unidad
Malta base	54.75	25	Kg	\$2.19
Banano maduro	0.15	1	Kg	\$0.15
Banano verde	0.15	1	Kg	\$0.15
Lúpulo Kent Golding	21.61	454	g	\$0.05
Lúpulo Warrior	16.71	454	g	\$0.04
Levadura S-23	68.00	500	g	\$0.14
Agua	0.302	15000	l	\$0.00002

FUENTE: PATRICIO SALAZAR Y XAVIER JARAMILLO

TABLA 18 COSTOS DE AGUA PARA LA INDUSTRIA

Cantidad (m3)	Costo (USD)
0 – 15	0.31
16 – 30	0.46
31-60	0.65
61-100	0.84
101-300	0.94
301-2500	1.45
2501-5000	1.86
5001 en adelante	3.4

FUENTE: INTERAGUA

**TABLA 19 COSTOS UNITARIOS DE PRODUCCIÓN PARA 100
LITROS DE CERVEZA DE BANANO MADURO (80:20)**

Materia prima	Cantidad a usar	Costo (USD)
Malta base	8.3	\$18.16
Banano maduro	9.7	\$1.45
Lúpulo Kent Golding	8.3	\$0.39
Lúpulo Warrior	24.8	\$0.91
Levadura S-23	55.0	\$7.48
Agua	150.0	\$0.003
TOTAL		\$28.40

FUENTE: PATRICIO SALAZAR Y XAVIER JARAMILLO

Para calcular el costo por litro dividimos el costo total del producto para la cantidad de litros producida.

Costo/ litro = costo total/cantidad producida

Costo/ litro = \$ 0.284

**TABLA 20 COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA BATCH DE 100
LITROS DE CERVEZA BANANO VERDE (80:20)**

Materia prima	Cantidad a usar	Costo (USD)
Malta base	8.3	\$18.16
Banano verde	8.7	\$1.30
Lúpulo Kent Golding	8.3	\$0.39
Lúpulo Warrior	24.8	\$0.91
Levadura S-23	55.0	\$7.48
Agua	150.0	\$0.003
TOTAL		\$28.24

FUENTE: PATRICIO SALAZAR Y XAVIER JARAMILLO

Para calcular el costo por litro dividimos el costo total del producto para la cantidad de litros producida.

Costo/ litro = costo total/cantidad producida

Costo/ litro = \$ 0.282

Se puede apreciar que en una producción de un batch de 100 litros, la cerveza de banano maduro es 16 centavos de dólar más costoso que la cerveza de banano verde,

Costos de mano de obra

Los rendimientos de pelado fueron tomados de una planta procesadora de banano (TABLA 21).

De un promedio hora de pelado de las trabajadoras, se puede apreciar que el rendimiento varía notablemente en dependencia de la materia prima, así el banano maduro es muy fácil de pelar pues no requiere de ningún utensilio, mientras que el banano verde posee dos desventajas, la primera es que posee menos pulpa en relación a la cáscara que su par maduro, la segunda es que es necesario el uso de un cuchillo para realizar un corte longitudinal y poder remover la cáscara.

El costo de la mano de obra fue calculado dividiendo el salario básico unificado que se encuentra en trescientos cincuenta cuatro dólares (\$354.00), para las horas trabajadas al mes, que son 240. Dividiendo estos dos valores se obtiene el costo de mano de obra por hora.

TABLA 21 COSTO DE MANO DE OBRA

Descripción	Costo (USD) de mano de obra/hora	Kg pelado/h	(USD)/Kg pelado
Pelado de banano maduro	\$ 1.48	180	\$ 0.0082
Pelado banano verde	\$ 1.48	45	\$ 0.033

FUENTE: PATRICIO SALAZAR Y XAVIER JARAMILLO

El rendimiento por pelado se ve reflejado en costos mayores de producción en el caso del banano verde en relación del banano maduro.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

1. La gelatinización de los almidones del banano maduro durante la maceración es una etapa necesaria, de no hacerlo, el tiempo de maceración en los descansos de sacarificación se deberán de prolongar. Aunque este posea pocos almidones el no engrudarlos puede ocasionar una reacción positiva del yodo que posteriormente ocasionaría problemas de turbidez por presencia de almidón.
2. La espuma obtenida en las cervezas tanto de banano maduro como banano verde tuvo baja valoración en los análisis tanto físico químicos como sensoriales, es posible que esto se pueda corregir acortando u obviando el descanso a 35 °C, una maceración directamente a 45 °C podría mejorar la espuma, ya que es a estas

temperaturas actúan las enzimas degradadoras de proteínas que son en mayor grado las responsables de la retención de espuma.

3. La esterificación en el banano maduro fue mayor que en la de banano verde, esto probablemente se deba a la diferencia de la composición del extracto que entro en fermentación en cada uno de los casos. En la cerveza de banano maduro entraron mayor cantidad de azúcares fermentables como glucosa y fructosa debido al grado de maduración que poseía el banano, estos azúcares son asociados a los aromas frutales al ser fermentados; la cerveza de banano verde en cambio tuvo inicialmente materias primas ricas en almidones que durante la maceración fueron convertidos en su mayoría en maltosas, muy poca cantidad en convertida en fructosa y glucosa en una maceración con este tipo de sustratos, como resultado la fermentación de esta genera menor cantidad de estos compuestos, lo que puede explicar el menor grado de esterificación percibido por los panelistas entrenados.

4. Al observar las gráficas de fermentación entre las cervezas elaboradas con adjuntos, se puede concluir que la variación de composición en las mezclas realizadas no impacto en el tiempo de

esta etapa, como se pensó inicialmente sucedería entre una cerveza de banano maduro y una cerveza de banano verde, esto se ve reflejado en las gráficas grados Plato vs Tiempo. Inicialmente se pensó habríamayor intensidaddurante la fermentación de la cerveza compuesta por banano verde ya que al poder controlar mejor el tipo de azúcares que entrarían en fermentación y con esto entiéndase mayor cantidad de maltosas que son azúcares preferidos por las levaduras para fermentar, ocurriría una reducción en el tiempo de fermentación.

5. Se elige el producir la cerveza de banano maduro 80:20 en lugar de la de banano verde ya que si bien el costo de producirla es mayorconsiderando tan solo la materia prima, el trabajo que implica el obtener la misma cantidad de pulpa encarece su precio debido a la mano de obra requerida, sin considerar el costo que implica el escaldar el banano verde. Su alternativa como uso en lugar del arrozcillo es viable, pero las características organoléptica finales no serán necesariamente iguales ya que el grado de esterificación obtenido es distinto.
6. Los resultados de pH de las cervezas de banano maduro y verde, se mantuvieron dentro de los rangos establecidos para una óptima fermentación por la levadura, esto va muy relacionado con una

buena maceración ya que se controlaron tiempos, temperaturas y pH, ajustando este último en algunos casos, el que el pH se encuentre en esos niveles también nos indica que no ha habido contaminaciones por parte de lacto bacilos. Además es prudente observando con detenimiento las gráficas de fermentación que este proceso debe de detenerse al quinto día por aspectos de calidad y costos, ya que después de este día no se observa disminución en el consumo de sustratos lo que indica que la fermentación primaria ya debe de ser interrumpida para evitar autólisis de las levaduras debido a la ausencia de sustratos que le permitan su desarrollo, además que el acortar el tiempo beneficiará reduciendo costos energéticos y de tiempo de almacenamiento.

7. La desviación estándar de los datos de pH indican que no existe mayor variación en los datos obtenidos entre ensayo y ensayo, mostrándonos que los mismos han sido repetitivos al menos desde este punto de vista.

6.2 Recomendaciones

1. Durante la preparación del mosto con adjunto es necesario la constante agitación, debido a la alta viscosidad que llega a tener

producto de la captación de agua, de no hacerlo es propenso a quemarse si no se tiene el cuidado pertinente. La cantidad de agua a usar debe de ser en una relación 1:4 ya que cantidades menores entorpecen la gelatinización.

2. Los datos de rendimientos obtenidos mejoraran si se cuentan con mejores equipos, más tecnificados, que permitan el máximo aprovechamiento de las materias primas.
3. Si no se cuenta con un control de temperatura automático durante la etapa de maceración, es necesario que se controle la temperatura del proceso de manera paulatina, adicional es importante que se mantenga en constante agitación para mantener homogeneidad de temperatura.
4. Es de suma importancia tener un control del pH en la etapa de maceración, ya que de esto dependerá la velocidad de reacción de las enzimas, aumentándolo o reduciéndolo.

APÉNDICE 1

Refractometer Brix reading to wort Plato and SG conversion table

Brix	Plato	SG	Brix	Plato	SG	Brix	Plato	SG	Brix	Plato	SG
0.0	0.0	1000.0	8.0	8.3	1033.1	16.0	16.6	1068.2	24.0	25.0	1105.5
0.2	0.2	1000.8	8.2	8.5	1034.0	16.2	16.8	1069.1	24.2	25.2	1106.4
0.4	0.4	1001.6	8.4	8.7	1034.8	16.4	17.1	1070.0	24.4	25.4	1107.4
0.6	0.6	1002.4	8.6	8.9	1035.7	16.6	17.3	1070.9	24.6	25.6	1108.4
0.8	0.8	1003.2	8.8	9.2	1036.5	16.8	17.5	1071.8	24.8	25.8	1109.3
1.0	1.0	1004.0	9.0	9.4	1037.4	17.0	17.7	1072.7	25.0	26.0	1110.3
1.2	1.2	1004.8	9.2	9.6	1038.2	17.2	17.9	1073.7	25.2	26.2	1111.3
1.4	1.5	1005.7	9.4	9.8	1039.1	17.4	18.1	1074.6	25.4	26.4	1112.2
1.6	1.7	1006.5	9.6	10.0	1040.0	17.6	18.3	1075.5	25.6	26.6	1113.2
1.8	1.9	1007.3	9.8	10.2	1040.8	17.8	18.5	1076.4	25.8	26.8	1114.2
2.0	2.1	1008.1	10.0	10.4	1041.7	18.0	18.7	1077.3	26.0	27.0	1115.2
2.2	2.3	1008.9	10.2	10.6	1042.6	18.2	18.9	1078.2	26.2	27.2	1116.1
2.4	2.5	1009.7	10.4	10.8	1043.4	18.4	19.1	1079.1	26.4	27.5	1117.1
2.6	2.7	1010.6	10.6	11.0	1044.3	18.6	19.3	1080.1	26.6	27.7	1118.1
2.8	2.9	1011.4	10.8	11.2	1045.2	18.8	19.6	1081.0	26.8	27.9	1119.1
3.0	3.1	1012.2	11.0	11.4	1046.0	19.0	19.8	1081.9	27.0	28.1	1120.1
3.2	3.3	1013.0	11.2	11.6	1046.9	19.2	20.0	1082.8	27.2	28.3	1121.0
3.4	3.5	1013.8	11.4	11.9	1047.8	19.4	20.2	1083.8	27.4	28.5	1122.0
3.6	3.7	1014.7	11.6	12.1	1048.6	19.6	20.4	1084.7	27.6	28.7	1123.0
3.8	4.0	1015.5	11.8	12.3	1049.5	19.8	20.6	1085.6	27.8	28.9	1124.0
4.0	4.2	1016.3	12.0	12.5	1050.4	20.0	20.8	1086.6	28.0	29.1	1125.0
4.2	4.4	1017.1	12.2	12.7	1051.3	20.2	21.0	1087.5	28.2	29.3	1126.0
4.4	4.6	1018.0	12.4	12.9	1052.2	20.4	21.2	1088.4	28.4	29.5	1127.0
4.6	4.8	1018.8	12.6	13.1	1053.0	20.6	21.4	1089.4	28.6	29.7	1128.0
4.8	5.0	1019.6	12.8	13.3	1053.9	20.8	21.6	1090.3	28.8	30.0	1129.0
5.0	5.2	1020.5	13.0	13.5	1054.8	21.0	21.8	1091.2	29.0	30.2	1130.0
5.2	5.4	1021.3	13.2	13.7	1055.7	21.2	22.0	1092.2	29.2	30.4	1131.0
5.4	5.6	1022.1	13.4	13.9	1056.6	21.4	22.3	1093.1	29.4	30.6	1132.0
5.6	5.8	1023.0	13.6	14.1	1057.5	21.6	22.5	1094.1	29.6	30.8	1133.0
5.8	6.0	1023.8	13.8	14.4	1058.3	21.8	22.7	1095.0	29.8	31.0	1134.0
6.0	6.2	1024.7	14.0	14.6	1059.2	22.0	22.9	1095.9	30.0	31.2	1135.0
6.2	6.4	1025.5	14.2	14.8	1060.1	22.2	23.1	1096.9	30.2	31.4	1136.0
6.4	6.7	1026.3	14.4	15.0	1061.0	22.4	23.3	1097.8	30.4	31.6	1137.0
6.6	6.9	1027.2	14.6	15.2	1061.9	22.6	23.5	1098.8	30.6	31.8	1138.0
6.8	7.1	1028.0	14.8	15.4	1062.8	22.8	23.7	1099.7	30.8	32.0	1139.0
7.0	7.3	1028.9	15.0	15.6	1063.7	23.0	23.9	1100.7	31.0	32.2	1140.0
7.2	7.5	1029.7	15.2	15.8	1064.6	23.2	24.1	1101.6	31.2	32.4	1141.0
7.4	7.7	1030.6	15.4	16.0	1065.5	23.4	24.3	1102.6	31.4	32.7	1142.1
7.6	7.9	1031.4	15.6	16.2	1066.4	23.6	24.5	1103.6	31.6	32.9	1143.1
7.8	8.1	1032.3	15.8	16.4	1067.3	23.8	24.8	1104.5	31.8	33.1	1144.1



ANEXOS

ANEXO A

Nombre: _____ Fecha: _____

Edad: _____ Sexo: Masculino () Femenino ()

Producto: Cerveza

1) Indique qué tanto le gustan o disgustan las muestras, según la siguiente escala:

Descripción	375	195	525	256	479
Me gusta muchísimo	—	—	—	—	—
Me gusta mucho	—	—	—	—	—
Me gusta bastante	—	—	—	—	—
Me gusta ligeramente	—	—	—	—	—
Ni me gusta ni me disgusta	—	—	—	—	—
Me disgusta ligeramente	—	—	—	—	—
Me disgusta bastante	—	—	—	—	—
Me disgusta mucho	—	—	—	—	—
Me disgusta muchísimo	—	—	—	—	—

2) Indique cuál es la muestra que más le agrada:

Comentarios: _____

Muchas Gracias

ANEXO B

DETERMINACIÓN DE pH

CDU: 663.41:658 ICS: 67.160.10		CIRJ: 3131 AL 04.02-329
Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	BEBIDAS ALCOHOLICAS CERVEZA DETERMINACIÓN DEL pH	NTE INEN 2 325:2002 2002-12
Instituto Ecuatoriano de Normalización. INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo Moreno Es-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción		
1. OBJETO 1.1 Esta norma establece el método para determinar el pH (concentración del ión hidrógeno) en cerveza. 2. DEFINICIONES 2.1 pH. Indicativo de acidez o alcalinidad de una solución acuosa. Se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno en moles por litro. El valor de pH es de 1 a 14, que indica la concentración de iones hidrógeno presentes en una solución acuosa. 3. METODO DE ENSAYO 3.1 Resumen 3.1.1 El método consiste en una determinación potenciométrica del pH en una muestra de cerveza previamente desgasificada, filtrada y atemperada de 20°C a 25°C. 3.2 Equipos 3.2.1 Potenciómetro con sus respectivos electrodos. 3.2.2 Vaso de precipitación de 250 cm³. 3.2.3 Agitador. 3.2.4 Termómetro. 3.3 Reactivos 3.3.1 Solución buffer, de pH 4,00. 3.3.2 Solución buffer, de pH 7,00. 3.4 Preparación de la muestra. 3.4.1 Desgasificar la cerveza mediante agitación constante, manteniendo la temperatura de la cerveza entre 20°C y 25°C y filtrarla a través de papel filtro. 3.5 Calibración 3.5.1 Mantener los electrodos del potenciómetro inmersos en una solución. 3.5.2 Verificar el cero y ajustar si es necesario. 3.5.3 Verificar que la temperatura de ensayo sea 20°C. 3.5.4 Lavar los electrodos con agua destilada y secar con papel absorbente. 3.5.5 Sumergir los electrodos en la solución Buffer de pH 7,0. 3.5.6 Remover los electrodos lavar y secar. (Continúa) DESCRIPCIÓN: Bebidas espirituosas, alcohólicas, fermentación, bebida alcohólica, bebida, cerveza, método, ensayo, pH.		

3.5.7 Sumergir los electrodos en la solución Buffer de pH 4,0.

3.5.8 Hacer la corrección a pH 4,0 si es necesario.

3.6 Procedimiento

3.6.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.

3.6.2 Colocar en el vaso de precipitación aproximadamente 100 cm³ de muestra de cerveza desgasificada y temperatura de ensayo.

3.6.3 Determinar el pH de la cerveza introduciendo los electrodos del medidor de pH en el vaso de precipitación con la muestra, cuidando que no toquen las paredes del recipiente.

3.6.4 Agitar y leer el valor del pH obtenido a 0,01.

3.7 Errores del método

3.7.1 La diferencia entre los resultados de las determinaciones efectuadas por duplicado no debe exceder de 0,05 unidades de pH; en caso contrario, se debe repetir la determinación.

3.8 Informe de resultados

3.8.1 En el informe de resultados debe indicarse:

3.8.1.1 La media aritmética de los resultados de la determinación.

3.8.1.2 Nombre del producto.

3.8.1.3 Identificación del lote

3.8.1.4 Tipo y número de la muestra.

3.8.1.5 NTE INEN de referencia.

3.8.1.6 Fecha de muestreo y ensayo.

3.8.2 Debe mencionarse además cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

3.8.3 Deben incluirse todos los detalles para la completa identificación de la muestra.

(Continúa)

ANEXO C

Beer-10
Page 1 of 2

COLOR

Determine color of beer by one of the following methods.

A. SPECTROPHOTOMETRIC COLOR METHOD

Definition

Beer color intensity on a sample free of turbidity (5) and having the spectral characteristics (5) of an average beer is 10 times absorbance of the beer measured in a $\frac{1}{2}$ -in. cell with monochromatic light of wavelength 430 nm.

Apparatus

(a) *Precision spectrophotometer.*¹ An appropriately calibrated instrument (2) having a band width of 1 nm or less at 430 nm wavelength. Check photometer scale of instrument by methods of National Bureau of Standards (3), increasing concentrations of standard solutions as required.

Method

Decarbonate beer according to method of Beer-1, A. Fill spectrophotometer cuvet with decarbonated beer and determine absorbance (A) of beer at 430 and 700 nm.

Calculate absorbance of beer for light path of $\frac{1}{2}$ in. ($A\frac{1}{2}$) by multiplying A found by ratio of $\frac{1}{2}$ in. to thickness of beer column in cuvet used. If absorbance at 700 nm is ≤ 0.039 times absorbance at 430 nm, beer is "free of turbidity" and color of beer is determined from its absorbance at 430 nm. If beer is not "free of turbidity" clarify it by centrifugation or filtration and repeat absorbance measurement. In such cases report filtration or clarification of beer along with color value.

Calculations

Beer color = $10 (A\frac{1}{2})$, 430 nm.

Report beer color as degrees to one decimal place.

Example

Absorbance of beer sample in a 10 mm square cuvet (inside) is 0.31 at 430 nm and 0.01 at 700 nm.

Conversion factor 10 mm to $\frac{1}{2}$ in. thickness = 1.27.
($A\frac{1}{2}$, 430 nm) = $1.27 \times 0.31 = 0.394$; $0.039 \times 0.394 = 0.0154$.

($A\frac{1}{2}$, 700 nm) = $1.27 \times 0.01 = 0.0127$. Since 0.0127 is less than 0.0154, beer sample is "free of turbidity" and,

Beer color = 10×0.394
= 3.94 or 3.9°.

¹ See APPENDIX-2.A for calibration of spectrophotometer.

B. PHOTOMETRIC METHOD

(Instruments other than precision spectrophotometers)

Apparatus

Any of the commercially available filter photometers or abridged spectrophotometers using a moderately broad spectral band pass and having requisite sensitivity is suitable. For beer calibration use a 430-nm filter, or a filter whose rated transmission is close to 430 nm. Those transmitting in the 420–450 nm region are generally preferable, since they give larger scale readings and therefore increased precision. Select cell size to give absorbance values between 0.187 and 0.699 (20–65% transmittance) for maximum precision.

Calibration of Photometers

Six to eight bottles of beer of each color level are needed for calibration. Remove crowns and tap or jar bottles lightly so that gas in headspace is completely driven out by foam before recapping. Repeat foaming and recapping three times, allowing bottles to stand 15–30 min between consecutive hand-capping operations, then pasteurize bottles. Determine color of beer in at least two bottles by Beer-10, A, above. Use at least two other bottles to obtain photometer readings on beer using the same color filters, wavelength setting, cuvetts, and other conditions, which will be used later for color determinations.

Calculate average color for beer and average photometer readings (PR) for the same beer, and calibration factor color/PR for each color level used in calibration. From these calculate an average calibration curve of color vs. PR values assuming that curve passes through origin.

Each brewery product with a different color hue or color range requires determination of its particular calibration factor.

Method

Determine photometer readings on decarbonated beer (Beer-1, A) using same cells and color filters used for calibration of photometer. Calculate color of beer by multiplying its photometer scale reading by average factor determined from calibration, or read color from calibration curve. Report color of beer to one decimal place.

Example

Beer color by Beer-10, A, two bottles = 3.13 and 3.17; average = 3.15.

Photometer readings on beer = 154 and 158; average = 156 (PR).

Issued 1992

ANEXO D

Beer-23
Page 1 of 1

BEER BITTERNESS

Reports of the Subcommittee on Determination of Isohumulones in Beer for 1967 and 1968 (1) indicate that Bitterness Units (BU), as determined below, express the bitter flavor of beer satisfactorily, regardless of whether the beer was made with fresh or old hops. The European Brewery Convention has adopted the "E.B.C. Bitterness Units," determined in a similar way, as a uniform method which best expresses the true bitter flavor value of beer.

The iso- α -acids (IAA) method, formerly called the "Reference Method," has been archived.

While the results of the IAA method are practically identical with those obtained by the Bitterness Units method for beer brewed with fresh hops, the iso- α -acids of beer brewed with old or poorly stored hops, and with certain special hop extracts, can be significantly lower than the BU figure.

A. BITTERNESS UNITS (BU) (International Method)

Reagents

- 2,2,4-Trimethylpentane (isooctane), spectrophotometric grade or equivalent. ASTM certified reference fuel grade isooctane may be used after one distillation, provided the absorbance at 275 nm meets the requirements for freedom from ultraviolet-absorbing substances specified below. A practical grade of isooctane may be used after purification by passage through a column of silica gel (12–28 mesh), such as that available from Fisher Scientific Company, Pittsburgh, PA 15219, under their designation S-156, grade 408. The isooctane reagent should have an absorbance at 275 nm in a 1-cm cell similar to that of freshly redistilled water from an all-glass still or an absorbance of not more than 0.005.
- Hydrochloric acid, 3N.
- Octyl alcohol, reagent grade or redistilled equivalent. One drop added to 20 ml 2,2,4-trimethylpentane (reagent a) must not increase absorbance reading at 275 nm by more than 0.005 in a 1-cm cell.

Apparatus

- Mechanical shaker. A platform type, or a "wrist-action" type shaker, with extending arm adjusted in a vertical plane so that tube will be held in a horizontal position.
- Precision spectrophotometer,¹ for use in the ultraviolet range.
- Centrifuge tubes, 50-ml, with glass stoppers or screw caps with Teflon lining.

¹ See APPENDIX-1A for calibration of spectrophotometer.

- Centrifuge that will take 50-ml centrifuge tubes (apparatus c).

Method

Transfer 10.0 ml chilled carbonated beer (50°F) to a 50-ml centrifuge tube using a volumetric pipet that has had a minute amount of octyl alcohol (reagent e) introduced into the tip. Add 1 ml 3N HCl (reagent b) and 20 ml 2,2,4-trimethylpentane (reagent a). Stopper centrifuge tube tightly and place it on mechanical shaker for 15 min. The action must be vigorous. If required, centrifuge the tube long enough to separate the phases. As soon as possible, transfer sufficient clear, upper (isooctane) layer to cuvet of spectrophotometer. Set instrument to read zero absorbance at 275 nm for the 2,2,4-trimethylpentane-octyl alcohol blank (20 ml isooctane plus one drop octyl alcohol). Record absorbance at 275 nm (see Note).

Calculations

Calculate Bitterness Units of beer by the formula,

$$\text{BU} = \text{absorbance}_{275} \times 50.$$

Report bitterness units to nearest one-half unit.

Example

Absorbance of isooctane layer at 275 nm = 0.322,

$$\begin{aligned}\text{BU} &= 0.322 \times 50 \\ &= 16.1.\end{aligned}$$

Report BU as 16.0.

B. ISO- α -ACIDS (IAA)

This section has been archived.

Note

Notice should be taken of recent findings that certain preservatives, such as *n*-heptyl *p*-hydroxybenzoate and sorbates, and possibly some brewing adjuncts or coloring agents, may contribute to absorbance at the wavelengths specified in methods A and B. The possibility of picking up ultraviolet-absorbing extraneous substances would be greater in the BU methods than it would in the IAA method. The possible effects of such materials should be checked before reporting bitterness values.

* *Journal of the American Society of Brewing Chemists*

References

- AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS. Report of Subcommittee on Determination of Isohumulones in Beer. *Proc. 1967*, p. 269; *Proc. 1968*, p. 260.
- Estimation of the Bitterness of Beer. *J. Inst. Brew.* 74:249 (1968).
- RIGBY, F. L., and BETHUNE, J. L. *J. Inst. Brew.* 61:325 (1955).
- The E.B.C. Scale of Bitterness. *J. Inst. Brew.* 73:525 (1967).
- U.S. Pharmacopeia XVII, p. 1005.

1968, rev. 1975

Issued 1992

ANEXO E

NTE INEN 2 322

2002-12

4.5 Método Instrumental para determinar alcohol y gravedad original.

4.5.1 Resumen

4.5.1.1 El instrumento determina el contenido de alcohol y la gravedad original de una muestra de cerveza en 3 minutos. El contenido de alcohol es determinado por una combustión catalítica del alcohol en una corriente de aire al pasar sobre la superficie de un sensor.

4.5.1.2 La densidad es determinada por medio de un densímetro Anton Parr. El extracto, calorías, y los valores relacionados son calculados mediante un programa del computador.

4.5.1.3 Este método da valores equivalentes a las determinaciones (numerales 4.1 y 4.2) y la determinación del extracto original.

4.5.2 Reactivos

4.5.2.1 Alcohol etílico, 95% v/v.

4.5.2.2 Detergente, especificado para el equipo o su equivalente.

4.5.2.3 Solución acondicionadora. Disolver 7,5 g de detergente en aproximadamente 500 cm³ de agua destilada en un matraz volumétrico de 1 litro de capacidad. Añadir 100 cm³ de etanol y llevar a volumen con agua destilada.

4.5.2.4 Soluciones de calibración. Diluir 46,4 cm³ de etanol a 1 litro con agua destilada, para producir una solución al 3,50 % (v/v), en etanol; diluir 92,3 cm³ de etanol a 1 litro con agua destilada para producir una solución de etanol al 7,0 % (v/v) de etanol.

4.5.3 Equipo

4.5.3.1 Analizador automático de cerveza.

4.5.3.2 Balones volumétricos, de 1 litro de capacidad.

4.5.3.3 Cilindros graduados, de 100 cm³ y 200 cm³

4.5.3.4 Viales, especificado para el equipo o su equivalente.

4.5.4 Preparación de la muestra

4.5.4.1 La muestra se prepara de acuerdo con lo indicado en el numeral 2.

4.5.5 Procedimiento

4.5.5.1 Poner en marcha el instrumento y acondicionario de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

4.5.5.2 Calibrar el instrumento de acuerdo con el manual de operaciones del fabricante usando agua destilada y los dos estándares de etanol.

4.5.5.3 Preparar las muestras para análisis de acuerdo con lo indicado en el numeral 2. Analizar las muestras de cerveza de acuerdo al manual de operaciones.

4.5.6 Cálculos

4.5.6.1 El equipo automáticamente procesa los cálculos.

(Continúa)

4.5.6.2 El instrumento registra uno o más de los siguientes resultados: extracto aparente (*P), extracto real (*P), gravedad original (*P), alcohol % (m/m), alcohol % (v/v), grado real de fermentación (%), grado aparente de fermentación (%) y calorías (por 336 g).

4.5.7 Errores de método

4.5.7.1 Basados en estudios conjuntos, un coeficiente combinado de laboratorios de variación de 1,5 o menor, puede esperarse por ambos, alcohol % (m/m) y gravedad original (*P).

4.6 Método del vibrador de flexión y medición de sonido

4.6.1 Resumen

4.6.1.1 El transductor densidad/velocidad del sonido (que combina la densidad, velocidad del sonido y la temperatura en una unidad compacta) mide exactamente las concentraciones de alcohol, extracto real y extracto original. La densidad de la cerveza se determina midiendo el período de oscilación de un tubo en U oscilante.

4.6.1.2 La velocidad del sonido se mide sobre una distancia fija (5 mm) entre un transmisor que genera pulsos ultrasónicos y un receptor. La velocidad del sonido aumenta cuando aumenta la concentración de alcohol, pero disminuye la densidad. Por otra parte, cuando aumenta la concentración del extracto, aumenta tanto la densidad como la velocidad del sonido.

4.6.2 Equipos

4.6.2.1 Medidor de la densidad y la velocidad del sonido.

4.6.2.2 Porta muestras.

4.6.3 Preparación de la muestra

4.6.3.1 La muestra se prepara de acuerdo con lo indicado en el numeral 2.

4.6.4 Procedimiento

4.6.4.1 Verificar la calibración del analizador.

4.6.4.2 Poner en operación el instrumento y cargar las muestras.

4.6.4.3 Efectuar las mediciones.

4.6.5 Cálculos

4.6.5.1 Son calculados directamente por el instrumento y presentados en una pantalla/impresora: densidad, porcentaje de alcohol en masa, porcentaje de alcohol en volumen, extracto real, extracto original, extracto aparente, gravedad específica, grados de fermentación real y aparente, calorías/kg.

4.7 Método del alcoholímetro de Gay Lussac

4.7.1 La determinación de alcohol debe realizarse de acuerdo a la NTE INEN 340.

5. INFORME DE RESULTADOS

5.1 En el informe de resultados debe indicarse:

5.1.1 La media aritmética de los resultados de la determinación.

5.1.2 Nombre del producto.

(Continúa)

ANEXO F

Criterio de calificación y acciones recomendadas.

BS SENSORY	EXPLICACIÓN	CRITERIO ADICIONAL	CRITERIO ADICIONAL
9.0	Mejor ejemplo posible de la marca	Perfilado perfecto	Nada
8.5	Superior ejemplo de la marca	Perfilado perfecto	Nada
8.0 7.5	Excelente ejemplo De la marca	Muy leves desviaciones de intensidad de atributos	Nada
7.0 6.5	Muy buena y con impresión general típica de la marca	Leves desviaciones de intensidad de atributos	Nada
6.0 5.5	Buena y con impresión general típica de la marca	Moderadas desviaciones de intensidad de atributos	Evaluar posibles desvíos de proceso y tendencias
5.0	Ligeramente aceptable	Fuertes desviaciones en atributos de la cerveza o leves defectos.	Se debe realizar una análisis de desvíos específicos e insumos / materias primas del proceso. (GAPA)
4.5 4.0	Inaceptable – Mal ejemplo de la marca, pero todavía identificable.	Fuertes desviaciones en atributos de la cerveza o moderados defectos	Se requieren acciones inmediatas (GAPA, ADF y de ser necesario PDCA)
3.5 3.0 2.5 2.0	La marca es apenas identificable. La marca no puede ser reconocida	Fuertes desviaciones en atributos de la cerveza y / o defectos fuertes	Se bloquea la producción local. Evaluar con la Zona si es necesario recall. Producto no comercializable
1.5 1.0	El estilo de cerveza no es reconocido	Fuertes desviaciones en atributos de la cerveza y / o defectos muy fuertes	Producto no comercializable

ANEXO G



SPECIFICATION

MALT CHÂTEAU PILSEN 2RS (CROP 2011)



PARAMETER	UNIT	MIN	MAX
Moisture	%		4.6
Extract (dry basis)	%	80.0	
Difference fine – large	%	1.0	2.5
Wort colour	EBC (Lov.)		3.5 (1.8)
Post coloration	EBC (Lov.)		5.7 (2.6)
Total Protein (dry malt)	%	10.5	11.5
Soluble protein	%	4.0	
Kolbach Index	%	38.0	44.0
Hartong 45°	%	35.0	43.0
Viscosity	cp		1.6
Beta glucans	mg/l		250
pH		5.6	6.0
Diastatic power	WK	250	
Friability	%	80.0	
Glassiness (whole grains)	%		2.5
PDMS			5.0
NDMA	ppb		2.5
Filtration		normal	
Saccharification time	minutes		15
Clarity of wort		clear	
Calibration: - above 2.5 mm	%	90.0	
- rejected	%		2.0



Features:

The lightest coloured Belgian malt.

Produced from the finest European 2-row spring malting barley varieties. Kilned at up to 80 - 85°C.

Headquarter:
Chemin du Couloury 1
4800 Lambermont
Belgium

Malting plant:
Rue de Mons 94
7970 Beloeil
Belgium

Tel: +32 (0) 87 681381
Fax: +32 (0) 87 352234
E-mail: info@castlemalting.com
BIC: BBRUBEBB

Registered Tournal 79754
VAT: BE.455013439
Bank account: 370-0905456-48
IBAN: BE11 3700 9054 5648



Characteristics:

The lightest in colour, this malt is well modified and can be easily mashed with a single-temperature infusion. Our Château Pilsen malt carries a strong, sweet malt flavour and contains enough enzymatic power to be used as base malt.

Usage:

All beer types.
Can be used up to 100 % for pale beers (Pilsner, Lager) or as part of the mix for the other beers.

Storage & Shelf life:

Malt should be stored in a clean, cool (< 22 °C) and dry (< 35 RH %) area. If these conditions are observed, we recommend using all whole kernel products within 18-24 months from the date of manufacture and all milled products within 3 months.

Packaging:

Bulk; Bulk in Liner Bag in Container; Bags (25kg, 50kg); Big Bags (400-1 250kg)
All types of packaging – in 20' or 40' containers for export

IMPORTANTE

- All our malts are 100% traceable from barley field through all stages of malting process up to the delivery applying and respecting Regulation EC/178/2002 of the European Council regarding traceability.
- All our malts are produced using the traditional process of over 9 days, a solid warranty of high modification of the grain and real top quality of premium malts.
- Neither of our malts contains any genetically modified organisms as defined by European Directive 2001/18/EC, which means that all our malts are GMO FREE guaranteed.
- All our malts are manufactured in strict conformity with the internationally accepted requirements HACCP (Hazard Analyses of Critical Control Points) currently in force and the ISO 22000 Food Safety Management System.
- All our malts conform to EU and International regulations regarding the maximum allowable residues of pesticides, herbicides, fungicides, insecticides, as well as traces of mycotoxins and nitrosamines.
- All our malts are transported only by GMP-certified transporters.
- You can see and print the results of the analysis of the malts delivered to you directly on our site www.castlemalting.com.



Headquarter:	Malting plant:	Tel: +32 (0) 87 681381	Registered Journal 79754
Chemin du Couloury 1	Rue de Mons 94	Fax: +32 (0) 87 352234	VAT: BE.455013439
4800 Lambermont	7970 Beloeil	E-mail: info@castlemalting.com	Bank account: 370-0905456-48
Belgium	Belgium	BIC: BBRUBEBB	IBAN: BE11 3700 9054 5648

ANEXO H

Peso de la muestra analizada 200 gramos

Tamiz n ^o	Fracción	Industria		Experimental		
		Abertura de malla en mm	% de Masa Total	Abertura de malla en mm	Peso g	% de Masa Total
1	Cáscaras	1,27	18	1,25	131	65,5
2	Molienda gruesa	1,01	8	1	16,5	8,25
3	Molienda fina I	0,547	35	0,5	15,72	7,86
4	Molienda fina II	0,253	21	0,25	20,6	10,3
5	Harina	0,152	7	0,125	0,9	0,45
Fondo de tamiz	Harina fina	Plato	11	Plato	15,28	7,64

ANEXO I

Nombre: _____ Fecha: _____

Edad: _____ Sexo: Masculino () Femenino ()

Producto: Cerveza

1) Indique qué tanto le gustan o disgustan las muestras, según la siguiente escala:

Descripción	410	345	327	143
Me gusta muchísimo	___	___	___	___
Me gusta mucho	___	___	___	___
Me gusta bastante	___	___	___	___
Me gusta ligeramente	___	___	___	___
Ni me gusta ni me disgusta	___	___	___	___
Me disgusta ligeramente	___	___	___	___
Me disgusta bastante	___	___	___	___
Me disgusta mucho	___	___	___	___
Me disgusta muchísimo	___	___	___	___

2) Indique cuál es la muestra que más le agrada |

Comentarios _____

Muchas Gracias

BIBLIOGRAFÍA

1. Wolfgang Kunze, Tecnología para cerveceros y malteros, VLB Berlín, Edición 2006, Págs. 21,22, 38,35, 56, 93, 102, 103, 460, 416.
2. J. S. HOUGH, Biotecnología de la cerveza y de la malta, Editorial ACRIBIA, S.A., Edición 1989, Págs. 1, 9, 49, 57, 135
3. CHARLES BAMFORTH, Beer:tap into the art and Science of Brewing, Published by Oxford University Press, Inc., SegundaEdición 2003, Pág 111.
4. NAKANO, VALERIA MITIKO. Teoria da Fermentação e Maturação. In: WORKSHOP ADEGAS, 1, 2000, Brasília. Anais. Brasília: AMBEV, 2000. 96p Oliveira, L. M. Jornal dos Plásticos. O PET no mercado de cervejas. Nov., 1999.
5. CERVESIA. TecnologiaCervejeira. disponible en. <<http://www.cervesia.com.br>>. Acessoem: 25 de outubro, 2007.

6. BRIGGS, D. E.; HOUGH, J. S.; STEVENS, R.; YOUNG, T. W.
Malting and brewing science, London:, Chapman and Hall Ltd, 1981,
Pág. 643.

7. Ecuador en
cifras.<http://www.ecuadorencifras.com/sistagroalim/pdf/Banano.pdf>

8. Food and Agriculture Organization of The United
Nations.<http://www.fao.org/docrep/019/i3627e/i3627e.pdf>

9. Harvey, T. Handbook of Tropical Foods. 1983. New York, Ed. Marcel
Dekker. Vol. III-VIII., Pág. 639.

10. ICAITI. (Instituto de Centro América de Investigación Tecnológica
Industrial. GT). 1986. Procesos de transformación del Banano. Panamá,
UPEP., Pág. 337.

11. Escaldado de alimentos.
<http://app.ute.edu.ec/content/3460-124-20-1-6>
16/LECTURA1_SESION50001.pdf

12. Universidad autónoma de

Yucatán.[http://www.quimica.uady.mx/archivos/PICQB/Libro_de_Resumen
es_Foro-6.pdf#page=30](http://www.quimica.uady.mx/archivos/PICQB/Libro_de_Resumen_es_Foro-6.pdf#page=30)

13. Dennis E. Briggs, Chris A. Boulton, Peter A. Brookes and Roger Stevens
Brewing Science and Practice, Edición 2004, Pág 434.

14. Aparicio Ricardo, 19 de Abril del 2010. Diacetilo su producción y
reducción. Argentina: RevistaMASH.
<http://www.revistamash.com/detalle.php?id=367>

15. Mesones , Manual práctico del cervecero, Edición 2012, Pág. 39.

16. Giovani Brandão M. Carvalho, Daniel P. Silva, António A. Vicente, Gsilaine F
. de Matos, Cleber M. Tomazi, José A. Texeira, João B. Almeida e Silva,
Desarrollo De La Cerveza Con Banana en Mini-Bioreactor Cilindroconico:
Caracterización de los principales Volátiles obtenidos en la Fermentación
Primaria . Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería.

[http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/acapulco09/TRABAJOS/AR
EA_X/CX-01.pdf](http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/acapulco09/TRABAJOS/AR
EA_X/CX-01.pdf)

17. MACÍAS, A., (2010). IMPLEMENTACIÓN DE UNA MICROPLANTA PRODUCTORA DE ALCOHOL ETÍLICO A PARTIR DE TRES TIPOS DE MUSÁCEAS. (PROYECTO DE GRADUACIÓN). ESPOL. GUAYAQUIL.
18. ZÚÑIGA, J., MERELO, G., (2013). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO CON ADAPTACIÓN DE TECNOLOGÍA PARA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL. (TESIS DE GRADO). UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. GUAYAQUIL.