



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS DE GRADO PREVIO LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO EN ALIMENTOS

TEMA:

“MEJORAMIENTO DE LA ESTABILIDAD DEL SABOR DE LA CERVEZA TIPO LAGER, ANALIZANDO LOS EFECTOS EN LA ELABORACIÓN Y SU IMPACTO EN EL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO TERMINADO COMPROBADO POR EL MÉTODO DE ESPECTROSCOPIA DE RESONANCIA DEL SPIN ELECTRÓNICO (ESR) EN CERVECERÍA NACIONAL PLANTA PASCUALES”

DIRECTOR DE TESIS:

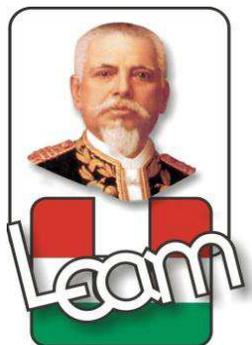
ING. FELIX ROBALINO GONZALES

AUTOR:

DIMAS ALBERTO PINCAY PILAY

MANTA – MANABI – ECUADOR

2012 – 2013



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TESIS DE GRADO
PREVIO LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO EN ALIMENTOS**

TEMA:

“MEJORAMIENTO DE LA ESTABILIDAD DEL SABOR DE LA CERVEZA TIPO LAGER, ANALIZANDO LOS EFECTOS EN LA ELABORACIÓN Y SU IMPACTO EN EL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO TERMINADO COMPROBADO POR EL MÉTODO DE ESPECTROSCOPIA DE RESONANCIA DEL SPIN ELECTRÓNICO (ESR) EN CERVECERÍA NACIONAL PLANTA PASCUALES”

DIRECTOR DE TESIS:

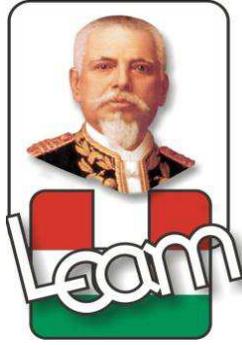
ING. FELIX ROBALINO GONZALES

AUTOR:

DIMAS ALBERTO PINCAY PILAY

MANTA – MANABI – ECUADOR

2012 – 2013



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS DE GRADO

“MEJORAMIENTO DE LA ESTABILIDAD DEL SABOR DE LA CERVEZA TIPO LAGER, ANALIZANDO LOS EFECTOS EN LA ELABORACIÓN Y SU IMPACTO EN EL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO TERMINADO COMPROBADO POR EL MÉTODO DE ESPECTROSCOPIA DE RESONANCIA DEL SPIN ELECTRÓNICO (ESR) EN CERVECERÍA NACIONAL PLANTA PASCUALES”

Sometida a consideración del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, como requisito para obtener el título de:

INGENIERO EN ALIMENTOS

Aprobado por el Tribunal Examinador:

DECANA DE LA FACULTAD
Ing. Leonor Vizuite Gaibor, Mba

DIRECTOR DE TESIS
Ing. Félix Robalino Gonzales

JURADO EXAMINADOR

JURADO EXAMINADOR

CERTIFICACION

En mi condición de Director de Tesis, certifico que bajo mi dirección el Sr. Dimas Alberto Pincay Pilay ha desarrollado y concluido la tesis de grado denominada: “MEJORAMIENTO DE LA ESTABILIDAD DEL SABOR DE LA CERVEZA TIPO LAGER, ANALIZANDO LOS EFECTOS EN LA ELABORACIÓN Y SU IMPACTO EN EL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO TERMINADO COMPROBADO POR EL MÉTODO DE ESPECTROSCOPIA DE RESONANCIA DEL SPIN ELECTRÓNICO (ESR) EN CERVECERÍA NACIONAL PLANTA PASCUALES”, previa a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos de acuerdo al plan aprobado preliminarmente por el Concejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Industrial, para lo cual se ha observado las disposiciones institucionales, metodológicas y técnicas.

Ing. Félix Robalino Gonzales

DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Por la presente declaro bajo juramento que el presente trabajo investigativo es fruto de mi propio trabajo y no material previamente publicado o escrito por otra persona, ni material que de materia sustancial haya sido aceptado, excepto donde se ha hecho reconocimiento en el texto y que consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Atentamente

Dimas Alberto Pincay Pilay

DEDICATORIA

A **DIMAS** mi amado e inolvidable papá, gracias por guiarme y protegerme, estés donde estés. Tu presencia cada día crece más en mi alma.

A ti te debo lo que soy!

A ti **VICTORIA**, insuperable, preciosa, bella y amorosa mamá, por darme tu cariño, paciencia, apoyo, consejos y, por sobretodo, valor para seguir adelante.

Que nunca me vayas a faltar!

A mis queridas hermanas: **MARCELA y MARY**, quiero dejarte la legacía de hacer obras constructivas y quiero que tengan siempre en su corazón la fortaleza para luchar por sus propias convicciones.

Mi gratitud al creador por darme la vida y todo mis logros, por las oportunidades para la superación

DIMAS

AGRADECIMIENTO

Cuando un sueño se hace realidad no siempre se le atribuye al empeño que pongamos en realizarlo.

Detrás de cada sueño siempre hay personas que nos apoyan y que creen en nosotros.

Son seres especiales que nos animan a seguir adelante en nuestros proyectos brindándonos, de diferentes maneras, su solidaridad.

Quiero agradecer de todo corazón al Ing. ROBALINO que ha sabido darle una invaluable proyección a un sueño de investigación, a la Universidad Laica ELOY ALFARO DE MANABI, FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

AL grupo de maestros, del programa de INGENIERÍA DE ALIMENTOS de JIPIJAPA,

A CERVECERIA NACIONAL mi lugar de trabajo que permitió cristalizar mi idea de investigación y dio facilidades para su ejecución

DIMAS

INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
GENERALIDADES	
1. La empresa	3
1.1 Línea de productos.....	4
1.2 SABMiller operación Ecuador.....	4
1.3 Planteamiento del problema.....	5
1.4 Formulación del problema.....	7
1.5 Delimitación del problema.....	7
1.6 Preguntas de investigación.....	8
1.7 Justificación.....	10
1.8 Objetivos.....	10
1.8.1 Objetivos generales.....	10
1.8.2 Objetivos específicos.....	11
CAPITULO II	
2. Marco teórico.....	12
2.1 Materias primas.....	13
2.1.1 Cebada.....	14
2.1.1.1 Tipos de cebada y variedades.....	14
2.1.1.2 Tipos de cebada.....	15
2.2 Lúpulo.....	15
2.2.1 Secado y estabilidad de los lúpulos.....	15
2.2.1.1 Secado.....	15
2.2.1.2 Estabilidad.....	16
2.2.1.3 Composición y propiedades de los Lúpulos.....	16
2.2.1.4 Compuestos amargos o resinas de Lúpulo.....	17
2.2.1.5 Aceite de lúpulo.....	19

2.3 Agua.....	20
2.3.1 Requisitos que debe cumplir el agua como agua Cervecera.....	21
2.4 Levadura.....	24
2.4.1 Metabolismo de la levadura.....	24
2.5 Adjuntos.....	25
2.5.1 Maíz.....	26
2.5.2 Arroz.....	27
2.5.3 Cebada.....	28
2.5.4 Sorgo/mijo.....	28
2.5.5 Trigo.....	29
2.5.6 Azúcar.....	29
2.6 Proceso de maltaje.....	30
2.6.1 Recepción, almacenamiento y limpieza de la cebada.....	30
2.6.2 Remojo.....	30
2.6.3 Germinación.....	31
2.6.4 Tostación.....	31
2.6.5 Limpieza y almacenamiento de la malta.....	31
2.7 Elaboración de la cerveza.....	32
2.7.1 Preparación de la malta.....	32
2.7.2 Fabricación del mosto.....	33
2.7.3 Maceración.....	34
2.7.3.1 Transformación durante la maceración.....	34
2.7.3.1.1 Propósito de la maceración.....	34
2.7.4 Filtración del mosto.....	35
2.7.5 Cocción del mosto.....	36
2.7.5.1 Propósito de la cocción del mosto.....	36
2.7.5.2 Bombeo del mosto caliente.....	37
2.7.6 Enfriamiento y clarificación del mosto.....	37
2.7.6.1 Proceso durante el enfriamiento.....	38
2.7.6.2 Enfriamiento del mosto.....	38
2.7.7 Aireación del mosto.....	39
2.7.7.1 Realización de la aireación del mosto.....	39

2.8 Fabricación de la cerveza (fermentación, maduración y filtración).....	41
2.8.1 Transformación durante la fermentación y la maduración.....	42
2.8.2 La levadura de fermentación.....	43
2.8.2.1 Metabolismo de la levadura.....	43
2.8.3 Formación y degradación de los productos secundarios de Fermentación.....	44
2.8.3.1 Diacetilo (dicetonas vecinales).....	45
2.8.3.2 Aldehídos (carbonilos).....	46
2.8.3.3 Alcoholes superiores.....	47
2.8.3.3.1 Factores que influyen sobre la formación de alcoholes superiores en la cerveza.....	48
2.8.3.4 Esteres.....	49
2.8.3.5 Compuestos de Azufre.....	50
2.8.3.6 Ácidos Grasos.....	51
2.8.4 Clarificación y estabilidad coloidal de la cerveza.....	51
2.8.5 Filtración de la cerveza.....	52
2.8.6 Metodología de espectroscopia de resonancia electrónica para medir la estabilidad del sabor.....	52
2.8.6.1 Espectroscopia de resonancia Electrónica en Cervecería Nacional.....	54
2.8.6.2 Mediciones del ESR.....	55
2.8.7 Estabilidad de la cerveza.....	57
2.8.7.1 Posibilidades de alargar la vida Útil de la cerveza.....	57
2.8.8 Carbonilos de envejecimiento.....	64
2.8.9 Antioxidantes en la cerveza.....	65
2.8.9.1 Los alimentos en la defensa antioxidante.....	66
2.8.10 Indicadores de calidad para medir la estabilidad de la cerveza en por SABMILLER.....	68
2.8.10.1 Flavor stability index (FSI).....	68
2.8.10.1.1 Mediciones del FSI.....	68
2.8.10.1.2 Calculo del FSI.....	68
2.8.10.2 Índice predictivo del consumidor (CPI).....	69

2.9 Hipótesis.....	71
2.10 Variables.....	71
2.10.1 Variable independiente.....	71
2.10.2 Variable dependiente.....	71

CAPITULO III

3. Diseño metodológico.....	72
3.1 Tipo de investigación.....	72
3.1.1 Investigación de campo.....	72
3.1.2 Investigación bibliográfica.....	72
3.1.3 Investigación experimental.....	73
3.1.4 Nivel de investigación.....	73
3.1.5 Cuantitativa.....	73
3.1.6 Cualitativa.....	73
3.1.7 Localización.....	73
3.1.8 Muestra.....	74
3.1.8.1 Sala de cocimiento.....	74
3.1.8.2 Bodega de frio.....	74
3.1.9 Diagrama de toma de muestras.....	75
3.1.9.1 Sala de cocimiento.....	75
3.1.9.2 Mosto frio.....	76
3.1.9.3 Bodega de frio (FV, SV, FILTRACION, BBT).....	77
3.10 Definición del experimento.....	78

CAPITULO IV

4.1 Producción de cerveza.....	79
4.1.1 Producción del mosto.....	79
4.1.2 Fermentación y maduración.....	79
4.1.3 Filtración.....	79

4.2 Diagrama de proceso de elaboración del mosto.....	79
4.3 Diagrama de proceso de fermentación del mosto.....	80
4.4 Maduración de la cerveza.....	83
4.5 Caracterización del producto en proceso.....	83
4.6 Descripción de las técnicas en la caracterización y análisis de la cerveza tipo lager.....	84
4.6.1 Análisis T150 y Lag Time.....	84
4.6.2 Análisis de amino nitrógeno libre (FAN).....	94
4.6.3 Análisis de determinación de extractos de cerveza y mosto.....	99
4.6.4 Análisis de dióxido de azufre (SO ₂).....	104

CAPITULO V

5 Resultados y discusión.....	109
5.1 Definición del problema.....	109
5.1.1 Métricos Primarios (Indicador FSI).....	110
5.1.2 Metricos Secundarios.....	110
5.1.2.1 Lag Time.....	110
5.1.2.2 Analisis Sensorial – taste 8 Semanas.....	112
5.1.2.3 Reclamos de Mercado.....	113
5.2 Medición.....	115
5.2.1 Herramientas de alcance.....	115
5.2.1.1 Diagrama SIPOC.....	115
5.2.2 Estratificación de los procesos.....	116
5.2.3 Caracterización del producto en proceso.....	116
5.2.3.1 T150 (Medición de radicales libres).....	116
5.2.3.2 Estratificación 1 – Días de Proceso.....	117
5.2.3.3 Estratificación 2 – Filtro Sckenk.....	117
5.2.3.4 Estratificación 3 – cocción del mosto.....	118
5.2.4 Capacidad de proceso – Lag Time.....	118
5.2.5 Capacidad de proceso – taste 8 semanas estabilidad normal.....	120
5.3 Analizar.....	122

5.3.1 Diagrama Causa – Efecto.....	122
5.3.2 Plan de Verificación de Causas.....	123
5.4 Mejorar.....	124
5.4.1 Planteamiento de Pruebas.....	124
5.4.1.1 Proceso de trasiego o movimientos de Cervezas.....	124
5.4.1.2 Proceso de filtración – salida del filtro.....	127
5.4.1.3 Cocción del mosto – dosificación del lúpulo.....	129
5.4.2 Efectividad de las soluciones – Lag Time.....	130
5.4.3 Efectividad de las soluciones – Taste 8 semanas.....	132
5.4.4 Efectividad de las soluciones – Indicador FSI.....	134
5.4.5 Efectividad de las soluciones – Reclamos generados.....	135
5.5 Controlar.....	136
5.5.1 Estandarización de los documentos.....	136
5.5.1.1 Actualización de los procedimientos de trasiegos.....	136
5.5.1.1.1 Diagrama de proceso de trasiego.....	138
5.5.1.2 Lista de verificación.....	138
5.5.1.3 Actualización de procesos de cocción.....	140
5.5.1.3.1 Diagrama de dosificación del lúpulo en la cocción del mosto.....	141
5.5.1.4 Estandarización del proceso de preparación del sistema de filtración.....	141

CAPITULO VI

6.1 Conclusiones.....	142
6.2 Recomendaciones.....	144
Glosario de términos.....	145
Bibliografía.....	151

Introducción

TEMA: “Mejoramiento de la estabilidad del sabor de la cerveza tipo lager, analizando los efectos en la elaboración y su impacto en el ciclo de vida del producto terminado comprobado por el método de espectroscopia de resonancia del spin electrónico (ESR) en Cervecería Nacional Planta Pascuales”

Las cervezas son bebidas más consumidas a lo largo de la historia y en determinadas culturas forma parte de su dieta humana, por lo que en los últimos años las empresas cerveceras han mostrado preocupación considerable por la estabilidad del sabor y su calidad de frescura.

Este producto es susceptible a que en muchas ocasiones sea sometido a almacenamientos prolongados, lo cual propicia la degradación oxidativa de los compuestos constituyentes lo que ocasiona que se produzcan sabores desagradables para los consumidores y personas especializadas en la degustación de cerveza (panel de catado) y en ocasiones pueden ser perjudiciales para la salud del consumidor.

Para determinar la estabilidad de la cerveza, ya sea en el proceso de elaboración o producto terminado va utilizar la técnica analítica de Espectroscopia de Resonancia Electrónica (ESR), ya que es la única técnica que proporciona información confiable y real, en tiempos reducidos de análisis a por lo que en un mismo día podríamos conocer el estado del

proceso cervecero diferencia de otras técnicas analíticas que se obtendrán en semanas o meses

Hay una gran cantidad de tipos de cervezas, pero todas ellas se pueden clasificar en dos grandes grupos: Cervezas de fermentación alta; Cervezas de fermentación baja o “lager”, siendo esta última el objeto de estudio ya que se requiere mejorar la estabilidad oxidativa de la cerveza con el fin de obtener un producto terminado con mayor tiempo de frescura con respecto al sabor, que contribuiría en los rendimientos productivos de la empresa y que fortalecería el consumo en el mercado nacional.

CAPÍTULO I

1. La Empresa

Cervecería Nacional CN SA es una empresa subsidiaria por SABMILLER PLC, se dedica a la fabricación y comercialización de cervezas y bebidas refrescantes.

En el 2005, el ingreso al mercado ecuatoriano de SABMiller, uno de los mayores grupos cerveceros del mundo, consolidó la filosofía de Cervecería Nacional, basada en un Modelo de Negocio que contempla compromisos con el país, pues la compañía está consciente de que su éxito está ligado firmemente al bienestar y prosperidad de las comunidades en las que opera.

En Ecuador, Cervecería Nacional tiene dos plantas ubicadas en Quito y Guayaquil que se dedica a la elaboración y comercialización de cervezas, maltas y aguas de mesa.

El compromiso con sus consumidores y clientes es su mayor valor. La estructura de la compañía está orientada a satisfacerlos..

Cervecería Nacional renovó sus marcas para acercarse a los consumidores y responder a sus necesidades. Entre el 2007 y 2008, la empresa ha renovado la imagen de Pilsener, Pilsener Light, Club Premium e introducido nuevas presentaciones de sus marcas líderes o lanzado marcas, como Conquer, para distintos segmentos de clientes.

1.1 Línea de Productos

Cervecería Nacional produce su principal marca que es Pilsener y posee la primera cerveza premium del Ecuador Club.

Cada marca tiene su propio SKU, el cual está enfocado en suplir con las necesidades del consumidor y mercado ecuatoriano el mismo que ha tenido un crecimiento en el último año del 4% del volumen de cerveza vendido respecto al año anterior.

1.2 SABMiller Operación Ecuador

SABMiller (South African Breweries - Miller) es la segunda cervecera por volumen en el mundo después de InBev. La compañía surgió por la fusión de South African Breweries, Miller Brewing en 2002 y Bavaria S.A en 2005, la cual era propietaria de Compañía de Cervezas Nacionales en Ecuador.

La compañía domina los mercados de África, Norteamérica, Europa Oriental y Sudamérica. Sin embargo, la sede de la empresa se encuentra en Londres, Inglaterra.

El 19 de julio de 2005, SABMiller se fusionó con Bavaria S.A., la mayor cervecera de Colombia y la décima del mundo (por esto es también accionista mayoritaria de Unión de Cervecerías Peruanas Backus & Johnston) y la segunda de Sudamérica. También adquirió parte de Industrias

La Constancia de El Salvador, Cervecería Hondureña en Honduras y Cervecería Nacional en Ecuador

Estos 7 años para Cervecería Nacional han sido de grandes cambios y aprendizaje tanto para el gobierno corporativo, como en sus procesos manufactureros ya que con la ideología de SABMiller, se eliminan los reprocesos de productos fuera de especificación, y obliga a sus subsidiarias a buscar oportunidades de mejoras con bajo presupuesto y con mayor carácter investigativo para así procesos pobres en la elaboración de cervezas, en este caso la estabilidad del sabor.

Para SABMiller representado en Ecuador por Cervecería Nacional, la calidad de sus productos es un valor no negociable y por tanto se deben de asegurar al máximo la estandarización de los procesos para así asegurar con los más altos estándares la calidad de en sus productos.

1.3 Planteamiento del Problema

Se observa que la cerveza no conserva sus propiedades de frescura del sabor durante el proceso de distribución y almacenamiento hasta llegar al consumidor final, debido a los radicales libres presentes en el producto terminado lo que provoca el envejecimiento prematuro de la cerveza perdiendo así sus características sensoriales por la aparición de sabores indeseados más conocidos como “off flavors”. Pasando el tiempo establecido en que la cerveza conserva sus propiedades organolépticas

propias de una cerveza fresca, el producto debe retornar a Cervecería Nacional planta Pascales, para ser mermado ocasionando grandes pérdidas económicas para la compañía.

El FSI (Flavors Estability Index), es un indicador de calidad calculado en base al LAG TIME alcanzado por marca de cerveza, este mide la estabilidad del sabor de las cervezas y tiene como meta en el primer trimestral (ABRIL - JUNIO) cumplir el 63.33%, y 64.22 % en el segundo trimestre (JULIO -SEP). La compañía ha alcanzado solo un 60.2% de cumplimiento de este indicador, en el primer trimestre, evitando así que Cervecería Nacional Planta Guayaquil a se ubique en el top ten del ranking de plantas a nivel mundial de SABMILLER.

Sin embargo, en los últimos meses se ha evidenciado un incremento en el indicador de reclamos reportado por los clientes por diferentes causas siendo una de estas y de mayor impacto el “Sabor o Aroma Anormal”. Desde diciembre del 2011 a Junio del 2012 se han receptado 7.978 reclamos en total, de los cuales 3.207 son por estabilidad del sabor en la cerveza tipo lager.



Fuente: Area de Atencion al Cliente

De acuerdo a las políticas de la empresa, esta tiene la obligación de realizar el respectivo cambio de producto reportado por alguna de las causas indicadas anteriormente y solo por sabor se incurre en gasto por producto de aproximadamente USD 3500 mas los gastos operacionales y logísticos en distribución los mismos que ascienden a un total de aproximadamente de USD USD 6500.00 mensuales solo por esta causa, estabilidad del sabor.

1.4 Formulación del Problema

¿Es posible mejorar la estabilidad del sabor para alargar el ciclo de vida de la cerveza, para alcanzar la meta del indicador FSI (Flavors Estability Index) comprobado con el método de ESR (Espectrometría del espín del electrón)?.

1.5 Delimitación del Problema

CAMPO : **Industrial / Alimentos**

ÁREA : **Producción / Calidad**

ASPECTO : **Experimental**

TEMA “Mejoramiento de la estabilidad del sabor de la cerveza tipo lager, analizando los efectos en la elaboración y su impacto en el ciclo de vida del producto terminado comprobado por el método de espectroscopia de resonancia del spin electrónico (ESR) en Cervecería Nacional Planta Pascuales”

DELIMITACIÓN ESPACIAL: CERVECERIA NACIONAL CN SA, PLANTA PASCUALES, GUAYAQUIL – ECUADOR

DELIMITACIÓN TEMPORAL: Año 2012

1.6 Preguntas de Investigación

1. ¿Que son los off flavors y flavors?
2. ¿Qué tipos de flavors son deseados en una cerveza fresca?
3. ¿Cómo se calcula el FSI (Flavors Estability Index)?
4. ¿Qué tipos de off flavors aparecen cuando la cerveza esta envejecida?

5. ¿Cuál es el tiempo óptimo de almacenamiento para mantener la estabilidad de la cerveza?
6. ¿Qué tipos de almacenamiento son los propicios para evitar el envejecimiento prematuro?
7. ¿En qué parte del proceso hay un incremento de radicales libres?
8. ¿Hay alguna variación en la curva de fermentación por el número usos de levadura y su viabilidad?
9. ¿Con el tipo de lúpulo usado y su dosificación, aumenta o disminuye el cantidad de T150?
10. ¿Qué prácticas de movimientos de cerveza ocasionan incorporación de oxígeno?
11. ¿Qué cantidad de radicales libres se generan en la aireación de mosto?
12. ¿Qué estabilidad tiene la cerveza al ser fermentada, con los números de usos de levaduras y su viabilidad?
13. ¿Qué tipos de prácticas en la filtración de cerveza ocasionan el deterioro de la misma?
14. ¿Influye la calidad y cantidad de CO₂ usado en el proceso de elaboración de cerveza?
15. ¿Qué tipos de antioxidantes naturales se generan en la cerveza, y cuál sería su concentración propicia para evitar el envejeciendo prematuro

1.7 Justificación

La realización del presente proyecto se debe por las siguientes razones:

- La reducción de la cantidad de pérdida generada al retornar producto del mercado, ocasionada por no cumplir la política de frescura que tiene Cervecería Nacional para todos sus productos ya sean cervezas o refrescos.
- El mejoramiento los procesos en la elaboración de la cerveza tipo lager y así evitar la generación de “off flavors” indeseados y cervezas envejecidas en producto terminado
- El cumplimiento del indicador de calidad, el FSI (Flavors Stability Index), ya que es un indicador clave en la compañía.

1.8 Objetivos

1.8.1 Objetivo General

Determinar la estabilidad del sabor de cerveza tipo Lager que permita alargar su vida útil analizando las variables del proceso, comprobando a través del método de espectroscopia de Resonancia del Spin Electrón (ESR), para mejorar los procesos de elaboración de cerveza.

1.8.2 Objetivos Específicos

- Identificar de puntos de muestreos para medir el T150 por ESR
- Caracterizar de T150 en etapas de proceso de cocimiento, fermentación, maduración, filtración, y envasado, para la determinación de la estabilidad
- Determinar y caracterizar de concentración de SO₂ (dióxido de azufre)
- Identificar de tipos de Onflavors y off flavors generados en la etapa de fermentación de la cerveza.
- Identificar las mejores condiciones de almacenamiento de las cervezas
- Medir el lag time en producto terminado por ESR
- Determinar la cantidad de radicales libres generados fermentación de cerveza medidos por el ESR
- Determinar las prácticas de movimientos de cerveza que ocasionan incorporación de oxígeno.

CAPÍTULO II

2. Marco teórico

Las cervezas se clasifican principalmente por el tipo de levadura utilizada y pueden ser: **lager, ale y lambic**.

Las cervezas **lager** utilizan levaduras que al final del proceso de fermentación van al fondo del tanque. Tienen contenidos de alcohol entre los 4 y 13 grados y su amargo y color son menos intensos. Son las más populares en el mundo.

- Lager en alemán significa frío.
- Es un tipo de cerveza con sabor acentuado que se sirve fría.
- Es una cerveza fermentada con una levadura que trabaja a bajas temperaturas.
- Se deja madurar entre los 5 y 10°C durante 8 días.

Las cervezas **ale** utilizan levaduras que al final del proceso de fermentación van a la parte superior de los tanques y tienen alcoholes entre 2.5 y 10 grados. El amargo y el color son más intenso que en las tipo lager.

- Antiguamente eran las cervezas más populares antes de la llegada del frío.
- Es una cerveza más oscura que la lager.
- Contiene una especial carga aromática y afrutada.
- Las ales tienen mayor graduación alcohólica y un sabor más complejo.

- Las cervezas tipo ale maduran rápidamente a temperaturas entre 15 y 25°C de 3 a 7 días.

Las cervezas ***lambic - o de fermentación espontánea*** - son cervezas que se ponen en contacto con el ambiente de modo que las levaduras y bacterias presentes se encargan de realizar la fermentación pero no se controlan como en las lager o ales.

- Es una cerveza agria y seca.
- Es fermentada espontáneamente con levadura aerotransportada.
- En su elaboración se usa un 70% de malta de cebada y un 30% de trigo.
- Suelen ser endulzadas con sabores a fruta.

La fabricación de la cerveza está ligada a una sucesión de tres procesos bioquímicos: la formación de enzimas en el grano del cereal germinante, la degradación del almidón a azúcar justamente por parte de esas enzimas y, a continuación, la fermentación del azúcar a alcohol y CO₂. Estos procesos y su resultado embriagante son conocidos por la gente ya desde hace miles de años, sin que se reconocieran de primera intención como estaban relacionados y su controlabilidad.

2.1 Materias Primas

Para la fabricación de cerveza se requieren cuatro materias primas: cebada, lúpulo, agua y levadura. La calidad de estas materias primas tiene una influencia decisiva sobre la calidad de estos productos fabricados.

El conocimiento de las propiedades de las materias primas, de su influencia sobre el proceso y sobre el producto final proporciona el fundamento para su tratamiento y procesamiento. De esta manera es posible controlar racionalmente el proceso tecnológico.

La producción consistente de un tipo de cerveza es un reto para todos los fabricantes de cerveza, especialmente por las variaciones anuales observadas en las materias primas. Puesto que hay poco control sobre esto, es importante reducir al mínimo cualquier cambio adicional al controlar cuidadosamente el proceso cervecero.

2.1.1 Cebada

La cebada (*Hordeumvulgare*) suministra el almidón necesario para la fabricación de cerveza, el cual es transformado posteriormente en la sala de cocción en extracto fermentable. Es necesario producir cebadas que suministren maltas ricas en extractos, por medio del cultivo de variedades adecuadas.

2.1.1.1 Tipos de Cebada y Variedades

La cebada es un cereal cuyas espigas se destacan por tener barbas particularmente largas. Se diferencian aquí entre algunos tipos de cebada y muchas variedades, que tienen importancias diferentes para la fabricación de malta y cerveza.

2.1.1.2 Tipos de Cebada

En la cebada se diferencia entre el tipo de invernal (cebada de invierno), que es sembrado a medianos de septiembre, y el tipo estival (cebada de verano), sembrado de marzo a abril.

2.2 Lúpulo

El lúpulo (*Humulus lupulus L.*), es una planta trepadora, perenne, dioica, y perteneciente al grupo de las urticarias y la familia cannabaceae. En las fábricas de cervezas se utiliza únicamente las inflorescencias de las plantas femeninas. Estas contienen las resinas amargas y los aceites etéreos que le suministran a la cerveza los compuestos amargantes y aromáticos.

Formulándolo de otra manera: los lúpulos son los estróbilos secos de la planta de lúpulo femenina, como también los productos fabricados a partir de aquellos, conteniendo estos productos solamente componentes del lúpulo.

2.2.1 Secado, y Estabilidad de los Lúpulos

2.2.1.1 Secado

El lúpulo cosechado tiene un contenido de agua de 75 a 80%. En esta forma no es almacenable. Por ello, el lúpulo debe ser secado inmediatamente. El secado se realiza sobre secadores de banda o, en establecimientos mas pequeños, sobre bandejas, operando por lotes. El lúpulo es secado

cuidadosamente a 50°C, hasta alcanzar un contenido de agua de 8 a 12 %. Luego el lúpulo es compactado, es decir, comprimido en fardos tradicionales o unidades más grandes.

Tampoco en esta forma el lúpulo es conservable por mucho tiempo sin una pérdida de calidad. Como resultado de la acción del oxígeno, la acción de la humedad, y el calentamiento se producen pronto mermas en el valor de amargor y otros efectos negativos. Es por ello que el lúpulo debe ser estabilizado.

2.2.1.2 Estabilizado del lúpulo

La mayor parte de la cosecha de lúpulo es transformada en extracto y pellets. Solo una parte es adicionada como lúpulo natural. Pero, en todos los casos transcurre un tiempo desde la cosecha hasta el procesamiento, durante el cual debe protegerse al lúpulo contra un deterioro ulterior. Para ello se comprime el lúpulo secado mediante prensas hidráulicas hasta obtener fardos comprimidos de aproximadamente 1.1 m de longitud y 0.6 kg.

2.2.1.3 Composición y propiedades del lúpulo

La composición del lúpulo tiene una gran influencia sobre la calidad de la cerveza fabricada a partir de este. En su materia seca, el lúpulo está compuesto por:

Compuestos amargos	18.5%
Aceite de lúpulo	0.5%
Taninos	3.5%
Proteína	20.0%
Substancias minerales	8.0%

El resto está compuesto por celulosa y otras substancias que no son de importancia para la fabricación de cerveza. Los componentes más importantes para la fabricación de cerveza son los compuestos amargos y el aceite de lúpulo.

2.2.1.4 Compuestos amargos o resinas de lúpulo

Ya en su estado temprano de desarrollo, la planta de lúpulo forma un β -ácido levemente amargo, el cual es secretado en las glándulas de lupulina, que se encuentran en formación. A lo largo del proceso de maduración, una parte de estos β -ácidos es convertida en α -ácidos, notablemente más amargos. Esta conversión, que cubre solamente una parte de β -ácido, es muy dependiente de las condiciones climáticas. Por ejemplo, los tiempos de maduración calurosos y secos entorpecen más esta conversión que los veranos frescos y húmedos.

Los α -ácidos ohumulonas son los compuestos más importantes para el amargor de la cerveza. Sin embargo no presentan una composición uniforme. En este caso, a uno de los compuestos, la cohumulona, se le asigna una función más bien negativa para el amargor de la cerveza. Dado que la cantidad de α -ácidos formada y la composición de estos es una característica de variedad, se trata hoy en día de obtener sobre todo las variedades con una porción mejor de cohumulona, en el cultivo de lúpulo. Se aspira obtener, del contenido de α -ácidos 20 a 25% de cohumulona.

En los lúpulos aromáticos, el contenido promedio de α -ácidos es del 4 al 5%. Los α -ácidos primeramente insolubles, son isomerizados luego en la cocción del mosto y convertidos. Estos últimos, salvo las precipitaciones duran el enfriamiento y la fermentación, van a parar la cerveza terminada y son los causantes del amargor. Los compuestos amargos, son muy tensioactivos, mejorando así la estabilidad de la espuma. Por ello, se puede esperar de una cerveza más amarga estabilidad de la espuma.

Los compuestos amargos inhiben también el desarrollo de microorganismos en la cerveza. Sin embargo, esta actividad bacteriostática no es demasiado grande y no substituye las medidas necesarias para la conservación.

Los α -ácidos no son conservantes ilimitadamente, dado que la membrana que cubre las glándulas de lupulina es permeable y protege muy poco el

contenido. El α -ácidos se degrada cada vez más, debido a la influencia del oxígeno, la mayor temperatura, y la mayor humedad del aire.

Los compuestos amargos son los componentes mas valiosos y mas característicos del lúpulo. Ellos le otorgan sabor amargo a la cerveza, benefician la estabilidad de la espuma y aumentan, por medio de sus propiedades antisépticas, a estabilidad biológica de la cerveza.

Tal como ya fue indicado, los diferentes compuestos amargos tienen muy distintos valores de amargo. En estos, α -ácidos tienen un amargor de 9 veces mayor a la fracción β . De ello resulta la formula desarrollada por Willmer. Para el valor de amargor del lúpulo:

$$\text{valor de amargor} = \frac{\alpha - \text{ácidos} + \text{fraccion}\beta}{9}$$

2.2.1.5 Aceite de lúpulo

El lúpulo contiene 0.5 a 1.2% de aceite de lúpulo. Bajo esto se contiene aproximadamente 200 a 250 substancias etéreas diferentes, las cuales son particularmente volátiles en la cocción. Son secretadas en la lupulina, por parte de la planta en maduración, y dan al lúpulo un aroma característico.

El aceite de lúpulo se divide en compuestos que contienen hidrocarburos y compuestos que contiene oxígeno.

Las porciones de aceite de lúpulo solo pueden ser detectadas por medio de ensayos cromatográficos en fase gaseosa.

2.3 AGUA

Cuantitativamente el agua es mayor porción de la materia prima usada para la fabricación de la cerveza. Sin embargo, solamente una parte de la cantidad del agua requerida es usada directamente en la cerveza, mientras que otra parte se quiere para limpieza, enjuague y otros propósitos.

La obtención y tratamiento de agua son de principal importancia para el cervecero, dado que la calidad de agua influye sobre la calidad de cerveza fabricada a partir de aquella.

El agua, de forma natural, contiene una cierta cantidad de sales que influyen de forma definitiva en la calidad final de la cerveza. En muchos casos esa influencia es enorme, llegando a determinar las típicas características de cervezas como la Pilsen, Burton, etc.

La dureza del agua es una de los parámetros fundamentales. Las cervezas ligeras necesitan un agua con bajo contenido en sales carbonatadas. Las cervezas fuertes y oscuras admiten aguas más duras. En la siguiente tabla se muestra la composición del agua en dos casos distintos: producción de cervezas fuertes (agua más dura) y producción de cervezas ligeras (aguas más blandas).

2.3.1 Requisitos que debe cumplir el agua como agua para cerveza

En el agua siempre hay sales disueltas. Dado que están muy diluidas, no se encuentran presentes como sales, si no que están casi totalmente disociadas en iones. Por ello, es más correcto hablar de iones disueltos.

La mayor parte de esos iones no reaccionan con los componentes de malta, durante la maceración, donde entran en contacto por primera vez. Otros, sin embargo, reaccionan con determinados componentes de la malta. De acuerdo a ello, se distingue entre

iones químicamente inactivos, y iones químicamente activos.

- **Iones químicamente inactivos**

Bajo iones químicamente inactivos se entienden todos aquellos que no entran en reacción química con los componentes de la malta, sino que pasan sin modificaciones a la cerveza. Si están presentes en grandes concentraciones, pueden causar a la cerveza modificaciones positivas o negativas de sabor. Así, un contenido de cloruro de sodio (NaCl) da el toque justo al sabor. el cloruro de sodio, el cloruro de potasio (KCl), el sulfato de sodio (Na₂SO₄), el sulfato de potasio (Na₂SO₄) y otros pertenecen a las sales químicamente inactivas.

Sin embargo, algunos de estos iones químicamente inactivos tienen una influencia sobre distintos procesos, durante la fabricación de cerveza. La inactividad química de los iones enumerados a continuación se refiere, sin

embargo, a su diferencia frente a los componentes de malta, con los cuales pueden entrar en contacto durante la producción del mosto.

- **Iones químicamente activos**

Por el contrario, una serie de iones de agua para cerveza reaccionan en la maceración con componentes de la malta y tienen influencia, por transformación, sobre el valor ácido (valor pH) durante la fabricación de cerveza.

- **El valor pH**

El agua químicamente pura no está compuesta únicamente por moléculas de agua sino que una muy pequeña parte se encuentra disociada electrónicamente.

El agua reacciona de forma neutral porque la concentración de iones H^+ equivale a la de iones OH^- : en un litro de agua a $25^\circ C$ hay contenidos 10 iones de H, es decir, un diezmillonésimo gramo de iones H^+ , y 10 iones OH, es decir un diezmillonésimo gramo de iones OH^- .

Si por la adición de un ácido, se incrementa la porción de iones H^+ , se reduce la porción de iones OH^- según la ley de acción de las masas. Al revés, se incrementa la porción de iones OH^- por adición de bases e hidróxidos, mientras que disminuye las porciones de iones H^+ .

El valor de pH durante la fabricación de cerveza es determinado por las sales disociadas y los compuestos orgánicos contenidos en aquellas. Éstas provienen del agua, de la malta, de los adjuntos y del lúpulo.

Durante la maceración se unen los iones químicamente activos, disueltos en el agua con los componentes molidos, solubles, formando compuestos.

Debido a los iones químicamente activos, el valor de pH es modificado durante la elaboración de cerveza

La modificación puede ser en la dirección ácida o alcalina. Ya las más pequeñas modificaciones en el valor del pH son importantes para la calidad de la cerveza.

La mayoría de los procesos en la fabricación de cerveza se desarrollan mejor o más rápidos, cuanto mas ácido sea el valor del pH.

Por eso, el valor del pH debe ser tan bajo como sea posible, durante el proceso de producción. Con valores de pH mas elevados, se debe contar con dificultades. Es por ello que las sales químicamente activas son divididas en iones que aumentan el valor del pH. Dado que las sales de agua de cerveza se encuentran en su mayor parte en forma disociada, como iones, es mejor hablar de iones que aumentan el valor del pH y iones que disminuyen el valor del pH.

2.4 Levadura.

La levadura es un sacaromiceto unicelular, el cual es capaz de cubrir su demanda energética

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

En la fabricación de cerveza, el azúcar del mosto es fermentada por la levadura a alcohol y CO₂, para ello en la fábrica de cerveza se utilizan hongos de levadura del tipo *Saccharomyces cerevisiae*. Cepas seleccionadas de estas levaduras son aisladas y cultivadas de forma sistemática, como cultivos puros de levadura para cerveza.

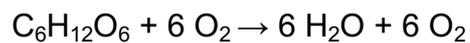
Dado que la levadura no realiza únicamente una fermentación alcohólica, sino que también tiene, debido a su metabolismo, una gran influencia sobre el sabor y el carácter de la cerveza, es importante el conocimiento de la sustancia contenida en la levadura, de su metabolismo y de su reproducción. Dentro de los tipos y razas de levadura de cultivo hay una serie de características diferenciadoras.

2.4.1 Metabolismo de la célula de levadura.

Para la realización de sus procesos metabólicos vitales y la formación de nuevas sustancias celulares, la levadura necesita energía y nutrientes, tal como cualquier otra célula.

La energía para la realización de estos procesos es obtenida por la levadura preferentemente por respiración, tal como los demás seres vivos. La obtención de energía es muy grande por respiración, dado que la glucosa es descompuesta a CO₂ y H₂O, sin que queden residuos. El CO₂ y H₂O se encuentran en el punto más bajo de la escala energética. Una obtención ulterior de energía por degradación no es posible.

Con la respiración los nutrientes ingeridos, por ejemplo el azúcar, son degradados en CO₂ y agua sin que queden residuos:



Ante la ausencia de aire, la levadura pasa a la fermentación alcohólica, como el único ser vivo capaz de ello. Se forma aquí el alcohol (etanol), y CO₂, a partir de la glucosa:



El alcohol que se forma aquí tiene aún mucha energía, de manera que la energía obtenida por la fermentación para la célula de levadura es mucho menor que la obtenida por respiración.

2.5 Adjuntos

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. Este cereal sin maltear, que es más barato como proveedor de almidón que la malta relativamente cara, es

dominado adjunto. Se considera aquí, por sobre todas las cosas, aquellos tipos de cereales que son cultivados en gran volumen, en especial maíz, arroz, y especialmente en África el sorgo.

2.5.1 Maíz

El maíz es cosechado con un contenido de agua de 25 a 30%, siendo llevado un contenido de agua de 10 bis 14 % por secado. La materia seca del grano maíz está compuesta en

76 a 80% por hidratos de carbono

9 a 12% por proteínas

4 a 5 % por aceite

Y pequeñas cantidades de fibra cruda y minerales.

El aceite se encuentra en el embrión del grano. Debido a la preocupación causada por el efecto nocivo del aceite sobre la espuma, el maíz es desgerminado antes del procesamiento, siendo así prácticamente liberado del aceite. El maíz desgerminado tiene entonces un contenido de aceite de aproximadamente 1%. También se toleran contenidos de aceite de hasta 1.5%.

2.5.2 Arroz

Para la fabricación de cerveza se usa arroz quebrantado. Estos son granos rotos durante el pelado y pulido del arroz, que solamente han perdido su apariencia física.

El grano de arroz tiene un contenido de agua de aproximadamente 12 a 13%.

La materia seca del arroz está compuesta en aproximadamente:

85.0 a 90.0%	por almidón
5.0 a 8.0%	por proteínas
0.2 a 0.4%	por aceite

Y pequeñas cantidades de sustancias minerales.

El bajo contenido de proteína prácticamente no entra en solución en la posterior maceración, de manera que el amino nitrógeno libre (FAN) para la levadura debe ser suministrado por el macerado de la malta.

El arroz es:

- Molido a sémola en la fabrica de cerveza o suministrado como sémola de arroz y es pretratado junto con una parte del macerado de la malta en la caldera de cocción de adjuntos.
- Procesado a copos de arroz siendo ahí engrudado y agregado sin otro pretratamiento en la cuba de maceración.

2.5.3 Cebada

Las enzimas de la malta pueden procesar la cebada, como adjunto, sin problemas hasta una porción de 15 a 20%. La cebada puede ser procesada de forma de

- Cebada triturada, o
- Copos de cebada, obtenidos de cebada pelada o sin pelar

El menor precio frente a la malta tiene como consecuencia un menor rendimiento. Puede haber problemas en el procesamiento, porque el β -glucano no se encuentra disuelto, como resultado de la falta de proceso del malteado y por no ser degradado suficientemente en la maceración. Por este motivo, puede haber dificultades de filtración en estos casos.

2.5.4 Sorgo/Mijo

El sorgo, de grano grande es un tipo de cereal que es cultivado sobre todo en las regiones más calurosas y mas secas de África. En contraste con ello, el mijo de grano pequeño, es cultivado también en Europa, con propósitos alimentarios (alimentos para pájaros).

Para la fabricación de cerveza, solamente se usa el sorgo de grano grande, del cual existen muchas variedades que son cultivadas, como tipo mazorca y panícula, principalmente con propósitos alimentarios.

2.5.5 Trigo

El trigo rara vez es procesado como adjunto. Sin embargo, se lo procesa a menudo en forma malteada, por ejemplo para la fabricación de cervezas de fermentación alta, tales como varios tipos de cervezas de trigo. En esto la porción de malta de trigo para la fabricación de cervezas de trigo es de 50 a 60%, debido a su elevado rendimiento de extracto. Se prefieren determinadas variedades como trigo cervecero, debido a tenerse en cuenta que son más demandadas las variedades de trigo de invierno como consecuencia de su contenido de proteína más reducido y su mayor contenido de extracto. Además resultan en cervezas más claras.

Para propósitos cerveceros, no es deseable maltear trigo rico en proteínas, dado que es dificultoso de procesar.

2.5.6 Azúcar

Si no está ligado a la ley de pureza “Reinheitsgebot”, se puede sustituir una parte de la carga de materias primas por azúcar. Como azúcar, se utilizan el azúcar de caña o remolacha (sacarosa). La sacarosa es un disacárido de glucosa y fructuosa. Por medio de un cocido prolongado o por adición de ácido, el azúcar es invertida en ambos monosacáridos. Siendo así fácilmente fermentables. El azúcar es utilizada para la cocción del mosto, dado que es completamente fermentable y no es necesario un pretratamiento.

2.6 Proceso de Maltaje

La malta o cebada malteada es una materia prima fundamental para la elaboración de la cerveza, influyendo notablemente en la mayoría de sus características como son el cuerpo, sabor y aroma.

En el proceso de maltaje el grano de cebada se induce para que germine con lo cual se logra una transformación de sus componentes haciéndolo apto para el proceso cervecero. Dicha transformación se desarrolla mediante los siguientes pasos:

2.6.1 Recepción, almacenamiento y limpieza de cebada

En esta etapa, la cebada importada de países como Canadá, Francia, Australia y Argentina, es recibida y almacenada en silos en nuestras malterías, donde es sometida a un proceso de limpieza física mediante equipos tipo zaranda como un paso previo al proceso de maltaje.

2.6.2 Remojo

La cebada es sometida en tanques a inmersiones en agua seguidas de etapas de escurrido y succión de gas carbónico con el objeto de incrementar su humedad y a su vez activar el grano para la germinación. Durante las inmersiones se burbujea aire y durante la succión de gas carbónico se realiza una inyección de aire refrigerado para promover la respiración del grano.

2.6.3 Germinación

Este proceso consiste en someter el grano en condiciones que promuevan de manera controlada su respiración (bajas temperaturas y flujo de aire) . Durante la germinación el grano de cebada hace evidente su transformación física por la aparición y desarrollo del “acróspiro” o tallo incipiente.

2.6.4 Tostación

En esta etapa se somete el grano germinado al contacto con aire caliente para ajustar su contenido de humedad, desarrollar el color, aroma y sabor de la malta.

2.6.5 Limpieza y Almacenamiento de malta

Previo al almacenamiento en silos, a la malta tostada se le retira el germen y es sometida nuevamente a limpieza en máquinas tipo zaranda. Antes de su despacho hacia las cervecerías la malta debe someterse a un “periodo de reposo” en los silos por lo menos durante tres semanas, con el objeto de estabilizar sus características

2.7 Elaboración de la Cerveza

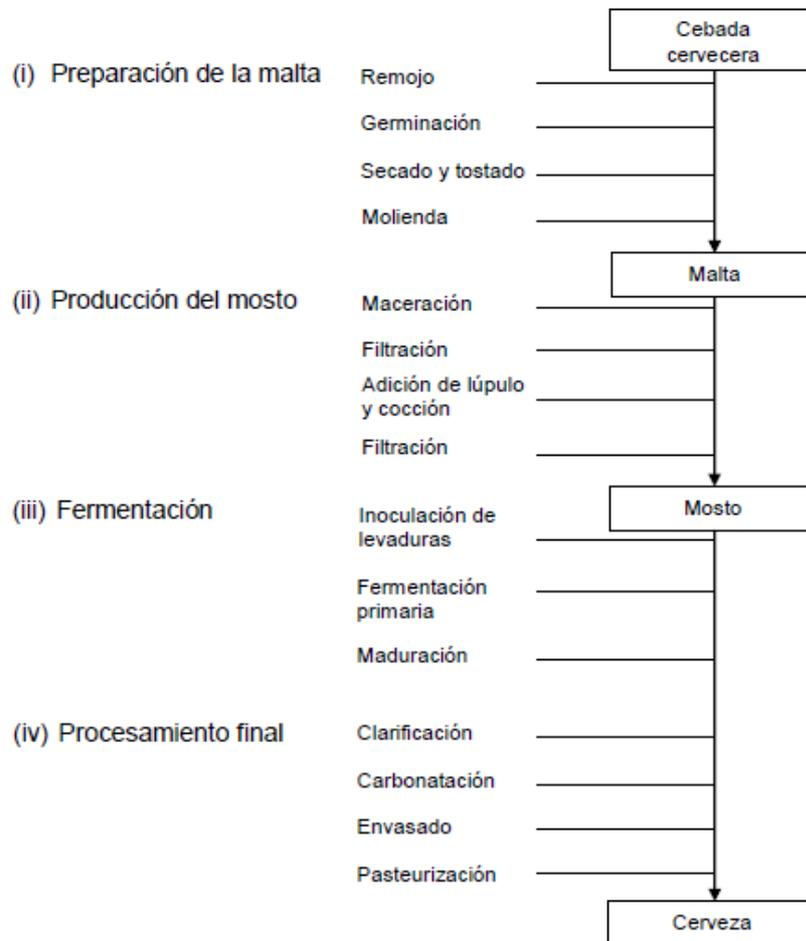


Figura # 1. Diagrama Elaboracion de Cerveza

2.7.1 Preparación de la malta.

Tiene como objetivo obtener un polvo rico en enzimas. Para hacer esto, el grano de cebada tiene que ser puesto a germinar a una temperatura de 10 a 16 °C, una humedad de 42 a 46 % y un tiempo de 60 horas. Después, la cebada germinada se seca usando aire caliente iniciando con un calentamiento suave hasta alcanzar la temperatura final dependiendo de las

características que se deseen en la malta. Normalmente las temperaturas de secado para maltas lager son de 55 a 70 °C y de 60 a 95 °C para maltas ale. Finalmente se realiza la fragmentación de los granos tostados para obtener la malta en polvo

2.7.2 Fabricación del mosto

El proceso principal en la fabricación de cerveza es la fermentación del azúcar contenido en el mosto, para obtener alcohol y dióxido de carbono. A los efectos de crear las precondiciones para ello, es necesario convertir con ayuda de las enzimas formadas, los componentes inicialmente insolubles de la malta sobre todo en azúcares fermentables. La conversión y disolución de estos componentes es el propósito de la fabricación del mosto. Con esto se logra el punto de partida para la fermentación del mosto en la bodega de fermentación y maduración.

La fabricación del mosto tiene lugar en la sala de cocción.

La malta llega desde un silo de malta al molino triturador de malta, en el que es triturada de forma adecuada.

En la sala de cocción, la malta triturada es mezclada con agua (macerada) y se le degrada en una paila de maceración o en dos recipientes de maceración, la cuba de maceración, y la paila de maceración, para obtener tanto extracto soluble como sea posible. A veces se agrega una caldera de cocción de adjuntos como recipientes adicional, para el procesamiento de los adjuntos macerados con la malta.

En el equipo subsiguiente de filtración de mosto, la cuba de filtración o filtro de templa, se separan los extractos solubles mosto de las sustancias insolubles denominadas, “afrecho”.

El mosto es cocido con el lúpulo en la paila de mosto, otorgándole así el sabor amargo a la cerveza. A través de la determinación del rendimiento de la sala de cocción.

En el whirlpool, el mosto caliente es liberado a las partículas precipitadas, el trup, y se lo enfría en un intercambiador de calor de placas, dado que la fermentación subsiguiente debe ocurrir a bajas temperaturas.

2.7.3 Maceración

La maceración es el proceso más importante en la fabricación del mosto. En la maceración la molienda y el agua son mezclados entre si (macerados). Los componentes de la malta entran así en solución y, con ayuda de las enzimas, se los obtiene como extractos. La transformación es durante la maceración tiene una importancia decisiva.

2.7.3.1 Transformaciones durante la maceración

2.7.3.1.1 Propósito de la maceración

Solo una parte de la molienda es soluble. Pero a la cerveza solo pueden pasar sustancias solubles. Es por ello necesario que las sustancias

insolubles de la molienda sean convertidas en sustancias solubles durante la maceración.

Todas las sustancias que entran en solución se denominan extracto.

Son solubles, por ejemplo, los azúcares, las dextrinas, las sustancias minerales y determinadas sustancias albuminoideas.

Insolubles son el almidón, la celulosa, una parte de las sustancias albuminoideas de alto peso molecular y otros compuestos, que resultan ser como afrecho del proceso de filtración del mosto.

Por motivos económicos, se trata de convertir en soluble la mayor cantidad posible de compuestos solubles. Es decir, formar mucho extracto, en lo posible.

Los procesos de degradación de sustancia importantes para el cervecero son

La degradación del almidón

La degradación del β -glucano

La degradación de sustancias albuminoideas,

La transformación de ácidos grasos, así como una serie de otros procesos de degradación.

2.7.4 Filtración del mosto

Al final del proceso de maceración, la templa está compuesta por una mezcla acuosa de sustancias disueltas y no disueltas.

La solución acuosa de los extractos se llama mosto, las partes no disueltas se denominan afrecho.

Para la fabricación de cerveza se utiliza solamente el mosto, el cual debe ser separado para ese propósito del afrecho, en lo posible totalmente este proceso de separación se llama filtración del mosto.

En la filtración del mosto, el extracto debe ser recuperado, en lo posible de forma total.

La filtración del mosto es un proceso de filtración, en la cual el afrecho cumple el papel de material filtrante.

El proceso ocurre en dos fases, que suceden de forma separada, una tras otra: la descarga del primer mosto (colada principal), el lavado del afrecho para la extracción del extracto soluble (coladas secundarias).

2.7.5 Cocción del mosto

El mosto obtenido se cuece durante 50 (hasta 60) minutos. Durante ese tiempo se agrega el lúpulo.

Durante la cocción del mosto pasan a estos componentes amargos y aromáticos del lúpulo y al mismo tiempo se precipitan sustancias albuminoideas.

2.7.5.1 Procesos en la cocción del mosto

Durante la cocción del mosto ocurre una serie de procesos, que son de importancia para nosotros:

- Disolución y transformación de componentes de lúpulo

- Formación y precipitación de compuestos formados por proteínas y polifenoles.
- Evaporación del agua
- Esterilización del mosto
- Destrucción de todas las enzimas
- Carga térmica del mosto
- Reducción del valor de pH del mosto
- Formación de sustancias reductoras, y evaporación de sustancias aromáticas indeseadas

2.7.5.2 Bombeo de mosto caliente

En el bombeo, el mosto es bombeado a Whirlpool, por medio de la bomba de mosto caliente. Este proceso debe ocurrir lo más rápidamente posible, para que la paila de mosto quede libre. Pero al mismo tiempo debe ser realizado cuidadosamente, para que no se formen esfuerzos cortos (evitables), que dañen el componente del mosto.

Se debe prestar atención a las diferentes transformaciones estructurales de los β -glucanos.

2.7.6. Enfriamiento y clarificación del mosto

Dado que la levadura solo puede fermentar a bajas temperaturas, se debe enfriar el mosto caliente lo más rápidamente posible a una temperatura de 5

a 6°C. Esto ocurre en la cámara de refrigeración. Durante este proceso el mosto primeramente brillante se enturbia, debido a la formación de trup en frío. La rápida realización de la fermentación y de la maduración exige una extracción óptima de este trup en frío durante el enfriamiento. Para una rápida realización de la fermentación se le debe suministrar de forma óptima aire a la levadura.

2.7.6.1 Procesos durante el enfriamiento

Durante el enfriamiento del mosto ocurre una serie de procesos que tienen una influencia decisiva sobre la velocidad de la fermentación y maduración subsiguientes. Esto incluye

- El enfriamiento del mosto,
- La formación y extracción óptima del trup en frío, y
- La aireación intensiva del mosto

Además se modifican el contenido de extracto y la cantidad del mosto. Aparte de ello, se desarrollan cambios químicos en el mosto, que son registrables de forma analítica como aumentos de coloración y otros cambios de sustancias.

2.7.6.2 Enfriamiento del mosto

El mosto es enfriado rápidamente, por medio del enfriador de placas, a una temperatura de inicio de fermentación de 5 a 7°C. Esto es importante, porque

la permanencia prolongada en temperaturas intermedias incrementa el riesgo de propagación de microorganismos perjudiciales para la cerveza.

2.7.7. Aireación del mosto

Una aireación del mosto a altas temperaturas conlleva una fuerte oxidación. A raíz de ello, el mosto se oscurece y se hace amargo. Sin embargo, la presencia de oxígeno es absolutamente necesaria para la propagación de levadura. Bajo condiciones anaerobias (es decir en ausencia de aire) se inhibe la propagación de la levadura y la fermentación se desarrolla de forma lenta. Esta deficiencia se elimina a través de una aireación óptima del mosto frío.

El mosto requiere el oxígeno preferentemente para la síntesis de ácidos grasos, que son los componentes principales de las plasmalernas (membranas celulares) y sin los cuales no pueden formarse nueva substancia celular. Es importante para esto abastecer con oxígeno a la levadura, más que al mosto. El aire suministrado es procesado por la levadura en tiempo muy breve

2.7.7.1 Realización de la aireación del mosto

El oxígeno es absolutamente necesario para la levadura, para la síntesis de los ácidos graso, lo que forma el componente principal de las plasmalemas (membranas celulares).

La aireación del mosto frío para el abastecimiento de la levadura es la única vez, durante todo el proceso de fabricación de cerveza, en la que se realiza el suministro de oxígeno de forma deliberada. Este oxígeno es consumido por la levadura en el término de unas pocas horas y no perjudica la calidad del mosto. Además hay nuevas consideraciones respecto a no airear el mosto, si no únicamente la levadura. Ya que esta incorporación de oxígeno al mosto podía repercutir en cuanto a su estabilidad y aumentando la cantidad de radicales disponibles para la oxidación.

Para disolver el aire en el mosto frío se debe pulverizar el aire finamente y mezclarlo de forma turbulenta con el mosto frío. Se trata de alcanzar con esto un ingreso de oxígeno de 8 a 9 mg O₂/l. Para obtener un ingreso del de oxígeno, se debe aplicar una cantidad varias veces mayor de aire. Teóricamente se requiere sólo aproximadamente 3 l de aire por 1 hl de mosto para disolver una cantidad tal de oxígeno, pero se necesita una cantidad de aire varias veces mayor porque:

- Una parte de la burbujas de aire no se disuelven en el mosto, y
- Ya el aire tampoco se puede distribuir de forma totalmente uniforme.

El problema radica en la pulverización fina del aire, el cual se debe distribuir muy finamente y disolver en este último.

Las burbujas de aire que ascienden a la superficie del mosto forman una espuma molesta. Esta cantidad de espuma puede llegar a ser muy considerable, pudiendo con ello obstaculizar el proceso de aireación.

El aire inyectado debe ser estéril. Para ello se lo pasa previamente a través de un filtro esterilizante. Si no se filtra el aire, se tiene un método seguro para introducir contaminaciones en la levadura.

La disolución de gases depende de la temperatura y de la presión. Cada gas posee un “coeficiente técnico de solubilidad”, específico que es determinado por la temperatura.

2.8 Fabricación de la cerveza (fermentación, maduración y filtración)

Para la transformación del mosto en cerveza, los azúcares contenidos en el mosto deben ser fermentados, por las enzimas de levadura, a etanol y dióxido de carbono.

Se forman en este proceso subproductos de fermentación, que influyen de forma substancial sobre el sabor, olor, estabilidad sensorial, y otras propiedades de valoración de la cerveza. La formación y degradación parcial de estos productos secundarios están íntimamente ligadas con el metabolismo de la levadura.

La fermentación y maduración de la cerveza ocurren en muchas fábricas de cervezas, de acuerdo con los procesos denominados clásicos, en la cava de fermentación y en bodega de maduración. Las fábricas modernas de cerveza realizan la fermentación y maduración en tanques cilíndricos.

Después de la fermentación, la maduración y el reposo, la cerveza es filtrada y estabilizada tanto biológica como coloidalmente, a los efectos de mantener brillantes. Este tratamiento se realiza en filtros y frecuentemente además de una planta con pasteurización rápida (flash) de la cerveza. Luego de esto la cerveza esta lista para el envasado.

2.8.1 Transformaciones durante la fermentación y la maduración

El proceso más importante es la fermentación de los azúcares contenidos en el mosto a etanol y dióxido de carbono por parte de la levadura. Las reacciones de la fermentación se pueden dividir en reacciones de fermentación principal y reacciones de maduración, pero estas reacciones se fusionan entre si. Es por ello necesario considerar las reacciones de fermentación y maduración como un solo proceso continuo.

Juega en esto un papel especial el hecho de que, debido al metabolismo de la levadura, se formen durante la fermentación productos secundarios y que algunos de ellos sean degradados nuevamente de forma parcial. Estos productos secundarios de la fermentación determinan de forma decisiva, junto con los componentes del lúpulo, el sabor y el aroma de la cerveza. Por ello, es para nosotros particularmente importante saber como se forman y como se degradan.

2.8.2 La levadura en la fermentación

Para la célula de levadura solo es importante la ganancia de energía, para poder vivir y formar nueva sustancia celular bajo la recepción de nutrientes. A diferencia del cervecero ya que está particularmente interesado en los productos finales, etanol y CO₂.

Bajo este aspecto solo pueden lograrse valores óptimos para la fabricación de cerveza si también se crean condiciones óptimas para la célula de levadura. A esto se agrega que la calidad de cerveza es influenciada de forma decisiva por la levadura y sus productos metabólicos

2.8.2.1 Metabolismo de la levadura

El conocimiento del metabolismo de la levadura es de importancia fundamental para el cervecero, dado que de ello se influencia decisivamente la calidad de la cerveza. Interesan en esto:

- La fermentación de los azúcares y el metabolismo de los hidratos de carbono,
- El metabolismo proteico
- El metabolismo de las grasas y
- El metabolismo mineral.

La levadura es el único ser vivo, que es capaz de –y bajo condiciones anaerobias también está dispuesto a – sustituir la respiración intensiva en energía por la fermentación. Debe aclararse ahora en qué consiste la

particularidad de la fermentación alcohólica y cómo son las relaciones energéticas.

2.8.3 Formación y degradación de productos secundarios de Fermentación

Durante la fermentación, una serie de productos de metabolismo es pasada, por la levadura, a la cerveza. Algunos de estos productos reaccionan entre sí o sí modifican en cantidades y composición. Estos productos secundarios de fermentación tienen una influencia decisiva sobre la calidad de cerveza en formación. Por esto, el metabolismo de la levadura y la formación y degradación de los productos secundarios de fermentación son tratados separadamente. Se debe de tratar de mantener su contenido dentro de un límite óptimo, a través de medidas tecnológicas apropiadas.

Para ello, se considera de forma separada la formación y degradación de los siguientes subproductos de fermentación:

- Diacetilo
- Alcoholes superiores
- Esteres
- Aldehídos
- Compuestos de azufre

Se distingue en esto:

Substancias de bouquet de cerveza verde (diacetilo, aldehídos, compuestos de azufre).

Estas le otorgan a la cerveza un olor y un sabor impuro, joven, inmaduro, inarmónico, y en alta concentración afectan negativamente la calidad de la cerveza. Pueden ser extraídas nuevamente de la cerveza durante el desarrollo de fermentación y la maduración por medios bioquímicos. En ello reside el objetivo de la maduración de la cerveza.

Substancias de bouquet (alcoholes superiores y ésteres. Estas determinan de forma esencial el aroma de la cerveza y su presencia, bajo determinados rangos de concentración, una precondición para una cerveza de calidad. Al contrario de las sustancias de bouquet de cerveza verde. Las sustancias de bouquet no pueden ser extraídas nuevamente de la cerveza por medios tecnológicos.

2.8.3.1 Diacetilo (dicetonas vecinales)

El diacetilo es la sustancia de bouquet de cerveza verde más importante. Le otorga a la cerveza, al exceder el índice de perceptibilidad, un sabor impuro, dulzón hasta desagradable, el cual en elevada concentración es responsable del aroma a manteca. Dado que también la pentadiona actúa de igual manera, pero con un índice de perceptibilidad considerablemente más alto, se denomina a esta sustancia como dicetonas vecinales, por tratarse de ambas sustancias de dicetonas con grupos adyacentes cetónicos.

La degradación de estas dicetonas vecinales se desarrolla durante el proceso de maduración de cerveza paralelamente a otros procesos de maduración y se le considera por ello hoy en día como criterio esencial (substancias indicadoras) para el grado de maduración de una cerveza.

2.8.3.2 Aldehídos (carbonilos)

El aldehído más importante es el acetaldehído, el cual se forma como producto intermedio normal durante la fermentación alcohólica. El acetaldehído es excretado por la levadura durante los tres primeros días en la cerveza verde. Es el responsable del sabor “verde”, de la cerveza joven, el cual también es denominado sabor de cava o a moho.

En el subsecuente desarrollo de la fermentación, la concentración del acetaldehído por la subsecuente degradación. De esta manera, el sabor de cerveza verde decrece continuamente.

En la fase de la cerveza verde, el contenido de aldehído es aproximadamente 20 a 40 mg/l, disminuyendo a valores por debajo de 8 a 10 mg/l en la cerveza terminada.

La concentración de acetaldehído es estimulada por:

- Fermentación intensiva
- Incremento de temperatura durante la fermentación
- Aumento de la dosificación de la levadura
- Aplicación de presión durante la fermentación principal

- Aireación demasiado reducida del mosto y mostos infectados

La degradación del aldehído es favorecida por.

- Todas las medidas para la fermentación secundaria y maduración excesiva
- Una fase más caliente de maduración
- Una aireación suficiente del mosto, y
- Una concentración aumentada de levadura durante la fase de maduración

2.8.3.3 Alcoholes superiores

Al contrario de las dicetonas vecinales y los aldehídos, los cuales pertenecen a las sustancias de bouquet de cerveza verde, los alcoholes superiores o “aceite fusel” pertenecen a las sustancias de bouquet.

Existen varios caminos para la formación de alcoholes superiores.

La levadura convierte aminoácidos presentes en el mosto en alcoholes superiores, por desaminación, descarboxilación y reducción.

La formación de alcoholes superiores también se forman a partir del azúcar, a través de acetato. Los alcoholes superiores en aproximadamente un 80% durante la fermentación principal. En la fase de maduración se produce solo un reducido aumento. Los alcoholes superiores formados ya no pueden ser reducidos con medidas tecnológicas. Por ello, el ajuste de la concentración de alcoholes superiores debe ser realizado durante la fermentación por medio del control.

2.8.3.3.1 Factores que influyen sobre la formación de alcoholes superiores en la cerveza.

La formación de alcoholes superiores es estimulada por:

- Incremento de temperatura de fermentación
- Movimiento de la cerveza verde, por ejemplo, por agitación o por trasiegos.
- Disminución de la contra presión de aminoácidos en el mosto
- Aireación intensiva del mosto al inicio de la fermentación
- Adición intensiva del mosto por etapas,
- Temperaturas al inicio de fermentación por encima de 8°C
- Aumento de la concentración de mosto por encima de 13%

La formación de alcoholes superiores es atenuada por:

- Incremento de la dosificación de levadura durante el inicio de la fermentación
- Temperaturas más frías al inicio de la fermentación

Las concentraciones de alcoholes superiores mayores a 100 mg/l deterioran el sabor y la digestibilidad de la cerveza. El contenido de alcoholes superiores en cervezas normales claras se encuentra en 60 a 90 mg/l

2.8.3.4 Ésteres

Los esteres son la substancias de bouquet mas importantes de la cerveza y determinan de forma esencial el aroma de la cerveza. Sin embargo, concentraciones mayores de ésteres pueden otorgar a la cerveza también un sabor desagradable, amargo y a frutas.

Los esteres son formados durante la fermentación por esterificación de ácidos grasos y, en menor grado, también por esterificación de alcoholes superiores.

Se ha encontrado en la cerveza aproximadamente 60 ésteres diferentes de los cuales, sin embargo, solo aproximadamente seis son de mayor importancia para las propiedades del sabor de la cerveza.

- Acetato etílico
- Isoamilacetato
- Acetato isobutílico
- B-fenilacetato
- Etilcaproato
- Etilcaprilato

El contenido de esteres depende el tipo de cerveza y el contenido de mosto original.

Las cervezas de fermentación baja tiene hasta 60 mg de esteres/l

2.8.3.5 Compuestos de azufre

Debido al metabolismo de las levaduras forman compuestos volátiles de azufre, como H_2S , mercaptano, y otros compuestos, los cuales ya en muy bajas concentraciones son muy intensos en sabor y olor.

Al exceder su índice de perceptibilidad, otorga a la cerveza un sabor inmaduro y joven.

El sulfuro de hidrogeno se forma durante la fermentación alcohólica a partir de aminoácidos que contienen azufre. También la deficiencia o pérdida de sustancias de crecimiento en la levadura puede conducir a un mayor contenido de H_2S en el mosto.

El sulfuro de hidrogeno es levemente volátil y es desorbido parcialmente por el dióxido de carbono ascendente durante la fermentación y maduración. La cantidad desorbida aumenta por:

- Temperaturas crecientes y
- Altura creciente del liquido

La transformación química y bioquímica del H_2S en la cerveza debe ser considerada como un factor importante de la fermentación y maduración de la cerveza.

Los mercaptanos son tialcoholes. Éstos son compuestos, en los cuales el grupo OH del alcohol es sustituido por el grupo SH. Pertenecen a los compuestos que más pueden deteriorar el aroma de la cerveza. Son corresponsables del así llamado sabor a cerveza asoleada.

2.8.3.6 Ácidos Grasos.

La cantidad principal de ácidos grasos orgánicos presentes en la cerveza es formada por la levadura, mediante la transformación de los aminoácidos contenidos en el mosto: la levadura extrae de los aminoácidos el grupo amino (-NH₂), el cual ella requiere para la formación de sustancias albuminoideas propias de la célula y libera los ácidos orgánicos de la cerveza. Con ello, aparte de los alcoholes superiores formados por el metabolismo similar, resulta también con los ácidos orgánicos un amplio aspecto en la cerveza, que puede afectar el sabor.

2.8.4 Clarificación y estabilización coloidal de la cerveza.

La última fase del proceso de maduración sirve para la clarificación y el mejoramiento de la filtrabilidad de la cerveza, así como para aumentar su estabilidad coloidal.

Una medida para el proceso de clarificación de la cerveza es la concentración de células de levadura en suspensión lo cual debe ser menor que 2×10^6 células/ml.

La clarificación de la cerveza es influenciada por:

- Una fermentación primaria intensiva y una caída, en lo posible grande, del valor del pH resultante de ello,
- El contenido de β -glucano de la cerveza,
- La cantidad y sustitución de los precipitados en la cerveza,

- La temperatura de la cerveza
- La intensidad de la fermentación secundaria (movimiento de la cerveza)
- El valor del pH de la cerveza (4.2 a 4.4 favorece la clarificación)

2.8.5 Filtración de la cerveza.

Al finalizar el proceso de filtración, la cerveza está libre de oxígeno, pero aún quedan contenidas por cada ml hasta 1 millón de células de levadura y otras partículas de turbidez como sólidos en suspensión, los cuales deben ser extraídos sin que tenga acceso a la cerveza el oxígeno deteriorante.

La filtración es un proceso de separación, en el cual se extraen las células de levadura y otras sustancias de turbidez aun contenidas en la cerveza. En este proceso también se separan aquellas sustancias, que de lo contrario precipitarían por si solas en el curso en el curso de las próximas semanas y meses y causarían turbidez en la cereza.

El objetivo de la filtración es hacer que la cerveza sea conservable de manera tal que por un tiempo prolongado no se produzcan cambios visibles.

2.8.6 Metodología Espectroscopia de Resonancia Electrónica para medir la estabilidad del sabor

La Resonancia paramagnética electrónica (RPE) o resonancia de espín electrónico (REE) es una técnica espectroscópica sensible a electrones

desapareados. Esto es, generalmente, un radical libre, para moléculas orgánicas o un ion de un metal de transición, si es un compuesto inorgánico. Como la mayoría de las moléculas estables tienen una configuración de capa cerrada, con todos los espines emparejados, esta técnica tiene menos aplicación que la resonancia magnética nuclear (RMN).

Los principios físicos de esta técnica son análogos a los del RMN, pero se excitan espines electrónicos, en lugar de nucleares. La energía de interacción con el campo magnético de los electrones es mucho mayor que la de los núcleos, de forma que se usan campos magnéticos externos más débiles, y resonancia de espín electrónico ocurre alrededor de 10 GHz.

La RPE se usa en física del estado sólido, para identificar y cuantificar radicales (esto es, moléculas con electrones desapareados), así como en biología y medicina para seguir sondas de espín biológicas. Estas sondas son moléculas con electrones desapareados especialmente diseñadas para estabilizar a estos electrones, y acoplarse a sitios específicos en una célula, de forma que se pueda obtener información de este sitio al medir el entorno de estos electrones

ESR se utiliza para detectar la presencia de radicales ya sea en el sólido o el estado líquido. Un radical se refiere a una molécula que tiene un electrón desapareado, que constituye un estado de desequilibrio de la molécula. La consecuencia de esto es la tendencia de los radicales de reaccionar con

otras moléculas para equilibrar la carga. Los radicales están implicados en el cáncer, la respuesta inmune y en nuestro caso, el envejecimiento de cerveza. Debido a la presencia del electrón desapareado, el radical producirá una señal si se coloca en un campo magnético fuerte cuando se irradia con energía de microondas. En efecto, es la absorción de esta energía y un cambio en la orientación del espín del electrón que genera la señal. En esencia, el ESR consta de un imán, una fuente de microondas y un detector.

2.8.6.1 Espectroscopia de Resonancia Electrónica en Cervecería Nacional

En Cervecería Nacional para mantener la competitividad tanto a nivel nacional e internacional, se necesita producir cervezas de alta calidad. La estabilidad del sabor que forma parte integrante de esta calidad de la cerveza, ya que es algo que el consumidor va a reaccionar consciente o inconscientemente. Tradicionalmente, la estabilidad del sabor se ha evaluado el uso de paneles de sabor (catadores) y mediante pruebas de vida útil acelerada (estabilidad forzada). Este es un proceso que consume mucho tiempo.

Recientes investigaciones han indicado que la vía principal en la formación sabor rancio es iniciada por radicales libres presentes en el producto. Estos radicales pueden ser detectados con bastante rapidez por Resonancia de Espín Electrónico (ESR). Con el ESR, la estabilidad del sabor de una cerveza

puede ser evaluada en un día en comparación con las semanas requeridas en las pruebas convencionales de vida útil.

Desde nuestra experiencia que se ha tenido con el equipo ESR, se ha determinado valores de las mediciones de ESR, no sólo en la cerveza, sino también durante todo el proceso. Ha dado una idea de nuestra variabilidad del proceso y cuestionó algunas de las prácticas existentes. Con la eliminación de SO₂ procedente de nuestras cervezas, no hay una "solución fácil" opción disponible en el envasado. Se ha hecho evidente que necesitamos para mejorar nuestra comprensión de las prácticas de elaboración de la cerveza y las mediciones actuales de rendimiento si queremos lograr y mantener la estabilidad del sabor. Es necesario para lograr y mantener la estabilidad del sabor durante el proceso de fabricación de la cerveza, antes de que sea posible envasar buena cerveza

2.8.6.2 Mediciones del ESR

Este método está diseñado para determinar la resistencia oxidativa de la cerveza.

Resonancia paramagnética electrónica (EPR), se utiliza para medir directamente los radicales libres producidos en la cerveza durante un ensayo de oxidación forzada. El ensayo se basa en un atrapamiento EPR-espín, experimento en el que los radicales libres forman un nido covalentemente de aductos con la α -fenil-t-butyl nitron (PBN) espín reactivo atrapador. La acumulación de estos aductos detectado por Resonancia paramagnética

electrónica (EPR) durante el período de oxidación forzada, refleja directamente la resistencia (o la falta de resistencia) de la cerveza a la oxidación.

Dos métricas obtenidas a partir del ensayo, tiempo de retraso y la intensidad del EPR a 150min (T150), se pueden utilizar para evaluar cuantitativamente una resistencia a la oxidación de la cerveza. **(P. A. TORLINE)**

Para poder formular una apreciación sobre la predicción de la estabilidad de sabor de una cerveza, se emplea desde hace algunos años la espectroscopia de resonancia del spin electrónico (ESR). Este mide el llamado lag time (tiempo de latencia) de la cerveza mediante un proceso especial que se basa en un envejecimiento acelerado de la cerveza a temperaturas más elevadas (60°C). Este valor determinado es considerado como un criterio para el potencial endógeno antioxidativo de la cerveza.

La determinación del tiempo de latencia por medio de la espectroscopia (ESR) es, examinándola de forma más precisa, una comprobación indirecta de la generación de radicales libres en la cerveza durante el curso de un envejecimiento acelerado. Dado que los radicales generados son muy reactivos y generalmente tienen un tiempo de vida muy corto en soluciones acuosas, se utiliza un atrapador de radicales (spin trap) que puede fijar por adición de radicales difusibles.

Los radicales estables, que se generan de ello, pueden detectarse por medio de espectroscopia ESR basándose en su característica espectral. Debido a su potencial endógeno antioxidativo, la cerveza se encuentra en condiciones

de inhibir o bien de retrasar la formación de radicales durante un intervalo determinado, llamado fase de latencia. Posteriormente, la generación de radicales ocurre sin impedimentos. La consecuencia es un incremento muy veloz de la intensidad de señal que resulta como secuestrante el spin trap. **(VLB. BERLIN, 2007)**

2.8.7 Estabilidad de la Cerveza

2.8.7.1 Posibilidades de alargar la vida útil de la cerveza.

Hay tres aspectos importantes en la vida útil de la cerveza, es decir,

- la estabilidad microbiológica
- Claridad de la estabilidad, y
- Estabilidad del Sabor.

El objetivo de esta investigación es mejorar uno de estos aspectos mencionados anteriormente. La Estabilidad del Sabor es uno de los aspectos del cual se tiene menos control en el proceso cervecero, por tal motivo va hacer objeto de estudio, sin embargo es necesario conocer las particularidades de cada unos de los aspectos para lograr mejorar la vida útil de la cerveza.

El primer aspecto se conoce bien y controlada, ya sea por alguna forma de pasteurización o el envasado aséptico. La segunda, la claridad, se controla normalmente a una vida útil en exceso de doce meses. Sin embargo, el aspecto final, el sabor, no está tan bien controlada con la estabilidad del

sabor de la cerveza, que van desde, tan pocos días hasta varios meses dependiendo de las condiciones en el comercio. Es claro entonces que el factor clave en el desarrollo de una cerveza de la verdadera larga vida útil es la comprensión y el control de estabilidad de la cerveza, su sabor.

Un tema recurrente en gran parte del trabajo es la identificación de compuestos o compuestos marcadores asociados con el sabor es el llamado sabor rancio de la cerveza. De hecho, se ha sugerido que este es el primer paso esencial para la solución de la estabilidad del sabor de la cerveza. Es algo irónico que los procedimientos analíticos sofisticados y los paneles de sabor altamente capacitados se han desarrollado para identificar, controlar y eliminar estos compuestos obsoletos, sin embargo, un porcentaje considerable de la población el consumo de cerveza encontramos que estos sabores pueden mejorar el perfil de sabor de muchas marcas.

Debido a la naturaleza química compleja de los cambios de sabor que tienen lugar y diferentes niveles de sustratos presente, y la tendencia a sabor rancio en cervezas diferentes concentración. Independientemente del tipo de compuestos formados, los cambios de sabor que tienen lugar en la cerveza en general siguen una 'S' en forma de curve. El apoyo a esta se da con el uso de la detección de aromas electrónicos. Lo que esto significa en la práctica es que el sabor de cerveza fresca tiene una vida muy limitada después de que los nuevos y en el sentido de la cerveza, compuestos indeseables de sabor se forman.

Este proceso continúa hasta que todos los sustratos disponibles para la formación de nuevos compuestos de sabor se han agotado. En este punto la cerveza puede denominarse estable al sabor. En algún lugar a lo largo de este proceso de un panel entrenado de catadores de cerveza identificara la cerveza rancia. Sin embargo, a causa de los muchos compuestos diferentes están formados y sus interacciones sinérgicas, 'estancamiento', el concepto es una de las medidas sensoriales más difíciles.

Desde el punto de vista de cerveza lo que debería ser importante es que no importa cuándo o dónde un consumidor compra una marca en particular que no será capaz de detectar ninguna diferencia en sabor entre la cerveza almacenada y una recién salida de la fábrica de cervezas. Esta es una verdadera medida de la estabilidad de la cerveza el sabor y desde un punto de vista subjetivo mucho más fiable.

Otro enfoque más analítico es el denominado "Índice de frescura". Esta es una función dependiente del tiempo que utiliza la 'frescura' original y la concentración de SO₂ en la cerveza. Aunque la técnica se informa que dan buenos resultados con marcas específicas que aún no se ha probado durante un largo período de tiempo y los cambios de las materias primas.

No importa cómo definir o medir la inestabilidad del sabor de la cerveza, generalmente se acepta que es iniciada por especies reactivas del oxígeno (ROS) que resultan de la reducción inicial de oxígeno molecular a superóxido. La reducción de oxígeno molecular no se limita a productos envasados, pero puede ocurrir y ocurre en cualquier etapa del proceso donde

el oxígeno molecular está presente. El control del oxígeno disuelto (OD) en la cerveza es de suma importancia para controlar la inestabilidad de la cerveza el sabor. Con frecuencia parece haber sido pasado por alto, sin embargo, no es la DO que se mide sino más bien el oxígeno que se ha reducido, se hace reaccionar con la cerveza y por lo tanto ya no puede ser medido como DO, que es el problema real. Bajas mediciones en todo el proceso no se traduce necesariamente en una cerveza sabor estable.

Una vez que el oxígeno molecular se ha reducido a dismutasa, una serie de reacciones de radicales se inician en la cerveza. La naturaleza exacta de las reacciones que tienen lugar depende del equilibrio de los antioxidantes, los pro-oxidantes y sustratos oxidables presentes en el mosto o cerveza. Generalmente, en el pasado, los efectos del daño radical oxidativo durante el proceso de elaboración de la cerveza se estimaron crudamente por análisis del producto final. Esto dejó un vacío enorme y causa efecto entre la molienda y el envasado.

Oxidación de los radicales no es exclusiva de la cerveza. Ocurre en todos los sistemas vivos y los productos naturales que tienen la capacidad de reducir el oxígeno molecular. Una serie de investigaciones han sido publicadas en materia de investigación en esta área. Las características clave de la oxidación de los radicales son

- catalíticamente inició;
- caminos de reacción rápida y no selectiva;

- propaga por sí mismo si no los antioxidantes / captadores están presentes.

La mejor técnica para la medición de los radicales ESR. En esencia, un radical tiene un electrón desapareado que puede existir en cualquiera de una energía de alta o baja o estado de espín. Bajo condiciones normales de estos estados de espín son idénticos. Sin embargo, si este radical se coloca en un campo magnético estos dos estados de espín se pueden diferenciar. Cuanto más fuerte es el campo magnético, mayor será la diferencia entre los dos estados.

Si la energía se aplica suficiente a un radical en este campo magnético del electrón puede ser desplazado a mayor estado de espín. El instrumento de ESR entonces consiste en un electroimán generalmente se mantiene a la intensidad de campo constante, una fuente de energía (microondas) y un detector para medir la energía absorbida. Debido a la naturaleza altamente transitoria de los radicales, los primeros trabajos con ESR, se limita principalmente a la observación de cambios en el estado de espín a temperaturas muy bajas.

A fin de superar esta limitación los atrapadores llamados eran desarrollados. Atrapadores son compuestos orgánicos que reaccionan con los radicales para formar uno (horas frente a segundos o minutos) más estables a los radicales medibles por ESR. No sólo la intensidad de la señal de trampa espín será utilizado para cuantificar el radical primario (s), pero su absorción

de energía puede utilizarse para deducir la información sobre la naturaleza del radical atrapado.

El primero en aplicar esta técnica a la cerveza era Kaneda que demostró que - α -fenil-t-butyl nitrone (PBN), mediante el uso de la trampa de la vuelta se pudo observar actividad de los radicales en la cerveza. Se ideó un ensayo oxidativo forzando que en esencia consiste en la incubación del PBN contenidos en la cerveza a 60°C en presencia de oxígeno. La concentración de radicales atrapados por la PBN aumentó con el tiempo y se siguieron curvas características relacionadas con el proceso. Análisis de la cerveza envasada mediante la prueba de forzamiento dio lugar a una curva de tipo exponencial (fig. 1). El punto de inflexión de esta curva se denomina el tiempo de retraso y se sugirió que representan la capacidad antioxidante endógena (valor EA) de la cerveza. Lo más importante es que se demostró la utilidad de la prueba forzando sobre el proceso de fabricación de la cerveza. Se demostró que el método de ESR podría ser utilizado para proporcionar un predictivo de la vida útil de cerveza expresa como el valor EA;

El método de ESR puede aplicarse para optimizar la estabilidad del sabor para cada etapa del proceso de elaboración de la cerveza demostrado factores para mejorar / optimizar la estabilidad del sabor

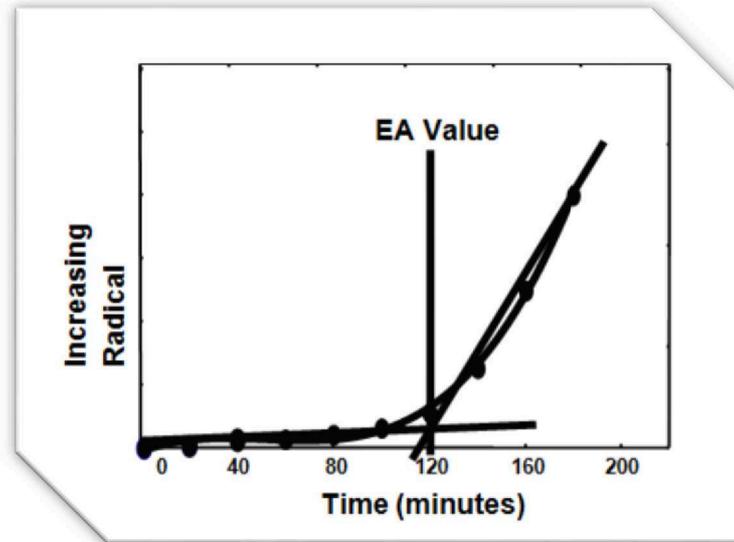


Figura #. 2 Una curva típica obtenida utilizando el Test de forzamiento. Cada punto de la curva es un análisis de ESR. El método de cálculo del valor EA se ilustra mediante la proyección sobre el eje x del punto de intersección de las tangentes de las dos partes de la curva.

Con el fin de obtener una comprensión más clara del valor EA y radicales atrapados por la PBN es necesario comprender la química que tiene lugar durante la prueba de forzamiento, es decir, la cerveza se calienta a 60 ° C en presencia de oxígeno.



El esquema de reacción anterior muestra el mecanismo de aceptación general para la conversión de oxígeno al radical hidroxilo. Hay que tener en cuenta que este esquema de reacción no se produce aisladamente, sino en la cerveza llamada "sopa orgánica". Todos los radicales anteriores tienen una probabilidad de reaccionar con otra cosa, es decir, etanol, proteínas, carbohidratos, polifenoles, etc, en la cerveza en lugar de ser convertido al radical hidroxilo como se describe anteriormente. Estos radicales

secundarios como son llamados, finalmente conducen a cambios de sabor en la cerveza. Es evidente que lo primero que se debe controlar para suprimir la formación de radicales secundarios es el nivel de oxígeno. Esto no es nuevo y ha sido reconocido por la "European Brewery Convention" gestando durante décadas. De hecho, se ha demostrado que si la prueba se lleva a cabo forzando en una atmósfera de nitrógeno no son radicales PBN observados. Se ha desarrollado un sofisticado equipo para medir la DO en la cerveza pero a menudo se escucha que el DO están en control, pero la cerveza no es el sabor estable". No puede ser más hincapié en que no es el DO medido en la cerveza que es el problema, sino más bien el oxígeno que se ha reducido y ya no puede ser medido, que causa inestabilidad en el sabor de la cerveza.

2.8.8 Carbonilos de envejecimiento

Entre las posibles reacciones que pueden llevar las sustancias de envejecimiento tienen la mayor importancia los procesos oxidativos. Según el momento y la cantidad de oxígeno ingresante se presentan diferentes formas de envejecimiento. La mayoría de las sustancias de envejecimiento que aparecen en esto, casi todas las cuales se caracterizan por un umbral organoléptico extremadamente bajo, son carbonilos (carbonilos de envejecimiento). Los carbonilos (aldehídos) son productos de oxidación de

alcanoles (alcoholes) y se caracterizan por la terminación $-CHO$. Son carbonilos importantes, por ejemplo

- 2-metilpropanal
- 2-metilbutanal
- 3-metilbutanal y
- Fenilacetaldehido

Se forman

- Sobre todo por oxidación de alcoholes superiores,
- Son significantes en la cerveza vieja por intensificación aditiva
- Tienen una impresión aromática tipo dulzona a malta (“sabor a pan”).

2.8.9 Antioxidantes en la cerveza.

Las sustancias con actividad antioxidante presentes en la cerveza provienen esencialmente de las materias primas empleadas en su elaboración, estando ya presentes en aquéllas u obteniéndose por modificación y transformación de sus constituyentes.

Según estudios previos sobre la actividad antioxidante de los componentes de los alimentos, los constituyentes de la cerveza potencialmente activos son esencialmente:

- Determinados carbohidratos que actúan como azúcares reductores y ejercen una actividad antioxidante, al menos desde un punto de vista químico.
- Algunas sustancias aromáticas que, además, contribuyen al aroma y al sabor, entre ellas se encuentran productos de la reacción de Maillard originados durante el malteado y posteriormente en los procesos de extracción y cocción, así como sustancias extraídas del lúpulo.
- Vitaminas del grupo B y ácido fólico que proceden de la malta y cuya concentración suele aumentar durante la germinación de la cebada.
- Los compuestos fenólicos, procedentes de la malta y del lúpulo.

2.8.9.1 Los alimentos en la defensa antioxidante

Tal y como indicamos, en el organismo se produce un equilibrio entre oxidantes/antioxidantes, cuando este equilibrio se rompe a favor de los oxidantes se produce un estrés oxidativo el cual está implicado en muchos procesos fisiopatológicos (enfermedades, envejecimiento celular, etc). Por tanto, es de vital importancia el consumo de alimentos que contengan antioxidantes naturales y se pueda mantener el equilibrio entre oxidantes/antioxidantes o incluso esté a favor de los antioxidantes.

Además, si tenemos en cuenta que durante la vida se produce un equilibrio entre oxidantes y antioxidantes, y a medida que el individuo envejece, dicho

balance está a favor de los oxidantes, es de vital importancia un consumo de alimentos ricos en antioxidantes naturales para contrarrestarlos.

El consumo de frutas, verduras, aceite de oliva, y determinadas bebidas como cerveza, vino y té, presentan una relación inversa con las enfermedades cardiovasculares. Así mismo, diversos trabajos denotan que el consumo moderado de vino y cerveza está asociado con una menor incidencia de estas enfermedades cardiovasculares.

Desde el punto de vista nutricional, la cerveza contiene más proteínas y vitaminas del grupo B que el vino. La actividad antioxidante de la cerveza es similar a la del vino aunque sus antioxidantes específicos presentes en el lúpulo y la cebada son distintos a los de la uva (Denke, 2000).

Los flavonoides más abundantes en la dieta son los flavanoles (catequinas, proantocianidinas), las antocianinas y los productos de oxidación derivados de ellos.

La principal fuente de polifenoles son: frutas y bebidas (zumos de fruta, vino, té, café, chocolate y cerveza) y en menor cantidad verduras, legumbres y cereales. La ingesta diaria de polifenoles en individuos que siguen una dieta rica en estos alimentos es aproximadamente de 1g/día. Sin embargo, en estudios de bio-disponibilidad los niveles encontrados en plasma no reflejan dichas cantidades.

2.8.10 Indicadores de calidad para medir la estabilidad de la cerveza por SABMILLER

Para SABMILLER es muy importante medir y reportar la estabilidad del sabor, por tal motivo ha desarrollado indicadores de control de gestión los cuales son usados a nivel mundial en todas sus subsidiarias.

2.8.10.1 FSI (FLAVOR STABILITY INDEX)

El índice de estabilidad del sabor (FSI) es un índice que se calcula a partir del valor de retardo de tiempo de Lag Time de una muestra de cerveza. En cada fábrica de cerveza participan las 3 mejores marcas de cerveza por volumen (HL) envasados los cuales son reportados.

La frecuencia de la medición es de tres muestras por marca por mes calendario. Los resultados se presentan sobre una base mensual.

2.8.10.1.1 Medición del FSI

Muestras recién envasados se someten a una evaluación de tiempo de retraso no ESR. (ver anexo).

2.8.10.2 Calculo del FSI

El indicador se expresa como un "Cumplimiento del % al Diseño de la Marca".

La siguiente tabla muestra el "Tiempo de retardo ESR (Lag Time) por Marca al 100% del Diseño de Normas- Fermentación. Esto cubre a las marcas únicas donde la fermentación no se permite que continúe la atenuación por completo debido a la aplicación de enfriamiento antes de la eliminación de todos los azúcares fermentables. Estas cervezas (marcas) tienen una menor velocidad de sedimentación globular. El Lag Time al 100% por el Diseño de la Marca se valora debido a la interrupción temprana (parada) de la fermentación.

Electron Spin Resonance (ESR) Lag Time 100% Brand Design Standards Table – Stopped Fermentations	
Brand Name	Brand Design ESR 100% Lag Time Values (Minutes)
Cerveza lager	115

El ESR Lag time y el porcentaje de Cumplimiento de Diseño de la Marca se calcula mediante la siguiente ecuación

$$= (\text{Actual ESR Lag Time} / \text{Brand Design ESR 100% Lag Time}) \times 100.$$

El resultado se expresa en porcentaje con un solo decimal.

2.8.10.2 Índice Predictivo del Consumidor (CPI)

El índice predictivo del Consumidor (CPI) es un índice que se compone de tres parámetros de consumo perceptibles, que son,

1. Taste
2. Clarity
3. Foam

El índice pretende predecir el nivel de calidad de cumplimiento real, como es percibida por el consumidor, en el momento de su consumo. El porcentaje de cumplimiento se expresa como un porcentaje de la "marca de diseño" original.

El cálculo del **CPI Taste** requiere el Sistema de Taste Global (GTS) Puntuación obtenida por el sabor de una muestra fresca envasada junto con la evaluación del tiempo de resonancia de spin electrónico Lag (ESR), que se expresa como un porcentaje de "diseño de la marca". El 100% "de diseño de la marca" son valores de ESR, tiempo de retraso para cada marca se derivan de un "tiempo de retraso de ESR - 100% Diseño de Marca Normas Tabla", que define el valor de Time Lag 100% de la marca sobre la base del porcentaje de malta usados para hacer el extracto de las marcas originales (gravedad original). Estas dos figuras, que son la puntuación de GTS y " el Lag time, porcentaje de Diseño de Marca", se utilizan para calcular el cumplimiento del porcentaje de Sabor CPI.

El cálculo del **CPI CLARITY** requiere la medición de la turbidez de una muestra de envasada que ha sido sometido a un estabilidad forzada (acelerada). Ensayo de vida útil.

El cálculo del **CPI FOAM** requiere la medición del valor de espuma de una muestra envasada que ha sido sometido a una prueba forzada (acelerada) Ensayo de vida útil. Este valor de espuma se convierte entonces en un cumplimiento en porcentaje de "diseño de marca". Se define el valor de la espuma 100% de la marca sobre la base del porcentaje de malta usada para hacer el extracto de las marcas originales (gravedad original) y en sus unidades de amargo.

2.9. Hipótesis

Con la estabilización del sabor se alarga el ciclo de vida de las cervezas tipo Lager, mejorando la frescura del producto, lo que es comprobado por el método de espectroscopia de resonancia del spin electrónico (ESR) y mejorando los procesos de Elaboración.

2.10 Variables

2.10.1 Variable Independiente

- Estabilidad del sabor

2.10.2 Variable Dependiente

- Alarga el ciclo de vida de las cervezas tipo Lager
- Mejorar los procesos de Elaboración de Cerveza

CAPÍTULO III

3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

3.1.1 Investigación de Campo

Se empleara esta metodología de campo, ya que la investigación se realiza en el sitio donde ocurren los hechos

3.1.2 Investigación Bibliográfica

Se utilizó la técnica bibliográfica, la misma que se encuentra en la biblioteca de Cervecería Nacional, por la necesidad de argumentar conceptos teóricos propios de este proceso, además se utilizaron textos especializados en la industria cervecera y sitios en internet.

3.1.3 Investigación Experimental

Experimental porque se manipulan variables experimentales no comprobadas, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo a por que se produce una situación o suceso particular.

3.1.4 Nivel de Investigación

3.1.5 Cuantitativa

Porque se cuantifican o midieron numéricamente las variables estudiadas.

Se usó la recolección de datos para probar la hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico.

3.1.6 Cualitativa

Porque se usó la recolección de datos de degustaciones, para descubrir la calificación obtenida de acuerdo a la especificación de la marca de cerveza.

3.1.7 Localización

La presente investigación se realizó en Cervecería Nacional, Planta Pascuales, Guayaquil – Ecuador. En la sala de Cocimiento y Bodega de Frio Elaboración en donde se encuentra los tanques cilindro cónicos en los cuales se lleva a cabo los procesos de fermentación, maduración, y otros procesos que involucra la fabricación de cervezas. Los análisis físico- químico, ESR, y pruebas sensoriales necesarias, se realizaron el Laboratorio Central de Calidad de la misma empresa, bajo la tutoría de la Gerencia de Calidad Nacional.

3.1.8 Muestra

A partir de la materia prima, (cebada, maltas y adjuntos), se obtiene el mosto en la sala de cocimiento, en la planta de Cervecería Nacional Planta Pascuales – Guayaquil.

3.1.8.1 Sala de Cocimiento.

Aproximadamente en cada cocimiento se elaboran 1000 HI (hectolitros) de mosto Frio. Cada tanque cilindrocónico de capacidad de 5000 HI, se llenan con cuatro cocimientos, y los de capacidad de 10000 HI, con ocho cocimientos.

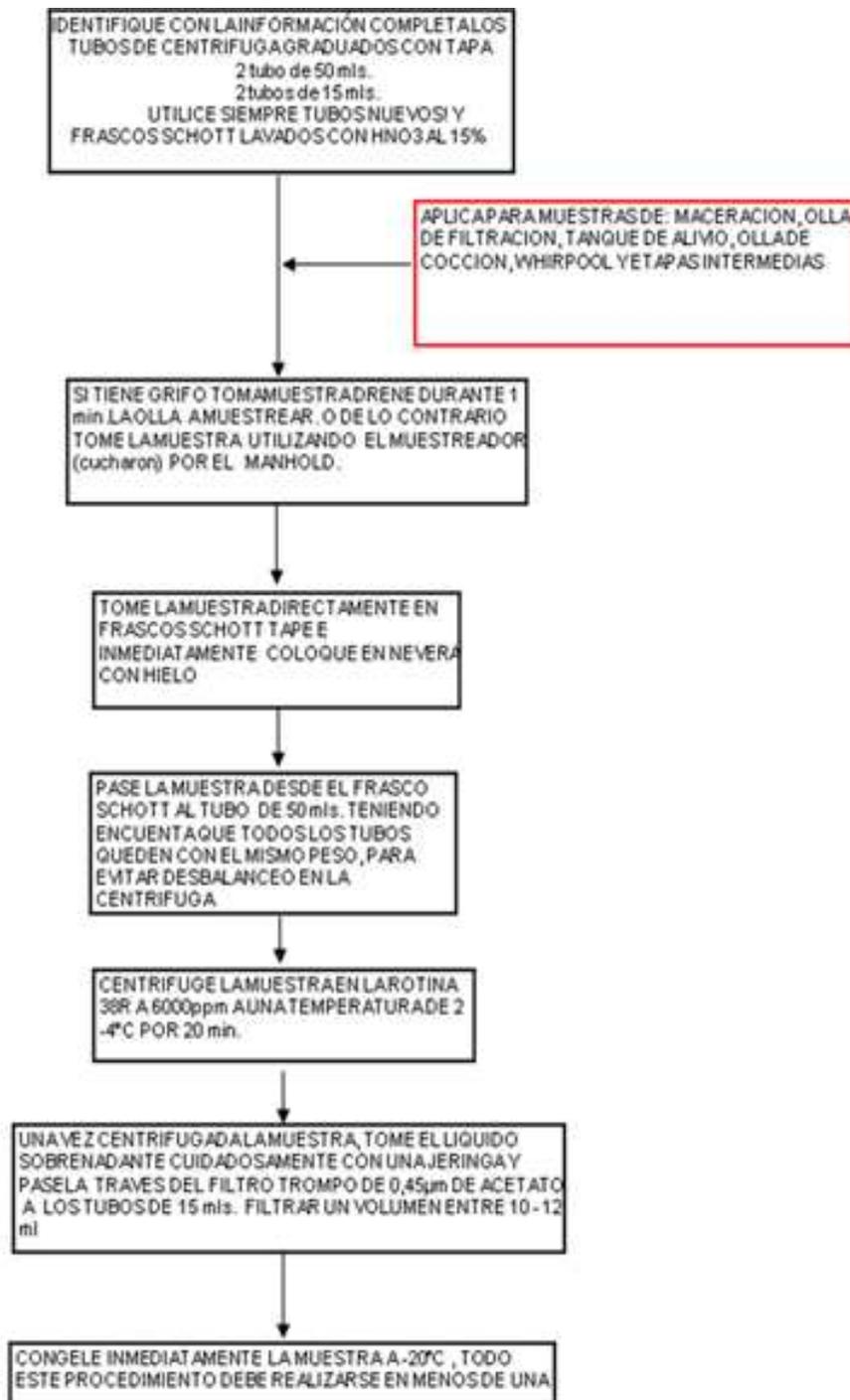
Por cada tanque cilindrocónico de 5000 HI lleno, se escogieron 10 cocimientos los cuales fueron a diferentes UP destino. Estos mostos se lo analizo por ESR (Espectroscopia de Resonancia Electrónica), para determinar la cantidad de radicales libres presentes (T150).

3.1.8.1 Bodega de Frio

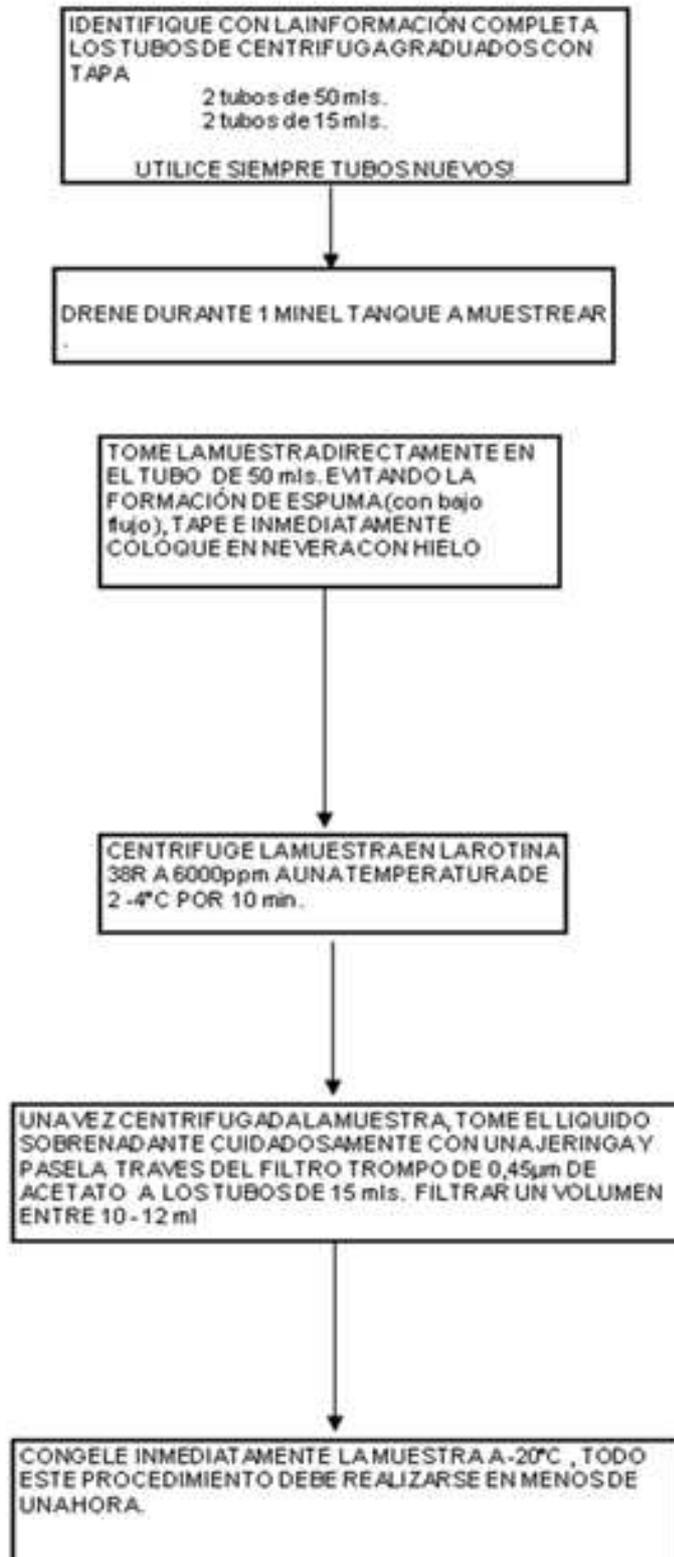
En la bodega de frio Elaboración, se encuentran los tanques cilindrocónicos, de capacidad de 5000 y 10000 HI de cerveza en proceso, en nuestra investigación se realizaron seguimientos y mejoras, a los tanques de capacidad de 5000 HL, para así evitar la práctica de mezclar cerveza en los tanques, proceso normal para ganar capacidad y rendimiento para así mantener los inventarios elevados.

3.1.9 Diagrama de Toma de Muestra

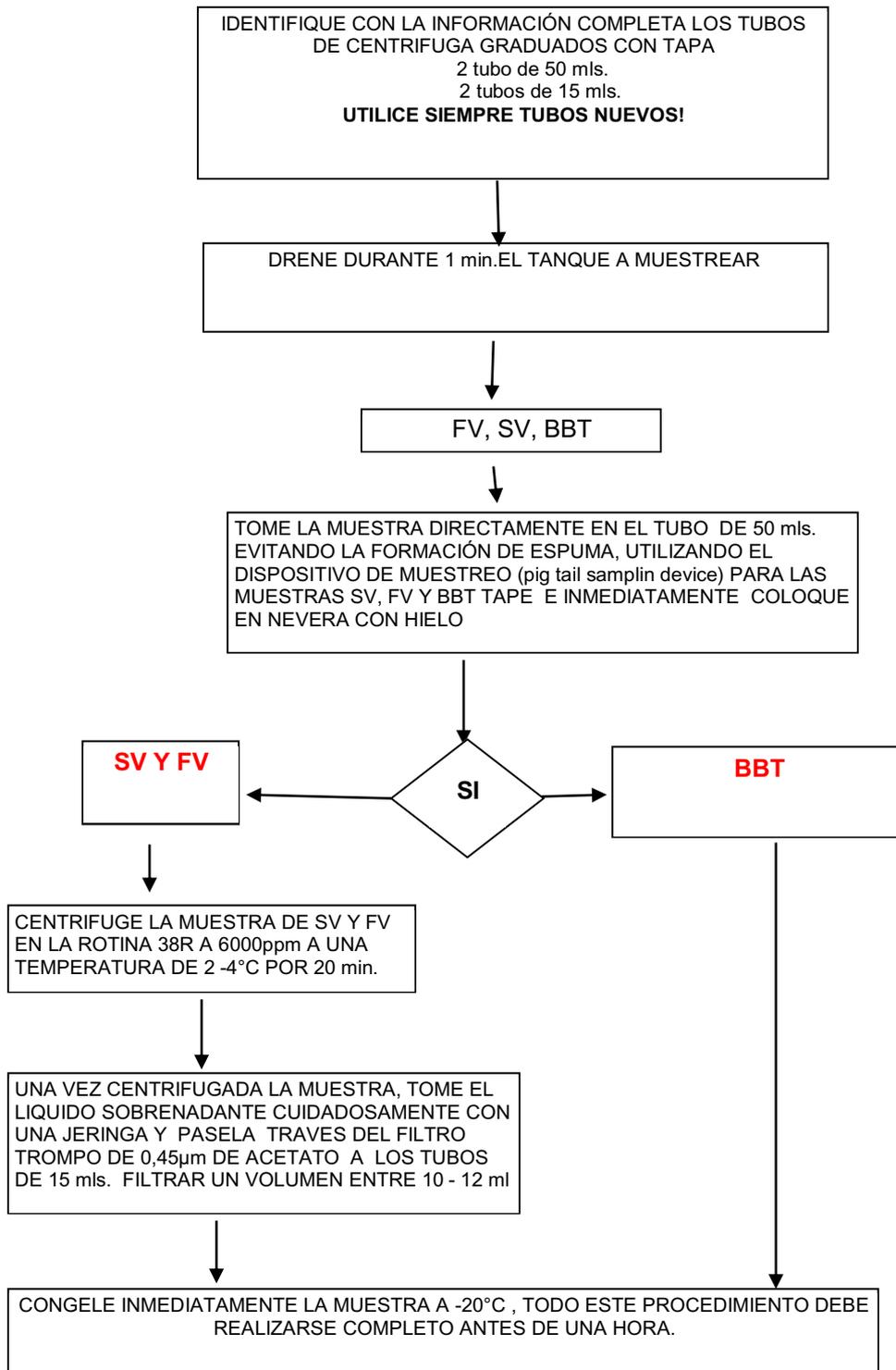
3.1.9.1 Sala de Cocina



3.1.9.2 Mosto Frio



3.1.9.3 Bodega de Frio (FV – SV – FILTRACION - BBT)



3.2 Definición del Experimento

En el caso de esta investigación en que se desea es mejorar la estabilidad de sabor en la elaboración de cerveza comprobada la técnica analítica del ESR, se presentan las distintas prácticas, procesos y subproceso ya sea en la sala de cocimiento o en bodega de Frio Elaboración, al mejorar y estandarizar estas prácticas se lograra disminuir la cantidad de radicales libres en la cerveza en proceso y aumentara la cantidad de antioxidantes presentes en la cerveza (medidas Lag time y T150).

El diseño a utilizar será Diseño Completamente al Azar, un factor (los distintos tratamientos, de concentración y tiempo), modelo equilibrado y con tres replicaciones.

Se utiliza la herramienta de DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y controlar), como una estrategia de calidad basada en técnicas estadística, como caracterización del proceso, al igual que su capacidad, identificar fuentes de variación, identificar las causas potenciales (uso de lluvia de ideas), que da mucha importancia a la recolección de información y a la veracidad de los datos como base de una mejora enfocada a incrementar los procesos existentes.

CAPÍTULO IV

4.1 Producción de cerveza

La producción de una cerveza se puede resumir a las siguientes etapas:

4.1.1 Producción del mosto

Extracción de los compuestos solubles de las maltas, adjuntos y lúpulos.

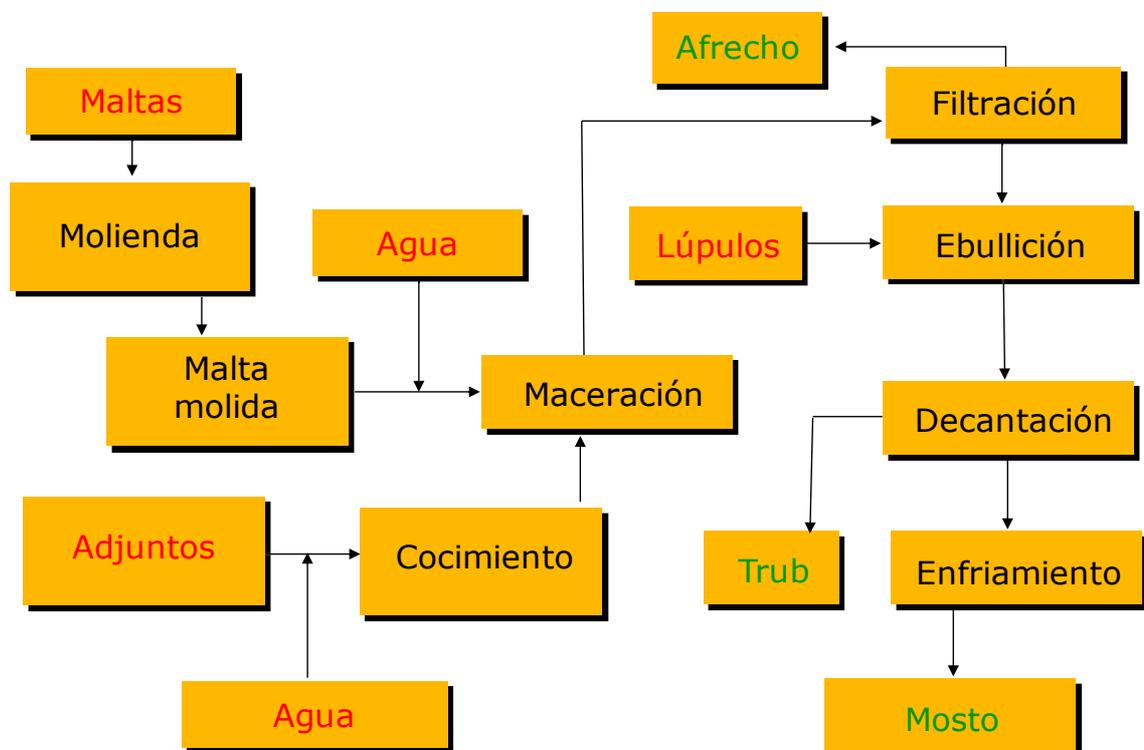
4.1.2 Fermentación/Maduración

Transformación del mosto en cerveza por la acción de levaduras.

4.1.3 Filtración

Estabilizar y darle la apariencia final (limpidez) a las cervezas.

4.2 Diagrama del proceso de la Elaboración del Mosto

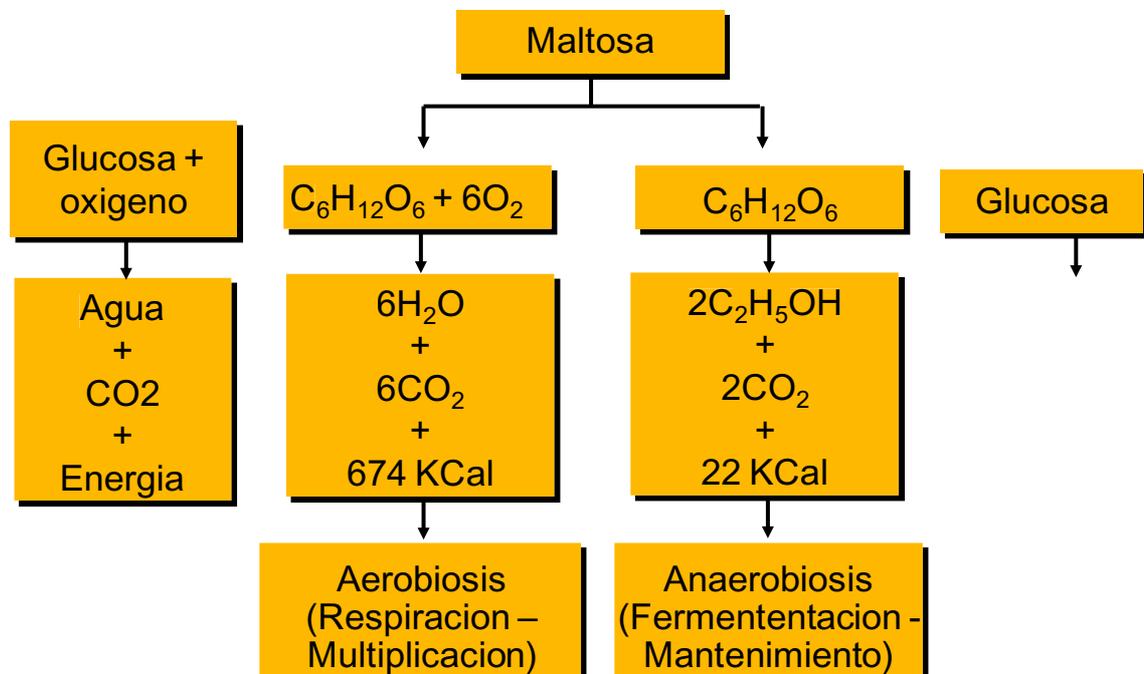


Las operaciones realizadas en la sala de cocimiento tienen como intención básica la obtención del mosto, líquido este que será transformado en cerveza por la acción de las levaduras durante la fermentación.

Los granos de malta son molidos para exponer su contenido a la acción de las enzimas, permitiendo que todos los componentes solubles de su contenido pasen a una solución acuosa.

La operación de molienda, a pesar de parecer simple, tiene impactos importantes en el aprovechamiento adecuado de las materias primas, en el desempeño de la sala de cocimiento y en la calidad de las cervezas.

4.3 Diagrama del proceso de la Fermentación del Mosto



En los tanques de fermentación el mosto será transformado en cerveza por la acción de las levaduras.

La fermentación se divide en dos fases:

- fase aeróbica (en presencia de oxígeno)
- fase anaeróbica (sin oxígeno)

Para la realización de la fase aeróbica el mosto recibe oxígeno (aire estéril) durante su enfriamiento (8 a 10 ppm).

Todo este oxígeno es consumido en las primeras 8 horas de la fermentación. En esta fase y en las primeras horas de la fase anaeróbica se genera una gran cantidad de energía (calor), compuestos volátiles (diacetilo, ésteres, etc.) y de CO₂. La reproducción celular en esta fase del proceso es muy intensa.

Durante la fase anaeróbica se producen los alcoholes y se sigue generando CO₂ y energía, pero con menor intensidad.

Con la disminución del extracto (azúcares), la levadura pasa a utilizar otros compuestos como fuente de energía, entre ellos el diacetilo generado durante las primeras fases de la fermentación.

Para favorecer la eliminación del diacetilo, compuesto indeseado en las cervezas tipo Pilsen, se deja subir la temperatura de los tanques a 14°C y se mantiene la misma hasta que todo el extracto fermentable haya sido consumido.

En esta fase la levadura presente en el tanque se recoge y se envía a los tanques de levadura para su utilización en una nueva fermentación. Una fermentación genera de 2 a 3 veces la cantidad de levadura inyectada al mosto

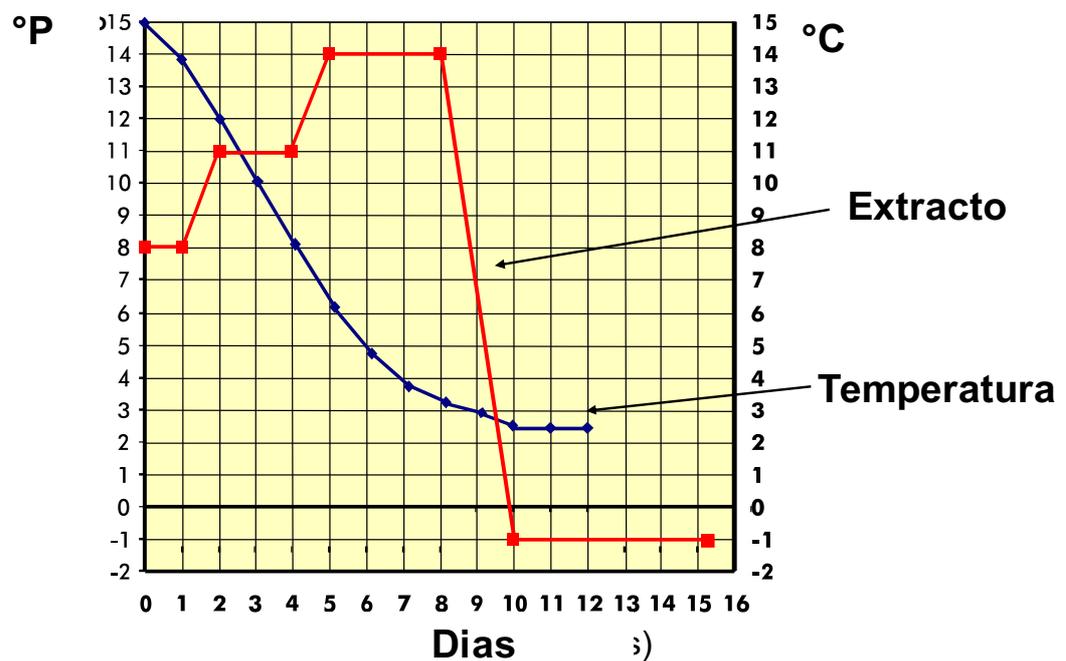


Figura # 3. Curva de Fermentacion

4.4 Maduración

El mosto se ha convertido en cerveza y este ahora será transferirá a los tanques de maduración. Su temperatura se baja de los 14°C a -1°C y se mantiene a esta temperatura por 3 días (mínimo).

La finalidad de la maduración es la decantación de las levaduras aun presentes en la cerveza, la incorporación de CO₂ a la cerveza y la precipitación de proteínas coagulables en frío.

4.5 Caracterización de Producto en Proceso

La caracterización y análisis de cerveza en proceso (mosto-fermentación-maduración y envasado), se lo realizo en el objetivo de comprobar si el mismo cumple con las especificaciones de los Estándares de Cervecería Nacional. Después aplicar los tratamientos estudiados y comprobar de tal forma que según los análisis, se determine cuál es el mejor tratamiento en cuanto a estabilidad de producto en proceso y producto terminado. Se realizan los análisis de T150 producto en proceso (expresado en valores de intensidad), entre más alto sea este valor, mayor cantidad de radicales libres presentes en la cerveza lo que involucra menor estabilidad de la misma. Análisis de Lag Time (expresados en minutos) en producto terminado o cerveza envasada, entre más alto sea este valor, mayor cantidad de antioxidantes presentes en la cerveza lo que refleja mejor estabilidad del sabor. Análisis de SO₂ (expresados en ppm), este es un antioxidante natural

de la cerveza generado en el proceso de fermentación del mosto. Análisis de Free Amino Nitrogen (Expresados en ppm), Extracto Original y Aparente (expresados en °P), Contaje de Levadura (expresado en millones de células), Viabilidad de la levadura (expresado en porcentaje).

4.6. Descripción de las técnicas en la caracterización y análisis de la cerveza tipo lager.

4.6.1 Análisis de T150 y Lag Time

Fundamento

Cuando el oxígeno se convierte en la vía radical superóxido se inicia muy rápidamente. Debido a la naturaleza reactiva de los radicales, el superóxido, radical peroxilo e hidroxilo necesitan ser "atrapados" de modo que estos puedan ser medidos. Esto se hace utilizando una técnica llamada resonancia paramagnética electrónica (EPR o ESR). Un spin-trampa se utiliza para capturarlos radicales. Para atrapar a estos radicales la trampa utilizada se llama N-ter-butyl- α -phenylnitrone(PBN). La resultante de radicales PBN, se puede medir utilizando el ESR. En SABMiller, se utiliza el método de ESR.

La tasa de conversión de oxígeno a los radicales superóxido y posterior es el paso limitante. Esta es una medida de la capacidad antioxidante endógena de la cerveza y se expresa como el lag time y tiene las unidades de minutos. Cuanto más larga sea la Lag Time, el sabor es más estable en la cerveza. Esto se traduce en mayor vida de anaquel.

Para la generación de la señal, los radicales que se unen con el spin-trampa como se muestra en la figura 2

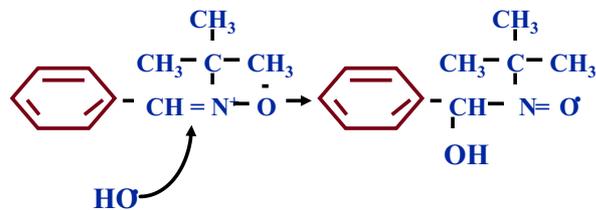


Figura 4. Muestra la PBN spin-trampa y su interacción con el radical hidroxilo. Esta muestra se introduce a continuación en la ESR a través del inyector automático, donde se mide la señal.

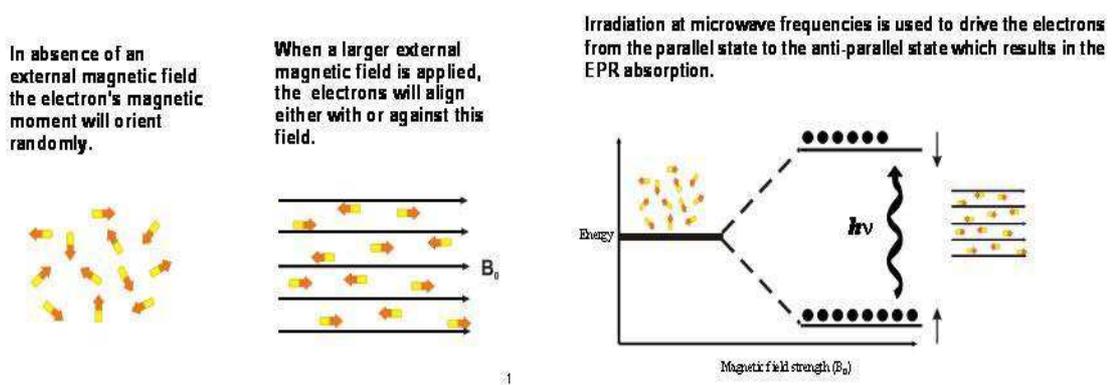


Fig. 5 - Ilustración del efecto del campo magnético en la orientación del espín del electrón extra de un radical

En ESR, la radiación de microondas se mantiene constante, y varía el campo magnético. En el punto en el que la energía suministrada por la radiación de microondas coincide con la energía requerida para causar que los electrones se mueven desde una baja (paralelo con el campo magnético) a un estado de alta energía (anti-paralelo al campo magnético), la energía es absorbida. Este es el punto de resonancia.

El electrón extra el radical atrapado se irradió con energía de microondas. El campo magnético es variado y en el punto de "resonancia" del electrón, una señal es genera. La cantidad de energía absorbida es una medida de la concentración del radical. Esta es el área bajo la curva mostrada en la figura 4. Cuando aumenta la concentración de radicales, el área bajo la curva aumenta también. Para crear un cálculo más preciso del área bajo la curva, los datos se convierten matemáticamente por la integración a una salida de altura de pico a pico.

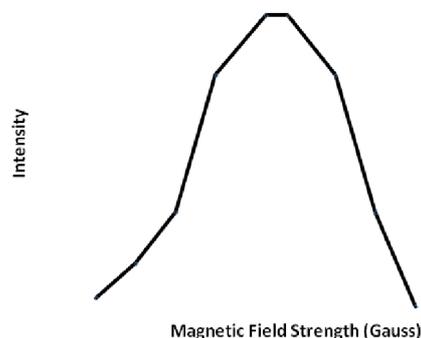


Fig. 6. Muestra la absorción de energía por un radical como la intensidad del campo magnético es variada. La intensidad es una medida de la concentración del radical

La integración del área bajo la curva a una señal de altura de pico a pico se muestra en la Fig. 7a y 7b. El aumento en la concentración de los resultados radicales en un aumento en la señal de altura de pico a pico. Esto se muestra en las figuras 5a, donde los valores iniciales son bajos y que durante el curso de la incubación de la cerveza a 60 ° C generará una señal de alta intensidad (Fig. 5b). Las muestras de cerveza pico a pico de lectura se representa frente al tiempo de la incubación a 60 °C.

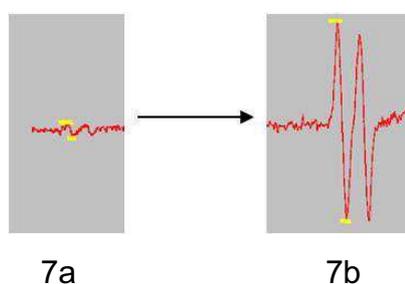


Figura 7. Señal de altura pico a pico

Equipo

Bruker ESR E-Scan Espectrómetro: UPS fuente de alimentación, bomba peristáltica, automuestreador, bloque de calentamiento e impresora. Ordenador con Window2000 y el programa. 4,31 Bruker Win Acquisition Rev 3,0 e impresora.

Reactivos

1. Alcohol: prueba 200
2. 4-hidroxi Tempol:
3. Ácido nítrico:
4. Ácido nítrico, al 10%:
5. Agua desmineralizada
6. Reactivo PBN: N-terc-butil-alfa-fenilnitrona (PBN),

Procedimiento de Análisis

Metodología.

A. Toma de muestras en la cervecería:

Para muestras que requieran centrifugación (sala de cocción y fermentación) tomar de 45-50 ml muestra estas deberán ser recogidas directamente en tubos de centrifuga desechables nuevos de 50 ml y tapados de inmediato.

Para todas las otras muestras, 10 mL de la muestra deberán ser recogidos directamente en los tubos de centrifuga desechables nuevos de 15 ml.

Las muestras deben ser recogidas de la forma más "suavemente" para que haya la menor formación de espuma como sea posible utilizando el dispositivo de muestreo el cual esta constituido por un con, una manguera con línea de aérea Todas las muestras deben ser puestas en hielo y procesadas dentro de 1 hora de la toma de muestras, en el cuadro # 1 que se muestra a continuación.

Las muestras procesadas deben ser congeladas inmediatamente a -20°C o más frías. Todas las muestras deben ser etiquetadas con fecha, número de cerveza (si aplica), tipo de tanque (mosto, fermentación, etc) y cualquier otra identificación. Las muestras congeladas deben ser descongeladas poniéndolas en temperatura ambiente o baño a maría a 20°C Atemperar a temperatura ambiente. Invierta suavemente para mezclar.

Filtrar a través de los filtros desechables de $0,45\ \mu\text{m}$ en caso que cualquier sedimento o turbiedad ser filtradas directamente en el vial de incubación

mientras esté en la balanza o en un tubo de ensayo de polipropileno y luego ser trasladada al vial de incubación en la balanza. Una vez descongelada, mezclada y filtrada de ser necesario, la muestra ha sido totalmente "procesada" y está lista para su análisis.

B. Preparación de la muestra en la cervecería:

Procedimiento de preparación de la muestra en cerveza en proceso y envasada.

Muestra	Procedimiento de preparación	congelar
Sala de cocción a través del mosto de Enfriamiento	Centrifugar a 2500 rpm durante 20 minutos a 4 ° C. Con cuidado, recoger 10 ml en un tubo de centrifuga nuevo de 15 ml y congelar.	Si
Fermentación y maduración	Centrifugar a 2500 rpm durante 20 minutos a 4 ° C. recoger 10 ml del sobrenadante dentro de un tubo de centrifuga nuevo de 15 ml con cuidado para que la levadura no sea transferida y congelar Nota: Si la cerveza de maduración es <150 de FTU, el paso de la centrifugación puede ser omitido.	Si
En proceso después del filtrado final	Verter una muestra de 10 ml, suavemente invierta varias veces y deje respirar para liberar CO2. Congelar	Si
Cerveza envasada	Enfriar a 0°C verter 10 ml dentro de un tubo de centrifuga de 15 ml, suavemente invierta varias veces y deje respirar para liberar CO2. Congelar.	Si

Ensayos Lag tiempo y T150:

1. PBN solución stock:

a. En un vial claro que contiene una barra magnética, pesar con exactitud $1130 \text{ mg} \pm 1 \text{ mg}$ del PBN. Esto producirá suficiente solución del reactivo PBN para 18 muestras para análisis de T150 y 8 muestras para el análisis tiempo de retraso.

Nota: Utilice únicamente viales dedicados a PBN que han sido limpiados como los viales para los ensayos.

b. Utilice una pipeta automática Gilson P1000 para añadir $2 \times 625 \mu\text{l}$ de etanol para el PBN y mezclar a muy baja velocidad hasta que disuelva completamente. Este proceso puede tardar 3-5 minutos. Si se toma más tiempo, el PBN es de mala calidad.

c. Utilice la pipeta Gilson P1000 para añadir $2 \times 625 \mu\text{l}$ de agua desionizada y mezclar de nuevo a muy bajo velocidad

Nota: Esta solución debe ser utilizada dentro de las 36 horas y se debe mantener a 4°C cuando no esté en uso. $0,5 \text{ ml}$ de etanol y $0,5 \text{ ml}$ de agua desmineralizada se considera una cantidad suficiente de reactivo para un día de análisis.

2. Ensayo de Lag time:

- a. Realice un enjuague de las mangueras de teflón para comprobar el posicionamiento de la muestra en la cámara E-Scan. La corrida con el tinte consiste en colocar una solución 3 ó 4 μ m Tempol con un par de gotas de colorante de alimentos azul o verde. El color debe ser lo suficientemente oscuro para ver claramente la muestra, cuando pasa a través de las mangueras teflón. Cambie la manguera de la bomba peristáltica en caso de ser necesario, y chequee de nuevo con un enjuague para comprobar el posicionamiento de tinte muestra
- b. Pesar con precisión 7,00 g \pm 0,05 g de cerveza procesada / mosto en un vial ámbar lavado ácido, para el ensayo
- c. Pesadas las muestras debe ser analizadas dentro de los 30 minutos de preparación
- d. Agregar 280 μ L de solución PBN con una jeringa Hamilton a la muestra pre-pesada, tapar y agitar brevemente (10 segundos) con un vortex a baja velocidad, retire la tapa y colocar en el bloque de calentamiento.

Nota: No permita que la aguja toque el líquido al agregar el PBN, y la agitación hágala a la velocidad que el líquido no entre en contacto con la tapa.

- e. Dele Start al E-Scan cuando la primera muestra se coloca en el bloque de calentamiento.

- f. Agregar sucesivamente PBN a cada vial, aproximadamente cada 2 minutos mezclar y colocar en el bloque de calefacción. Cuando haya terminado de agregar el PBN de inmediato limpiar la jeringa Hamilton con etanol al 50% para prevenir que los cristales de PBN bloqueen la aguja
- g Cuando se están realizando los análisis de tiempo de retraso (lag time), deben ser generados por lo menos 7 puntos para cada muestra, y un máximo de 8 muestras se pueden correr en un conjunto. Cuando corra los análisis de tiempos de retraso (lag time) es necesario incluir solo un estándar de tempol y no incluir un estándar de cerveza.

3. Ensayo de T150: (Normalmente esta es una corrida de análisis)

- a. Enjuague las mangueras y realice el tinte para comprobar el posicionamiento de la muestra en la manguera de teflón en relación con muestra en la cámara E-Scan. Cambie la manguera de la bomba peristáltica si es necesario, y enjuague de nuevo para comprobar el posicionamiento nuevamente de la muestra
- b. Descongelar las muestras para ser analizadas y atempérelas a 20 ° C. Invierta suavemente para mezclar cada muestra. Filtrar a través de filtros de 0,45 μ m si hay turbiedad o si hay un precipitado evidente. Pesar 3,00 g + / - 0,05 g de muestra en un vial ámbar, previamente lavado con ácido. Cuando todas las muestras de la corrida (incluyendo la cerveza de chequeo) han sido

pesadas, atempere el rack con los viales en un baño de agua durante 10 minutos a 20 ° C. Cada corrida contiene un blanco de agua Tempol 3 μ m y 4 μ m y la cerveza de chequeo. Por lo tanto sólo 16 muestras reales pueden ser analizadas por corrida

c. El E-Scan se Programa para el número de muestras que se analizara. El puesto 1 sería para el blanco de agua. Los puestos 2 y 3 son para el 3 y 4 μ m Tempol, respectivamente La última muestra ha de ser para el estándar de la cerveza descongelada. Coloque el Tempol en las posiciones adecuadas y darStart al instrumento.

d. Cuando el automuestreador ha parado después del 4 μm Tempol, agregar 120 μL de solución PBN (no tocar el líquido con la aguja) para la primera muestra del vial a analizar, tapar y agitar durante 10 segundos. Destapar y colocar en la posición adecuada del autosampler.

Nota: Usted tendrá aproximadamente 1-1/2 minutos para realizar esta operación

e. Comprobar el lugar de la cerveza de chequeo en la posición correspondiente a la última muestra en la lista de muestras para correr. Ya que se ha mencionado anteriormente, el número máximo de muestras reales por analizar será de 16

f. Cuando la corrida ha terminado, enjuague las mangueras del instrumento. Suelte la abrazadera de la bomba peristáltica y suelte la manguera. Esto aumentará en gran cantidad la vida útil de la manguera. Para

el procesamiento de datos. Véase el Apéndice: E-Scan para EMX Factor de correlación. El factor del instrumento para procesar los datos, para el reporte corporativo será proporcionado por el Corporativo de Calidad. Enjuagar los viales para eliminar los remanentes de la muestra y retirar para limpieza con ácido.

4.6.2 Análisis Amino Nitrógeno Libre - FAN

Fundamento

El Amino-Nitrógeno Libre (FAN) en el mosto es la medida de la cantidad de Amino-Nitrógeno disponible para la levadura durante la fermentación, o la cantidad de Amino-Nitrógeno restante en la cerveza después de la fermentación.

La Ninhidrina reacciona con los Amino ácidos libres, amoníaco, (y hasta cierto punto, con el grupo final alfa-Amino Nitrógeno en péptidos y proteínas) durante la ebullición para producir una coloración. La absorbancia de la intensidad del color se mide espectrofotométricamente en una longitud de onda de 570 nanómetros. (La Prolina no se mide a ningún grado en esta longitud de onda).

La Glicina de una concentración conocida es usada como estándar, y el FAN en la muestra es calculado con relación al Nitrógeno libre en el estándar.

Nota: *Se asume que la Glicina tiene una reacción de color del 100% con la Ninhidrina.*

El método no es específico para alfa-Amino Nitrógeno, el ácido gama-aminobutírico, que está presente en el mosto y la cerveza, produce también coloración en las reacciones con Ninhidrina.

Aplicable al mosto, en proceso, cerveza envasada (todas las marcas) y los extractos de malta.

Equipos.

Espectrofotómetro (VIS).

Metodología

Preparación de la Muestra

1. Cerveza envasada

Desgasifique la cerveza por filtración a través del papel filtro especificado para el análisis.

Note: Descarte los primeros 30 ml (aprox.) de filtrado.

Si el análisis no se va a realizar inmediatamente, siga el procedimiento 4 señalado más adelante.

Use embudos de vidrio.

2. Mosto

Filtre las muestras de mosto a través del papel filtro especificado y que contenga el polvo filtrante (Kieselguhr).

Note: Use aproximadamente 1g de Kieselguhr por 300 ml de muestra.

Descarte los primeros 30 ml (aprox.) de filtrado.

Si el análisis no se va a realizar inmediatamente, siga el procedimiento 4 señalado más adelante.

Use embudos de vidrio.

3. Proceso (FV y SV)

- a) Centrifugue la muestra por 5 minutos a G2000.
- b) Filtre a través del papel filtro especificado únicamente, no emplee Kieselguhr.

Descarte los primeros 30 ml (aprox.) de filtrado.

Use embudos de vidrio.

Si el análisis no se va a realizar inmediatamente, realice el siguiente procedimiento:

4. Condiciones de almacenamiento y requerimientos

Nota: Trabaje lo más asépticamente posible.

a) Muestras analizadas dentro de las primeras 24 horas:

- Adicione 0,1 ml de PCP a una botella de vidrio.
- Llénela con la muestra preparada
- Ciérrela y mézclela bien.
- Almacene en refrigeración por debajo de los 5°C.

b) Muestras analizadas después de las 24 horas:

- Prepare como se indicó arriba, pero:
- Almacene en congelación (por debajo de los 0°C).

Note: Las muestras de referencia pueden ser preparadas como se indica arriba y ser almacenadas en congelación (por debajo de los 0°C) por un periodo de 6 meses.

Todas las muestras congeladas se deben deshielar totalmente, bien mezcladas y atemperadas a $20^{\circ} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$.

Método

Atemperere todas las muestras preparadas a $20 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ y mézclelas bien.

Note: Asegure un equilibrio de la temperatura.

- b) Pipetee 1 ml de FV o mosto o 2 ml de SV o cerveza envasada dentro de un balón aforado de 100 ml.
- c) Enrase con agua purificada 20°C y mezcle.
- d) Pipetee una alícuota de 2 ml de esta solución dentro de los tubos limpios y secos.
- e) Prepare un blanco para cada lote de muestras reemplazando la alícuota por agua purificada, también por duplicado.
- f) Prepare un estándar de Glicina para cada lote de muestras reemplazando la alícuota de muestra por 2 ml del reactivo B.
- g) Pipetee 1 ml Ninhidrina (Solución C) dentro de cada tubo.
- h) Mezcle el contenido de cada tubo empleando un mezclador vortex.
- i) Usando las pinzas coloque una bolita de vidrio en cada tubo.
- j) Coloque los tubos a ebullición por exactamente 16 minutos.

Nota: El tiempo y la temperatura son parámetros críticos y deben ser controlados.

La temperatura debe estar sobre los 93,5°C.

- k) Retire los tubos y enfríelos en el baño de agua a $20 \pm 0,2^\circ\text{C}$.
Encienda el cronómetro.

Nota: El tiempo es un parámetro crítico.

- l) Después de 10 minutos exactamente, transfiera cuantitativamente 5 ml de solución diluyente (Solución D) al primer tubo y tápelo nuevamente.
- m) Mezcle completamente usando un mezclador vortex y coloque nuevamente el tubo en el baño de agua. Repita el mismo procedimiento para cada uno de los tubos restantes.
- n) Después de 25 minutos (del paso k arriba), retire los tubos del baño de agua.
- o) Lea la absorbancia a 570 nm empleando como blanco el agua purificada.

Nota: La absorbancia se debe medir entre los 15 y 25 minutos después de la adición de la solución diluyente.

4.6.3 Análisis de determinación de extractos de cerveza y mosto

Fundamento

El contenido de alcohol es determinado mediante la velocidad con la que un impulso de sonido atraviesa la celda en la cual se encuentra la muestra.

La densidad se determina mediante la frecuencia de vibración de otra celda con la misma muestra.

- a)** La cerveza es un producto que consiste principalmente de tres componentes: agua, alcohol y extracto. Cuando dos medidas de concentración independientes pueden realizarse de tal producto, esta información puede ser utilizada para calcular sus dos componentes principales, extracto y alcohol. El uso de constantes en los cálculos facilita las determinaciones.
- b)** El analizador de cerveza mide la concentración en términos de densidad relativa y velocidad del sonido. Esto elimina los problemas de errores humanos cuando se usan los refractómetros, los cuales impactan la reproducibilidad y repetibilidad del análisis. Investigaciones han mostrado que el contenido de alcohol y el extracto original determinado con el analizador de cerveza DSA se comparan muy bien con el método internacional de destilación (esto es, tiene casi idéntica media) . Las desviaciones estándar son 2 – 3 veces mejores que cuando se realiza el análisis mediante densitómetro o refractómetro.
- c)** Las mayores ventajas de éste método instrumental, adicionales a su buena precisión (reproducibilidad y repetitividad) son:
- Se pueden analizar cervezas negras.
 - No hay necesidad de hacer cálculos ya que estos son realizados internamente por un microcomputador.
 - Todos los datos (leídos y calculados) son impresos.

- El equipo puede transferir datos directamente a computadores personales.
- d) Este método es aplicable a :
- Medida de extracto original en mosto.
 - Cerveza en proceso y envasada.
- e) Un equipo analizador de cerveza DSA mide lo siguiente: alcohol, extracto original, extracto real, extracto aparente, contenido calórico gravedad específica, velocidad del sonido, grado real de fermentación y algunos otros parámetros relacionados.
- f) Adicionalmente, el DSA puede ser calibrado con programas únicos, permitiendo con precisión el análisis de rutina en cervezas de maduración de alta gravedad, marcas posicionadas y bebidas alcohólicas de frutas (AFB's).

Equipos.

Analizador de cerveza Anton Paar DSA 48. Completo con automuestreador, impresora y manual

Metodología

Preparación de la Muestra

Nota: Es esencial que las muestras sean adecuada y correctamente desgasificadas y clarificadas.

Mosto

- a) Filtre aproximadamente 200 ml de muestra usando el papel especificado con 1 g de tierra diatomácea por 300 ml de muestra. Descarte los primeros 30 ml filtrados y luego recoja aproximadamente 150-200 ml de filtrado.
- b) Atempere el filtrado a aproximadamente 20°C.

Muestras de proceso (fermentación y maduración) y muestras para extracto límite.

Nota: Las muestras que contienen levadura deben ser preparadas en menos de 30 minutos.

- a) Coloque 200 ml de muestra en un erlenmeyer limpio y seco de 500 ml.
- b) Inserte un termómetro limpio y seco.
- c) Con agitación y mezcla constante, atempérela rápidamente a 22-23°C.

Nota: La temperatura del agua usada en el baño para atemperación rápida no debe exceder los 35°C.

- d) Agite y mezcle por 60 segundos adicionales.

- e) Filtre usando el papel especificado con 1 g de tierra diatomácea por 300 ml de muestra. Descarte los primeros 30 ml de filtrado y luego recoja aproximadamente 150 ml de filtrado.
- f) Cubra el frasco y mantenga el filtrado aproximadamente a 20°C.

Cerveza brillante y cerveza envasada.

- a) Vierta aproximadamente 200 ml de muestra en un erlenmeyer limpio y seco de 500 ml.
- b) Inserte un termómetro seco y limpio.
- c) Con agitación y mezcla constante, atempérela rápidamente a 22-23°C.

Nota: La temperatura del agua usada en el baño para atemperación rápida no debe exceder los 35°C.

- d) Agite y mezcle por 60 segundos adicionales
- e) Filtre a través del papel filtro especificado. No use tierra diatomácea. Descarte los primeros 30 ml de filtrado y luego recoja aproximadamente 150 ml de filtrado.
- f) Cubra el erlenmeyer y mantenga el filtrado aproximadamente a 20°C.
 - a) Llene un vial con agua de calibración y colóquelo en la posición 1 del carrusel.

- b) Lave dos viales tres veces con la muestra preparada, llénelos hasta aproximadamente 8 – 10 mm de la parte superior, tápelo con la cubierta de teflón e inserte los viales en las próximas dos posiciones del carrusel.
- c) Repita el paso (b) anterior con cada muestra.
- d) Coloque un vial con agua de calibración en la posición 24 del carrusel.
- e) Presione el botón 'start' en el cambiador de muestras (SP1). El cargador retornará al primer vial y el análisis comenzará.

4.6.4 Análisis de SO₂

Fundamento

- a) El dióxido de azufre (SO₂) es producido de manera natural durante la fermentación.
- b) El dióxido de azufre se presenta en parte como SO₂ libre y en parte combinado como complejo con aldehídos, carbohidratos y proteína. Estos complejos son estables al pH de la cerveza pero pueden ser rotos en presencia de bajos o altos valores de pH.
- c) Este método consiste en la hidrólisis del complejo con hidróxido de sodio y ácido sulfúrico y la subsecuente reacción de todo el SO₂ libre con una solución estabilizante de mercurio. Esta reacción produce un ión bisulfito

mercuriato el cual es muy estable y no oxidable pero cede este SO_2 cuando es tratado con un reactivo colorante. El SO_2 liberado por el ión bisulfito mercuriato restaura el color de la decoloración ácida de la p-rosa anilina en presencia de formaldehído. La intensidad de este color se determina espectrofotométricamente a 550nm.

- d) Se prepara un blanco de yodo debido a que el yodo oxida el SO_2 en SO_3 y por lo tanto cualquier coloración producida por los reactivos colorantes no se debe al SO_2 sino a cualquier otro componente en la cerveza de ahí la necesidad de colocar un blanco por cada muestra.
- e) El SO_2 se determina a fin de controlar los efectos negativos de la oxidación (debido al factor oxígeno) y como una medida indirecta de los niveles de acetaldehído presentes.
- f) Niveles de SO_2 en cerveza en fermentación (FV) por encima de lo normal son indicativos de stress en la levadura.

Equipos

- 5 Espectrofotómetro (vis).

Metodología

Muestreo (Estándar Divisional)

- a) Coloque un tubo de centrifuga limpio y seco en un beaker que contenga cubos de hielo.

- b) Conectar la manguera a la llave de muestreo y dejar purgar la muestra.
- c) Poco a poco llenar el tubo de centrifuga con la muestra hasta el borde del tubo.
- d) Tapar inmediatamente el tubo.

Preparación de las muestras

a) Cerveza envasada

Atemperar las muestras por debajo de 5° C.

b) Muestras de FV y SV

Centrifugar la muestra en frío con una fuerza G2000 durante 10 minutos.

Método de ensayo

- a) Ejemplo; identificar tres matraces volumétricos de 100ml; uno para el SO₂ libre, otro para el SO₂ total y otro para el blanco.
- b) Dispense 2 ml de solución estabilizante de mercurio y 5 ml de ácido sulfúrico 0.05M en los matraces para SO₂ libre y total.
- c) Pipetear 10 ml de muestra fría (<5° C) de proceso o terminado sin desgasificar en un cilindro de 10 ml y adicionar e en cada uno de los tres frascos y tapar inmediatamente.

Nota: Adicionar 1 gota de n-hexyl alcohol para evitar q se genere espuma

d) Muestra Blanco:

- Adicionar cantidad suficiente del indicador de almidón en el matraz volumétrico.
- Adicionar gota a gota desde la bureta solución de yodo 0.025M hasta que la coloración azul sea persistente por más de 15 segundos.
- Adicionar 1 gota de exceso de solución de yodo 0.025M y tapar el matraz.

e) Solo para SO₂ total:

Dispensar 15ml de solución de hidróxido de sodio 0,1 M en el matraz agitar suavemente para mezclar y espere 30 segundos, adicione 10ml de ácido sulfúrico 0.05M en el matraz tapar y agitar suavemente.

f) Llevar a volumen los tres matraces por muestra con agua purificada (previamente atemperada a 20° C), tapar e invertir para mezclar.

g) Pipetear una alícuota de 25 ml de cada matraz en un matraz aforado de 50ml.

h) Dispensar 5 ml de reactivo de color (p-rosanilina) en cada matraz.

i) Dispensar 5 ml de solución de formaldehído en cada matraz.

j) Hacer a volumen con agua purificada (previamente atemperada a 20° C), tapar e invertir suavemente para mezclar.

- k)** Colocar en el baño de atemperación a $25\pm 0,5^{\circ}$ C por 30 minutos.
- l)** Después de cumplir exactamente los 30 minutos leer la absorbancia de cada matraz a una longitud de onda de 550nm usando agua purificada como blanco.

CAPÍTULO V

5. Resultados y Discusión

De acuerdo al Planteamiento del Diseño de Experimento, se utilizó la metodología DMAIC, ya que esta se basa en el control de las variables clave de los procesos conocidas como entradas o x 's para así obtener resultados mejorados en la salida esta investigación de mejora o y 's. En términos de Diseño de Experimento, estas entradas o x 's son llamadas factores y las salidas son llamadas respuestas, la relación de las y 's del proyecto toman la forma de $y=f(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Para lo cual se va a desarrollar este capítulo bajo el esquema de DMAIC, el siguiente esquema.



5.1 Definición del Problema

Uno de los indicadores que mide la calidad de nuestra cerveza es el "FSI (Flavor Stability Index)" el cual mide el Lag Time en minutos expresado en porcentaje. Se ha tenido un cumplimiento de 52% en F12 (abril 2011 a marzo 2012), respecto a la meta establecida de 60% para ese periodo. Para el F13 se tiene como meta cumplir el 66.6% (abril 2012 a marzo 2013) en este indicador. SABMiller determinó un tiempo entre 110 y 120 minutos para que la cerveza tenga una buena estabilidad del sabor (lag Time).

5.1.1 Métricos Primarios (Indicador FSI)

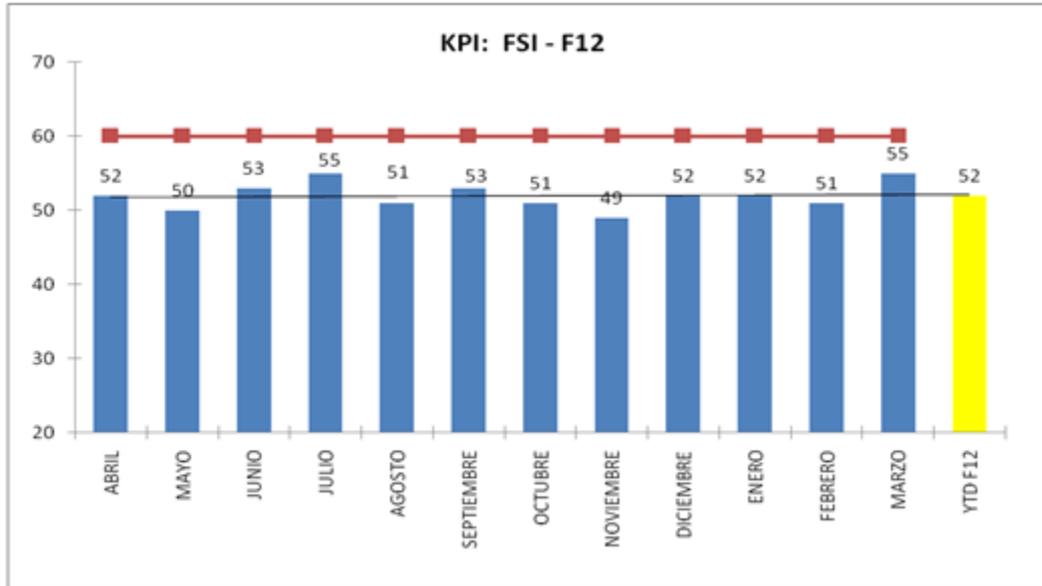


Figura 8. Indicador FSI durante el F12

5.1.2 Métricos Secundarios

5.1.2.1 Lag Time

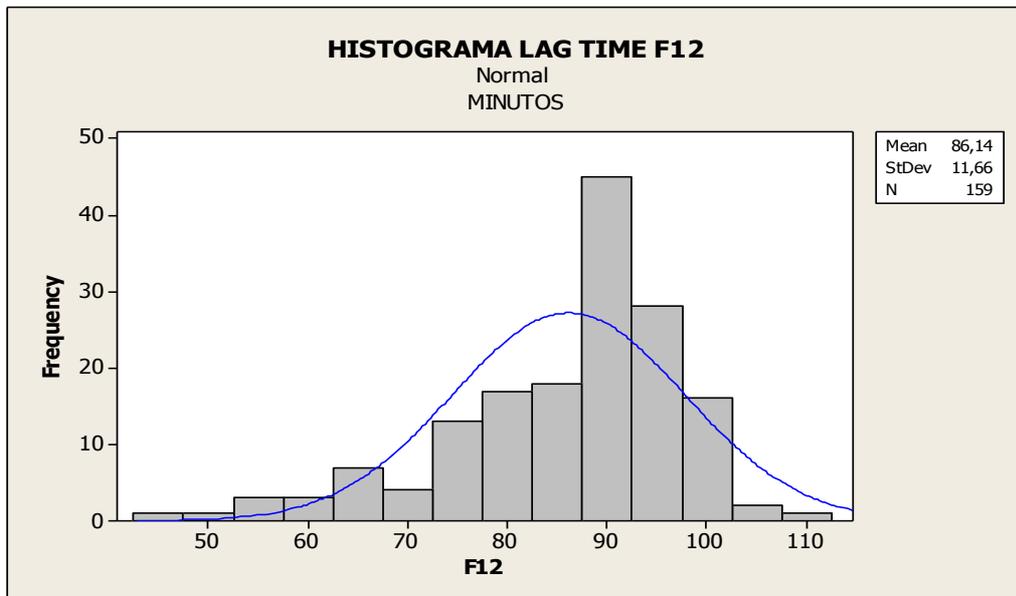


Figura 9. Histograma de frecuencia Lag Time F12

De acuerdo al histograma de frecuencia, se puede evidenciar que el proceso comprado con la medición de Lag Time no se encuentra centralizado y por lo tanto la campana de Gauss no se encuentra esbelta lo que da indicios a que el proceso no se encuentra controlado respecto a la estabilidad del sabor.

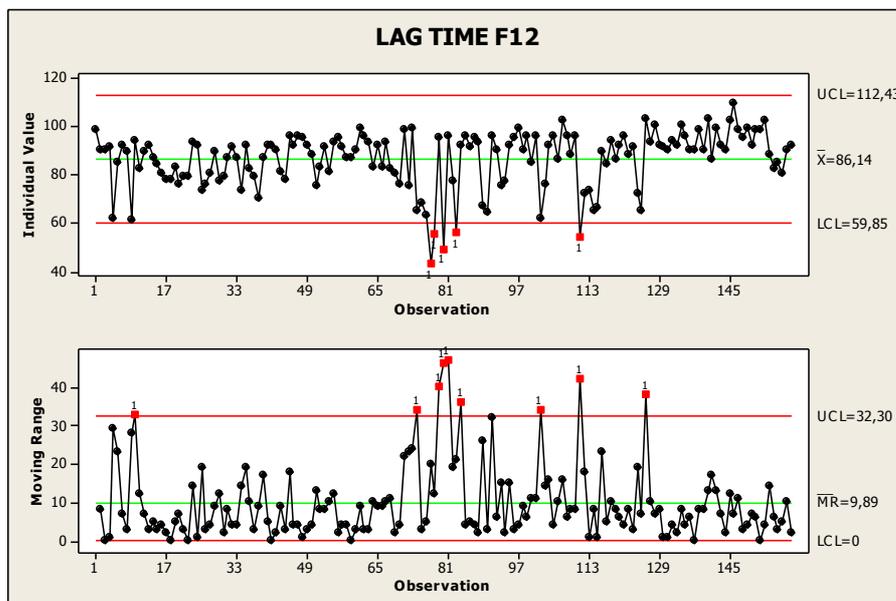


Figura 10. Gráfico de rangos de Lag Time

Para conocer la desviación que existe en entre resultado, se realiza el grafico de rangos lo que se evidencia la baja estabilidad que existe respecto al sabor.

5.1.2.2 Análisis Sensorial – Taste 8 Semanas

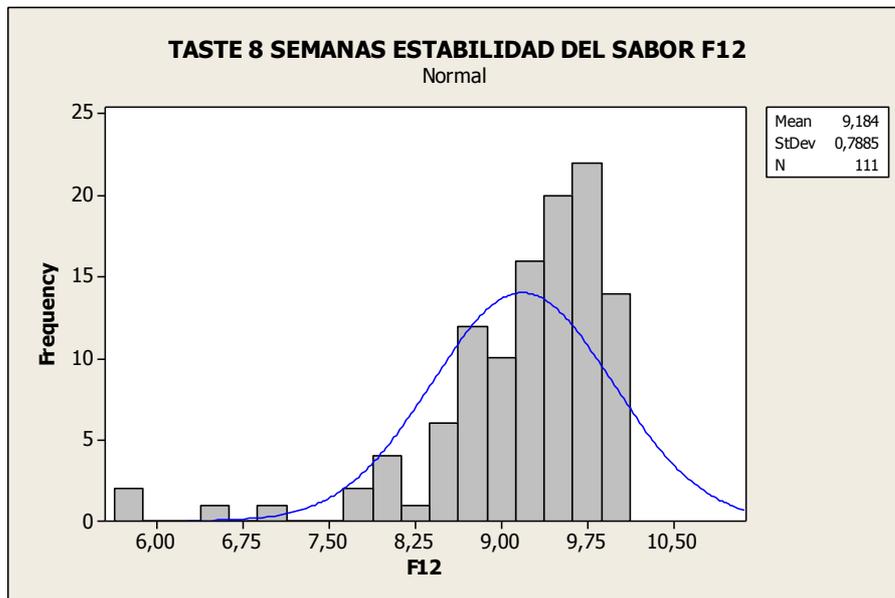


Figura 11. Histograma de Frecuencia taste 8 semanas

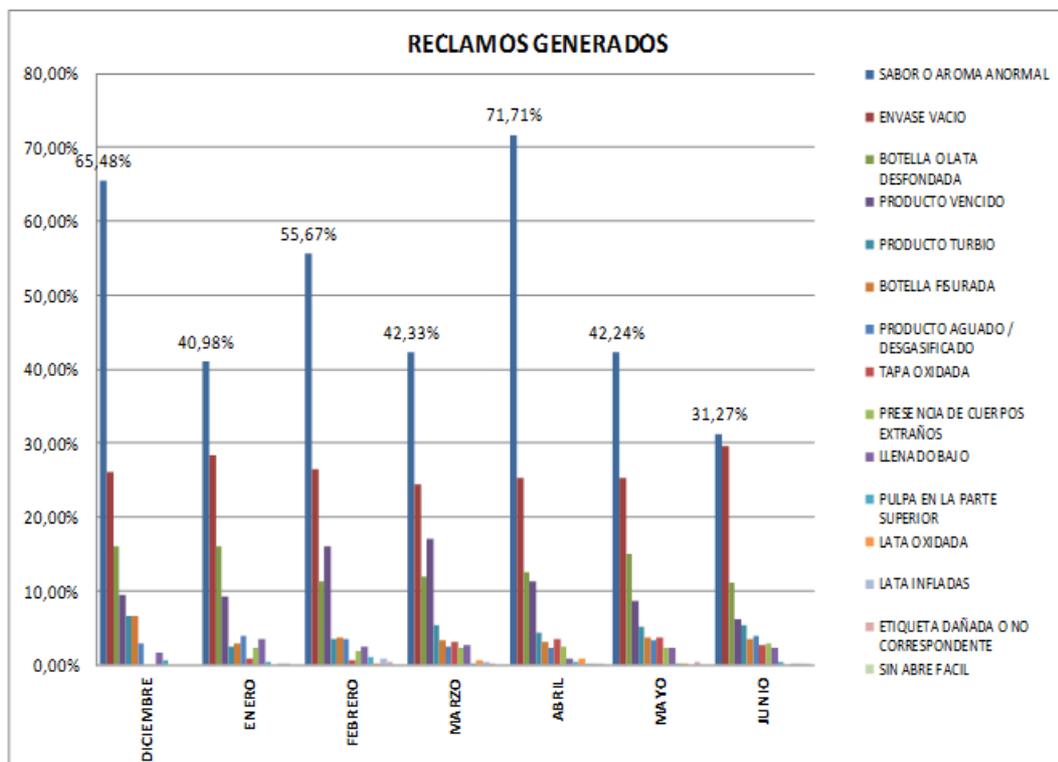
Análisis: De acuerdo a los análisis sensoriales (catado de cervezas), en el gráfico de distribución normal se evidencia que la desviación estándar de los análisis sensoriales es amplia obteniendo 0.7885.

De las gráficas anteriores se puede evidenciar a través de las medidas de LAG TIME, FSI y TASTE (Catado), se evidencia el descontrol que existe en producto terminado (cerveza envasada) lo cual muestra los procesos pobres en la elaboración de cervezas lo que ocasiona baja Estabilidad del Sabor.

5.1.2.3 Reclamos de Mercado

El área de aseguramiento de calidad, junto con el área de servicio de atención al cliente y ventas, se controla a través de un KPI, la cantidad y motivo de cada reclamo evidenciado en el mercado. Los cuales están clasificados en las siguientes causas, por cantidad de reclamos en el mes.

Cervecería Nacional proporciona la información siguiente.



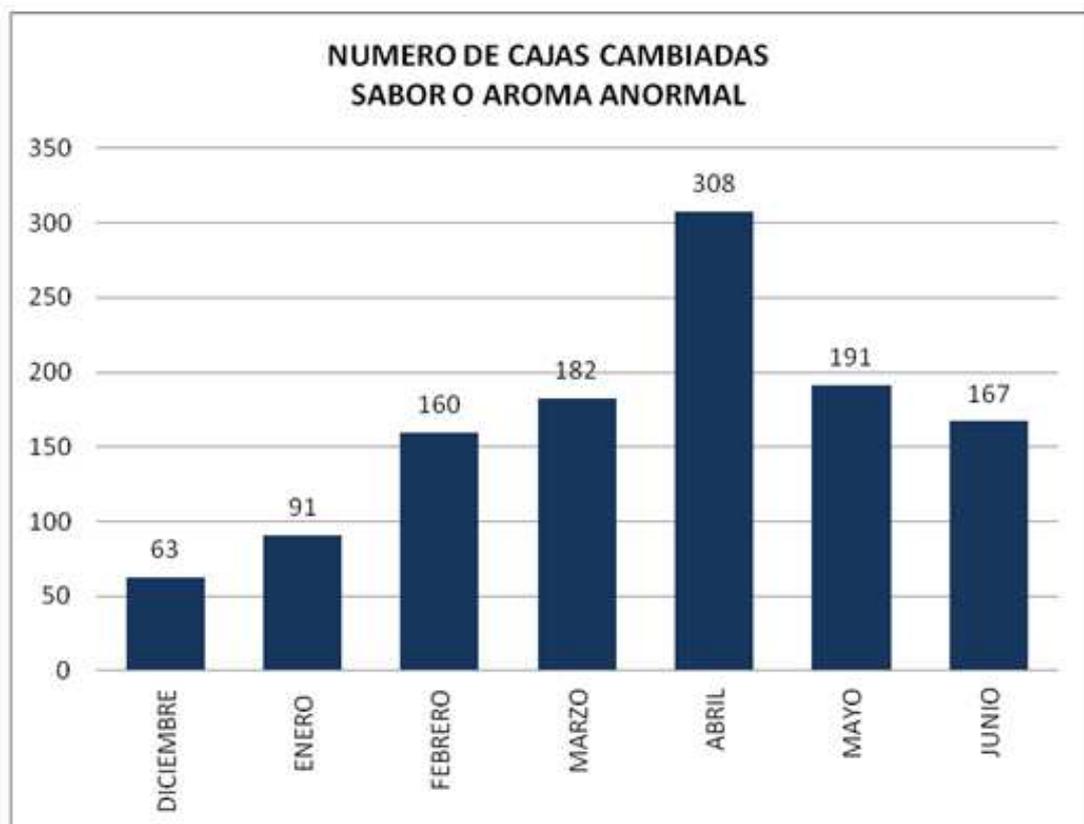
Fuente: Servicio al Cliente Cervecería Nacional

Gráfico12. Reporte de reclamos generados Diciembre/11 a Junio 12

De acuerdo a la gráfica anterior se puede evidenciar que la causa de mayor reclamo presentado en esos meses ante la oficina de servicio al cliente es el de SABOR O AROMA ANORMAL. De las causas anteriores, el cliente tiene

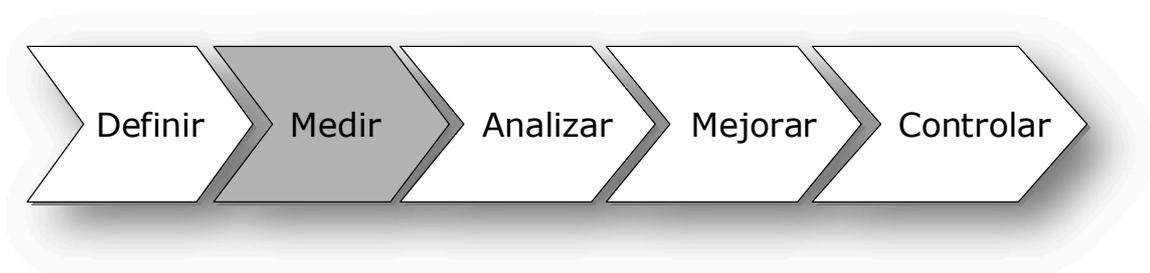
la opción de solicitar cambio de producto reclamado previo a una inspección por parte del departe de Quality Trade.

El producto cambiado por la causa referente al sabor es medido por el área de ventas y atención al cliente por cajas cambiadas al cliente las cuales fueron de 1162 cajas en siete meses.



Fuente: Servicio al Cliente Cervecería Nacional

Grafico13. Numero de cajas cambiadas por causa de reclamo "Sabor"



5.2 Medición.

Para conocer la situación actual del proceso cervecero, respecto a estabilidad del sabor de la cerveza, se realizan curvas de caracterización tomando en cuenta la medida T150, para así conocer la situación actual en las prácticas normales en la Elaboración de Cervezas.

5.2.1 Herramientas de Alcance

5.2.1.1 Diagrama SIPOC



Figura 12. Diagrama SIPOC

5.2.2 Estratificación de Procesos Pobres en la Elaboración de Cervezas.

Para identificar los procesos sobre los cuales se aplicaran las mejoras se caracterizara el proceso usando herramientas estadísticas, como lo es en este caso cartas de control simple.

5.2.3 Caracterización de Producto en Proceso

5.2.3.1 T150 (medida radicales libres)

Para la caracterización del proceso y conocer la cantidad de radicales libres (T150) de mosto y cerveza en proceso, se eligieron puntos de muestreos los cuales han sido acordado con el área de elaboración, estos revelaran la condición de la cerveza respecto a la medida de radicales libres presentes reflejados como intensidad.

Para lo cual se escogió un grafica de control simple para cada punto de muestreo de acuerdo al proceso de Cocimiento, bodega de frio Elaboración. Esto nos permite cuantificar y así poder estratificar esta investigación.

5.2.3.2 Estratificación 1 – Días de Proceso

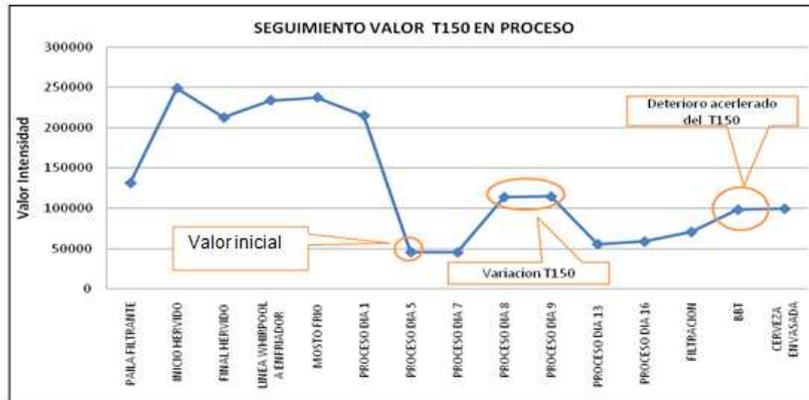


Figura 13. Caracterización cerveza lager

Análisis: De acuerdo a los grafica presentada, se puede evidenciar que durante los días del proceso hay un aumento de T150 (intensidad), lo que provoca un deterioro acelerado de la cerveza.

5.2.3.3 Estratificación 2– Filtro Schenk

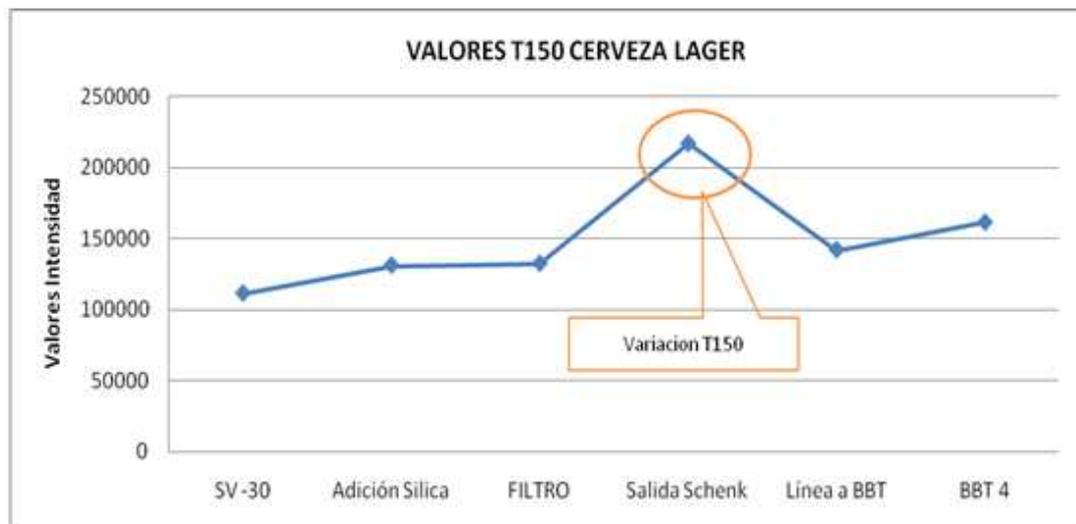


Figura 14. Caracterización T150 proceso de filtración

ANALISIS: En la gráfica se muestra que durante el proceso de filtración, existe una variación de T150, lo que provoca deficiencias en la estabilidad del sabor.

5.2.3.4 Estratificación 3 – Cocción del Mosto

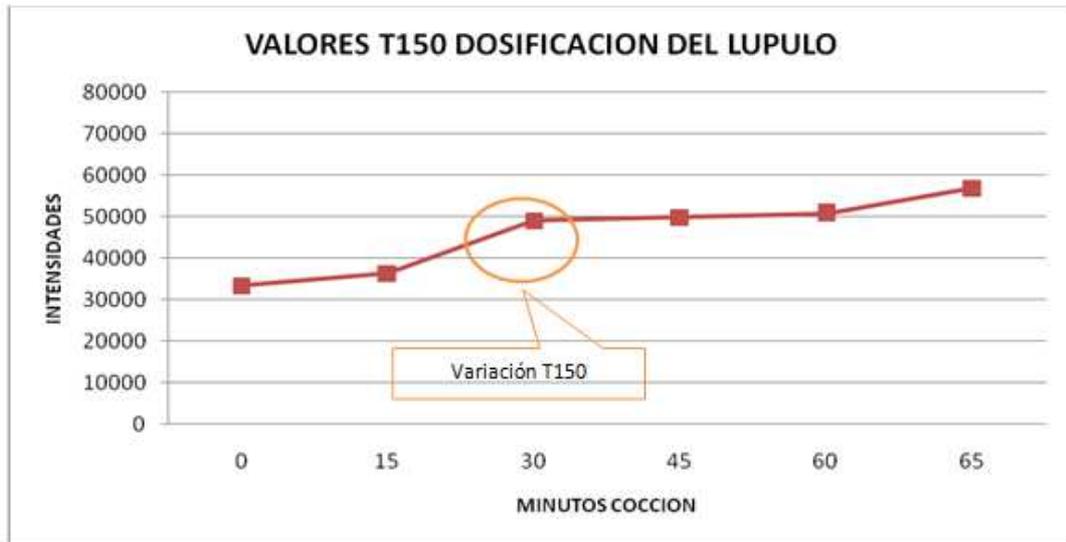


Figura 15. Grafica de T150 en la dosificacion del lupulo en cocimiento del mosto

ANALISIS: La dosificación del lúpulo se realiza a los 30 min luego de iniciada la cocción del mosto, se puede evidenciar que en esta práctica aumenta el T150. Provocando inestabilidad del sabor.

5.2.4 Capacidad de proceso – Lag Time

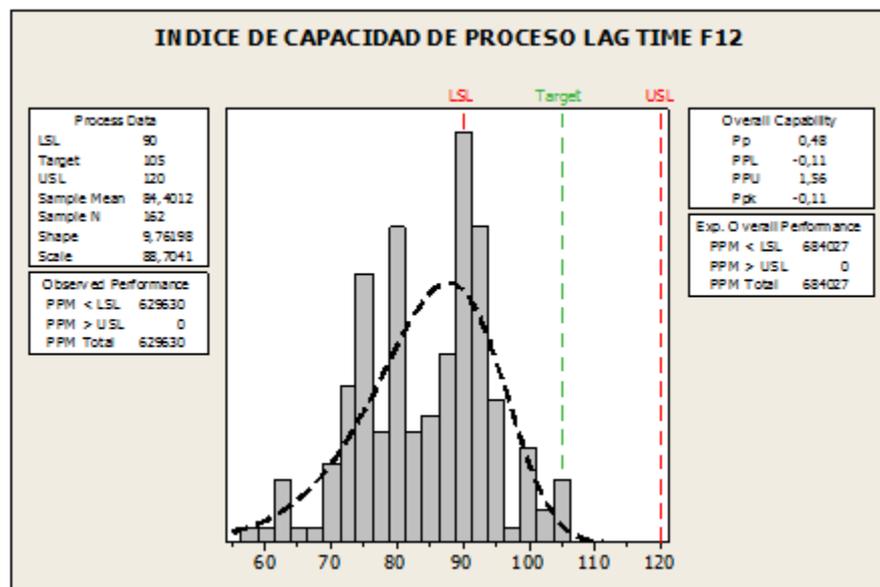


Figura 16. Capacidad de Proceso Lag time F12

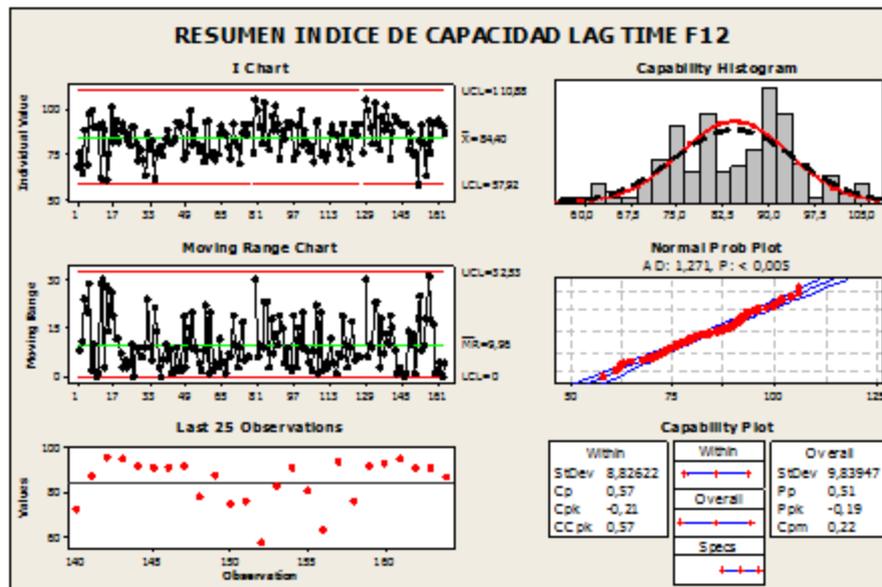


Figura 16. Resumen Índice Capacidad de Proceso Lag time F12

ANALISIS: Se puede evidenciar que la desviación estándar Within, que se la conoce como "*dentro del grupo*". El índice C_{pk} y P_p es =-0.21 Y 0.51 respectivamente, los cuales deberían ser \geq a 1.33, para que el proceso sea capaz de cumplir con las especificaciones, en este caso no es capaz.

5.2.5 Capacidad de Proceso – Taste 8 Semanas Estabilidad Normal

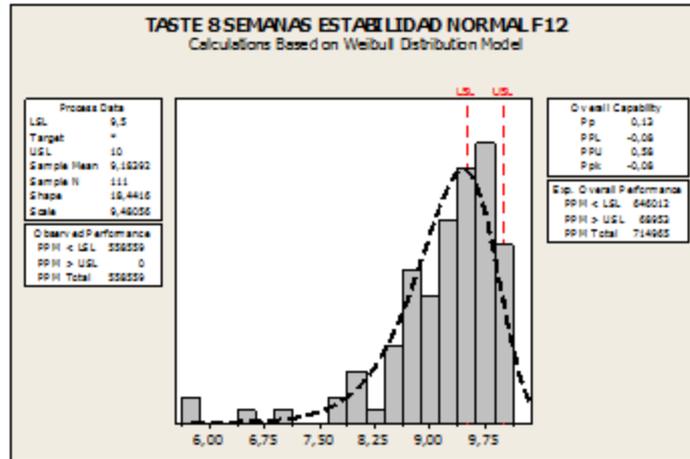


Figura 17. Capacidad del Proceso- Taste 8 semanas F12

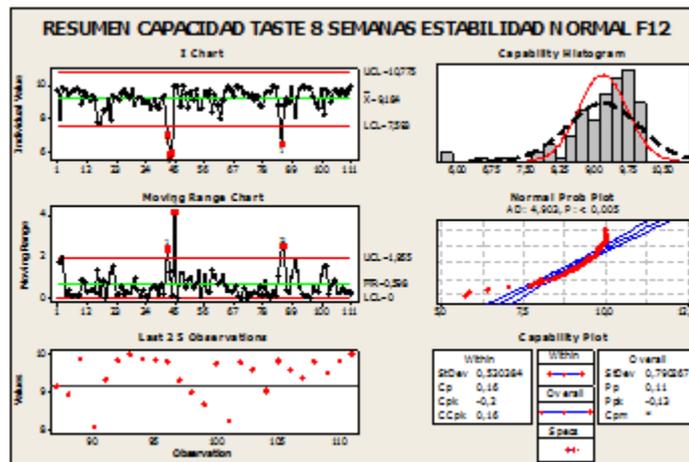


Figura 18. Resumen Capacidad Taste 8 semanas F12

Análisis: El índice C_{pk} y P_p es = -0.2 y 0.11 respectivamente, los cuales deberían ser \geq a 1.33, para que el proceso sea capaz de cumplir con las especificaciones, en este caso no es capaz.

De acuerdo a la caracterización realizada al proceso se pueden identificar en el siguiente diagrama las áreas en las cuales si va a profundizar la investigación

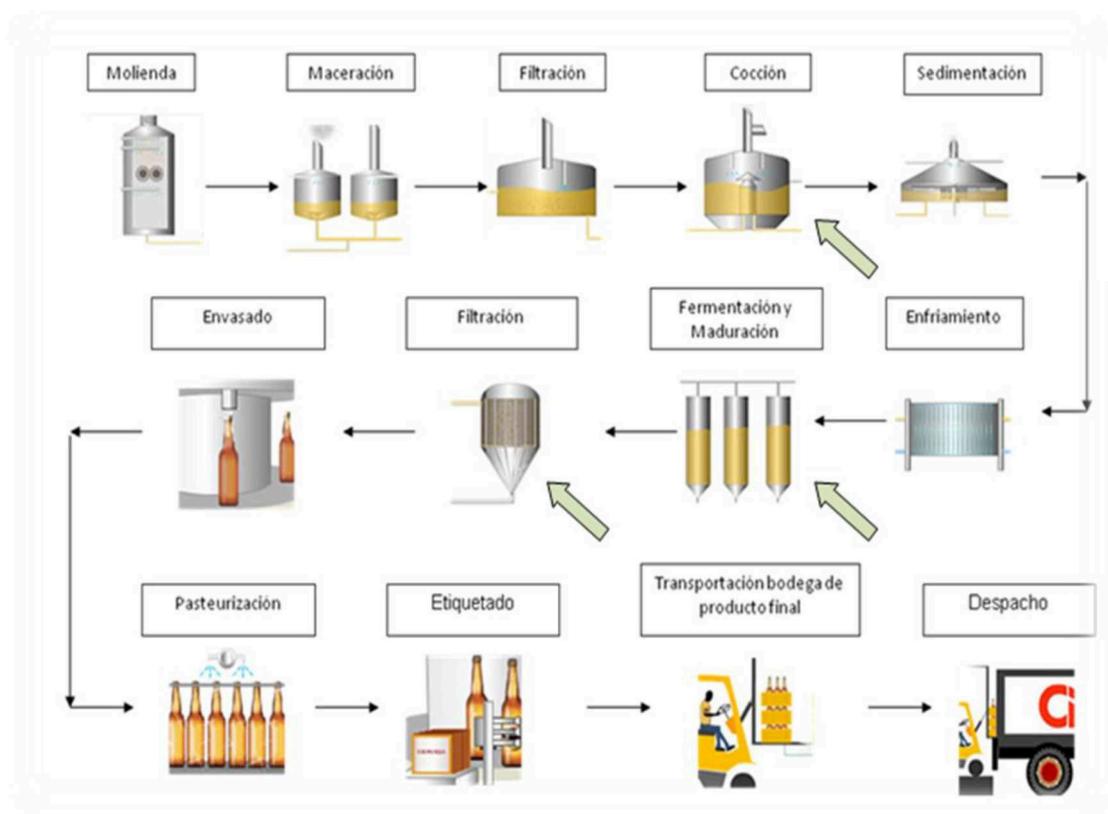
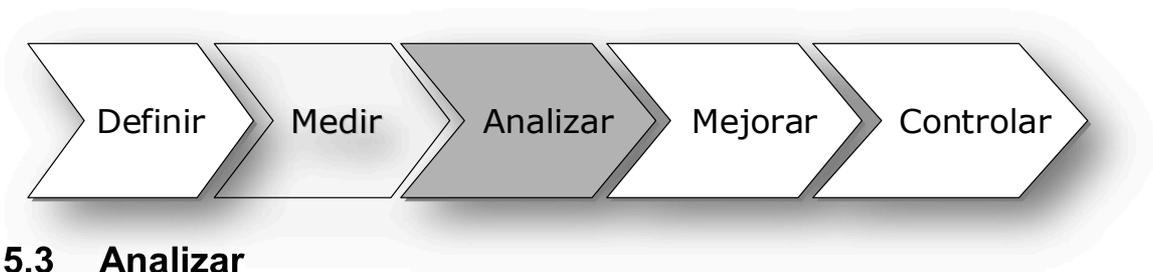


Figura 19. Diagrama de Elaboración de Cerveza

Del diagrama anterior se han identificado los sitios en los cuales se va a enfocar el desarrollo de esta investigación.



5.3 Analizar

En esta fase se efectúa el análisis de los datos obtenidos en la etapa de Medición, con el propósito de conocer las relaciones causales o causas raíz del problema. La información de este análisis nos proporcionará evidencias de las fuentes de variación y desempeño insatisfactorio, el cual es de gran utilidad para la mejora de los procesos cerveceros.

5.3.1 Diagrama Causa – Efecto



5.3.2 Plan de Verificación de Causas

Causa potencial Xs	Teoría acerca del impacto	Como verificarlo? (Datos y herramientas)	Estatus
<p>1</p> <p>Días de proceso (Trasiegos o movimientos de cerveza desde FV a SV)</p>	<p>Al realizar movimientos de cerveza desde los fermentadores a maduradores hay incorporación de oxígeno en la cerveza</p>	<p>Corrida de control antes y después del movimiento de cerveza.</p>	<p>Completado</p>
<p>2</p> <p>Proceso de filtración Salida del Filtro</p>	<p>Durante el proceso de filtración existen subprocesos en los cuales la adición de aire provoca deterioro en la cerveza.</p>	<p>Revisión del diagrama de filtración vs. Caracterización del sistema de filtración.</p>	<p>Completado</p>
<p>3</p> <p>Cocción del mosto</p>	<p>En la agregación del lúpulo al mosto a los 30min. Según la receta provoca aumento del T150 provocando inestabilidad del sabor</p>	<p>Realizar corrida de control por cada cocimiento,</p>	<p>Completado</p>



5.4 Mejorar

En esta etapa vamos a revisar el antes y después de las mejoras realizadas al proceso y confirmar mediante los análisis de T150, LAG TIME, y TASTE en fresco y después de las 8 semanas de almacenamiento. Para así confirmar que las mejoras practicadas al proceso mejora la estabilidad del sabor.

5.4.1 Planteamiento de Pruebas

5.4.1.1 Proceso de Trasiegos o Movimientos de Cerveza

En la práctica de trasiegos o movimientos de cerveza desde un tanque fermentador a uno madurador existe incorporación de oxígeno en la cerveza por el proceso natural de esta práctica realizando las siguientes pruebas se obtiene lo siguiente.

CERVEZA LAGER	INTENSIDADES	PRUEBA
VALOR ACTUAL	60000	VALOR INICIAL
PRUEBA 1	28000	Presurización del SV por una hora con CO2
PRUEBA 2	27000	Presurización del SV por dos hora con CO2

Luego de realizar las pruebas correspondientes, se vuelve a caracterizar los días de proceso y obtenemos la siguiente gráfica.

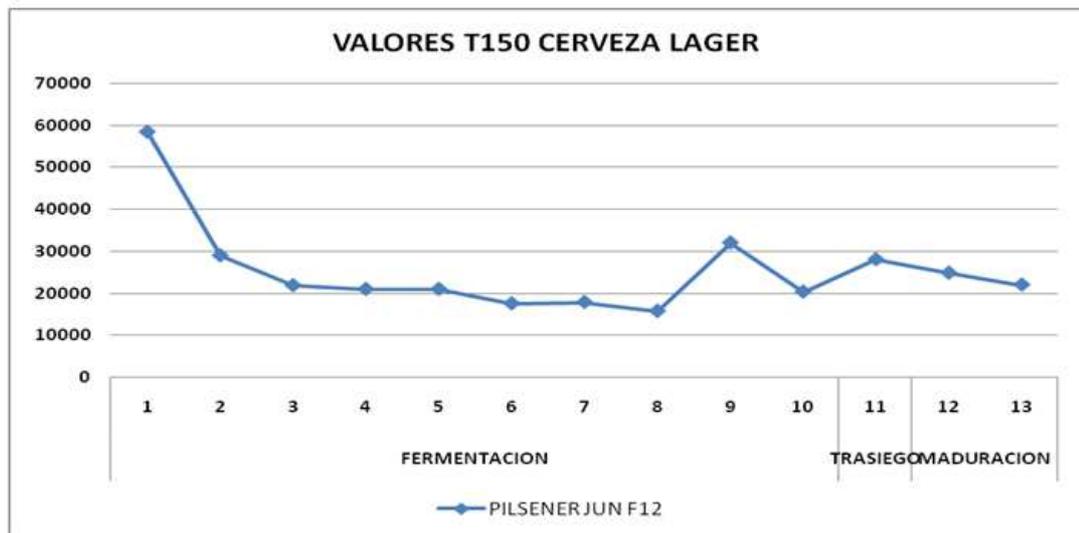


Figura 20. Grafica T150 Días de proceso en la elaboración de cerveza

De acuerdo a las pruebas descritas, se puede evidenciar en la grafica se mejora la estabilidad de la cerveza en el proceso de trasiego o movimientos de cerveza.

Sin embargo en el días de proceso 9 hay un aumento de radicales libres, o variación en la estabilidad.

En este día de proceso 9, dentro de las prácticas cervezas, se realizan la purga de levadura o también llamado punto cero, esta práctica consiste en retirar la levadura sedimentada en el tanque fermentador previo al trasiego.

Para mejorar esta diferencia de T150 en este día de proceso se debe de mejorar la práctica de retiro de levadura. Para realizar el retiro de la levadura, esta previamente debe precipitar, para lo cual se debe contrapresionar

(alcanzar presiones optimas en el FV) tanque fermentador, bajo este principio se realizan las siguientes pruebas.

LAGER	INTENSIDADES	PRUEBA
VALOR ACTUAL	Antes: 15000 Después: 30000	Presión actual: Antes 0.5 bar Después: 0.2 bar
PRUEBA	Antes: 31246 Después: 19120	Antes 0.4 bar Después: 0.2 bar

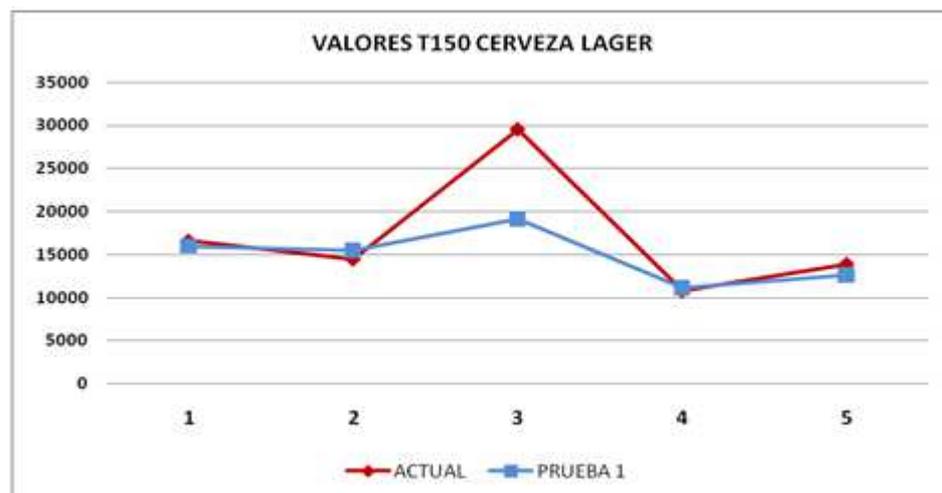


Figura 21. Grafica T150 Presion del tanque en el retiro de la Levadura

Al realizar las pruebas de contrapresión en el tanque fermentador, al retirar la levadura o punto cero, como se lo conoce en una cervecería, se puede evidenciar la estabilidad del T150 en los días de proceso.

Luego de haber realizado las pruebas mencionadas anteriormente, obtenemos una gráfica T150 así:

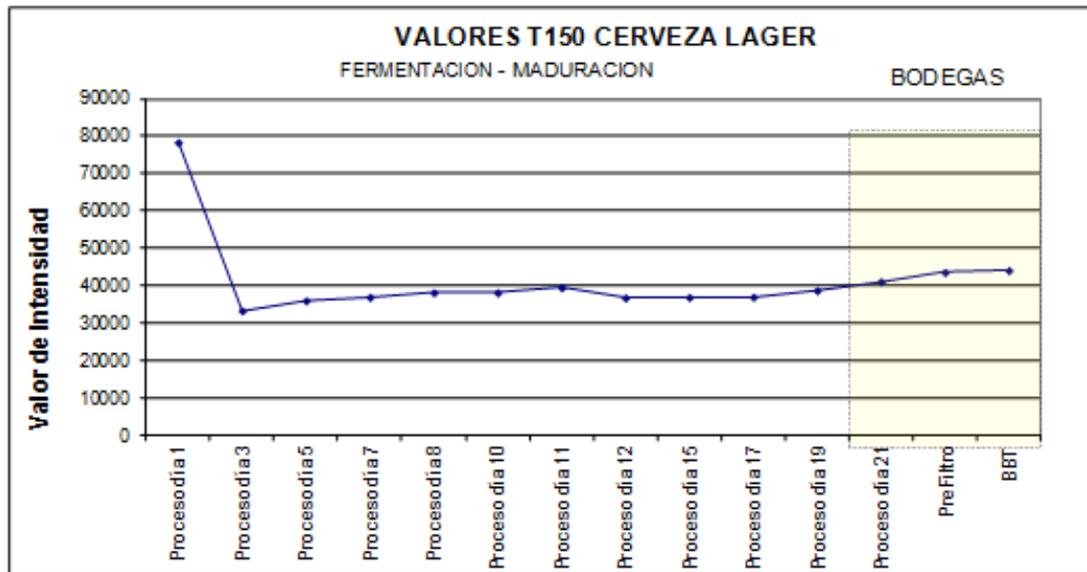


Figura 21. Grafica T150 Dias de proceso despues de las pruebas

5.4.1.2 Proceso de Filtración – Salida del Filtro

En esta planta se utiliza un filtro de Velas para lo cual se reviso el procedimiento de preparación del filtro previo a la operación normal.

Una vez realizada la revisión del procedimiento de preparación del filtro se evidencia dos oportunidades de mejora.

De acuerdo a la teoría de Estabilidad del sabor, se debe prevenir al máximo el uso de aire para así evitar la incorporación de oxígeno en la cerveza, en esta etapa del proceso es clave para mantener la estabilidad del sabor desde producto en proceso hasta producto terminado ya que esta etapa es previa al envasado:

PRUEBA DE PREPARACION DE FILTRO		
ACTIVIDAD	PROMEDIO LAG TIME ANTES (CERVEZA FILTRADA)	PROMEDIO LAG TIME DESPUES (CERVEZA FILTRADA)
Desalojo de agua caliente con AGUA (practica actual)	84 min	-----
Enfriamiento con agua DURA	8 min	---
Desalojo de agua caliente con CO2 (practica propuesta) y sin enfriamiento con agua DURA.	----	104 min

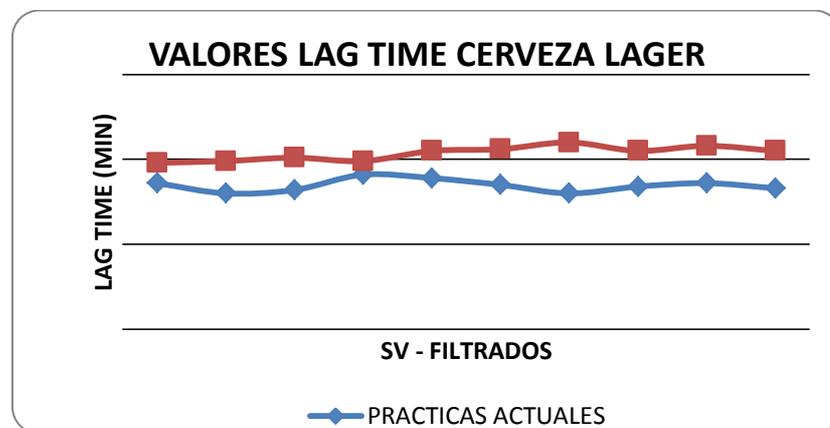


Figura 22. Grafica T150 en filtración después de las pruebas

Se puede evidenciar en la gráfica que con las practicas propuestas en la preparación del filtro de cerveza se obtiene un mejor lag time que con las practicas actuales con las que se están operando.

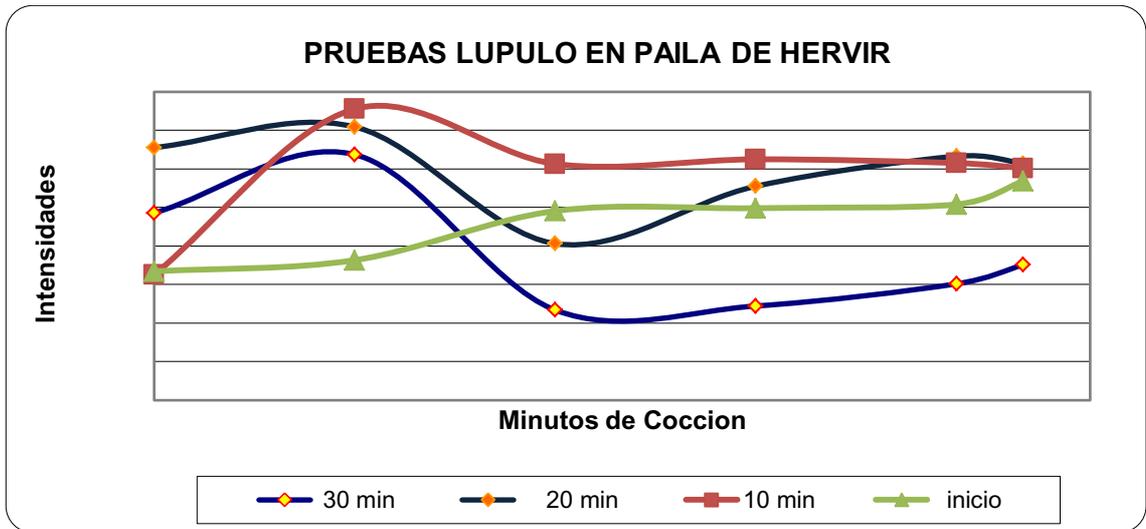
5.4.1.3 Cocción del Mosto – Dosificación del Lúpulo

En esta etapa del proceso se encuentra documentado, que la dosificación del lúpulo se debe de debe de realizar al inicio del cocimiento, para así obtener el amargo necesario en el mosto.

Se evidencia un incremento del T150 al inicio y terminada la cocción del mosto.

Para mejorar la estabilidad en el cocimiento del mosto, específicamente en la etapa de dosificación del lúpulo. Se plantea las siguientes pruebas.

PRUEBA DE DOSIFICACION DEL LUPULO	
ACTIVIDAD	T150 TERMINADA LA COCCION
Adición del lúpulo a inicio de cocimiento	56831
Adición del lúpulo a los 10 min. De haber iniciado el cocimiento	60147
Adición del lúpulo a los 20 min. De haber iniciado el cocimiento	61366
Adición del lúpulo a los 30 min. De haber iniciado el cocimiento	35112



Grafica 23. Grafico T150 en la dosificación del lúpulo en cocimiento

Se puede observar en la gráfica que el mejor tratamiento es dosificar el mosto a los 30 minutos de haber iniciado el cocimiento, ya que se obtiene una mejor estabilidad del el mosto.

5.4.2 Efectividad de las Soluciones – Lag Time

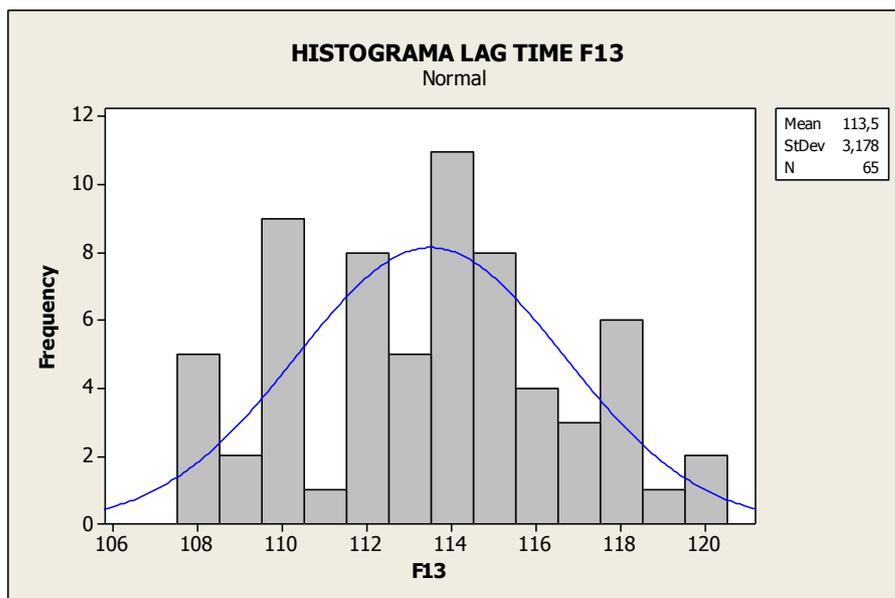


Figura 24. Histograma de Frecuencia Lag Time F13

Análisis: De acuerdo al histograma de frecuencia se puede evidenciar que el promedio de las muestras analizadas 113.5 min de Lag Time, y la desviación estándar de los resultados es de 3.17

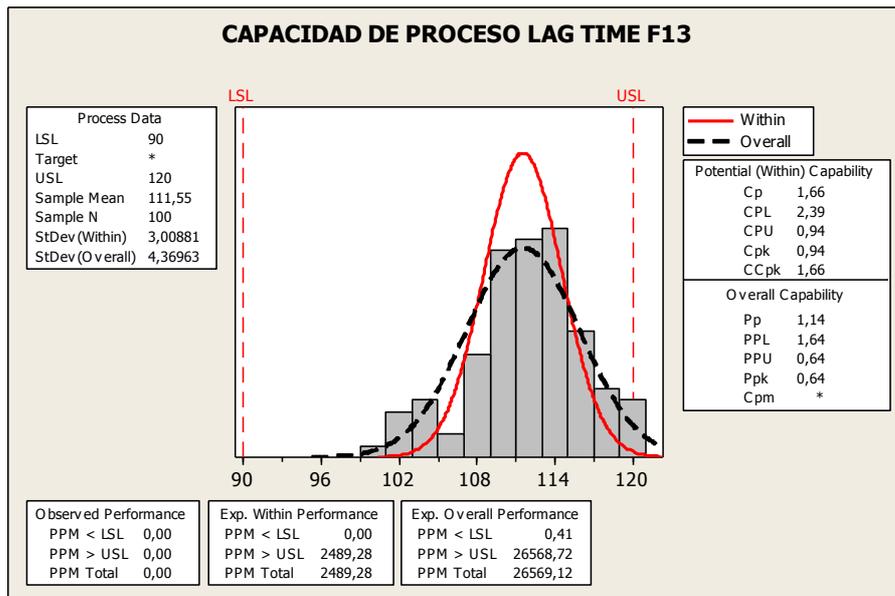


Figura 25. Capacidad de Proceso Lag Time F13

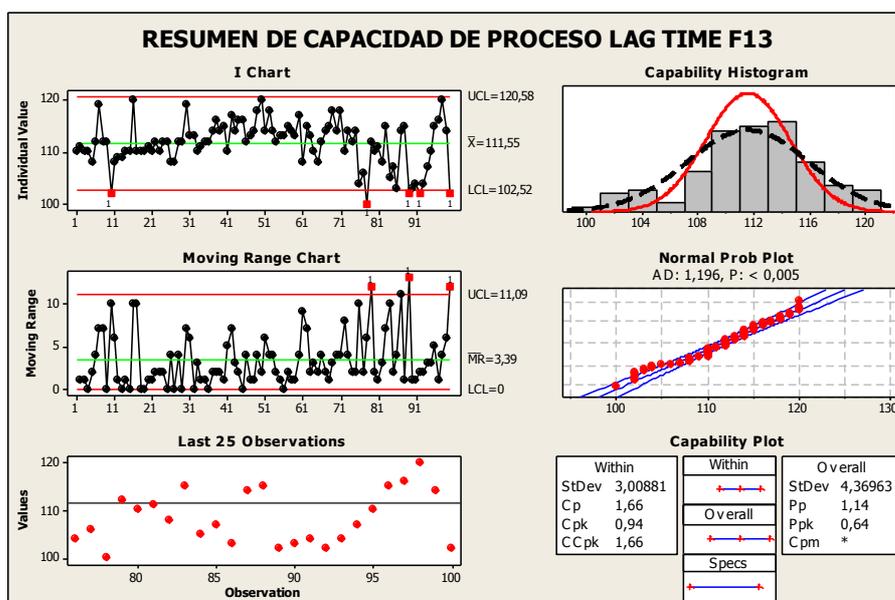


Figura 26. Resumen Índice de Capacidad Lag Time F13

Análisis: El índice C_{pk} y P_P es = 0.94 y 0.14 respectivamente, los cuales de acuerdo a nuestra referencia deben ser \geq a 1.33, para que el proceso sea capaz de cumplir con las especificaciones. Sin embargo, la mejora obtenida es evidente. Ya que las observaciones o análisis de las muestras están dentro de las especificaciones.

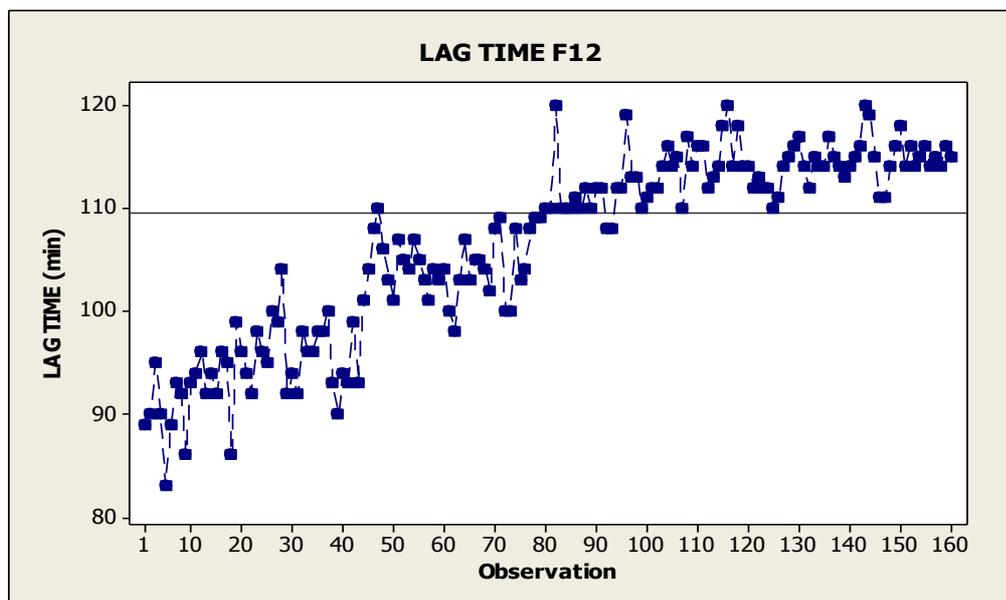


Figura 27. Grafica de control Lag Time

Análisis: Para confirmar que las mejoras son efectivas, se realiza una corrida de control en la cual se puede evidenciar claramente las mejoras. Alcanzado Lag Time superior a 110 min.

5.4.3 Efectividad de las Soluciones – Taste 8 Semanas

La estabilidad del sabor se evalúa también con la estabilidad organoléptica (taste) a las 8 semanas de envasadas.

Según los estándares de catado la cerveza considerada como excelente debe de estar entre 9.5 y 10 de puntuación. A continuación se muestra el estándar de calificación para taste.

CALIDAD DE LA CERVEZA Y PUNTUACION	
EXCELENTE	9,5 - 10
BUENA	7,5 - 9,4
NECESITA MEJORAR	5,0 - 7,4
INACEPTABLE	< 5,0

A continuación se muestran los resultados de taste (catado) las 8 semanas después que la cerveza haya sido envasada.

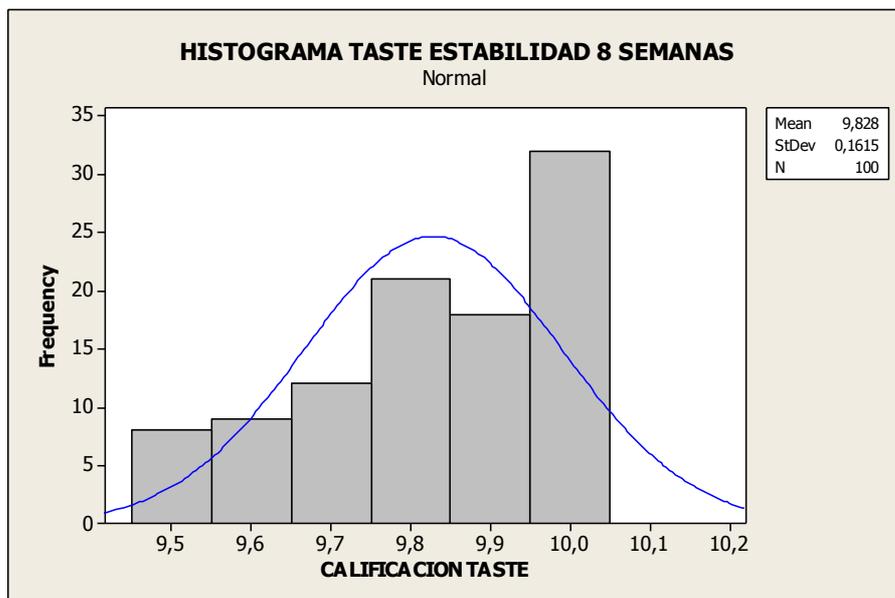


Figura 28. Histograma de Frecuencia Estabilidad Normal 8 semanas

Análisis: De acuerdo a este histograma de frecuencia, las muestras se encuentran dentro del rango considerado como excelente, 9.8 de puntuación y con una desviación estándar de los resultados de 0.16.

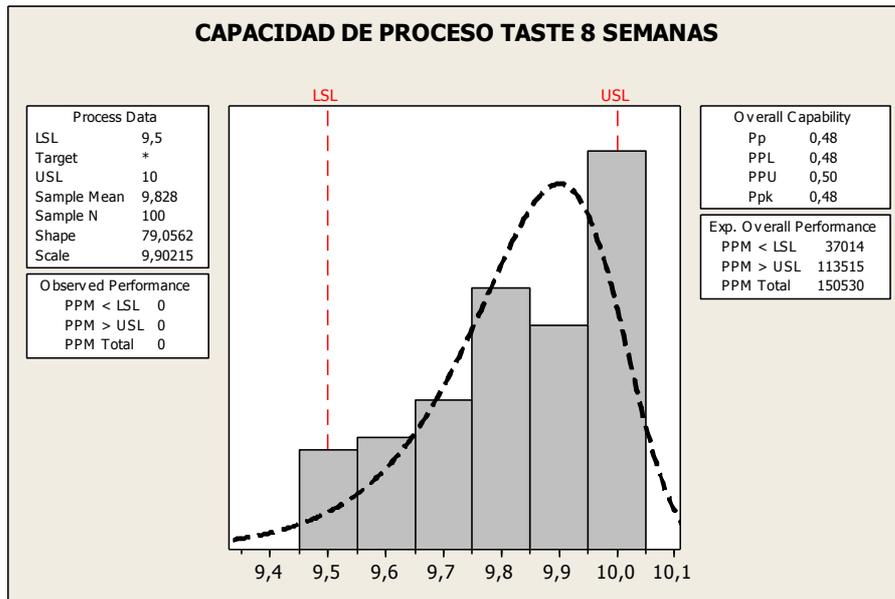
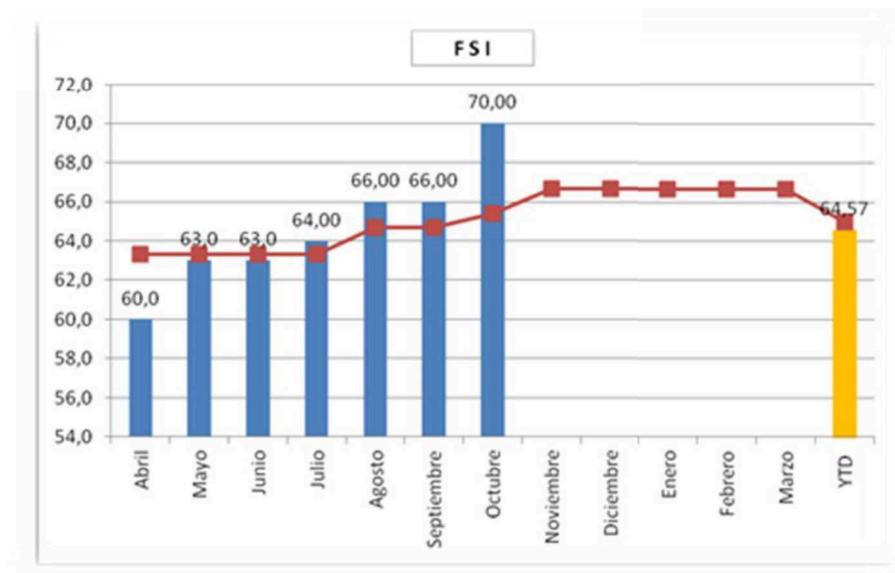


Figura 29. Capacidad de Proceso Estabilidad Normal 8 semanas

5.4.4 Efectividad de las Soluciones – Indicador FSI

De acuerdo las mejoras implementadas y mencionadas anteriormente el indicador que mide la estabilidad de las cerveza FSI (Flavor Stability Index), tiene su tendencia hacia la alta.

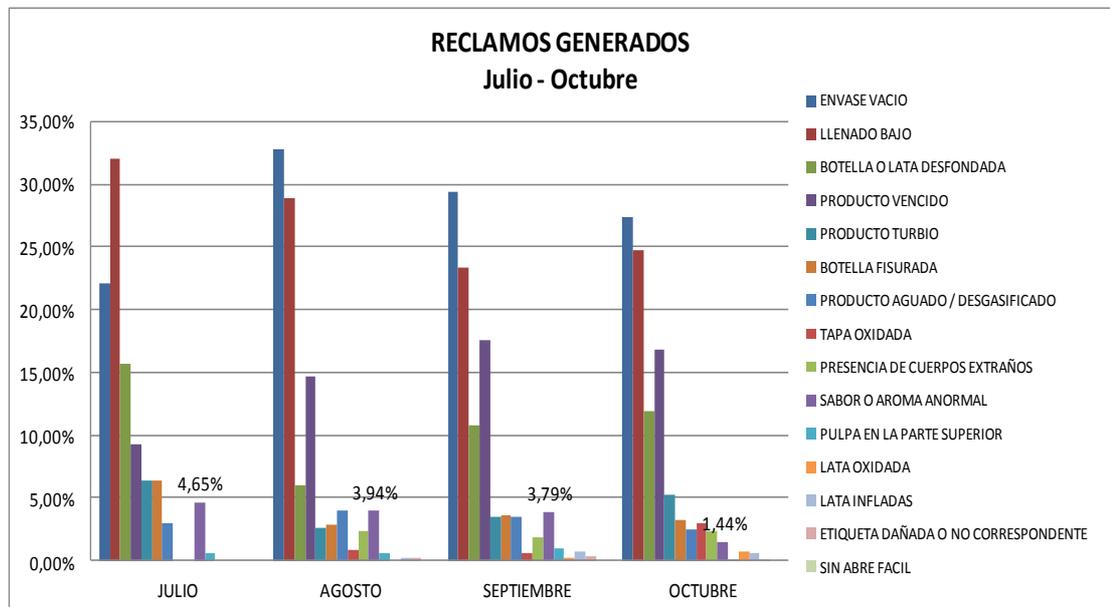


Fuente: Gerencia de Calidad Central

5.4.5 Efectividad de las Soluciones – Reclamos generados

Después de haber realizado las mejoras en el procesos esto se ve reflejado en la cantidad de reclamos reportado por los clientes.

La causa de reclamo “sabor o aroma anormal” que inicialmente representaba el 40% del total de quejas, ahora representa el 1.27%, por lo tanto se logra un ahorro en recambio de cajas de cerveza por reclamos, de 1192 cajas a 18 cajas después de implementada las mejoras. Lo cual representa un total de USD USD 15.00 mas los gastos operacionales y logísticos en distribución los mismos que asienden a un total de aproximadamente de USD USD 60.00 mensuales solo por esta causa, estabilidad del sabor.



Fuente: Servicio al Cliente Cervecería Nacional

Grafico12. Reporte de reclamos generados Diciembre/11 a Junio 12



5.5 Controlar

Una vez implementadas las mejoras en nuestro proceso, el último paso es asegurar que las implementaciones se mantengan y estén siendo actualizadas a través del tiempo.

5.5.1 Estandarización de los Documentos

5.5.1.1 Actualización de los Procedimientos de Trasiegos

Los principales cambios realizados en el procedimiento de trasiegos fueron:

- Tiempo de contrapresión en el tanque
- Tipo de Agua utilizada para el barrido en la línea de trasiego
- Tiempo al encender la bomba al trasegar
- Medición de oxígeno en liquido

INSTRUCCIÓN: CONTROL DE FERMENTACIÓN Y MADURACIÓN DE LA CERVEZA

compresores Booster) y cerrando la tubería que se encuentra dirigida al ambiente.

Comunica a Mantenimiento & Servicios el envío de CO₂ para purificación y almacenamiento, y registra fecha y hora en que comenzó el proceso de recuperación de CO₂.

⚠ La recuperación de CO₂, se hace durante todo el tiempo de fermentación, hasta terminar fase 3 e iniciar el proceso de enfriamiento.

⚠ La levadura es retirada máximo a las 24 horas de haber alcanzado el punto cero en la fermentación. Antes de cosechar la levadura se debe purgar entre un 15 a 20 % de esta levadura, la misma que se envía a secadores.

2.2 MADURACIÓN

Después de transcurridas las 60 +/- 12 horas del descanso de diacetilo, el sistema automáticamente pasa a fase 4 y empieza a meter frío (bajar la temperatura de 15.5 a 5 °C en 48 +/- 12 horas) conecta todas las zonas de frío.

Al llegar a 5 °C, generalmente el segundo día de enfriamiento, el sistema pasa a fase 5 (enfriamiento de 5 a 0°C en un tiempo de 96 +/-24 horas)

2.2.1. Sistema de Trasiego

Para optimizar el tiempo en el cual la cerveza baja de 5 a 0°C, Cervecería Nacional posee el Sistema de Trasiego, cuyo procedimiento se describe a continuación:

1. Las líneas que conforman el sistema de trasiego y el tanque receptor, debe estar limpias y sanitizadas, incluyendo los accesorios: codos, teléfonos de acero inoxidable y espejos.
2. Se procede a presurizar el tanque receptor con CO₂ al 99.99% de pureza durante una hora.
3. Se debe conectar el codo de trasiego desde el tanque a trasegar hacia la línea de trasiego. Luego de esto se introduce aire por la parte superior del tanque, para así generar una presión de 0.5 Bar que ayudará durante todo el trasiego. El ingreso de aire debe ser constante durante todo el trasiego para que durante el momento en que se vacía el tanque exista una presión positiva dentro del mismo.
4. El operador de recepción debe verificar que las conexiones de tuberías y accesorios sean las adecuadas para armar la línea por la cual va fluir la cerveza desde el tanque a trasegar hasta el tanque receptor.
5. El operador debe verificar los codos que se encuentran en los espejos para que los tanques queden correctamente comunicados.
6. El operador de recepción abre la válvula del tanque a trasegar y la válvula de bypass más próxima al tanque receptor, con la finalidad de retirar el agua de enjuague del CIP, y comprobar que la comunicación entre tanques es la correcta y no haya presencia de fugas y pérdida de cerveza.
7. Una vez que la instalación de trasiego sea la correcta, se procede a encender la bomba de trasiego, verificando que en el medidor de caudal exista flujo. El caudal operativo es de 1300 hL/h.

INSTRUCCIÓN: CONTROL DE FERMENTACIÓN Y MADURACIÓN DE LA CERVEZA

8. Se activa el sistema de ingreso de amoníaco al intercambiador de calor de placas, para así enfriar la cerveza desde 5°C a -2°C.

9. Se procede a activar la inyección de CO₂ en línea. Para esto tenemos un sistema de inyección conformado por válvulas, medidor de metros cúbicos normales de CO₂ y un serpentín que posee por dentro unas paletas que permiten la homogenización del CO₂ en la cerveza. Además, tenemos el medidor en línea por electrólisis que nos permite conocer la concentración de CO₂: 2.45 a 2.55 %v/v. durante el trasiego.

10. Se mide Oxígeno en líquido en el tanque receptor, por cada 2000 hL de cerveza trasegada. Esta actividad se lo realiza con un medidor portátil orbisphere.

11. En el momento, en el cual el operador de recepción verifica que resta 150 hL para finalizar el trasiego, se procede a desactivar el sistema de enfriamiento del trasiego.

12. Para finalizar la operación de trasiego participan dos operadores, uno de ellos se va encontrar cerca del interruptor de la bomba de trasiego, mientras el otro se ubica cerca del visor del tanque que esta próximo a vaciar. Cuando este último, visualiza la no presencia de cerveza en el visor se comunica por radio con el compañero para que desactive la bomba y apague la dosificación de CO₂ en línea.

13. Luego, se procede a cerrar válvulas de los dos tanques. Inmediatamente, el operador procede a cerrar la válvula de ingreso de aire al tanque que se vació y evacúa el aire por la línea que conecta al ambiente.

14. Para recuperar la cerveza que se encuentra en la línea de trasiego se debe empujar con agua carbonatada, para esto el operador debe visualizar la presencia de agua en el visor del tanque receptor para que inmediatamente abra la válvula de drenaje y cierre la válvula de ingreso al tanque. El agua carbonatada posee un promedio de 2.00 C O₂ %v/v y 5 ppb de O₂.

15. La línea de trasiego queda limpia y presurizada con agua carbonatada, para próximas producciones.

Controla que la temperatura siga bajando hasta llegar a la que se ha fijado en el Set Point, normalmente -1 °C.

La lectura de la temperatura la toma de la pantalla del Sistema de Control.

PARÁMETROS DE CONTROL

- Volumen de llenado de unitanques:
 - Tanques de 10.000 hL: → 8 cocimientos
 - Tanques de 5.000 hL: → 4 cocimientos
 - Tanques de 3.000 hL: → 2 cocimientos
- Temperatura de fase 1: 12,5 +/- 1°C
- Tiempo fase 1: 76 +/- 12 horas.
- Temperatura de Fase 2 (ascenso de 12 +/- 1°C a 15.5 +/- 1°C).
- Tiempo de fase 2 : 24 +/-12 h
- Temperatura fase 3 descanso de diacetilo: 15.5 +/- 1°C.
- Tiempo de fase 3: 60 +/- 12 horas
- Temperatura de fase 4: (descenso de 15.5 +/- 1°C a 5°C)
- Tiempo de fase 4 : 48 +/- 12 horas
- Temperatura de fase 5: (descenso de 5 a 0°C) se trasega las marcas Pilsener y Club a 1000 hL/h
- Tiempo de fase 5: 96 +/-24 horas
- Temperatura de fase 6: -0.5 +/- 0.5°C
- Tiempo de fase 6: >= 72 horas

5.5.1.1.1 Diagrama de Proceso de Trasiego

Para identificar mejor el procedimiento de trasiego, se ha realizado un diagrama para su mejor comprensión

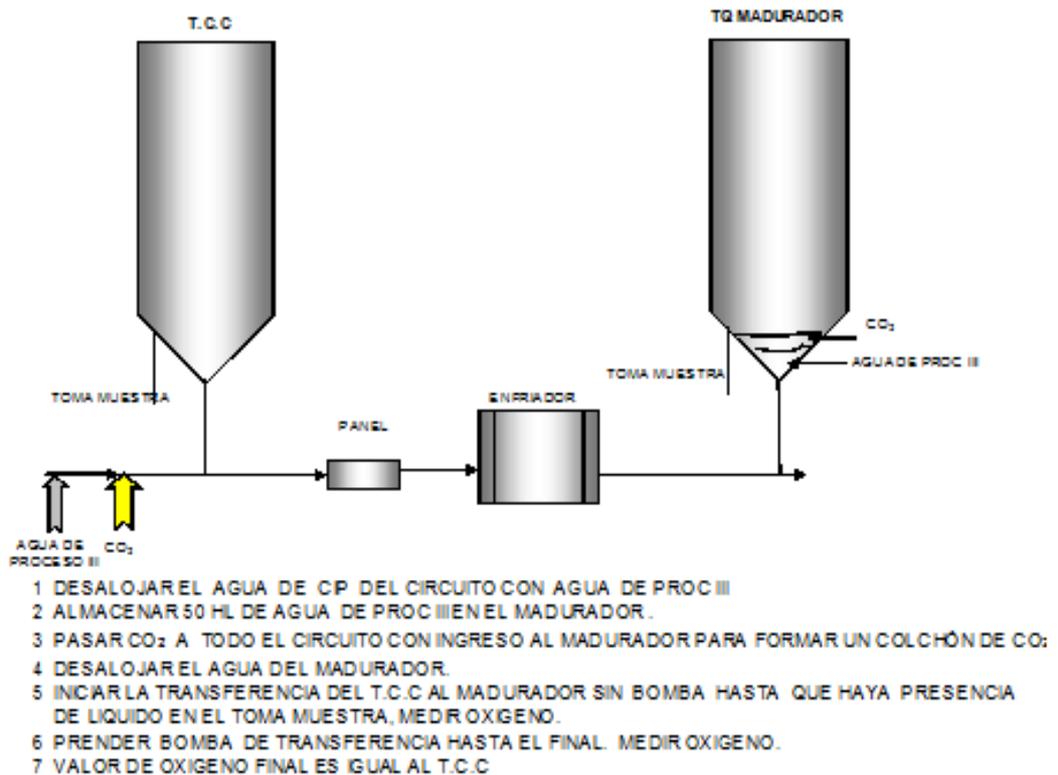


Figura 30. Diagrama mejorado proceso de Trasiego de Cerveza

5.5.1.2 Lista de Verificación

Para controlar la efectividad de las mejoras y revisar paso a paso las acciones o prácticas que perjudican a la estabilidad del sabor, se realiza la siguiente lista de verificación.

LISTA DE VERIFICACION LAGTIME Y T150	
	OBSERVACIONES
FILTRACION	
DOSIFICACION DE CO2	
CONTENIDO DE OXIGENO EN AGUA DESAIREADA	
TANQUE DE CONTRAPRESION (ATMOSFERA)	
VELOCIDAD DE ENTRADA A BBT	
SUSTANCIAS ESTERILIZANTES EN LOS BBT	
TIERRAS	
CONTENIDO DE HIERRO	
CIRCULACION DE CERVEZA EN EL FILTRO	
CONTENIDO DE OXIGENO DISUELTO	
DESINFECTANTES	
TIPOS DE ESTERILIZANTES	
CONCENTRACION	
TIPOS DE AGUAS DE ENJUAGUE	
FERMENTACION	
PURGA DE LEVADURA	
GENERACION DE LEVADURA	
AUTOLISIS DE LEVADURA	
VIABILIDAD DE LA LEVADURA	
CANTIDAD DE NUTRIENTES	
TEMPERATURAS Y TIEMPOS DE ALMACENAJE	
REGULACION DE PRESION EN LOS TQ.	
DAÑO MECANICO DE LA LEVADURA	
TRASIGOS	
ESTADO MECANICO DE LAS BOMBAS, SELLOS Y UNIONES EN LA SUCCION DE BOMBAS	
USO DE AGUA DESAIREADA ANTES DE QUE LA CERVEZA FLUYA EN LAS TUBERIAS	

5.5.1.3 Actualización del procedimiento de Cocción del mosto – Dosificación del Lúpulo

Los principales cambios realizados en el procedimiento en el proceso de cocción del mosto fueron:

- Tiempo en la dosificación del lúpulo

INSTRUCCIÓN: COCCIÓN DEL MOSTO	
<p>la olla de hervir y abrir la válvula de salida de la olla luego se enciende motobomba para el envío del mosto hasta whirlpool. En cuanto ya no exista líquido en la olla sensor enviara señal para que se apague motobomba debiendo cerrarse la válvula de salida de la olla y la de entrada al whirlpool, para proceder al enjuague del interior de olla y calandra (Calentador interno) con cantidad que se señalara en el contador de ingreso del agua para la paila de hervir la cual será bombeada al whirlpool una vez que se totalice en el contador.</p> <p>Se debe vaciar tanques dosificadores de lúpulo en forma manual abriendo válvulas de salida de dichos tanques mas la válvula que reingresa o recircula el mosto y encendiendo motobomba de recirculación hasta que tanque quede vacío.</p> <p>PARAMETROS DE CONTROL: Tiempo: según formulación Temperatura: según formulación Extracto "P": según formulación</p> <p>REGISTRO: REG-428.02 "Registro Técnico de Cocimiento", REG-428.05 "Receta de Producción".</p> <p>ACCIONES INMEDIATAS: En caso de tener problemas técnicos avisar a Líder de Turno y al Departamento de Mantenimiento y Servicios</p>	<p>Cuando falte 5 min. Antes de terminar ebullición se agrega vitaminas en cantidades establecidas en la receta de producción recirculando en tanque dosificador de lúpulo el cual fue lavado previamente para su utilización. Esta etapa del proceso elimina posible contaminación microbiológica.</p> <p>PARAMETROS DE CONTROL: Tiempo: según formulación Temperatura: según formulación Extracto "P": según formulación</p> <p>REGISTRO: REG-428.02 "Registro Técnico de Cocimiento", REG-428.05 "Receta de Producción (Pony Malta)".</p> <p>ACCIONES INMEDIATAS: En caso de tener problemas técnicos avisar al Líder de Turno y al Departamento de Mantenimiento y Servicios</p>
<p>1.2. EBULLICIÓN DEL MOSTO PARA PONY MALTA</p> <p>En el caso de pony malta se aplicara el azúcar previamente preparada en recipiente separado de la olla, durante los 15 minutos de ebullición ambiente (100°C) se deberá bombear azúcar preparada con los demás insumos especificados en receta de producción, hacia la olla para que se homogenice.</p>	
<p>2. EBULLICIÓN DEL MOSTO: OPERACIÓN AUTOMÁTICA</p> <p>Señeado por receta el proceso automatico de ebullición del mosto se ejecuta de la siguiente forma: Alcanzado 950Hl de filtración automáticamente se inicia la transferencia del mosto desde el colector hacia la paila de hervir, ingresando por el precalentador de mosto (equipo que transfiere calor y hace ganar temperatura al mosto además disminuye consumo de vapor para calentar mosto directo en la paila) hasta alcanzar volumen total de la filtración por receta.</p> <p>Se debe preparar lúpulos en tanques dosificadores que se encuentran en la planta baja conectados con la olla por medio de tuberías y válvulas para la incorporación del mismo en el mosto, una vez dosificado lúpulo se deberá responder pregunta en el Batch (Esperar para llenar tanques de lúpulo/si-no) elegir la opción NO para que continúe proceso de ebullición normal.</p>	

INSTRUCCIÓN: COCCIÓN DEL MOSTO	
<p>Completado dicho volumen en la paila se encuentra calentando mosto hasta llegar a 100 grados centígrados, instante en el que se cierra válvula de escape de gases en la chimenea principal para presurizar olla de cocción y además iniciar la recuperación de energía, proceso que tiene una duración de 35 minutos. Esta etapa del proceso elimina posible contaminación microbiológica. Terminados los 35 minutos se cierra momentáneamente el ingreso de vapor para despresurizar olla, abriéndose la válvula de escape de gases y suspendiendo la recuperación de energía, procediendo a continuar la ebullición al ambiente durante 15 a 20 minutos. Terminada la ebullición se revisara el peso en grados platos que registra el medidor de Densidad y obtenido el peso de la receta se procede a responder la pregunta en el Batch- Falta ebullición SI / NO.</p>	<p>4. ASPECTO AMBIENTAL</p> <p>Los materiales identificados como aspectos ambientales producto del cumplimiento del manejo de materiales y recetas de producción en Paila de hervir, deberán ser recogidos y clasificados en el área por el operador de cocimiento, y posteriormente, serán enviados al Centro de Acopio y Reciclaje por personal asignado para este efecto.</p> <p>Los cartones, empaques plásticos, canecas plásticas, fundas de papel y otros materiales resultados del manejo de las recetas de producción, deberán ser recogidos, clasificados en el área y posteriormente serán retirados por personal asignado para este efecto.</p> <p>Después de realizar la limpieza semanal de la paila de hervir (Ver ITR-428.01.15 CIP Automático-Cocimiento), el operador verificará visualmente el estado de dicha paila y de existir algún material o resto orgánico se dispondrá del mismo en su recipiente correspondiente y ubicado en el área.</p> <p>El operador de cocimiento será el responsable de mantener en perfecto estado de organización y limpieza del equipo.</p> <p>Los aspectos ambientales no clasificados en las unidades colectoras de residuos serán considerados como basura y deberán recogerse en bolsas plásticas y transferirse al centro de acopio donde serán depositadas en la tolva correspondiente a su clasificación.</p>
<p>3. BOMBEO DE MOSTO TERMINADO AL WHIRLPOOL</p> <p>Al responder la opción NO en el Batch se inicia el bombeo automatico desde la olla de hervir hacia el Whirlpool, vaciándose tanques dosificadores de lúpulo mientras está activo el bombeo del mosto, cuando la olla queda vacía se apaga motobomba y cierra válvula por un tiempo hasta ingresar el agua programada en receta para el enjuague y empuje del sobrante de mosto en el fondo de la olla hacia el whirlpool.</p> <p>Una vez que todo el mosto se encuentre en el Whirlpool, el operador dosifica manualmente ácido fosfórico concentrado (80%), hasta que el pH del mosto final, esté dentro de especificación (5.05-5.35).</p> <p>Corregido el pH del mosto, se procede a bombear al evaporador flash y luego al entrador.</p> <p>ACCIONES INMEDIATAS: En caso de tener problemas técnicos avisar al Líder de Turno y al Departamento de Mantenimiento y Servicios</p>	<p>5. BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA (BPM)</p> <p>Recuerde las siguientes normas de BPM a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Debe lavarse las manos al momento de ingresar al área de producción.

5.5.1.3.1 Diagrama de Dosificación de Lúpulo en la Cocción del Mosto

Para identificar mejor el efecto de la mejora se muestra el siguiente diagrama.

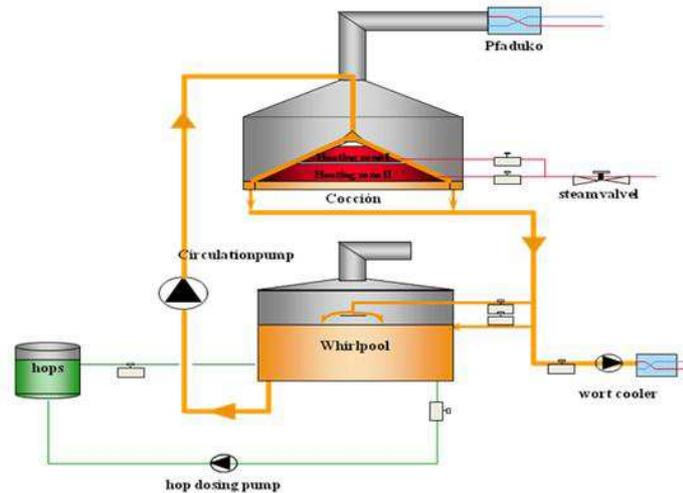


Figura 31. Grafica de cocción del mosto, dosificación del lúpulo

5.5.1.4 Estandarización de Proceso de Preparación del Sistema de Filtración

De acuerdo a las pruebas realizadas en la preparación del sistema de filtración se obtuvo un nuevo procedimiento para el efecto.

Se detalla a continuación a través de un esquema.



Figura 32. Diagrama preparación del filtro de cerveza.

CAPÍTULO VI

6.1. Conclusiones.

- Si es posible mejorar la estabilidad del sabor en la cerveza tipo lager comprobada por el método de Resonancia del Espin Electron. (ESR).
- De acuerdo a la caracterización del proceso en T150, se idéntico que en la práctica de trasiego ocurría un deterioro en la cerveza. Sin embargo, realizando mejoras en los procesos de fabricación de cerveza, se obtienen procesos más estables.
- En el proceso de retiro de la levadura se evidencia poca estabilidad, sin embargo se proceden a realizar mejoras como la de presurizar el FV a 0.2 bares, ya que se obtuvieron mejores resultados.
- Es obvio que el conocimiento del envejecimiento de cerveza se encuentra lejos de estar completo, dada la cantidad de reacciones que ocurren. Muchas no pueden ser evitadas, pero pueden ser minimizadas.
- El seguimiento de los procesos de fabricación de cervezas, la aplicación de las buenas prácticas de elaboración, el correcto mantenimiento, las materias primas adecuadas y un trabajo en equipo

a todos los niveles contribuyen a la mejora de la estabilidad de la cerveza tipo lager.

- La estabilidad del sabor en la cerveza se logra mejorando los procesos de fabricación para lo cual se obtuvo un Lag Time superior a 110 min.
- Dosificar el lúpulo a los 30min después de iniciada la cocción del mosto mejora la estabilidad del sabor.

6.2. Recomendaciones

- Realizar seguimientos frecuentes en T150 de cerveza en proceso
- Controlar la estabilidad del sabor desde la recepción de materias primas hasta producto terminado
- Incluir en el plan de calidad de la compañía parámetros de lag time y T150.
- Realizar cambios en empaques de bombas utilizadas para el proceso de trasiego y purgas de levadura
- Realizar estudios de viabilidad de la levadura cervecera vs. Estabilidad del sabor
- Instalar nuevos puntos de muestreos en la sala de cocimiento.
- Instalación de variadores en bombas para regular el flujo y así evitar incorporación de oxígeno en la cerveza.

Glosario

Estabilidad de la cerveza:

Se define como el grado de resistencia que el producto tiene, condicionado a: su naturaleza química (proceso de fabricación); la interacción con factores externos. El producto puede presentar cambios fisicoquímicos, biológicos y sensoriales.

La estabilidad del sabor de la cerveza es un factor importante para el mantenimiento y el crecimiento del mercado de una cervecería.

Cerveza:

Es una bebida obtenida de la fermentación alcohólica de mosto de malta de cebada en agua potable por acción de levaduras cerveceras, con adición de lúpulos o sus extractos, pudiendo parte de la malta ser substituida por cereales malteados o no, o por carbohidratos de origen vegetal.

Lúpulo:

Flor de una inusual planta que dan dos cosas a la cerveza, primero dan el amargo y segundo brinda un aroma único.

Levadura:

Es el agente que causa la fermentación, es decir de la producción de alcohol y de algunos flavors. Los cerveceros usan diferentes variedades y cada una le da su propio flavors distintivo y único de la cerveza.

Mosto:

Líquido azucarado obtenido a partir de la maceración de la malta y adjuntos, el cual ya está listo para ser fermentado.

Fermentación:

Durante esta etapa la levadura convierte los azúcares en alcohol y se desarrollan muchos sabores. Esta etapa puede durar entre tres y quince días dependiendo del tipo de cerveza que se quiera producir.

Maduración:

La cerveza fermentada se transfiere a un tanque donde permanece hasta su maduración. La temperatura de la cerveza baja hasta 0°C, lo cual ayuda a la clarificación de la cerveza.

Filtración:

La cerveza madura usualmente se filtra a través de "tierras diatomeas", para su clarificación final. En esta etapa se obtiene cerveza brillante que está lista para ser envasada.

Envasado:

Finalmente la cerveza es envasada en botellas, latas o barriles. Luego se almacena en condiciones frías y protegida de la luz, para mantener las características organolépticas en buenas condiciones.

Análisis Sensorial:

Es una asignatura científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar reacciones en el organismo a la característica de los alimentos y materiales cuando son percibidos por el sentido de la vista, gusto, olfato, tacto y audición.

Flavors:

Es la impresión creada por los tres sentidos: gusto, olfato y olor.

On flavors:

Son flavors característicos de una cerveza, estos incluyen los lupulados tales como: Kette hop, hop oil, Geraniol. Incluyen además los flavors tipo esteres como: Isomil acetato, EtilHexanoato y Etil Acetato

Off flavors:

Flavors formados como resultado de los procesos de fabricación y envase de cerveza

Taints:

Flavors derivados de la contaminación externa a los procesos de fabricación y envase de cerveza.

Flavors Stability Index:

El índice de estabilidad del sabor (FSI), por sus siglas en ingles, es un índice que se calcula a partir del valor del tiempo de retardo que tiene la muestra de cerveza analizado por el Electro Spin Electrón (ESR)

Estabilidad Sensorial:

Una vez la cerveza es envasada, su estabilidad del sabor decrece con el tiempo, por: factores internos: presencia de oxígeno y metales; factores externos: temperatura, agitación, exposición a la radiación ultravioleta, transporte y problemas de almacenamiento, estos factores inducen a la formación de radicales libres.

Radicales libres

Moléculas con un electrón desapareado el cual genera un campo magnético

Algunos radicales libres presentes en cerveza: Radicalhidroxilo (HO.);

Radical sulfhídrico (SH.)

ESR (Espectrometría del espín del electrón):

El ESR está en la categoría de la espectroscopia de la resonancia magnética. Las transiciones de la energía son causadas por la interacción del electrón desapareado con el componente magnético de la microonda

T150:

Es una medida de formación de radicales después de incubar la muestra 150 min a 60°C, la cual indica potencial de oxidación o fallas en el proceso.

Lag time:

Es una medida del potencial antioxidante de la cerveza terminada: entre más grande sea el Lag Time mayor será el shelflife.

El periodo de retraso "*lag time*" se mide como el tiempo durante el cual la cerveza agota los antioxidantes que previenen la formación de radicales libres.

Antioxidantes:

Las reacciones de oxidación pueden producir radicales libres que comienzan reacciones en cadena que dañan las células. Los antioxidantes terminan estas reacciones quitando intermedios del radical libre e inhiben otras reacciones de oxidación oxidándose ellos mismos.

Tanque BBT

BBT Bright BeerTank, Por sus siglas en ingles. Tanque de cerveza brillante, el nombre dado a un recipiente en el que se recibe la cerveza clara filtrada antes de su expedición hasta el envasado

Tanque FV

Fermenting vessel. Por sus siglas en ingles. Es un recipiente en donde el mosto es fermentado por las levaduras para producir cerveza verde.

Filtro.

Es un recipiente de presión que contiene una serie de tabiques a través del cual se filtra la cerveza y así obtener cerveza brillante.

Cerveza Verde

Cerveza, que haya sido total o parcialmente atenuada o fermentada, pero que no haya sufrido ninguna maduración (almacenamiento) o etapa de clarificación.

Estabilidad Coloidal o Claridad

Esta es una medida de la capacidad de una cerveza para mantener su claridad a simple vista durante un período de tiempo dado (Su vida útil). Este grado de deterioro de la vida útil se puede medir utilizando un medidor de turbidez en cervezas ligeras.

Tanque Cilindro Cónico

Depósito con cuerpo cilíndrico vertical y fondo cónico. Fermentadores más modernos y naves de maduración son de diseño CCV.

Oxígeno Disuelto

Un término que se utiliza para la cantidad de oxígeno disuelto medido en la cerveza. El papel del oxígeno en la reducción de la estabilidad de la cerveza está bien establecido.

Maduración

Proceso que sigue después de la fermentación primaria, donde el objetivo es la eliminación de compuestos de sabor no deseables formados durante la fermentación primaria, la excreción de los metabolitos de levadura más contribuyen positivamente al sabor, la sedimentación de las levaduras y la neblina compuestos que forman y la estabilización de los procesos que dan o ayudar en dar al producto su claridad deseada y la vida útil

Tanque Madurador

Es un tanque en el que se transfiere la cerveza fermentada. Su propósito es madurar o alcanzar la edad de la cerveza verde a un punto en el que está listo para la filtración.. Este recipiente también puede ser denominado como un recipiente de almacenamiento (SV)

Vida Útil

Periodo de validez. Se define como el período de tiempo que la marca cervecera propietaria ha determinado como el período en el que se considera aceptable la cerveza para el consumo. En la definición de la duración de este período de la cerveza en estabilidad coloidal (claridad). Se tiene en cuenta la estabilidad y el sabor. De acuerdo a la política la frescura de la cerveza debe ser menor a 3 meses, y para caducidad 6 meses.

BIBLIOGRAFIA:

- Burbano, Jessica. , “Formación de Catadores Avanzados”. Cervecería Nacional. 15 Agosto, 2011: 5-10
- Brewing Technology on the Spot Beer. “Stability and Beer Stabilizers”. Working Manual, Volumen IV, Estados Unidos, 1998, p 9 - 38.
- Barr, David. “Optimize your beer’s shelf life”. BrukerBiospin. EPR Division. 2009:1-27
- Grimmer, H. and R, Torline, P. “CONSISTENCY TO THE CONSUMER”. South African Breweries Ltd, South Africa. 2003: 65-70
- Torline, P. and Grimmer, H. , *Is long shelf life beer possible?*, Proceedings of the 7th Brewing Convention of the Institute of Brewing, Africa Section, Nairobi, 14-21, 2001.
- KANEDA, Hirotaka and KOBAYASHI, Naoyuki. Reducing Activity and Flavor Stability of Beer EN: MBBA Technical Quarterly, Vol 32, 1995 p. 90-94.
- American Society of Brewing Chemists. Report of subcommittee on SO₂ in beer. Proc 1959, 207

- Beer stability and Beer Stabilizers, Brewing Technology on the Spot, Working Manual, Volumen IV, Estados Unidos, 1998, p 9 - 38.
- BRAVO Carlos, Estabilización de Cerveza, presente y futuro: Servicio Técnico - América Latina Grace Davison, Bogotá, 2001.
- IX Congreso Aseguramiento de la calidad de resultados analíticos experimentales, Cartagena de Indias, Colombia, 2002 IX Congreso Aseguramiento de la calidad de resultados analíticos experimentales, Cartagena de Indias, Colombia, 2002.
- Flavour Stability, Brewing Technology on the Spot, Working Manual, Volumen IV, Estados Unidos, 1998, p 55-71.
- KANEDA, Hirotaka y KOBAYASHI, Naoyuki. Reducing Activity and Flavor Stability of Beer EN: MBBA Technical Quarterly, Vol 32, 1995 p. 90-94.