

**COMPARACION DE DOS PROCESOS DE COCCION DE MOSTO EN LA
ELABORACION DE CERVEZA**

ADRIANA FLOREZ VERGARA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2005

**COMPARACION DE DOS PROCESOS DE COCCION DE MOSTO EN LA
ELABORACION DE CERVEZA**

ADRIANA FLOREZ VERGARA

Proyecto de Grado para optar al título de Ingeniera Química

Director

EDGAR FERNANDO CASTILLO MONROY

PhD. Ingeniería Química

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2005

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
2. GENERALIDADES	4
2.1. MATERIAS PRIMAS EN LA ELABORACIÓN DE MOSTO PARA PRODUCCIÓN DE CERVEZA	4
2.1.1. Agua	4
2.1.2. Malta y Adjuntos	5
2.1.3. Lúpulo	6
2.1.4. Otros materiales aportados al mosto	7
2.2. PROCESO DE COCCIÓN DE MOSTO	8
2.2.1. Transporte y Pesaje	9
2.2.2. Molienda	9
2.2.3. Maceración	10
2.2.4. Separación del mosto	14
2.2.5. Ebullición del mosto	15
2.2.6. Tanque sedimentador y equipos para eliminar sólidos	18
2.2.7. Enfriamiento del mosto	19
2.3. VARIABLES PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN EL MOSTO Y SUS MÉTODOS DE MEDICIÓN	20
2.3.1. Control microbiológico	20
2.3.2. Control fisicoquímico	21
3. DESARROLLO EXPERIMENTAL	24
3.1. MEDICIÓN DE LAS VARIABLES FUNDAMENTALES DE CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO	24
3.1.1. Extracto Original	32
3.1.2. DMS	33

3.1.3. Concentración de amargor en el mosto	33
3.1.4. Intensidad de color en el mosto	35
3.1.5. Grado de fermentación	36
3.1.6. Eficiencia de la cocina	37
3.1.7. TBZ	38
3.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ANTIGUA COCINA	39
3.3. ACOMPAÑAMIENTO EN LA ESTABILIZACION DEL NUEVO PROCESO DE COCCIÓN DE MOSTO	40
3.4. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA NUEVA COCINA BAJO OPERACIÓN NORMALIZADA	41
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	42
4.1. ESTABILIZACIÓN DEL NUEVO PROCESO DE COCCIÓN	42
4.1.1. Variables criticas en la puesta en marcha y estabilización	43
4.1.2. Culminación del periodo de estabilización	49
4.2. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DE CALIDAD EN LAS DOS COCINAS	50
4.2.1. Extracto Original y Grado de Fermentación	50
4.2.2. Índice de Ácido Tiobarbitúrico	57
4.2.3. Eficiencia de la Cocina	58
4.2.4. Dimetil Sulfuro (DMS)	60
5. CONCLUSIONES	62
6. BIBLIOGRAFIA	64

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cebada Malteada	5
Figura 2. Planta de Lúpulo	6
Figura 3. Lúpulo en pellets	6
Figura 4. Olla de filtración	14
Figura 5. Enfriador de mosto	20
Figura 6. Metodología del desarrollo experimental	25
Figura 7. Control de Calidad en los mostos de la antigua cocina	26
Figura 8. Puntos de Control fisicoquímico en la primera cocina	27
Figura 9. Puesta en marcha de la segunda sala de cocción	28
Figura 10. Puntos de Control fisicoquímico en el arranque de la nueva cocina	29
Figura 11. Control de Calidad en los mostos de la nueva cocina	30
Figura 12. Puntos de Control en la nueva sala de cocción	31
Figura 13. Densitómetro DSA 48 Anton Parar	32
Figura 14. Espectrofotómetro Genesys 5	34

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 4.1 comportamiento de la concentración del mosto a lo largo del proceso	48
Tabla 4.2 Concentración de DMS y DMS-p durante el proceso de cocción	61

LISTADO DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 4.1. Comportamiento de las principales variables de calidad en mostos de la cocina recién instalada	42
Grafica 4.2. Comportamiento del extracto original en los nuevos cocimientos	44
Grafica 4.3. Comportamiento del amargo en los nuevos cocimientos	44
Grafica 4.4. Comportamiento del color en los nuevos cocimientos	45
Grafica 4.5 Turbiedad en mostos durante el arranque de la nueva cocina	46
Grafica 4.6. Comportamiento del pH en mosto durante la estabilización	47
Grafica 4.7. Eficiencia de la cocina en los meses de prueba	50
Gráfica 4.8 Porcentaje de extracto original dentro de la norma para mostos de la antigua cocina	51
Grafica 4.9 Porcentaje de extracto original dentro de la norma para mostos de la antigua cocina	52
Grafica 4.10 Comportamiento del Grado de Fermentación en la cocina antigua	53
Grafica 4.11 Comportamiento del Grado de Fermentación en la nueva cocina	54
Grafica 4.12 Comportamiento del amargo en la nueva cocina	55
Gráfica 4.13 Comportamiento del Amargo en mostos de la cocina antigua	55
Gráfica 4.14 Intensidad del color en mostos de la cocina nueva	56
Gráfica 4.15 Intensidad de Color en mostos de la cocina antigua	56
Gráfica 4.16 TBZ en mostos del mes de Septiembre	58
Gráfica 4.17 Comportamiento de la eficiencia en año 2004	59

LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Semanas de estabilización de la actual cocina	66
Anexo B. Esquema del proceso de cocción	67
Anexo C. Corrientes del transporte, pesaje y molienda de la materia prima	68
Anexo D. Características de las cocinas en maceración y filtración	69
Anexo E. Características de las cocinas en olla de cocción	71
Anexo F. Mecanismos de eliminación del trub	72
Anexo G. Especificaciones del enfriamiento	73
Anexo H. Curva de calentamiento durante la cocción del mosto	74

RESUMEN

TITULO: COMPARACIÓN DE DOS PROCESOS DE COCCIÓN DE MOSTO EN LA ELABORACION DE CERVEZA¹

AUTOR: FLOREZ VERGARA ADRIANA**

PALABRAS CLAVES: proceso cervecero; control de calidad; mosto; variables fisicoquímicas de la cerveza

DESCRIPCION:

Durante casi cincuenta años, la Cervecería de Bucaramanga realizó la cocción del mosto en un proceso discontinuo de cinco ollas (Crudos, Mezclas, Cocción y dos de Filtración) que efectuaban dos cocimientos paralelos bajo una operación semiautomática a presión atmosférica, cada uno con una capacidad de 220 HI/Cochada.

A partir del año 2004 se inicia la sustitución del sistema de cocción, por otro discontinuo, automatizado, de cuatro ollas (Crudos, Mezclas, Cocción y Filtración) en acero inoxidable con presurización dinámica y con algunas modificaciones menores del proceso en general que alcanzan una producción de 450 HI./cochada.

Las variables fisicoquímicas que se estudiaron, se vienen monitoreando diariamente y son parte fundamental del control de calidad del producto. Estos análisis fisicoquímicos han sido estandarizados en la empresa gracias a su sistema de gestión integral.

*¹ Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería Química, UIS, Director: Edgar Fernando Castillo Monroy PhD Ing. Química

Las variables a tratar son:

1. Extracto Original del mosto
2. Amargor
3. Color final
4. Eficiencia del proceso de cocción en aprovechamiento de materia prima.
5. DMS (dimetilsulfuro)
6. TBZ (índice de ácido tiobarbitúrico)

Para determinar el favorecimiento de las adaptaciones del nuevo sistema de cocción, se compararon los resultados obtenidos de las variables fisicoquímicas que miden la calidad del mosto en las dos cocinas. La medición de los parámetros anteriormente mencionados se efectuó en el Laboratorio de Control de Calidad de la Cervecería, cada uno bajo procedimientos reconocidos en el mundo cervecero y adaptado a las condiciones de operación de la empresa.

Entre los resultados obtenidos vale la pena destacar la homogeneidad de las características de los mostos de la primera cocina y la gran productividad del segundo proceso.

SUMMARY

TITLE: COMPARISON BETWEEN TWO MUST COOKING PROCESSES IN THE BEER ELABORATION ³

AUTHOR: FLOREZ VERGARA ADRIANA**

KEY WORDS: brewing process; quality control; must beer physicochemical variables

DESCRIPTION:

During almost fifty years, the brewing company in Bucaramanga did the must cooking process in a discontinuous process of five pots (crude, mixtures, cooking, and two filtering ones) which carried out two parallel cooking processes under a semiautomatic operation at atmospheric pressure, each one with a capacity of 220HI

From 2004 they substituted the cooking system for a discontinuous and automated one of four pots (crude, mixtures, cooking and filtering ones) in steel with dynamic pressurization and with the process minor modifications in general that reach a production of 450HI.

The physicochemical variables studied have been under daily monitoring and they are a fundamental part of the product quality control. These physicochemical analyses have been standardized in the company thanks to its integral procedure system.

*³ Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería Química, UIS, Director: Edgar Fernando Castillo Monroy PhD Ing. Química

The variables are:

1. Original must extract
2. Bitterness
3. Final Color
4. Cooking process efficiency in raw material exploitation.
5. DMS
6. TBZ

In order to determine the benefit of the new cooking system adaptations, the outcomes from the physicochemical variables which measure the must qualities in the two kitchens were measured. The parameters measure mentioned before were carried out in the brewing quality control laboratory and each one was done under well known processes in the brewing world and they were adapted to the company operating conditions.

Among the got outcomes it is worth to stand out the homogeneity of the must characteristics in the first kitchen and the great productivity in the second process.

INTRODUCCION

Durante casi cincuenta años la Cervecería de Bucaramanga, dentro de su sistema de elaboración de cerveza, realizó la cocción del mosto en un proceso discontinuo que constaba principalmente de cinco ollas (Crudos, Mezclas, Cocción y dos de Filtración) que efectuaban dos cocimientos paralelos bajo una operación semiautomática a presión atmosférica, cada uno con una capacidad de 220 HI/Cochada.

A partir del año 2004 se inicia la sustitución del sistema de cocción, por otro discontinuo, automatizado, de cuatro ollas (Crudos, Mezclas, Cocción y Filtración) en acero inoxidable con presurización dinámica y con algunas modificaciones menores del proceso en general que alcanzan una producción de 450 HI./cochada.

Teniendo en cuenta que el proceso de elaboración de mosto en general aplica para ambas cocinas, las diferencias mas marcadas entre los dos procesos, son la presión de trabajo, el material de construcción y el sistema de control en cada una.

Esta memoria de trabajo de grado, muestra un informe sobre la comparación que se realizó entre los dos procesos de elaboración de mosto, tomando como base sus propiedades finales.

Las variables fisicoquímicas que se estudiaron, se vienen monitoreando diariamente y son parte fundamental del control de calidad del producto. Estos análisis fisicoquímicos han sido estandarizados en la empresa gracias a su sistema de gestión integral.

Las variables a tratar son:

7. Extracto Original del mosto
8. Amargor
9. Color final
10. Eficiencia del proceso de cocción en aprovechamiento de materia prima.
11. DMS (dimetilsulfuro)
12. TBZ (índice de ácido tiobarbitúrico)

Para determinar el favorecimiento de las adaptaciones del nuevo sistema de cocción, se compararon los resultados obtenidos de las variables fisicoquímicas que miden la calidad del mosto en las dos cocinas. La medición de los parámetros anteriormente mencionados se efectuó en el Laboratorio de Control de Calidad de la Cervecería, cada uno bajo procedimientos reconocidos en el mundo cervecero y adaptado a las condiciones de operación de la empresa.

Las propiedades medidas en el mosto no sólo han sido fundamentales para el desarrollo del trabajo de grado, además hacen parte de la base de datos del proceso que permite la trazabilidad del producto final. El trabajo se ha realizado bajo la orientación del departamento de control de calidad de la cervecería, con la supervisión del área de producción.

En la segunda cocina se observó un mejor aprovechamiento del lúpulo adicionado a las cochadas, gracias al control en la presión durante la elaboración del mosto. El rendimiento de la materia prima mejoró a medida que pasó el tiempo, incluso se prepararon mostos con un extracto mas alto del esperado, usando las mismas proporciones de materia prima requeridas en la primera cocina. Sin embargo, el grado de fermentación presenta comportamientos bastante diferentes en los dos procesos que merecen ser

analizados con mayor detenimiento.

Pruebas de laboratorio y pruebas organolépticas, han permitido evidenciar que el evaporador flash ha sido efectivo en la remoción de dimetilsulfuro (DMS), sustancia indeseable en el producto.

En muchos aspectos se ha podido observar que el nuevo proceso ofrece beneficios a la empresa que son fundamentales en sus proyecciones de expansión, modernización y mayor productividad.

1. GENERALIDADES

2.1 MATERIAS PRIMAS EN LA ELABORACIÓN DE MOSTO PARA PRODUCCIÓN DE CERVEZA

Dentro del proceso cervecero, la Cocina se conoce como el sitio donde se lleva a cabo la elaboración del mosto. En el Anexo B se muestra un esquema general del proceso.

En la elaboración de cerveza, la materia prima usada en la producción de mosto es la siguiente:

2.1.1 Agua

Es una materia prima muy importante en la elaboración del mosto y debe ser apropiada para consumo humano (potable). La calidad del agua usada en la cervecería es de vital importancia, considerando que esta materia prima constituye del 90% a 96% de la cerveza. La materia orgánica e inorgánica en suspensión o disuelta en el agua no solo impacta en el producto sino también en la efectividad y eficiencia del procesamiento de mosto.

El agua influye en los procesos físicos de la cocción ya que disuelve, sin la ayuda de las enzimas, entre otros, los azúcares presolubles, dextrinas, proteínas, pentosanas y sales de la malta. Durante los ciclos de maceración el agua provee el vehículo para el extracto, así como para la transferencia de calor necesario en reacciones del proceso de maceración.

En procesos químicos no enzimáticos, el agua interactúa con fosfatos

inorgánicos de la malta liberados por acción enzimática, para acidificar la mezcla y establecer un pH deseado con ayuda del ion calcio.

2.1.2 Malta y adjuntos

Figura 1. Cebada Malteada



La cebada malteada es el principal ingrediente usado en la producción de cerveza. Dentro la empresa se usa mayormente una malta de dos hileras con un 78% en peso de extracto.

La Malta es una alta fuente de extracto fermentable, sabor y color. La cebada contiene hasta un 65% de almidón y entre 7 y 12% de proteína incluyendo las enzimas para la degradación del almidón.

La actividad diastásica en este cereal es la suficiente para convertir una cantidad mayor de almidón que la proporcionada por la misma malta. Gracias a ello, se pueden utilizar otros materiales ricos en carbohidrato a un costo inferior por unidad de peso.

Por definición los adjuntos son productos o materiales (no de malta) que contribuyen con carbohidratos al mosto. Otras razones para usar adjuntos es que se puede producir cervezas más ligeras, claras, poco saciantes, que además hacen el producto más resistente a la turbiedad por el frío. Estas

características son muy importantes para la cerveza embotellada.

Por otra parte, el arroz es usado como adjunto porque posee un porcentaje de extracto alrededor del 78% y además es considerado neutral en sabor o insípido. Este cereal tiende a diluir a los compuestos de nitrógeno, normalmente encontrados en exceso en el mosto y facilita las fermentaciones menos vigorosas (medidas en términos de velocidad o formación de espuma). También puede ser reemplazado por otros cereales como el maíz.

2.1.3 Lúpulo

Figura 2. Planta de Lúpulo



Figura 3. Lúpulo en pellets



Humulus lupulus, es una planta de tipo enredadera que pertenece a la familia de los Cannabis. Proporciona un sabor amargo que contrarresta la sensación dulce de la malta haciendo la cerveza más apetecible en aroma y sabor.

El lúpulo se presenta de varias formas: conos, pellets o extractos, que dentro del proceso cervecero tiene las funciones de:

- Propiedades antibacterianas (otorga mayor estabilidad de la cerveza)
- Estabiliza la formación de espuma.
- Importante contribuyente de aroma en la cerveza.
- Contribuye a la formación del turbio caliente.

Las resinas del lúpulo pueden dividirse en blandas y duras. Dentro de las blandas se encuentran los alfa-ácidos, de alta importancia, ya que forman

los compuestos que otorgan el amargo. Cada presentación de lúpulo aporta en diferente proporción estas sustancias.

Cuando se hace una compra de este material, el proveedor debe suministrar el contenido de alfa-ácidos que sirve como base para el cálculo de la cantidad a dosificar en el mosto.

El lúpulo es añadido en varias dosificaciones dentro de la olla de cocción, incluyendo una pequeña cantidad antes de la ebullición para evitar el exceso de espuma. En esta etapa se realiza la isomerización de los alfa-ácidos que se transforman en iso-alfa-ácidos.

Extractos de lúpulo pre-isomerizados:

Las resinas de lúpulo pueden ser extraídas con soluciones alcalinas acuosas, las cuales aíslan los alfa-ácidos isomerizados con catalizadores, para proporcionar una solución concentrada de iso-alfa-ácidos con alto rendimiento de amargor. Los alfa-ácidos son tres compuestos específicos: la humulona, la cohumulona y la adhumulona, en donde la primera tiene el mayor poder de amargor.

2.1.4 Otros materiales aportados al mosto

Son materiales añadidos durante el proceso de cocción que son usados para el mejoramiento de las características de alguna de las materias primas, pero que no hacen parte fundamental del mosto.

El ácido fosfórico suministra cuerpo a la cerveza. El bajar el pH, revierte en una reducción de la utilización del amargo del lúpulo, y así mismo reduce también la formación del color. El pH reducido proporciona un buen ambiente para la acción de las enzimas y mejora la claridad del mosto al contribuir a la formación de la coagulación en caliente. Cuando aumenta el tamaño de las partículas coaguladas la separación del mosto resulta más fácil.

El calcio aportado como CaSO_4 y dosificado como yeso, reacciona con las fosfatasas para crear una solución buffer. Otra propiedad del calcio es que protege ciertas enzimas en la malta de la inhibición por el calor y mejora la actividad de licuación del almidón. También reduce la viscosidad y turbiedad del mosto al unirse a sustancias suspendidas para un drenaje más rápido.

2.2 PROCESO DE COCCIÓN DE MOSTO

La producción eficiente de un mosto de calidad es el objetivo principal de cualquier cocina. En el anexo H se adjunta la curva de calentamiento generalizada para cualquier sistema de elaboración de mosto.

El mosto es un fluido acuoso que contiene un conjunto complejo de sustancias solubles y suspendidas derivadas de los materiales ingredientes. La maceración es el segundo de los tres grandes procesos enzimáticos presentes en la elaboración de cerveza. El primer sistema enzimático es el malteo y el tercero la fermentación. La maceración consiste en mezclar las proporciones apropiadas, malta y adjuntos, en agua caliente, seguidos de un número de ciclos de calentamiento y descanso. En este punto se forma el mosto dulce.

Luego de la maceración el mosto es separado de los sólidos en un proceso de filtración y llevado a la olla de cocción para ser hervido. En esta olla el lúpulo se adiciona por etapas durante todo el proceso de cocción, y al final los sólidos del mosto son separados, convirtiéndose en un subproducto llamado afrecho cervecero.

2.2.1 Transportación y pesaje

Desde el lugar de almacenamiento de la malta y los adjuntos, un elevador de

cangilones transporta los granos hasta el lugar de molienda. Se usa este sistema ya que es necesario llevar la materia prima de una forma delicada para evitar romper la cáscara.

Asegurando la correcta formulación de la mezcla, se pesa la malta y los adjuntos a través de un sistema que incorpora una tolva de descarga automática o semiautomática. La cantidad medida puede variar según las características de los granos usados.

2.2.2 Molienda

Los objetivos de triturar la malta son:

1. Separar el hollejo preferiblemente de forma longitudinal con el fin de exponer la parte interior del grano, el endosperma.
2. Conseguir por medio de una acción de trituración una desintegración completa del endosperma para hacer que todos los constituyentes sean accesibles a la acción de la enzima.
3. Mantener la cantidad de finos (harinas) a un mínimo para prevenir la formación de sustancias que puedan causar exceso de masa en la mezcla.

La malta debe estar sujeta a una molienda lo más suave posible, sin granos enteros, con finos de molienda blancos. La cáscara debe quedar lo mas entera posible de modo que pueda actuar como filtro en la etapa de lavado, y para que no libere taninos de sabor áspero a la cerveza. La luz de rodillo empleada para moler la malta varía con cada tipo de grano, pero se usan a unos 0,9 mm de luz para las maltas base. El tamaño de partículas producido varía desde menos de 0,15 mm hasta 0,6 mm de diámetro.

Si se efectúa una molienda húmeda, como el caso de la nueva cocina, la malta entera se remoja en agua tibia (50°C) y pasa luego por el molino de

rodillos en donde se exprime el endosperma liberándose del hollejo, quedando lista para la maceración.

En resumen, el objetivo de la molienda de los granos es reducirlos al tamaño de partícula más pequeño posible, con el fin de conseguir un mayor aprovechamiento de su almidón.

2.2.3 Maceración

El primer paso es introducir una pequeña cantidad de malta molida y agua caliente (de 38°C a 55°C) en la olla de crudos. La cantidad de malta utilizada depende de su poder enzimático, de la naturaleza de los adjuntos, del ciclo de calentamiento de la olla y la altura a la que se encuentre la cocina con respecto al nivel del mar. La carga típica es del 5 a 10% de la cantidad total de malta a utilizar, no más, para evitar la cocción del hollejo y la formación de sabores no deseados.

La mezcla de malta se deja reposar y es batida suavemente por un periodo de descanso de 15 a 30 minutos para permitir la peptonización. En este momento durante el remojo se activan los sistemas enzimáticos desarrollados a lo largo del periodo de malteo. Al final del descanso se vierten los adjuntos a la mezcla de malta mientras se homogeniza con un batidor; posteriormente se adiciona agua caliente en cantidad y velocidad suficiente para mantener la fluidez de la mezcla, y así asegurar y el remojo inmediato de los ingredientes adicionados.

Al iniciarse la transferencia de los adjuntos a la olla, se va realizando un calentamiento gradual hasta llegar a una temperatura de ebullición. Durante este calentamiento (que va desde la peptonización hasta ebullición) se producen dos importantes fenómenos. En el primero, los gránulos de almidón de los adjuntos absorben agua y se hinchan y en el segundo, la mezcla se

espesa y toma consistencia. Esta acción es conocida como la gelatinización del almidón.

Mientras el almidón se va gelatinizando, se vuelve susceptible a las enzimas que lo descomponen y disminuyen la viscosidad de la mezcla. Es necesario que se de una licuefacción completa de los almidones con el fin de asegurar su conversión total mas tarde en la olla de mezclas. Al terminar esta etapa se sube la temperatura al punto de ebullición y se hierva la mezcla por un periodo relativamente corto.

En la olla de mezclas se prepara la malta con periodos de peptinización cercanos a los 45°C. A esta temperatura también se da un periodo de descanso de proteína, y además durante este periodo las enzimas proteólicas disgregan las proteínas de peso molecular alto e intermedio en sustancias más pequeñas que puedan ser metabolizadas por la levadura.

Se programan los dos sistemas de tal manera que la terminación del tiempo de ebullición en la olla de crudos coincida con la terminación del periodo de descanso de proteína de la malta en la olla de mezclas. Durante la combinación de las dos mezclas, las enzimas alfa-amilasa y beta-amilasa están en su optimo rango de temperatura (64 a 67°C) para la conversión de los almidones en azúcares, principalmente maltosa, glucosa y dextrinas.

Se continúa calentando lentamente hasta llegar a los 75°C donde tiene lugar la conversión del almidón, habiendo un descanso de 30 minutos para la sacarificación. Más adelante el calentamiento continúa hasta llegar a los 77°C con el propósito de neutralizar las enzimas, de modo que la mezcla esta lista para el filtrado.

Condiciones de maceración y sus influencias en los procesos enzimáticos:

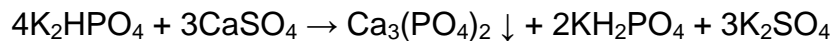
1. Tiempo: Al incrementar el tiempo generalmente se incrementa la acción

enzimática, pero no siempre en directa proporción.

2. Temperatura: Cada enzima tiene una temperatura en la que se suspende su acción. Al subir la temperatura se acelera la actividad enzimática y se debilita a la enzima hasta su destrucción.
3. pH: Cada enzima tiene su pH óptimo. Los pH óptimos para las enzimas se superponen en un rango bastante estrecho.
4. Estado físico de la materia prima: La acción enzimática se ve favorecida por la facilidad de acceso al sustrato; por lo tanto una buena molienda fina, y una gelatinización y licuefacción completa son importantes.

Enzimas presentes en el proceso

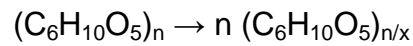
- a. Fosfatasa: Establecen el pH correcto al principio de la maceración y permiten que se mantenga durante todo el proceso. Este control natural del pH se produce bajo la influencia catalítica de las enzimas fitasa y nucleasa que se encuentran en la malta. Bajo condiciones de peptonización liberan iones fosfato de los fosfatos orgánicos de la malta. El K_2HPO_4 de pH 8.4 junto con el KH_2PO_4 de pH 4.7 y la malta de entre 5,2 a 6,0 de pH, se acondicionan con el calcio del yeso ($CaSO_4$) en el agua de elaboración con la finalidad de formar una solución tampón, representada de la siguiente manera:



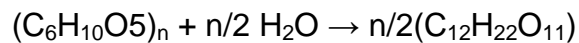
El pH por lo tanto es naturalmente ajustado al rango óptimo, gracias a los componentes naturales de la malta. Los productos hidróticos de estas reacciones enzimáticas proporcionan adicionalmente los factores necesarios para el crecimiento de la levadura.

- b. Diastasas: Hidrolizan del 60 al 80% del almidón disponible en azúcares fermentables. El alfa-amilasa con rango óptimo de 65 a 67°C y pH 5.3 a

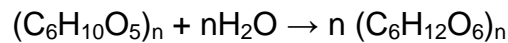
5.7 origina dextrinas con un extremo reductor a los productos de hidrólisis. La beta-amilasa con un rango optimo de 52 a 62°C y pH 5.0 a 5.5 ataca a las dextrinas por sus extremos no reductores, produciendo maltosa. La fórmula bruta del almidón es: $(C_6H_{10}O_5)_n$. La reacción de formación de Dextrinas en general se presenta:



La reacción de formación de maltosa en general se presenta:



En menor proporción formación de glucosa



Del total de almidón en un grano durante la maceración, se obtienen aproximadamente un 80% de azúcares fermentables y un 20 % de dextrinas no fermentables que son las que le darán cuerpo a la cerveza y estabilidad a la espuma. Se debe notar que en el proceso de combinar la mezcla de adjunto y malta la temperatura pasa por los rangos óptimos del alfa-amilasa y beta-amilasa.

- c. Proteasas: Actúan a 65° C, degradando las proteínas que causan turbidez en el producto final, y formando péptidos solubles mas pequeños que también estabilizan la espuma de la cerveza.

2.2.4 Separación del mosto

Figura 4. Olla de filtración



De la olla de mezclas se pasa a la de filtración. Dentro de esta olla el mosto se recircula a través del lecho de afrecho, el recipiente esta provisto de un falso fondo donde el grano no puede pasar. Una vez que el mosto empieza a salir claro, comienza la transferencia a la olla de cocción. Al final se rocía con agua caliente de lavado manteniendo un sistema estacionario con entradas y salidas de líquido iguales. El agua de lavado debe encontrarse a unos 80° C con el fin de aumentar la fluidez de los azúcares y dejar que continúe la actividad enzimática de la alfa-amilasa la cual corta las cadenas de almidón que aun pudieran quedar y que están siendo extraídas por el agua de lavado.

Al culminar esta etapa, la densidad de salida del líquido llega a unos 1.005 g/l. Normalmente para el lavado se utilizan 1,5 veces la cantidad de agua que se utiliza en la maceración.

La filtración es función de la viscosidad, por lo que también depende de la temperatura y de la concentración de los azúcares en la mezcla. Por ejemplo, si aumenta la concentración del primer mosto, aumenta la viscosidad y por lo tanto la presión en el lecho.

La operación eficiente del filtrado depende de una molienda apropiada así como de la conversión completa del almidón en azúcares solubles. En la filtración se lleva a cabo la remoción de materia soluble y la separación mecánica de insolubles en el líquido. Los azúcares se dispersan por entre las partículas en solución por la suave agitación de la mezcla.

La filtración pasa por momentos de:

1. Sedimentación y separación del afrecho del mosto (primer mosto)
2. Remoción y clarificación del primer mosto, utilizando al afrecho como medio filtrante.
3. Lavado del afrecho utilizando agua de rocío para arrastrar el extracto que

aun se encuentra en el sólido. Al agregar el agua de rocío el pH tiende a subir, por esta causa se adiciona ácido fosfórico.

2.2.5 Ebullición del mosto

El mosto que ha sido extraído y clarificado contiene los carbohidratos, proteínas y nutrientes que la levadura necesita para la fermentación. Sin embargo requiere de la ebullición para mejorar en los siguientes aspectos:

- **ESTERILIZACIÓN**

Se eliminan los microorganismos hirviendo el mosto de 45 minutos a 2 horas.

- **CONCENTRACIÓN**

El agua adicionada en las etapas de macerado y filtración producen un mosto con una gravedad específica inferior a la deseada, debiendo ser concentrado mediante evaporación.

- **EXTRACCIÓN E ISOMERIZACIÓN DEL LÚPULO**

Durante el hervor al que es sometido el mosto, los alfa-ácidos sufren un cambio estructural llamado isomerización, originando los compuestos solubles amargos. Estos compuestos se denominan genéricamente iso-alfa-ácidos.

Los beta-ácidos, considerados resinas blandas, pueden también isomerizarse durante el hervor con el fin de crear compuestos amargos, aunque, como la solubilidad de los iso-beta-ácidos en el mosto es muy baja, la contribución de estos al sabor amargo es casi despreciable.

El lúpulo que se usó en ambas cocinas fue dosificado en dos presentaciones; la primera en pellets pre-isomeizados con una concentración de amargor del 11%, y la segunda en extracto con una concentración del 50%. A pesar de

que la cantidad de alfa-ácidos en los pellets es menor, el rendimiento de amargo es superior al del extracto. En promedio el porcentaje de rendimiento es 35% para el extracto y del 60 al 80% para el preisomerizado.

▪ **DESNATURALIZACION DE PROTEINAS:**

La estructura helicoidal de la proteína puede romperse por el calor, cambio de pH, oxidación-reducción de los grupos sulfhidrilos, y por la reacción con compuestos de enlaces de hidrógeno fuertes, tales como polifenoles de las cáscaras de malta o de los lúpulos. Todos estos fenómenos ocurren durante la ebullición, siendo las proteínas de la malta desnaturalizadas, aglomerándose en una masa floculenta llamada trub.

La precipitación en esta etapa del proceso es importante, ya que el trub puede ser fácilmente removido para que no llegue a la cerveza terminada, causando de esta forma turbiedad. Adicionalmente las enzimas de la malta, siendo proteínas, serán desnaturalizadas completamente durante la ebullición del mosto, terminando así la hidrólisis adicional de la proteína y los carbohidratos.

▪ **DESARROLLO DE COLOR:**

Durante la ebullición la consistencia del color y sabor se forman por cualquiera de estos 3 pasos:

1. Reacción entre los azúcares reductores de los carbohidratos y las aminas primarias de las proteínas
2. Las reacciones de caramelización que ocurren cuando los compuestos de polihidroxi carbonilos son calentados a temperaturas relativamente altas (azúcares caramelizándose en las superficies de calentamiento)
3. Aproximadamente una tercera parte de los pigmentos de la cerveza son formados durante la ebullición del mosto. La mayoría del color es derivado del proceso de tostado de la malta. Igualmente, en el desarrollo del color se producen sustancias activas de sabor que son muy

importantes en la cerveza.

ASPECTOS GENERALES DE LA COMPOSICIÓN DEL MOSTO

Frecuentemente se desarrolla una espuma sobre la superficie del mosto. Esta capa de espuma retarda el coeficiente de evaporación y puede causar condiciones de derrame. Algunos operan con las tapas de la olla de cocimientos abierta, lo que permite una corriente de aire sobre el mosto hirviendo que reduce la capa de espuma. La ebullición con las tapas cerradas, es mas eficiente en términos de energía, pero requiere de un método de interrumpirla cada de espuma con el fin de obtener una buena evaporación. Esto puede conseguirse con un esparcidor en combinación de una fuente de mosto que se forme durante la ebullición.

EBULLICIÓN A PRESION EN SISTEMAS CERRADOS

La ebullición en sistemas cerrados tiene una desventaja común: la evaporación insuficiente evita la destilación de sabores no deseados. La ebullición del mosto con adición del lúpulo bajo presión, acelera la formación y coagulación del de los sedimentos y la isomerización. También se lleva a cabo una mayor precipitación de proteínas y resinas del lúpulo, dando como resultado una menor utilización del lúpulo. La ebullición a presión de mosto sin lúpulo es ventajosa, ya que por cada 4°C de aumento en temperatura, el tiempo de ebullición puede reducirse a la mitad, alcanzando el mismo grado de coagulación de proteínas que el que se obtendría con una ebullición normal, y con menos aumento de color y destrucción de aminoácidos, vitaminas, etc. Regulando la presión se sigue la ebullición a presión atmosférica, con el fin de conseguir la extracción e isomerización del lúpulo, y proporcionar así suficiente tiempo para que se evaporen los volátiles no deseados

2.2.6 Tanque sedimentador y equipos para eliminar sólidos

Tanque sedimentador de mosto:

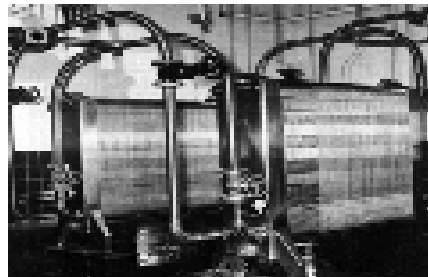
Es un tanque cilíndrico vertical de fondo plano, cuyo tubo de entrada se encuentra en un costado del tanque en posición tangencial, a una altura mayor a un tercio de su profundidad.

El principio de operación del tanque sedimentador es el remolino. Se basa en el hecho de que las partículas sólidas suspendidas en un líquido en rotación, tienden a migrar al centro y fondo del recipiente. En el bombeo al tanque se imparte rotación a la masa total del líquido, y los floculos de proteínas desnaturalizadas forman un sedimento (trub). Estos residuos son devueltos a la olla de filtración para tener un aprovechamiento máximo de los alfa-ácidos. Se deja que el mosto repose en el tanque con el fin de mejorar la sedimentación.

En la actual cocina, para esta etapa hay un equipo totalmente nuevo dentro del proceso de elaboración de mosto; se trata del evaporador flash, que utilizando el mismo principio de remolino del tanque sedimentador, opera en vacío proyectando tangencialmente el mosto a altas velocidades para desprenderse de sustancias volátiles que son eliminadas por la parte superior; así que el primer equipo (sedimentador) desprende la parte sólida en suspensión no deseada, y el segunda las sustancias de bajo peso molecular.

2.2.7 Enfriamiento del mosto

Figura 5. Enfriador de Placas



Durante el enfriamiento del mosto ocurren cambios importantes en el estado físico de algunos de sus componentes. En este punto existe el primer riesgo de infección microbiológica. Para evitarlo se realiza un enfriamiento cerrado cuyo proceso tarda unos 45 minutos desde el tanque sedimentador hasta la salida del enfriador.

Los objetivos del enfriamiento son:

1. Reducción de la temperatura del mosto de casi 100°C a 7°C para la inoculación de la levadura
2. Remover o facilitar la posterior eliminación de agentes que causen turbiedad
3. Aireación y oxigenación adecuada del mosto con el fin de permitir que la levadura funcione correctamente

Los enfriadores de placas son los normalmente usados. Un enfriador de placas consiste en un marco de acero inoxidable que lleva empotradas una serie de placas onduladas separadas por empaques apretados entre si. Las conexiones y pasajes son tales, que el mosto y el medio de enfriamiento (agua helada) pasan cada cual en un flujo turbulento a contra corriente en capas poco profundas entre las placas adyacentes.

En estos sistemas cerrados de enfriamiento, para la aireación del mosto se usa aire comprimido estéril. Es necesaria la oxigenación del mosto para una fermentación saludable.

2.3 VARIABLES PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL MOSTO

El control de calidad se enfoca hacia dos importantes aspectos: las características fisicoquímicas del mosto y el análisis microbiológico del mismo.

2.3.1 Análisis Microbiológico

Debe de garantizarse inocuidad durante todas las etapas del proceso cervecero ya que es un producto de consumo humano; de ahí la importancia de los análisis microbiológicos.

El control se inicia con la inspección de la materia prima con el fin de corroborar que este libre de hongos y descomposición. Los demás controles microbiológicos se hacen desde el mosto frío hasta el producto final como cerveza. Previamente, durante la cocción, no es necesario este tipo de análisis ya que las temperaturas que se trabajan evitan la proliferación de microorganismos.

2.3.2 Análisis Fisicoquímico

El mosto terminado es analizado con el fin de asegurar que la cerveza tendrá el extracto, color, sabor y espuma deseado. Los análisis a partir de las cuales se hizo el estudio de comparación de los dos procesos de cocción fueron:

- **DIMETIL SULFURO (DMS):** $\text{CH}_3\text{-S-CH}_3$

Compuesto volátil indeseable que se puede originar en pequeñas cantidades en el proceso de cocción. Causa en el producto final sensaciones de sabores similares a gas de cocina, verduras cocinadas o atún enlatado. Este compuesto por presentarse en trazas, requiere su determinación por cromatografía de gases.

El precursor de los DMS es la S-metil metionina (SMM), que se degrada durante el proceso de la ebullición del mosto para formar DMS y dimetil sulfóxido (DMSO). Se hace tanto énfasis en el Dimetil Sulfuro debido a su

sabor bastante fuerte, aunque la SMM y el DMSO son completamente insípidos.

- **EXTRACTO:**

Todos los extractos se refieren a los sólidos totales presentes en la muestra y usualmente se calculan a partir de la gravedad específica. La unidad de medida usada es el grado plato (°P). Un grado Plato representa un 1% de extracto, es decir 10 gramos por litro de extracto total (fermentables y no fermentables).

El Extracto Original se refiere al extracto inicial con el cual ha quedado preparado el mosto y se mide en °P. El Extracto Aparente es una medida cercana de los sólidos totales después de la fermentación; esto debido a que la presencia del alcohol (densidad más baja) propicia que el resultado sea mas bajo de lo real. Sus valores igualmente son reportados en °P.

- **EFICIENCIA:**

Se expresa en porcentaje y es la capacidad del sistema de cocción de aprovechar el extracto existente en la materia prima. Cantidad de extracto en el mosto por cada 100 Kg. de extracto aportado en la materia prima.

- **COLOR:**

La intensidad del color del mosto en una muestra libre de turbiedad es medida en °SRM, y se define como diez veces la absorbancia del mosto medida bajo ciertas condiciones específicas, y que se tratarán mas adelante en el numeral 3.1.4.

- **UNIDADES DE AMARGO (UA):**

La cantidad de amargor del mosto se mide internacionalmente en Unidades de Amargo o IBU (International Bitter Units). Las unidades de amargo miden

los miligramos de alfa-ácidos isomerizados que contiene cada volumen de cerveza.

- GRADO DE FERMENTACION APARENTE

Proceso de fermentación rápida en el laboratorio donde se mide el extracto aparente. Se espera que este parámetro de información sobre la capacidad de fermentación que puede tener la levadura sobre el mosto analizado, es decir que en la cocción la conversión del mosto hubiera sea la correcta.

- INDICE DE ÁCIDO TIOBARBITÚRICO (TBZ)

Es una medida empírica sobre el estrés térmico al que se ha sometido el mosto durante la cocción, y que ha sido el causante de transformaciones no debidas en las proteínas.

Con este índice se pretendía abarcar una gran cantidad de productos resultantes de la reacción de Maillard menos el 5-Hidroxiacetilfurfural (HMF) y otros compuestos orgánicos. El TBZ se utilizó para predecir la estabilidad del sabor de la cerveza terminada. Esta determinación es de carácter empírico

Todas las etapas del proceso de elaboración de mosto cumplen una función específica y precisa sobre el producto, ya sea para la activación de la acción enzimática, la eliminación de subproductos no deseados en solución, el enriquecimiento de sus características organolépticas o la adecuación ideal del mosto para ser procesado por la levadura. La evaluación fisicoquímica y microbiológica brinda información sobre el buen desarrollo de cada etapa.

3 DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1 MEDICIÓN DE LAS VARIABLES FUNDAMENTALES DE CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO

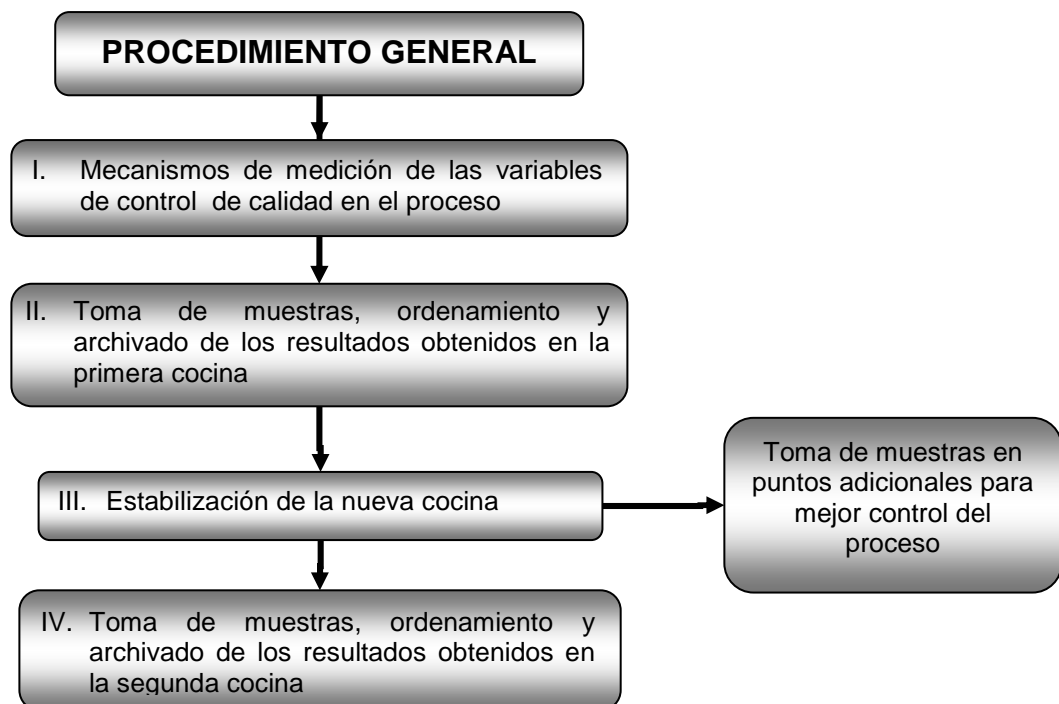
Dentro de la rutina diaria de control de calidad existen variables críticas del proceso que se deben medir en cada cochada, y otras que buscan establecer un comportamiento más general del proceso. La periodicidad del análisis se estipuló a través de la estadística durante los años de operación de la cervecería, y la criticidad de cada marcha depende del grado de importancia de éste en la calidad del producto.

Los análisis rutinarios de control de calidad se realizaron al mosto frío (mosto después del enfriador) en ambas cocinas, excepto en la puesta en marcha del segundo proceso, donde las muestras fueron más específicas, incluyendo pruebas en puntos donde no se lleva control de calidad, sino control proceso.

Es importante aclarar que en la elaboración del producto, existen dos tipos de control diferenciados en el sistema; uno es el Control Proceso, donde el operario de la sala de cocción desarrolla las pruebas bajo la supervisión del cervecero encargado, con el fin de garantizar que el proceso esta dentro de los parámetros establecidos. El segundo es el control de calidad, un servicio prestado por una dependencia especializada en el tema que toma y analiza muestras de cada cochada, para garantizar las condiciones de calidad del producto.

El procedimiento general del trabajo esta planteado en la figura 6. Para cada caso (antigua sala de cocción, arranque y normalidad de la nueva sala) se presentan a continuación los puntos de control establecidos y la metodología desarrollada.

Figura 6. Metodología del desarrollo experimental

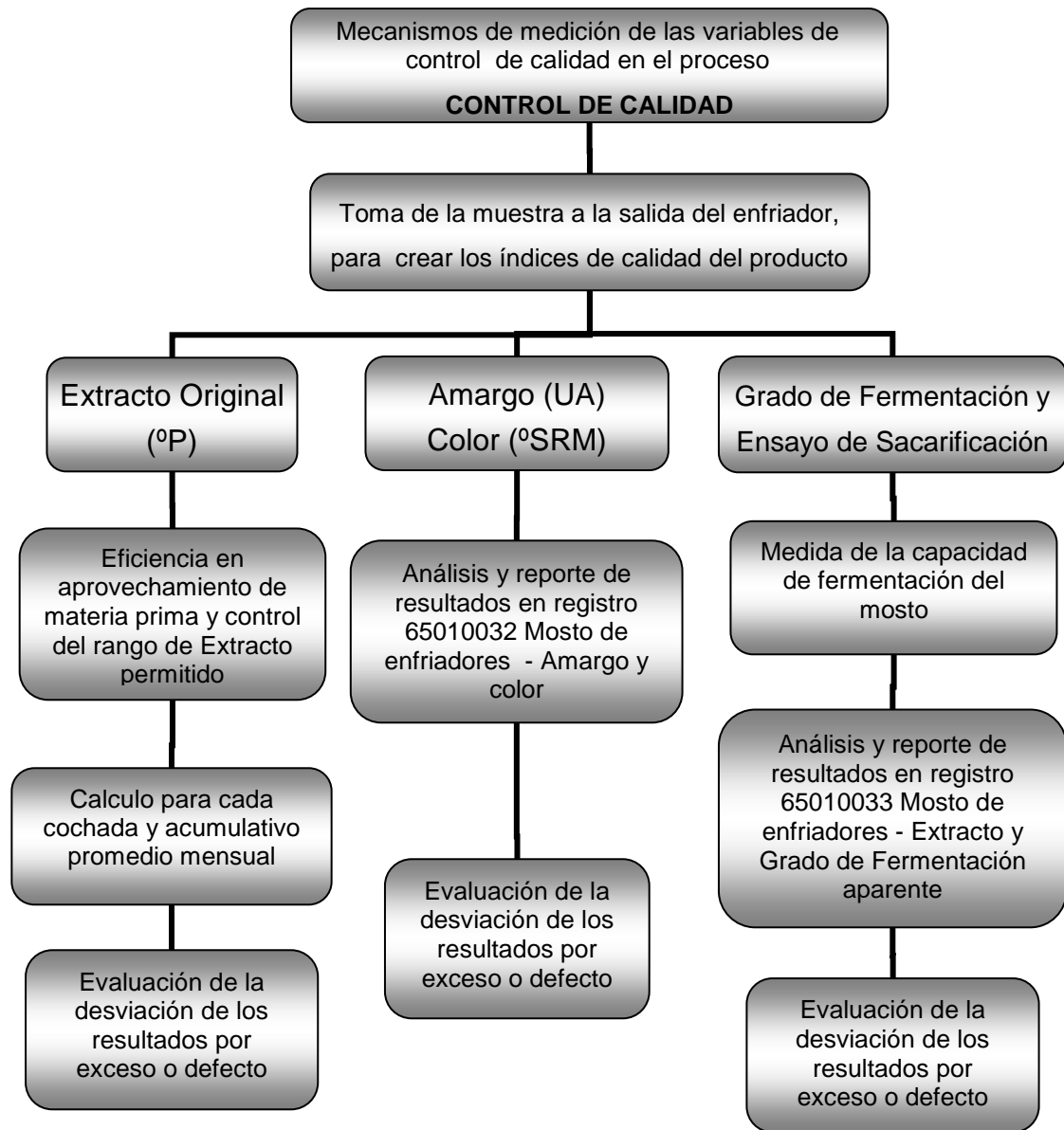


En la figura 7 se muestra un esquema que señala las variables de interés y en la figura 8 se indica el lugar donde se tomó la muestra.

La primera sala de cocción estaba funcionando desde 1948, un proceso bien estabilizado supervisado por el cervecero encargado. El control de calidad en este caso, se aseguraba que los cocimientos cumplieran las especificaciones requeridas para el producto final.

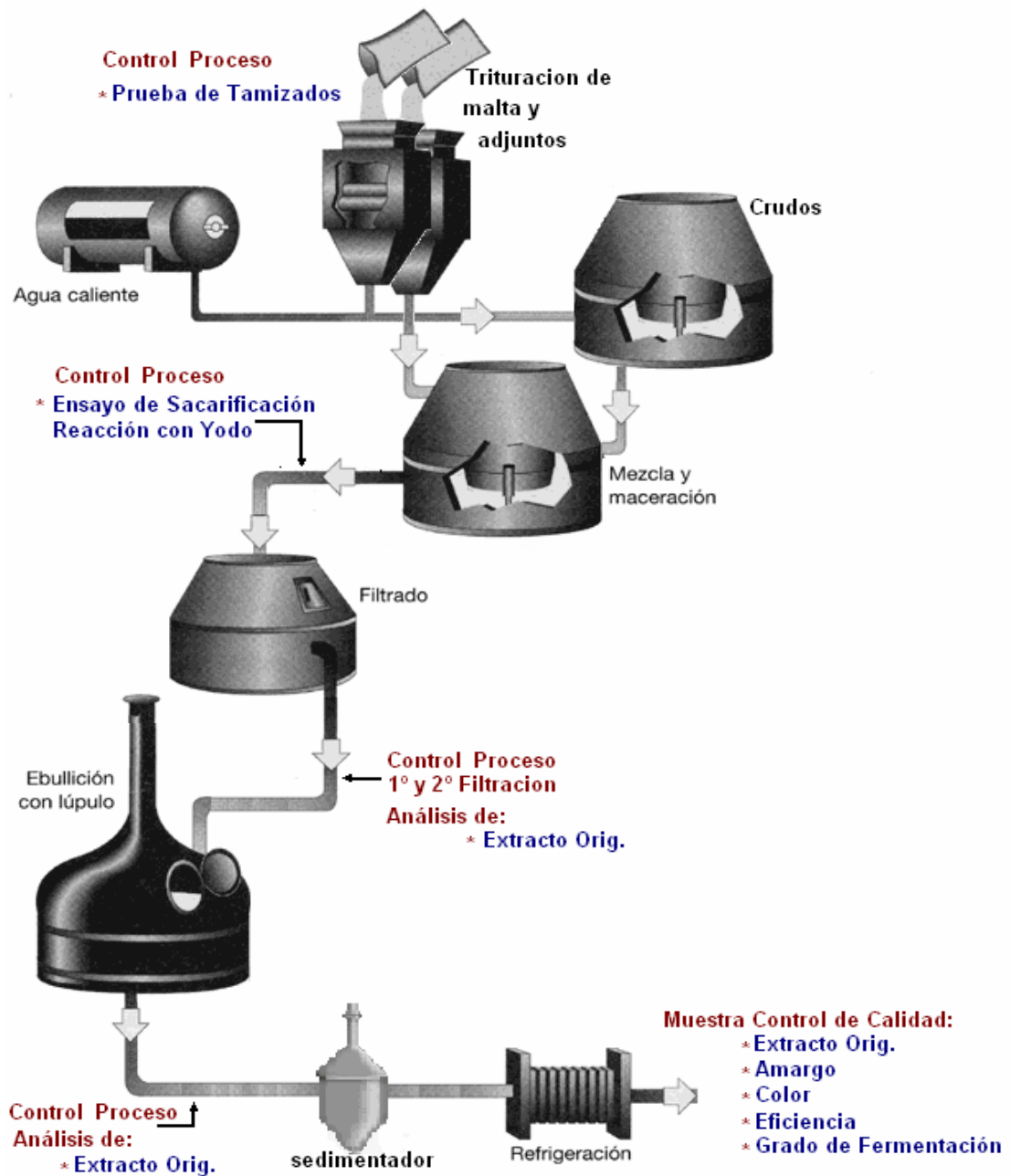
Y presentaba un índice de calidad, donde la variable más importante fue el aprovechamiento de materia prima.

Figura 7. Control de Calidad en los mostos de la antigua cocina



En la figura 8 se muestran los puntos de control al proceso y los puntos de control de calidad durante el primer semestre del 2004.

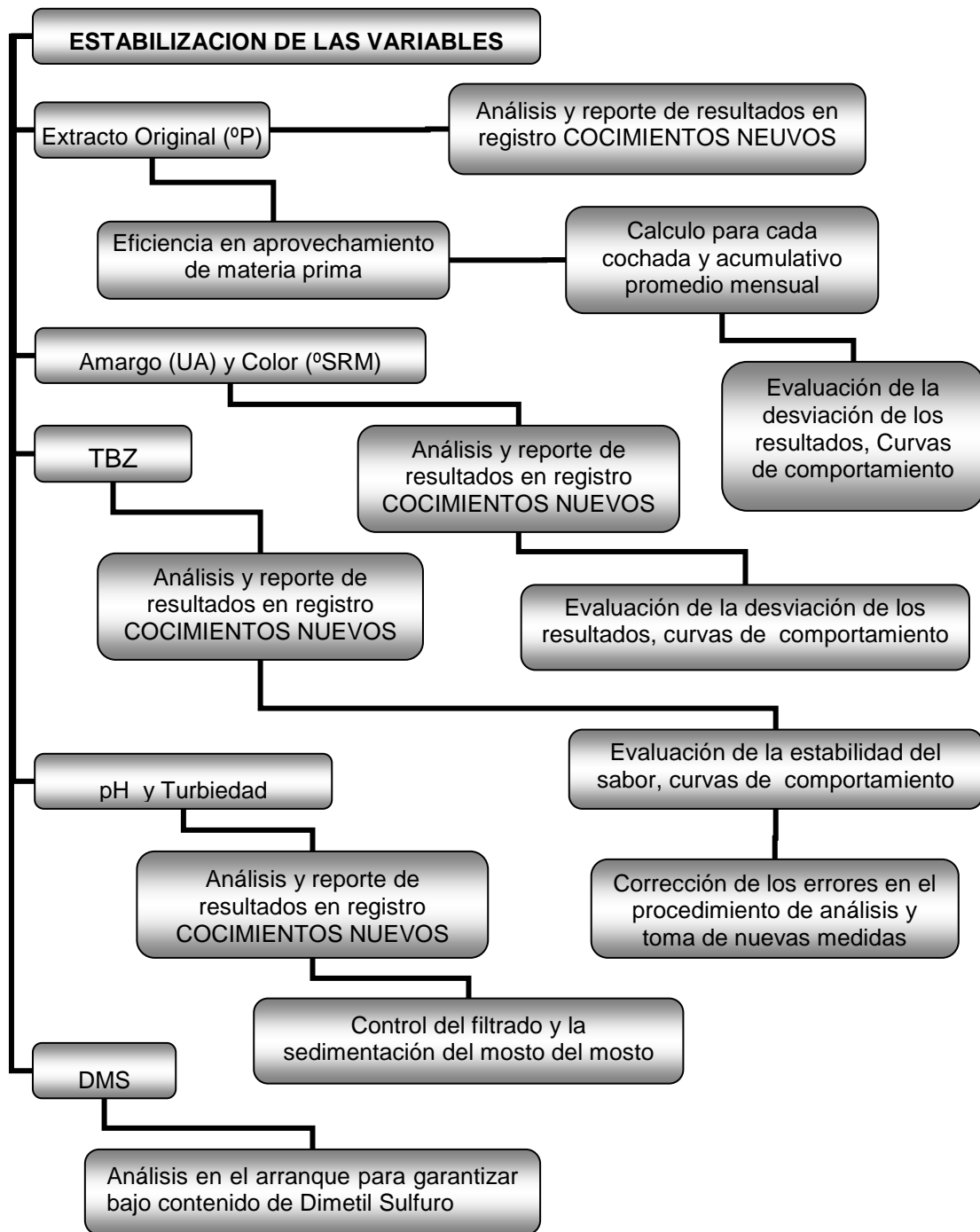
Figura 8. Puntos de Control fisicoquímico en la primera cocina



Los controles se enfocaron al final del proceso para reportar la calidad del mosto.

Al culminar la construcción de la nueva sala de cocción, se puso en marcha y el equipo de control de calidad hizo presencia de la siguiente forma:

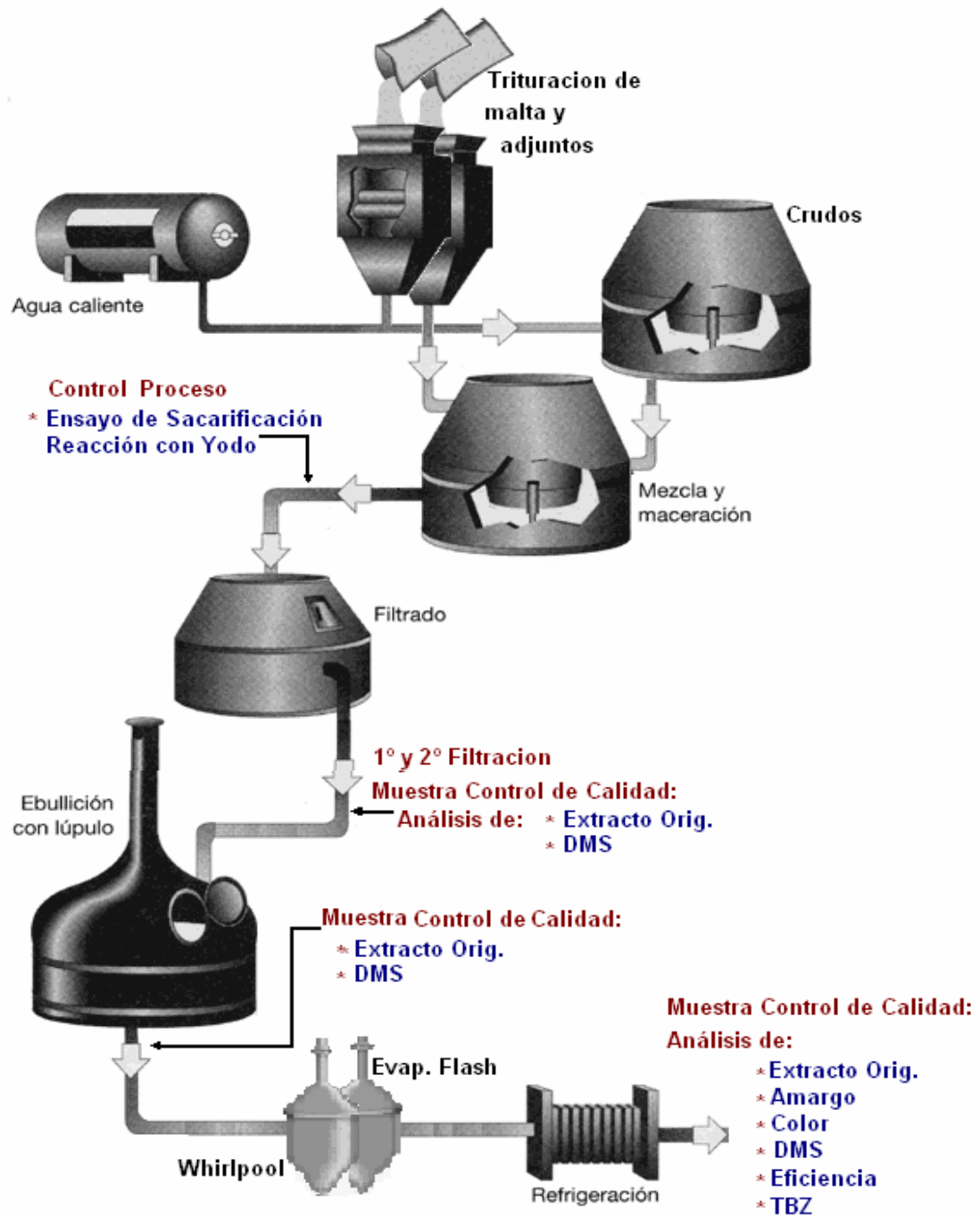
Figura 9. Puesta en marcha de la segunda sala de cocción.



Fueron mas numerosos los puntos de control de calidad, en la figura 10 se muestran los sitios en los cuales las pruebas dejaron de ser control al

proceso para pasar a ser un control de calidad.

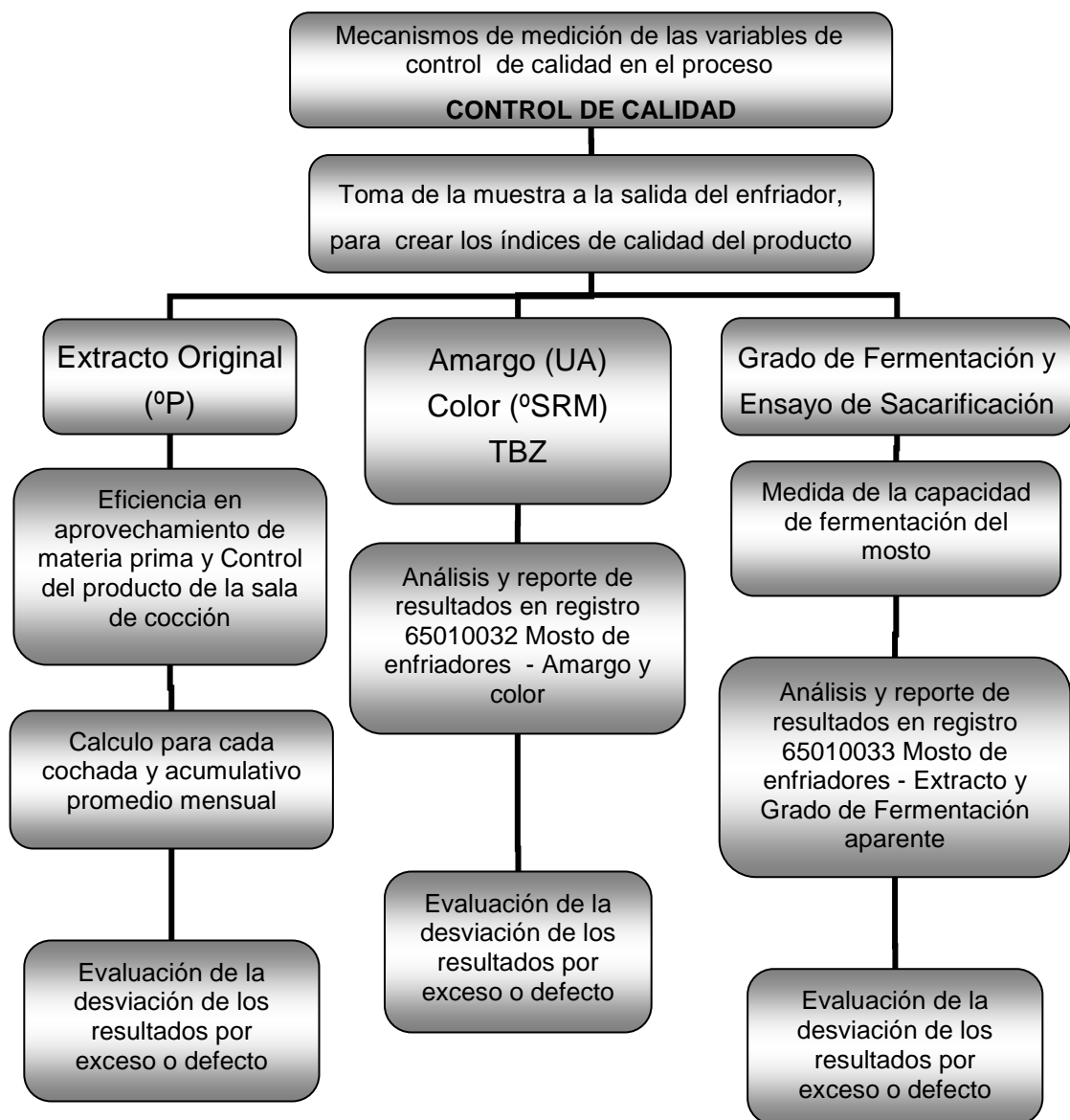
Figura 10. Puntos de Control fisicoquímico en el arranque de la nueva



Los análisis de DMS sólo se efectuaron en el arranque del proceso. Después se estimó que la cocina había superado sus principales problemas con la producción de volátiles no deseables.

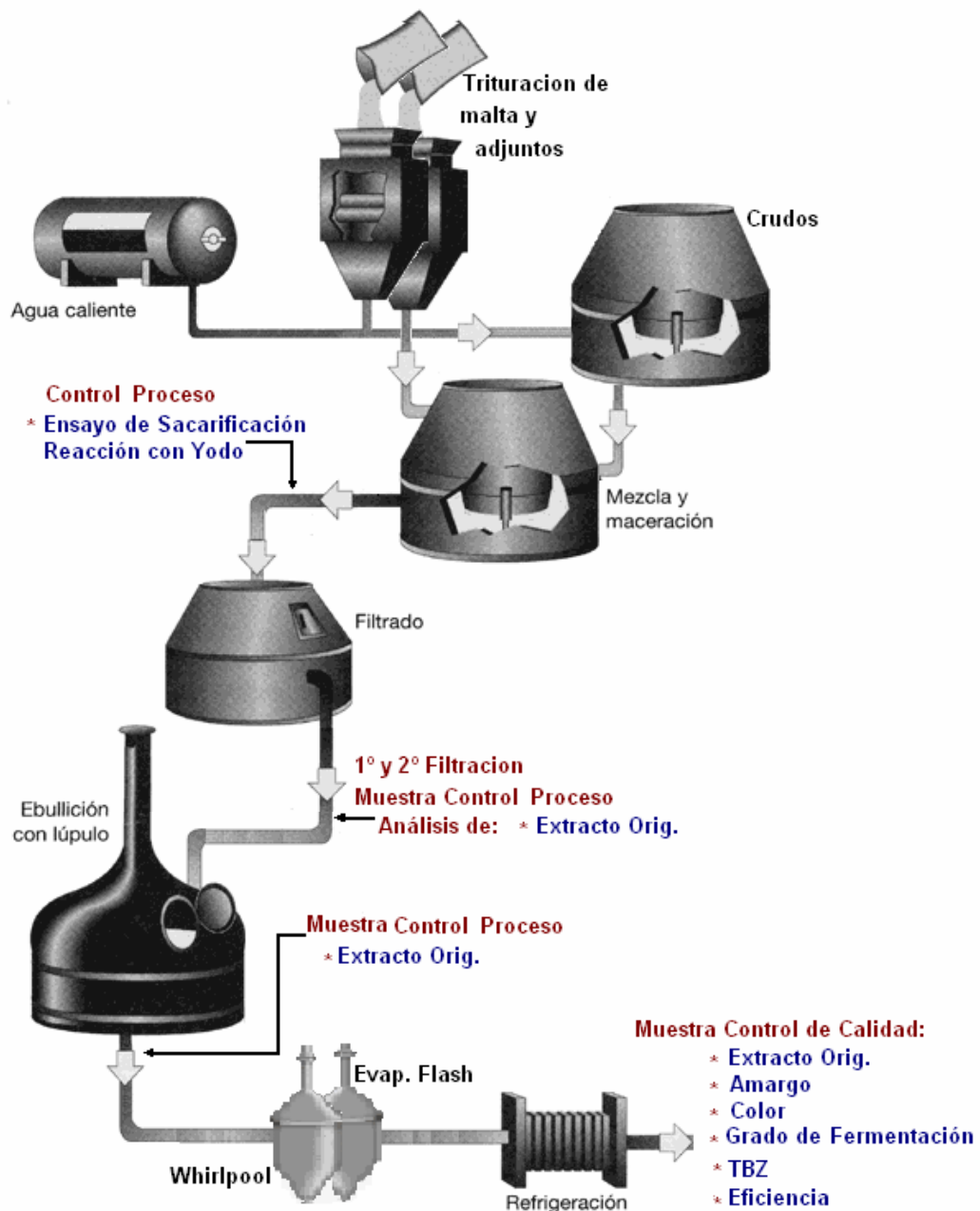
El control fisicoquímico en la nueva cocina tuvo algunas modificaciones que se presentan a continuación. La figura 11 muestra los parámetros que se siguieron.

Figura 11. Control de Calidad en los mostos de la nueva cocina



Ahora con el proceso de presurización se consideró importante la medida del índice del ácido tiobarbitúrico para determinar si en algún caso el cocimiento es sometido a algún estrés térmico, en la figura 11 se muestran los puntos de control.

Figura 12. Puntos de Control en la nueva sala de cocción



La figura 11 y la figura 12 son un complemento para entender el tipo de análisis, el punto de toma de la muestra y la ubicación de los resultados del control establecido. Este control de calidad se llevó durante todo el segundo semestre del 2004

3.1.1 Extracto Original

A cada cochada producida se midió el extracto original; es esta una variable crítica en el control de calidad. Para determinar el extracto original se utilizó el densitómetro digital DSA 48 Anton Paar, y el equipo analiza la densidad y reporta directamente el valor del extracto aparente.

Figura 13. Densitómetro DSA 48 Anton Parar



Debido a la importancia de esta variable, el equipo se calibró cada mes y se confirmó su correcta operación mínimo una vez por semana comparando los valores reportados de la densidad del agua destilada a la altura de Bucaramanga.

Las muestras debían estar completamente desgasificadas y libres de sedimento (filtradas con tierras diatomáceas). El mosto se analizó en el densitómetro digital siguiendo las recomendaciones del fabricante bajo los

instructivos 50819002 Cervezas–Extracto y 50819005 Cerveza - Valores calculados.

3.1.2 DMS y DMS-p (SMM)

El análisis de DMS y DMS-p (SMM) se realizaron para cuatro mostos de la segunda. El objetivo era determinar las concentraciones de estos volátiles que se suponía estarían en menor cantidad después del evaporador flash.

A altas temperaturas el DMS se pudo formar a partir de dos precursores que se produjeron durante la germinación de la malta: la S-metilmetionina (SMM) o el Dimetil Sulfóxido (DMSO). Según la temperatura y el tiempo de aplicación, se puede obtener un mayor o menor contenido de DMS.

Los DMS aún en pequeñísimas cantidades pueden llegar a ser percibidos y es sabido que su concentración aumenta con la cocción. Por eso se tomaron muestras puntuales en zonas específicas de la cocina y se enviaron a análisis de cromatografía de gases, detector FPD (Detector Fotométrico de Llama). Esta prueba se realizó en el Laboratorio Central de la División de Calidad en la ciudad de Bogotá. Se necesita de un análisis bien especializado, ya que los DMS son volátiles y se encuentran en bajas concentraciones dentro del mosto.

3.1.3 Amargor en el mosto

Es una variable importante en el control, y según el programa de calidad se debe realizar mínimo a 6 mostos diarios. Para el análisis de amargo se utilizó el espectrofotómetro Genesys 5 de precisión en la región UV, y celdas de cuarzo de 1cm que no causan interferencia. El análisis de amargo se realizó al mosto frío, e incluyó todos sus componentes extraídos bajo

condiciones ácidas (análisis de mosto ASBC).

Figura 14. Espectrofotómetro Genesys 5



La muestra se diluye en agua destilada a una proporción 1:2 debido a que el mosto tiene una cantidad de sustancias amargas superiores al rango de linealidad entre la concentración y la absorbancia a 275nm.

El procedimiento de determinación de amargo en el mosto se siguió bajo el instructivo 50819011 Determinación de Amargo y 50919806, Calibración de Espectrofotómetros – Calculo de Factores. Los reactivos utilizados para la marcha son el Isooctano como disolvente de los componentes del amargo, el ácido clorhídrico 3N como medio acidificante y el Octanol que se agregó de forma mínima para agotar la espuma. Se agitaron las muestras a 350 rpm por un tiempo mínimo de 30 minutos y se midió la absorbancia de la solución de isoctano a 275nm.

Con base en la Ley de Lambert - Beer

$$Absorbancia = a_{\lambda} \times b \times c \quad (3.1)$$

Donde

a_{λ} = Es la absortividad, un coeficiente característico de la sustancia absorbente una longitud de onda dada.

b = Es la longitud del camino óptico (distancia que atraviesa la luz dentro de la muestra)

c = Concentración de la sustancia absorbente

Se determina una función para el cálculo de la concentración del amargo. Según las recomendaciones del fabricante, se calibró el espectrofotómetro cada tres meses con Cromato de Potasio y se calculó un factor que relaciona la longitud de la celda y la absortividad. Este factor se usó para determinar mas fácil y rápidamente las unidades de amargo (UA) medidas como miligramos por litro (ppm).

La ecuación que se obtuvo fue:

$$UA = Abs_{275nm} \times Factor_1 \quad (3.2)$$

Donde

UA = Unidades de amargo

Abs_{275nm} = Absorbancia a 275 nm

$Factor_1$ = Factor de relación

3.1.4 Intensidad de color en el mosto

Es una característica atractiva para la cerveza. La prueba se hizo en el mosto frío con base al instructivo 50819008 Cerveza - Determinación de color y 50919806 Calibración de Espectrofotómetros – Calculo de Factores. Según el programa de calidad se debió realizar esta prueba a mínimo seis cochadas diarias, filtrando el mosto con tierras diatomáceas hasta una absorbancia de 0.039 a 700nm. Los valores de la intensidad del color se reportaron en °SRM. Se define esta medida como diez veces la absorbancia del mosto en una celda de sílice de ½ pulgada de espesor, con luz monocromática a una longitud de onda de 430 nm. El blanco para la prueba

fue agua destilada y se usó el espectrofotómetro Genesys 5 como equipo de medición.

Para la intensidad del color también debió calcularse un factor de conversión, ya que la medida del color se realizó en celdas de 1cm de espesor que no son las contempladas en la definición de los °SRM. La determinación de este segundo factor se hizo igualmente cada 3 meses usando Cromato de Potasio por recomendaciones del fabricante del espectrofotómetro.

Por lo tanto la intensidad del color ha tenido como ecuación:

$$^{\circ}SRM = 10 \times Abs_{430nm} \times Factor_2 \quad (3.3)$$

Donde

$^{\circ}SRM$ = Grados de intensidad de Color

Abs_{430nm} = Absorbancia a 430nm

$Factor_2$ = Factor de conversión de pulgadas a centímetros

3.1.5 Grado de Fermentación Aparente (GFA)

Un control de la buena conversión de almidones en la elaboración de mosto se llevó a cabo con una fermentación a escala de laboratorio. La prueba de grado de fermentación Aparente hace una comparación de las características de fermentación del mosto y la levadura.

Este análisis hace parte de la rutina del control de calidad, y se realizó diariamente para seis mostos con base en los instructivos 50819002 Cervezas – Extracto y 50819005 Cerveza - Valores calculados, se tomó aproximadamente 0,4L de mosto con una cantidad de levadura adecuada para su fermentación. El proceso se hizo acelerado, con agitación permanente durante seis horas a temperatura ambiente, y al final se filtró la muestra y se analizó en el densitómetro digital con el fin de medir el extracto

aparente.

El grado de fermentación aparente del mosto (GFA) se calculó de la siguiente forma:

$$GRA = 100 \times \frac{E_o - E_A}{E_o} \quad (3.4)$$

Donde

E_o = Extracto Original en °P

E_A = Extracto Aparente en °P

3.1.6 Eficiencia de la cocina

Los proveedores de malta y adjuntos con cada cargamento suministraron un certificado de calidad donde se estipuló el contenido de extracto en la materia prima. Con base en esta información el cervecero de cocinas calculó el extracto original que se esperaba obtener en el mosto, y posteriormente se comparó con el que se obtuvo en el producto a la salida del enfriador. Esta relación de aprovechamiento de la materia prima se reportó en tanto por ciento, y representó la medida más importante de los parámetros técnicos tenidos en cuenta en la cocina.

La eficiencia se calculó a través de la siguiente ecuación:

$$\% Ef = \frac{Ext.Orig. \cdot TEORICO}{Ext.Orig. \cdot REAL} \times 100 \quad (3.5)$$

Donde

$\% Ef$ = Porcentaje de aprovechamiento de extracto de la materia prima

$Ext.Orig. \cdot TEORICO$ = Extracto original calculado para el mosto final

$Ext.Orig. \cdot REAL$ = Extracto original reportado en el análisis del mosto final

La eficiencia se calculó en cada cochada y se reportó diaria y mensualmente.

3.1.7 Estrés Térmico (Índice de Ácido Tiobarbitúrico o TBZ)

Este análisis solo se ha efectuado a mostos de la nueva cocina. El objetivo fue medir el índice de ácido tiobarbitúrico de los mostos preparados en la cervecería para encontrar un indicador de la carga térmica que sufren la malta y el mosto durante el proceso en la cocina.

Con base en el procedimiento 50819070 índice del ácido Tiobarbitúrico –TBZ, la muestra se filtró con tierra diatomácea y evitando la exposición directa a la luz reaccionó a 70 ± 2 °C durante 70 minutos con una solución de ácido tiobarbitúrico 0.02M, acidificado con ácido acético. Se enfrió rápidamente a 20°C y producto de la reacción se transformó en un compuesto de color amarillo al que se le determina la absorbancia en la región visible de 448nm.

Se verificó que la absorbancia de la mezcla tuviera valores entre 0.10 y 0.50 y como blanco se preparó una muestra con ácido acético 90%. Se utilizó el espectrofotómetro Genesys 5 con celdas de cuarzo de 1cm de ancho para medir la absorbancia. El TBZ o TBI se determinó de acuerdo con en la siguiente ecuación:

$$TBZ = (A_M - A_b) \times 10 \times F_3 \quad (3.6)$$

Donde

TBZ = Índice de ácido Tiobarbitúrico

A_M = Valor promedio absorbancia muestra

A_b = Valor promedio absorbancia blanco

10 = Factor de conversión

F_3 = Factor de dilución

Con los parámetros mostrados anteriormente se evalúa el arranque de la nueva cocina hasta que se considera que esta preparada para producir mostos aceptables en la fermentación y producción de cerveza.

3.2 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ANTIGUA COCINA.

Con el sistema de calidad implantado por la empresa, los registros deben establecerse y mantenerse para proporcionar la evidencia de la conformidad en el proceso y deben permanecer legibles, fácilmente identificables y recuperables.

Debido a que el primer sistema de cocción ha sido desmontado, se recurrió a los registros sobre los resultados del control de calidad al mosto, y se hizo una clasificación de los datos con respecto a su cronología y con respecto a las variables de control a analizar.

La información recuperada del primer sistema de cocción se encontraba en los registros 65010032 Mosto de enfriadores - Amargo y Color y 65010033 Mosto de enfriadores - Extracto y Grado de Fermentación Aparente. Estos documentos, igualmente fueron la base para el cálculo de la eficiencia en aprovechamiento de materia prima.

El intervalo en el que se estudió este proceso va desde el primer cocimiento del año 2004 hasta la culminación de su operación en junio del mismo año.

3.3 ACOMPAÑAMIENTO EN LA ESTABILIZACION DEL NUEVO PROCESO DE COCCIÓN DE MOSTO

A comienzos del año anterior se finalizó la construcción de un nuevo proceso de cocción de mosto en la Cervecería de Bucaramanga. El 29 de mayo del 2004 se realizó el primer cocimiento, a partir del cual se inició el proceso de estabilización. Mientras, y transcurrida la puesta en marcha, los análisis de

calidad del mosto frío fueron los mismos de la antigua cocina (numeral 3.1.) y adicionalmente se previnieron fallas en el proceso de fermentación, midiendo el pH y la turbiedad después del enfriador. Otro análisis importante con el que se esperaba determinar el estrés térmico del mosto era el TBZ.

Los equipos usados fueron un pH-metro Schott Handylab calibrado mensualmente según el plan de metrología de la organización, y la turbidez medida en un turbidímetro marca Mettler Toledo, calibrado mensualmente y verificado con ayuda de patrones de la misma casa fabricante. La unidad utilizada en la medida de turbiedad fue la NTU (unidades nefelométricas de turbiedad), definida como la obstrucción óptica de la luz causada por una parte por millón de sílice en agua destilada.

Los puntos adicionales de análisis fueron la salida de la primera filtración y la salida de la olla de cocción. En estos casos se midió el extracto original para conocer la curva de concentración en el proceso. Otro sitio donde se midió el extracto original implicó esta vez el mosto débil (final de segunda filtración), ya que se requería que fuese lo más bajo posible para minimizar las pérdidas de extracto durante el filtrado.

Buscando un fácil manejo de los resultados en el proceso de normalización de la segunda cocina, se creó un archivo especial llamado Análisis de Mostos Nuevos, donde se registró para cada cochada los resultados en cada una de sus etapas, junto con las observaciones del caso. Este archivo se encuentra dentro de la base de datos de control de calidad a cocinas para el año 2004.

3.4 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA NUEVA COCINA BAJO OPERACIÓN NORMALIZADA.

Después que se logró la normal operación de la segunda cocina, continuaron los controles rutinarios de calidad, los cuales fueron archivados dentro de los registros 65010032 Mosto de enfriadores - Amargo y Color y 65010033 Mosto de enfriadores - Extracto y Grado de Fermentación. Estos datos son útiles para la empresa en busca continua de metas de mejoramiento, trazabilidad del producto y como prueba del cumplimiento del sistema de gestión de calidad. Otra prueba especial que se midió en el arranque de la cocina y que desde entonces se viene efectuando a los mostos, es el índice TBZ o TBI, que es un indicador de estrés térmico en el mosto.

Recurriendo a los archivos en medios magnéticos de control de calidad, se formó una base de datos para el nuevo proceso, desde su etapa de arranque hasta el último cocimiento del año el año 2004; herramienta útil ésta en la comparación de las dos cocinas. El trabajo de grado se enfocó en la etapa de elaboración de mosto, ya que es un momento clave en la elaboración de cerveza. La materia prima aporta sus propiedades y se crea un medio con las condiciones necesarias para que la levadura fermente los azúcares formados y se obtenga así una cerveza que conserve los las características especiales de su marca.

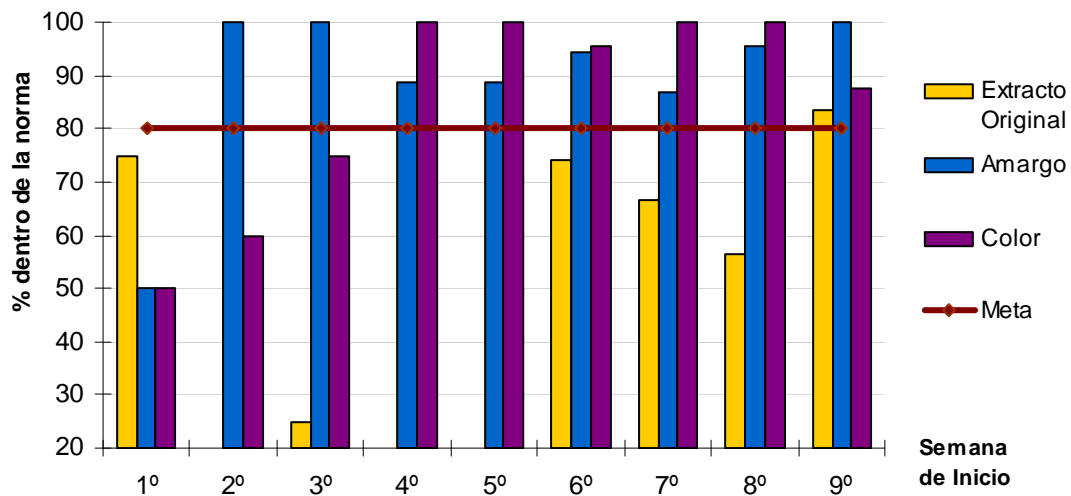
4 RESULTADOS Y ANALISIS

4.1 ESTABILIZACIÓN DEL NUEVO PROCESO DE COCCIÓN

En la nueva cocina el seguimiento de estabilización se llevó a cabo desde el 29 de mayo del 2004, con la primera cochada realizada bajo el cocimiento número 1071 del año, y culminó el día 30 de julio del 2004, con la cochada número 1445 del año. En total fueron nueve semanas de estabilización, cuya meta consistía en lograr que el extracto original, el contenido de amargo y el color estuvieran en un 80% dentro del rango aceptado, y la eficiencia de la cocina fuera superior al 96%.

Cada semana, el número de cocimientos por día iba en aumento hasta alcanzar el ideal de 12 diarios con parada los fines de semana. En la gráfica 4.1. Se presentan los resultados del proceso semana a semana.

Gráfica 4.1. Comportamiento de las principales variables de calidad en mostos de la cocina recién instalada.



Las fechas de las semanas que se enumeran en la gráfica 4.1 se han especificado en el Anexo F.

4.1.1 Variables críticas en la puesta en marcha y estabilización

Debe aclararse que se han enumerado los mostos con base a la secuencia de producción en la nueva cocina y no con respecto al número total de cocimientos en el año, ya que durante esta época también operaba la cocina antigua y sus mostos eran incluidos en los conteos totales del año.

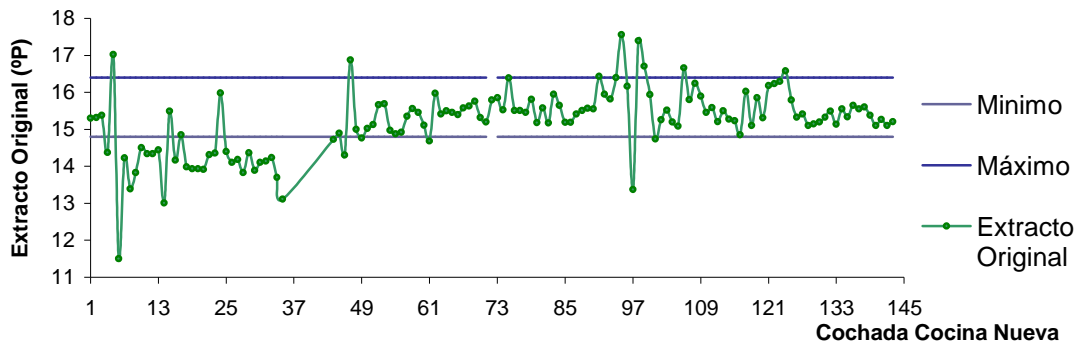
Análisis Básicos

Los mostos deben tener un extracto original de 15.60 ± 0.80 °P, y en la novena semana se alcanza la meta esperada y se obtienen extractos originales con promedio de 15.51 ± 0.32 °P. La mayoría de los valores como se encuentra reportado en la gráfica 4.1 están dentro de la norma.

Es importante destacar que en ésta semana las cochadas que no se encuentran cumpliendo los parámetros estuvieron sobrepasando el límite. Se concluye que el aprovechamiento de materia prima ha sido mayor al esperado.

En la gráfica 4.2 se reportan todos los valores de los extractos desde el inicio de la cocina. Al comienzo, mientras el personal se adaptaba al manejo de las nuevas condiciones los extractos fueron bastante variados, pero a partir de la cochada 50 la tendencia a estar dentro de los valores permitidos se hace más marcada.

Gráfica 4.2. Comportamiento del extracto original en los nuevos cocimientos

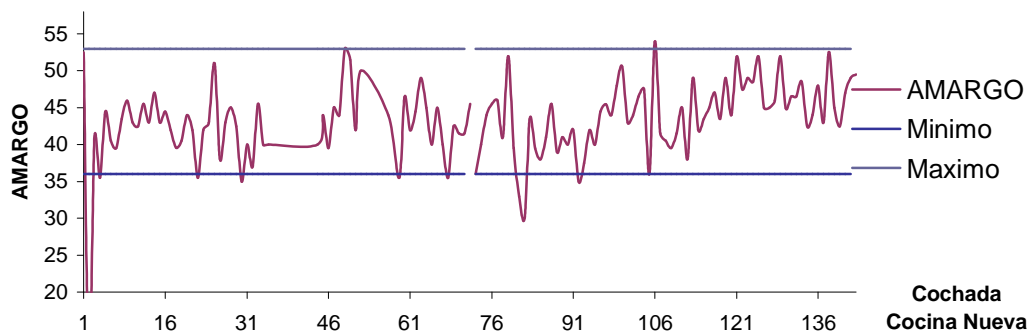


CANTIDAD DE AMARGO

A partir de la segunda semana de operación se alcanza un nivel del 100% dentro de la norma. Calibrando el espectrofotómetro y usando la ecuación (3.2) se obtuvo un factor de relación de 50 mg/l. La gráfica 4.3. permite hacer un seguimiento en las nueve semanas. Las unidades de amargo debían ser 44.5 ± 8.5 UA. En la ultima semana se presentaron con un promedio de 47.0 ± 2.5 , con el 100% en norma.

La rapidez con que las unidades de amargo entran en norma hace concluir que las medidas tomadas para el aprovechamiento de los alfa-ácidos han sido efectivas.

Gráfica 4.3. Comportamiento del amargo en los nuevos cocimientos

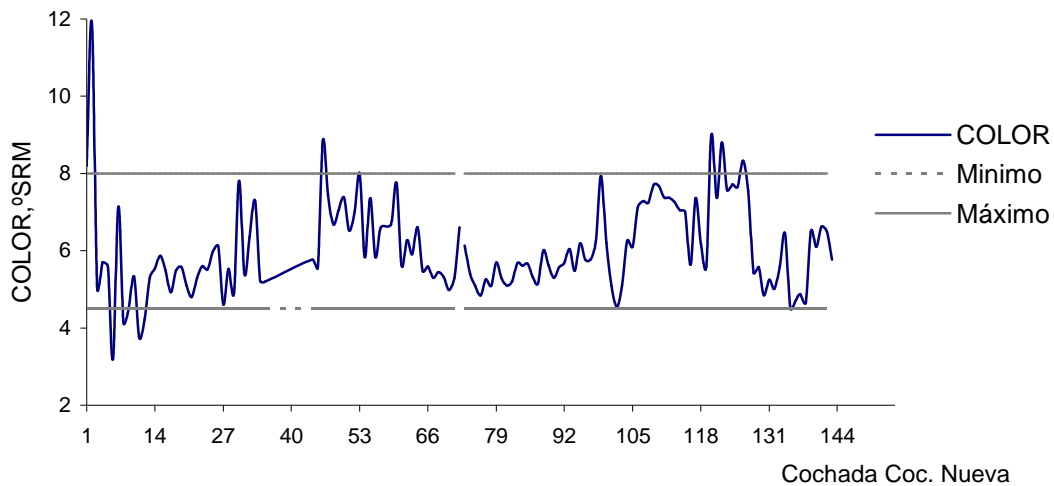


COLOR

El comportamiento del color no presentó desviaciones fuertes desde la cuarta semana de operación. Dicho parámetro depende principalmente de la malta usada y ésta a su vez deriva sus propiedades del proceso del malteado y del cultivo de cebada que proviene. La malta que se usó era de óptima calidad, de modo que regular la intensidad de color en el mosto fue posible con relativa facilidad.

El manejo de la intensidad de color en el mosto ha sido bueno. En la gráfica 4.4 se presentan los resultados obtenidos para los mostos de estabilización con base en los cálculos realizados con la Ecuación (3.3), con un factor calculado de 1.27 en el espectrofotómetro para la intensidad de color.

Gráfica 4.4. Comportamiento del color en los nuevos cocimientos



Según las especificaciones de calidad, el color debe tener una intensidad en un rango de 6.3 ± 1.8 . En la novena semana se obtuvo un rango promedio de 6.4 ± 1.2 . Para las semanas 7 y 8 el comportamiento del color estuvo mucho mejor que en la última, aunque en ésta semana los mostos que no cumplían esta norma se presentaron por tener mayor intensidad de color,

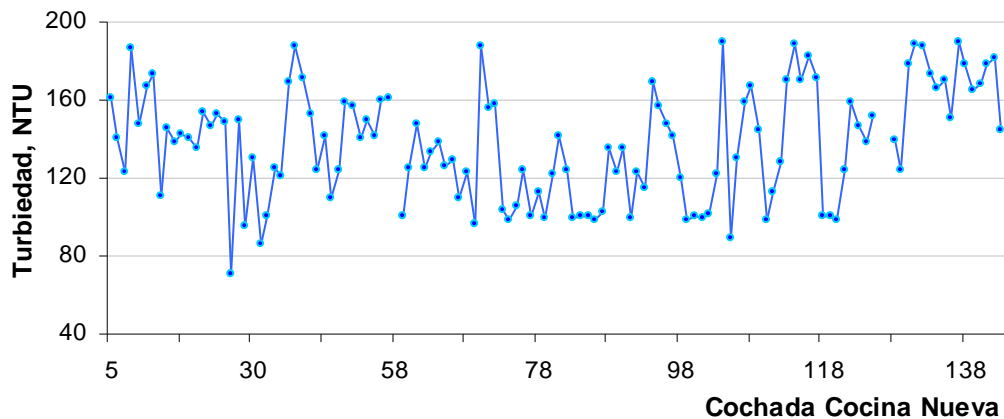
posiblemente debido a mayores periodos de cocción. La variable fue fácilmente normalizada, mezclando en la fermentación los mostos más oscuros con otros claros.

ANÁLISIS ESPECIALES

TURBIEDAD Y pH

Estas dos tendencias de turbiedad y pH en el mosto de enfriadores son presentadas en las graficas 4.5 y 4.6 respectivamente. La turbiedad se esperaba menor a 380 NTU y su medida fue importante porque permitió estimar la concentración de sólidos suspendidos totales no eliminados como trub en el tanque sedimentador

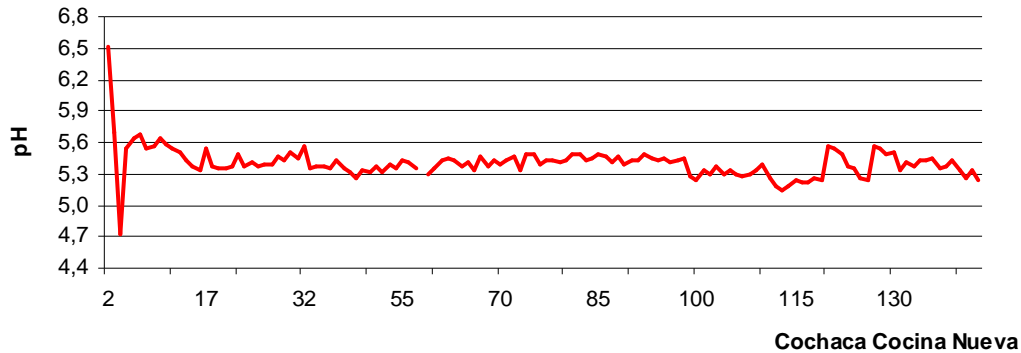
Gráfica 4.5 Turbiedad en mostos durante el arranque de la nueva cocina



El pH en el mosto se debe mantener entre 5.0 y 5.7, que son los valores en los cuales la alfa-milasa y la beta-milasa tienen sus rangos óptimos de operación.

El pH del mosto se presenta en la gráfica 4.6 y se reguló fácilmente con la adición de ácido fosfórico al 10%.

Gráfica 4.6. Comportamiento del pH en mosto durante la estabilización



EXTRACTO EN PUNTOS DE CONTROL PROCESO

En la olla de filtración se tomaron dos análisis, el extracto original de la primera filtración y el extracto original de la segunda filtración. En la olla de cocción se midió la misma variable, siguiendo el comportamiento de la concentración del mosto a medida que transcurre el proceso.

Durante la cocción del mosto, el cumplimiento de los tiempos de descanso y cocción es el mecanismo que proporciona la pauta de continuidad en el proceso. Después de que cada olla cumpliera su ciclo, para verificar la acción de las enzimas, se tomó una muestra y se analizó su extracto original. Estos procedimientos hicieron parte del control del proceso (no confundir con el control de calidad al mosto).

Un detalle importante en el presente análisis es que el extracto, al final de la olla de cocción se esperaba de similares características al de enfriador de mosto, pero se advirtió una disminución por los efectos en el descenso de la temperatura y remoción del trub. En promedio se perdió 0.11 °P por cochada en el arranque. En la tabla 4.1 fueron registrados los valores promedio obtenidos desde la semana cuatro a la nueve.

Tabla 4.1. comportamiento de la concentración del mosto a lo largo del proceso

Semana	Mosto Primera filtración [°P]	Mosto segunda Filtración [°P]	Mosto final de cocción [°P]	Mosto de enfriadores [°P]
4	17,43	1,58	14,70	14,32
5	17,50	2,23	13,52	13,95
6	18,90	1,31	15,34	15,25
7	19,20	1,14	16,09	15,72
8	18,85	0,99	15,77	15,56
9	19,18	1,00	15,57	15,51

La concentración que traía el mosto de la primera filtración se pierde al mezclarse en la olla de cocción con una parte del mosto débil (final segunda filtración).

Es positivo que la concentración de la segunda filtración sea baja, ya que significa que el extracto que ha permanecido en el afrecho es bajo. Los valores aceptados de extracto en el mosto débil fueron ≤ 1.0 °P. Esta meta se logró para la octava semana en adelante.

INDICE DE ÁCIDO TIOBARBITURICO (TBZ O TBI)

Los análisis del índice de Ácido tiobarbitúrico (TBZ) para el periodo de puesta en marcha no fueron representativos del sistema, ya que errores humanos en la técnica desviaron los resultados.

El TBZ se calculaba a través de la ecuación (3.5); la falla se presentó en la

determinación del factor de dilución F_3 . Durante la marcha se diluyó el mosto para que el producto de la reacción tuviera una absorbancia de 0.10 a 0.50. En este sentido, se requería diluir con agua destilada el mosto hasta obtener en él la absorbancia de 0.10 a 0.50. Por esta razón el factor de dilución usado no fue el correcto.

Debido a que esta técnica es una prueba empírica que se realizaría por primera vez en la cervecería, el error se detectó al comparar los resultados de este análisis con otras cocinas del grupo empresarial de condiciones similares a las de la cervecería de Bucaramanga.

Más adelante durante el periodo de operación estable de la segunda cocina, se realizó este análisis correctamente y sus resultados son presentados en el numeral 4.3

4.1.2 Culminación del periodo de estabilización

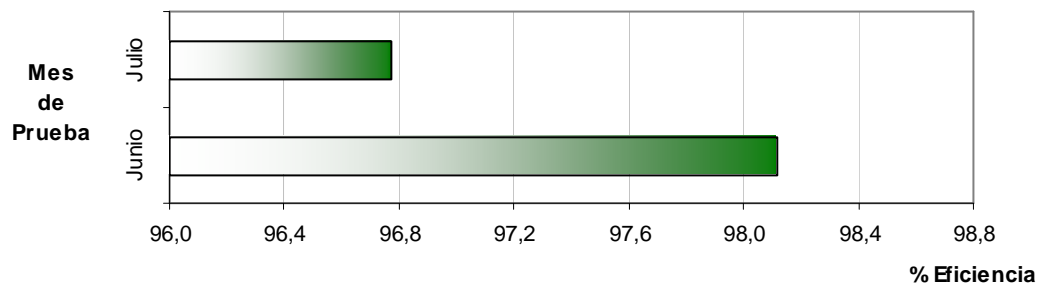
Después de 9 semanas de funcionamiento se regularizan las operaciones en la segunda cocina y se abandona por completo el modo de cocción de mosto de años atrás.

El periodo de estabilización de la segunda cocina culminó con un 83.3% de los extractos dentro de la norma, un 100% de las unidades de amargo dentro de las proyecciones esperadas y un 87.5% de la intensidad del color en norma. El pH del mosto ha presentado valores normales y la turbidez del mosto frío es baja.

Sin embargo se esperaba que la eficiencia, con un 96.7% en aprovechamiento de materia prima, continuara en ascenso hasta alcanzar la meta del 99,1% promedio mensual.

A continuación en la gráfica 4.7 se presentan los resultados de las eficiencias mensuales correspondientes a la etapa de puesta en marcha.

Gráfica 4.7. Eficiencia de la cocina en los meses de prueba



4.2 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DE CALIDAD EN LAS DOS COCINAS

Después de haber alcanzado en la nueva cocina unas condiciones adecuadas de operación, se efectúa el tercer y último paso, la comparación de los resultados de operación

4.2.1 Extracto Original y Grado de Fermentación

Dentro del proceso cervecero en la fábrica de Bucaramanga, el mosto se prepara con una relación de un 65% en extracto de malta y un 35% en extracto de adjuntos.

Con respecto al extracto original la meta es 15.6 ± 0.8 y para el grado de fermentación es de 75.4 ± 3.5 .

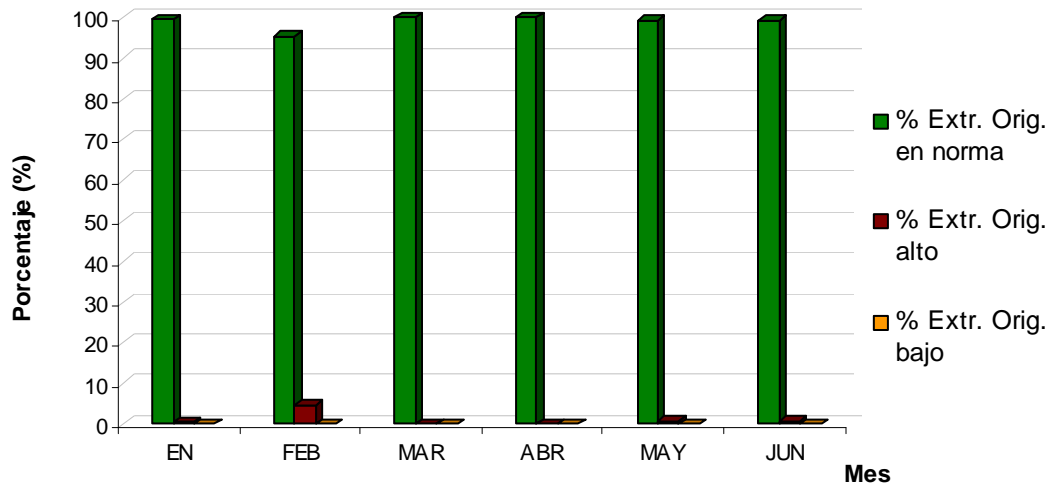
En el primer semestre del 2004 la cocina antigua produjo mostos con un promedio de 15.47 °P de Extracto Original y 77.38 de Grado de Fermentación Aparente. Para el segundo semestre del 2004 la nueva cocina produjo mostos con un promedio de 15.74 °P de Extracto Original y 76.32 de

Grado de fermentación aparente.

Los mostos de la cocina nueva tuvieron mejor extracto, este aspecto mejoró las características de la cerveza, la cual obtuvo mayor cuerpo y sabor. Se esperaba que su rendimiento en extracto mejorara un poco más a medida que el personal se familiariza con los nuevos equipos.

Con respecto a la primera cocina, por ser un sistema que llevaba cincuenta años de operación, el proceso de elaboración de mosto estaba muy bien enfocado y las características del producto eran muy parejas, algo realmente favorable para un producto que debe conservar siempre sus mismas condiciones organolépticas para el consumidor. En la gráfica 4.8 se muestra que la primera cocina a través de los años logró una estandarización muy puntual.

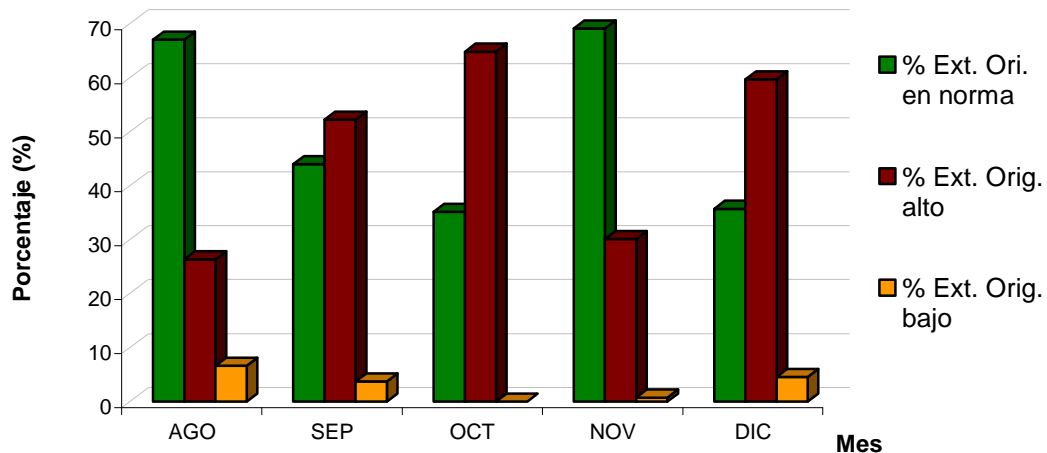
Gráfica 4.8 Porcentaje de extracto original dentro de la norma para mostos de la antigua cocina



Después de la normalización, la cocina nueva presentó una tendencia a tener mostos de extractos altos, lo que repercutió en aspectos positivos y negativos. Una ventaja de estas condiciones era que con la misma materia

prima antes usada se obtuvieron mostos más ricos en extracto.

Gráfica 4.9 Porcentaje de extracto original dentro de la norma para mostos de la antigua cocina



Una buena cantidad de extracto brinda mas cuerpo a la cerveza, pero se debe tener en cuenta que el producto es una marca especifica, con unos parámetros fisicoquímicos establecidos, debiendo ser similares sin importar donde ocurra el proceso.

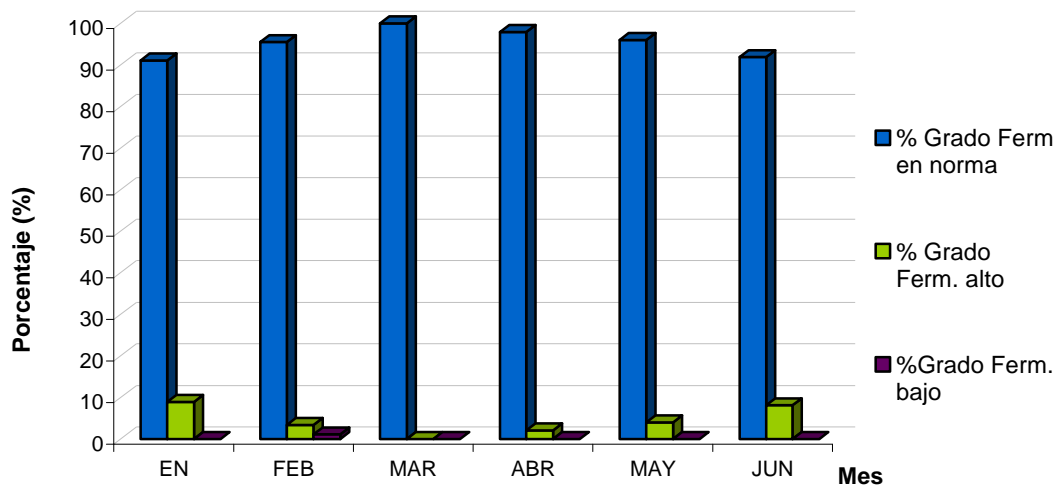
Para evitar desviaciones, se realizó un ajuste en la cantidad de materia prima ya que el mayor extracto pudo haber representado un ahorro de materia prima.

GRADO DE FERMENTACION APARENTE

Basados en la Ecuación (3.4) se calculó el grado de fermentación en los mostos de ambas cocinas. En la gráfica 4.10 se ilustra el comportamiento de ésta variable en la antigua cocina. Sus mostos tuvieron un alto grado de precisión en la fermentación, y la adaptación de la levadura a este tipo de

cochadas se consideró adecuada, con casi un 100% de los análisis dentro de la norma.

Gráfica 4.10 Comportamiento del Grado de Fermentación en la cocina antigua



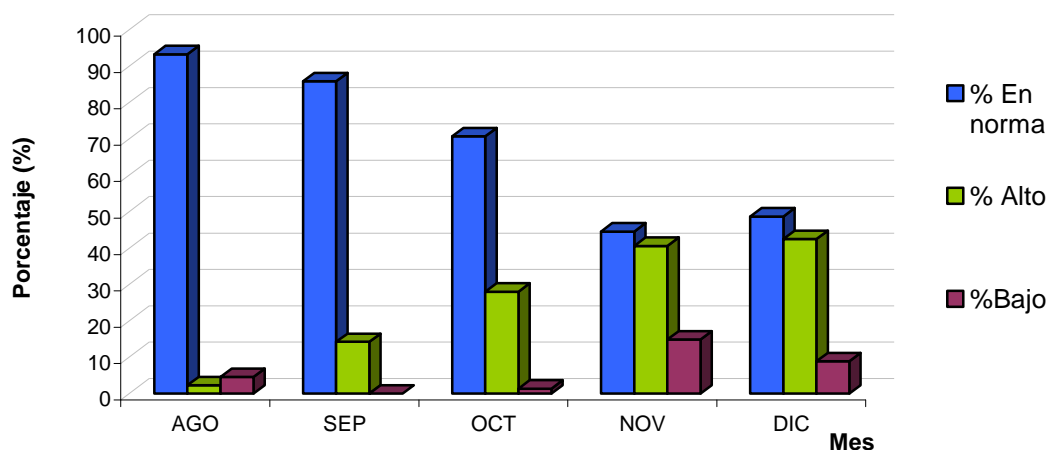
Para obtener una buena cerveza, el mosto y la levadura deben acoplarse perfectamente el uno al otro. Con un proceso tan estable como la antigua cocina, la levadura logró adaptarse con facilidad a los mostos producidos.

Habiéndose advertido que la nueva cocina estaba presentando extractos originales altos, se supuso que la concentración mayor de azúcares fermentables favorecería el incremento de alcohol y un alto grado de fermentación.

Al analizar las graficas 4.10 y 4.11, el comportamiento entre estas dos variables no se consideró vinculado del todo. En el mes de noviembre el extracto original se mostró cercano a los rangos deseados y sin embargo el grado de fermentación continuó su tendencia a excederse. Al analizar la cerveza termina se encontró que la fermentación y el grado de alcohol no excedieron los limites, por lo que se cree que en los resultados del grado de

fermentación aparente pueden existir errores humanos, ya sea en la recolección de la muestra, por los largos tiempos entre la toma de la muestra y el montaje del análisis o simplemente porque la levadura no tuvo las condiciones adecuadas de humedad y enfriamiento.

Gráfica 4.11 Comportamiento del Grado de Fermentación en la nueva cocina



Amargo y color en el mosto

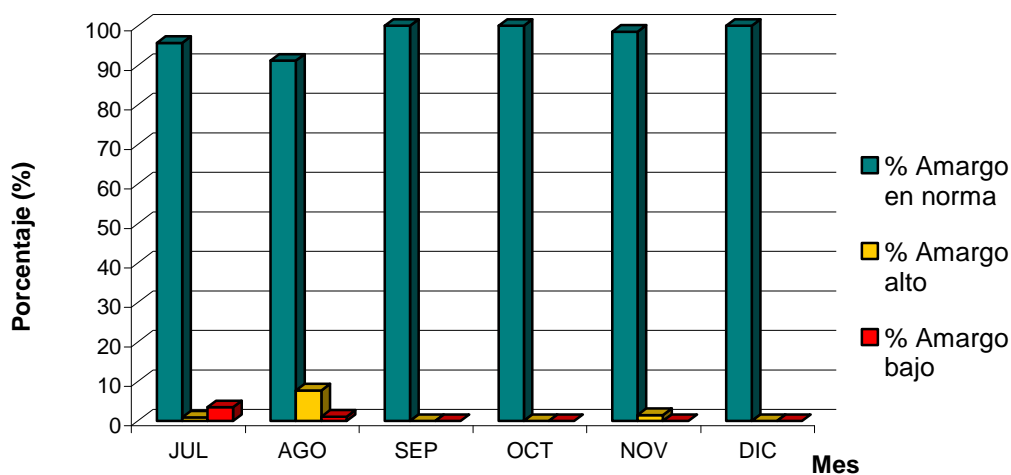
Con respecto a las Unidades de Amargo la meta es 44.5 ± 8.5 UA y para la intensidad del color 6.2 ± 1.8 °SRM.

En el primer semestre del 2004 la cocina antigua produjo mostos con un promedio de 45.8 UA y 5.7 °SRM de color. Para el segundo semestre del 2004 la nueva cocina produjo mostos con un promedio de 47 UA y 5.5 °SRM de color.

El mejor aprovechamiento del amargor en la segunda cocina se debe a sus ciclos de presurización durante la cocción, lo que permite un mejor rendimiento en la cocción e isomerización de los alfa-ácidos.

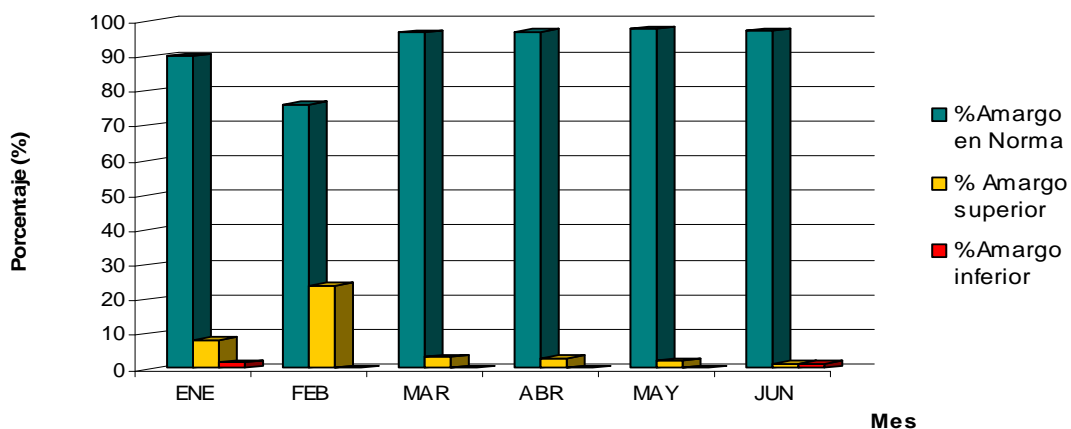
A continuación se muestra en la gráfica 4.12 que los amargos han podido normalizarse rápidamente sin perturbaciones significativas y con altos rendimientos.

Gráfica 4.12 Comportamiento del amargo en la nueva cocina



Como indica la gráfica 4.12, en términos generales el amargo correspondiente a los mostos del primer semestre ha producido resultados positivos en éstos aunque también era frecuente la aparición de mostos con extractos altos no deseables.

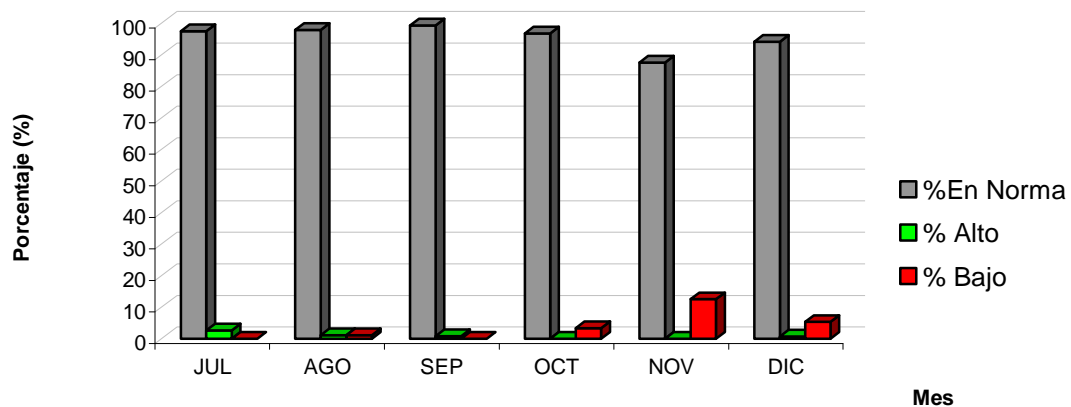
Gráfica 4.13 Comportamiento del Amargo en mostos de la cocina antigua



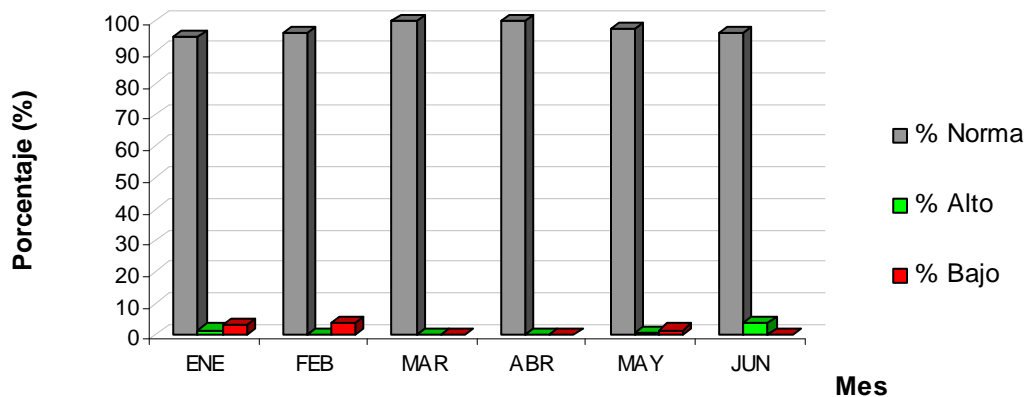
La cocina antigua presentó un menor valor promedio de amargor, aunque gran cantidad de mostos con unidades de amargo en exceso, de lo que se concluye que la tendencia era producir mostos dentro del valor limite inferior del rango.

En las graficas 4.14 y 4.15 se aprecia que el comportamiento del color es casi idéntico. La intensidad de éste en la cerveza proviene en gran medida de la materia prima y en menor grado de las diferencias entre los procesos.

Gráfica 4.14 Intensidad del color en mostos de la cocina nueva



Gráfica 4.15 Intensidad de Color en mostos de la cocina antigua



Con respecto al color, ésta es una cualidad que aporta la malta a cada cocimiento. En ambos sistemas los resultados son similares porque el tipo de malta usado es el mismo; sin embargo la primera cocina tuvo mejores valores de color debido a que en la segunda, los ciclos presurizados aceleran la cocción del segundo sistema, y además acortan el tiempo necesario para que los pigmentos de la malta pasen al mosto. Los resultados de este análisis se verán en las graficas 4.14 y 4.15.

4.2.2 Índice de Ácido Tiobarbitúrico

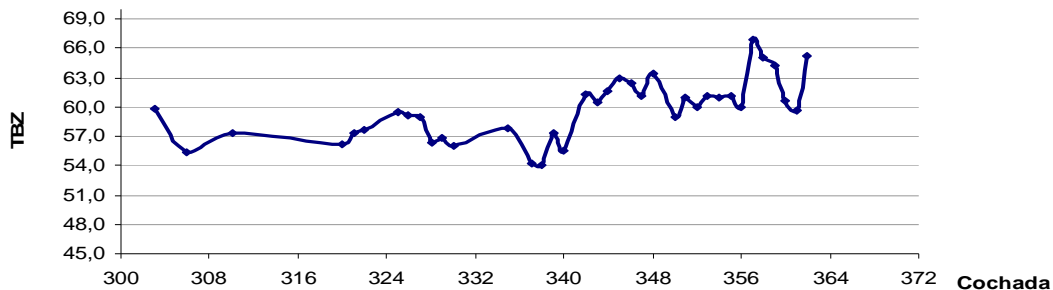
Este índice es una dimensión que abarca una gran cantidad de productos de las reacciones de Maillard, responsables del sabor y color de las proteínas. El índice TBZ se utilizó para determinar la estabilidad del sabor que hubiera podido ser afectado por un estrés térmico, causante además de cambios en las proteínas del mosto, debido a las reacciones de Maillard.

Es un nuevo análisis que desde el segundo semestre del 2004 se viene realizando en la actual cocina, pero que no se tuvo en cuenta durante la estabilización del proceso a causa de errores en la medición.

A través de la experiencia en otras cervecerías de la organización, se determinó que índices de TBZ menores a 70,0 garantizan cervezas con sabor estable, es decir, no se han sometido a una sobrecocción que afecte negativamente a las proteínas disueltas.

Los resultados de TBZ se obtuvieron a partir de la ecuación (3.5). El índice de ácido tiobarbitúrico en 35 mostos del mes de septiembre del 2004 se muestra en la gráfica 4.14. A partir de esta fecha se realizó la corrección de la marcha analítica y desde entonces los resultados son satisfactorios.

Gráfica 4.16 TBZ en mostos del mes de Septiembre



El procedimiento se corrigió de la siguiente forma:

La muestra se filtró con tierra diatomácea y se diluyó con agua destilada en una proporción 1:20. A estas condiciones el mosto presentaba absorbancias entre 0.10 y 0.50, como se requiere para que el producto de la reacción se obtenga una concentración dentro de la zona de linealidad con la absorbancia.

Evitando la exposición directa a la luz durante 70 minutos en un baño termostataado a 70 ± 2 °C, se hizo reaccionar el mosto rebajado con el ácido tiobarbitúrico 0.02M acidificado con ácido acético. EL blanco usado fue ácido acético al 90% sometido a las mismas condiciones de las muestras. Se enfrió rápidamente la muestra a 20°C y se determinó su absorbancia en la región visible de 448nm.

A medida que ha pasado el tiempo la estabilidad de los mostos ha aumentado, ya que el promedio de TBZ entre los meses de octubre y diciembre disminuyó a 49.937

4.2.3 Eficiencia de la cocina

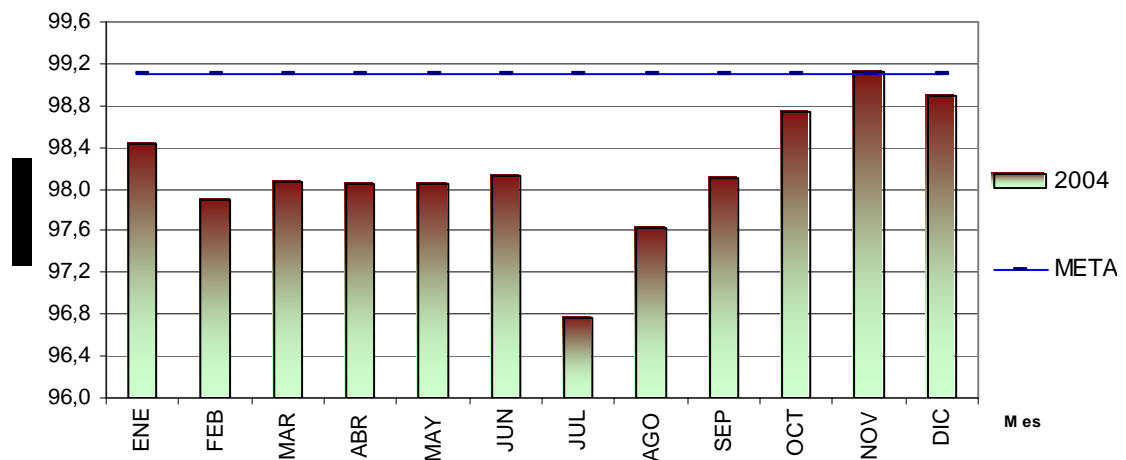
La nueva cocina tiene altas eficiencias porque combina las ventajas de la

ebullición bajo los dos sistemas de presión. Los cocimientos cumplen ciclos inicialmente a presión atmosférica, para ir aumentando después, hasta alcanzar un máximo de 300 milibares, donde a través de una válvula se libera el vapor acumulado, para descender nuevamente a los niveles de presión iniciales.

Por un lado el sistema de ebullición a presión permite que por cada 4°C de aumento en temperatura, el tiempo de ebullición se reduzca a la mitad preservando los nutrientes en mezcla. Por otro lado, la ebullición a presión atmosférica permite una buena extracción e isomerización del lúpulo, así como la eliminación de volátiles no deseados.

Mientras, la antigua cocina, por haber sido de operación semiautomática, disponía de un diseño que no permitía hacer cambios para mejorar las propiedades de sus mostos.

4.17 Comportamiento de la eficiencia en año 2004



Durante el primer semestre del 2004 el proceso había estado exigido al máximo, y la eficiencia mas alta que se obtuvo fue de 98.43%. Como se esperó para el nuevo sistema, la eficiencia fue creciendo de 96.77% hasta superar le meta trazada por la organización, llegando a 99.13%. Es decir

que, después de todo su proceso de cocción y enfriamiento, en el mosto, por cada 100 Kg. de extracto en materia prima, se aprovechan 99.13 Kg. para el mosto.

En promedio, durante el segundo semestre hubo un 0.2% más de aprovechamiento en materia prima por cochada. Considerando que en cada cocimiento se gasta entre malta y adjuntos cerca de diez toneladas. Se estima que durante el 2004, en cada uno de los 1046 cocimientos del nuevo sistema, hubo un ahorro en materia prima de 20Kg. En total durante el segundo semestre se calculó un ahorro de 20920 Kg. de Extracto en materia prima.

4.2.4 Dimetil Sulfuro (DMS)

Estos análisis buscaban demostrar que el evaporador flash ha sido útil en la eliminación de las trazas de DMS. El equipo se encuentra en la fase de complementar el proceso de remoción de sustancias innecesarias. Dentro del evaporador, el mosto a altas velocidades se impulsa tangencialmente mientras se somete a 300 milibares de vacío.

Se esperaba que estos cambios bruscos de dirección y de presión fueran suficientes para separar los volátiles no deseados del mosto, entre ellos el DMS y sus precursores.

La concentración de DMS puede llegar a ser percibida en el paladar hasta los 30ppb. Como se supuso, durante la cocción se presentaron las mayores cantidades de DMS (mosto paila llena y mosto final). En todo el proceso en caliente la S-metilmetionina (SMM) iba produciendo Dimetil Sulfuro, el cual fue eliminado en el tanque sedimentador y en el evaporador flash hasta concentraciones no detectadas. La cantidad de SMM que aun existía no afectaba al sabor ya que es un producto insípido. Tampoco se esperó que se convirtiera en DMS puesto que la reacción ocurre a altas temperaturas y el

proceso siguiente en la producción de cerveza es la fermentación, la cual se realiza alrededor de los 10°C.

La tabla 4.7 Muestra los resultados presentados por el Laboratorio de División de Calidad bajo la técnica de cromatografía de gases detector FPD.

Tabla 4.2 Concentración de DMS y DMS-p durante el proceso de cocción

Nº Cochada	DMS [ppb]	DMS p-(SMM) [ppb]
MOSTO FRIO		
208	0,000	0,000
209	0,000	0,000
210	0,009	0,000
211	0,015	0,000
MOSTO WHIRLPOOL		
208	0,000	0,000
209	0,008	0,000
210	0,000	0,009
211	(*)	(*)
MOSTO FINAL		
208	0,000	0,008
209	0,000	0,008
210	0,000	0,023
211	(*)	(*)
MOSTO PAILA LLENA		
208	0,077	0,300
209	0,000	0,026
210	0,009	0,160
211	0,006	0,105
(*) Mostos que no han podido ser analizados por presentar indicios de fermentación		

5 CONCLUSIONES

1. El primer sistema de cocción se encontraba muy bien estandarizado, permitía producir mostos con características idénticas entre una cochada y otra, siendo esto importantísimo para la identidad de la marca. La cocina, en general producía una muy buena calidad de mosto, pero desafortunadamente el proceso se encontraba al límite de su productividad y este nivel no era suficiente para las proyecciones de expansión que tiene la organización.
2. Si se compara la cantidad de extracto recuperado en el nuevo sistema, representado en una mayor eficiencia, y teniendo en cuenta que cada cocimiento es de 450HI, los ahorros económicos y energéticos resultan bastante altos; y esto es gracias a que la cocina combina las ventajas de la ebullición bajo los dos sistemas de presión. Por un lado el sistema de ebullición a presión permite que por cada 4°C de aumento en temperatura, el tiempo de ebullición se reduzca a la mitad, preservando los nutrientes en mezcla. Por otro lado, la ebullición a presión atmosférica permite una buena extracción e isomerización del lúpulo, así como la eliminación de volátiles no deseados
3. El Grado de Fermentación Aparente aun no se ha logrado optimizar en la nueva cocina. En este sentido se cree que existen errores repetitivos en la marcha del análisis, ya que el producto terminado no presenta ningún problema con este parámetro.
4. A pesar de que los DMS son perceptibles en un rango de 30 a 60 ppb el

sistema de cocción resulta efectivo ya que desde la olla de cocción hasta el mosto frío se logra eliminar del 87 al 100% de la concentración de DMS y sus precursores. En el intervalo entre el tanque sedimentador y el enfriador se elimina la cantidad de DMS hasta hacerlo imperceptible, y al final aun quedan pequeñas concentraciones de SMM, pero no afectan al sabor. Esto es debido a que son insípidos, y porque las altas temperaturas en las que se convierte a DMS ya han terminado, el mosto de enfriadores esta a una temperatura cercana a los 9°C listo para la fermentación.

6 BIBLIOGRAFIA

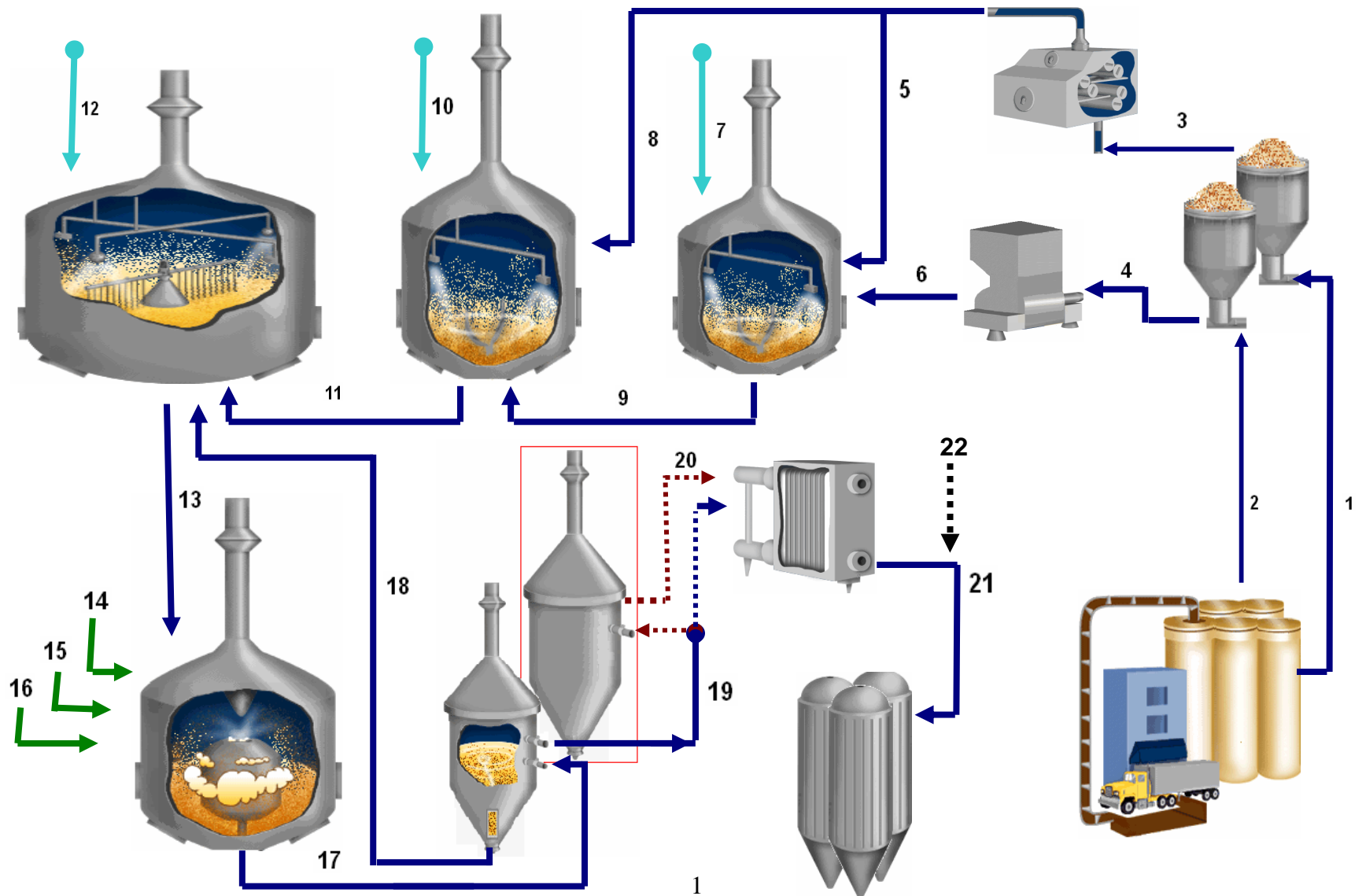
1. AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS. Report of Subcommittee on Accuracy of formula for Calculating Original Gravity. Proc. 1942, p.126.
2. AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS. Methods of Analysis. Beer-6. 1978.
3. AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS. Tables Related to determinations on Wort, Beer and Brewing sugars and Syrups. The Society. St. Paul, MN.
4. AMERICAN SOCIETY BREWING CHEMISTS. Report of Subcommittee on Color in Beer. Proc.1950, p.193.
5. AMERICAN SOCIETY BREWING CHEMISTS. Report of Subcommittee on Determination of Isohumulones in Beer. Proc.1967, p.269; Proc 1968, p.260.
6. MASTER BREWERS ASSOCIATION OF AMERICAS. El Cerveceros en la Práctica. 3 ed. México: 2002, p. 486
7. www.cerveceros1060.com.ar/club/index.htm.

7 ANEXOS

Anexo A. Semanas de estabilización de la actual cocina

SEMANA	FECHA
1º Semana	1 al 6 de junio / 04
2º Semana	7 al 13 de junio / 04
3º Semana	14 al 20 de junio / 04
4º Semana	21 al 27 de junio / 04
5º Semana	29 junio al 4 de julio / 04
6º Semana	5 al 11 de julio / 04
7º Semana	12 al 18 de julio / 04
8º Semana	19 al 25 de julio / 04
9º Semana	26 julio al 1 de agosto

Anexo B. Esquema del proceso de cocción.



Anexo C. Corrientes del transporte, pesaje y molienda de la materia prima.

Línea	Etapas	Primera Cocina	Segunda Cocina
1	Malta transportada de los silos de almacenamiento a la tolva dosificadora	por elevador de cangilones	por elevador de cangilones
2	Transporte y almacenaje de los adjuntos	Arroz transportado y almacenado en bultos	Arroz transportado por elevador de cangilones y almacenado en tolva
3	Molienda y dosificación de la malta	Molienda en seco Molino de 5 masas, 3 pares de rodillos Marca Buhler.	Extractor de polvo Molienda húmeda Molino de tres rodillos marca Hulman
4	Molienda y dosificación de adjuntos	El adjunto llega a la cervecería molido y empacado	Molino de Martillos marca Ziemann

Anexo D. Características de las cocinas en maceración y filtración.

Línea	Etapa	Primera Cocina	Segunda Cocina
5	Entrada de malta a la olla de crudos. 5-10% de la molida para el cocimiento.	Operada en olla de hierro	Operada en olla de acero inoxidable
6	Entrada de adjuntos (arroz) a la olla de crudos	Se dosifica molido en bultos	Se dosifica de la tolva dosificadora
7	Agua caliente en la cocción de adjuntos	Olla de crudos presión atmosférica	Presurización dinámica presión máxima en crudos 220 milibares
8	Entrada de malta a la olla de mezclas del 90 al 95% restante de la molienda	Malta molida seca	Malta molida humedecida
9	Salida de la olla de crudos y entrada a la olla de mezclas	Capacidad olla de hierro crudos 100HI	Capacidad olla de crudos 200HI
10	Agua caliente para cocción de la malta en la olla de mezclas	Olla de Hierro presión atmosférica	Olla en acero inoxidable Presurización dinámica. Máximo 300 milibares
11	Salida de mosto dulce de la olla de mezclas hacia la filtración	Capacidad cercana a 200HI	Capacidad cercana a 400HI

12	Agua caliente en el lavado en la filtración	Agua de lavado usada en la segunda filtración	Agua de lavado usada en la segunda filtración
13	Salida de mosto filtrado a la olla de cocción y eliminación del afrecho como subproducto	Se recupera una parte del agua de lavado que va a la olla de cocción	Se usa el 20% de la segunda filtración para lavado de la siguiente cochada y el 80% va a la cocción de mosto

Anexo E. Características de las cocinas en olla de cocción

Línea	Etapa	Primera Cocina	Segunda Cocina
14	Dosificación de Lúpulo por intervalos durante la cocción del mosto	Dosificación manual, aprox. 84% en pellets 16% en extracto	Dosificación con sistemas de control 87% en pellets 13% en extracto
15	Dosificación de Yeso	Manualmente en olla de Crudos, Cocción y mezclas. En total aprox. 8 Kg. /cochada.	Manualmente en olla de Crudos, Cocción y mezclas En total aprox. 15 Kg./cachada
16	Dosificación de ácido fosfórico 10 %	Dosificación manual en ollas de Crudos, Cocción y mezclas. En total aprox. 13 Kg.	Dosificación controlada en ollas de Crudos, Cocción y mezclas aprox. 25Kg

Anexo F. Mecanismos de eliminación del trub.

Línea	Etapa	Primera Cocina	Segunda Cocina
17	Salida del mosto de cocción a el tanque sedimentador	Olla de cobre a presión atmosférica Capacidad aprox. 220 HI.	Olla en acero inoxidable Presurización dinámica. Desde 30 minutos a presión atmosférica hasta Máximo 300 milibares Capacidad aprox. 440HI
18	Recirculación de sedimento del tanque sedimentador Tiempo de descanso dentro del tanque de 30 minutos aprox.	Se sedimenta el trub y se agrega a la filtración del mosto para recuperar amargos	Se sedimenta el trub y se agrega a la filtración del mosto para recuperar amargos
19	Línea de salida del tanque de sedimentación para proceso de enfriamiento	entra al enfriador de mosto a unos 98°C	Antes del enfriador entra al evaporador flash
20	Salida del evaporador flash Presión de vacío aprox. de 300 milibares	No estuvo incorporado	Con el mismo efecto remolino del sedimentador desprende los elementos volátiles no deseados

Anexo G. Especificaciones del enfriamiento.

Línea	Etapa	Primera Cocina	Segunda Cocina
21	Salida del enfriador de mosto donde ha alcanzado todas las características para una correcta fermentación	Al mosto entre 7 °C y 9 °C es oxigenado, se le agrega levadura para fermentar en cavas	Al mosto entre 7°C y 9°C es oxigenado, se le agrega levadura para fermentar en unitanques
22	Inyección de aire estéril para oxigenación	Se inyecta aire para permitir desarrollo levadura y fermentación en cavas	Se inyecta aire para permitir desarrollo levadura y fermentación en unitanques de 2400HI

Anexo H. Curva de calentamiento durante la cocción del mosto.

