

Universidad de Matanzas

“Camilo Cienfuegos”

Facultad de Ingeniería Química y Mecánica.

Departamento de Química e Ingeniería Química.



TRABAJO DE DIPLOMA

Producción de Malta utilizando como fuente de almidón, Arroz y Trigo.

Diplomante: Missael Zequeira Marichal.

Tutores: Msc. Milagros Beatón Berenguer.

Dr. Marcelo Marcet Sánchez.

Matanzas 2009.

Pensamiento



“La honradez debía ser como el aire y como el sol, tan natural que no se tuviera que hablar de ella”.

José Martí Pérez.

Declaración de Autoridad

Yo, Missael Zequeira Marichal, declaro ser el único autor de este Trabajo de Diploma con el fin de optar por el título de Ingeniero Químico. Por lo que, según las facultades que me están conferidas, autorizo a la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” a hacer uso del mismo, tanto en ella como en cualquier otra institución del país con la finalidad que se estime necesario.

Nota de aceptación

Presidente del Tribunal

Firma

Miembro del Tribunal

Firma

Miembro del Tribunal

Firma

Miembro del Tribunal

Firma

Dedicatoria

Dedico este trabajo a:

- Principalmente le dedico este trabajo a mi madre que en los buenos y malos momentos supo apoyarme y guiarme.
- A mi padre que sin el no hubiese sido posible ninguno de mis estudios apoyándome siempre.
- A mis dos abuelitos que aunque ya fallecidos, hubiesen querido verme graduado.
- A toda mi familia que siempre ha estado pendiente de todos mis estudios.
- A todos mis amigos que son más que amigos, mis hermanos y siempre estuvieron a mi lado apoyándome.

Agradecimientos

Les agradezco a:

- A mi tutora Milagros que supo resistir hasta el final junto conmigo.
- A mi otro tutor Marcelo que sin el no hubiese sido posible nada.
- A todos los profesores que a lo largo de todos estos cinco años supieron aguantar todas mis malcriadeces y enseñarme todo lo que hoy sé.
- A todos los que han contribuido de una forma u otra en la realización de este trabajo.

Muchas gracias por todo.

Opinión del Tutor.

Desde hace un año, la planta de alcohol y cerveza de la Universidad de Matanzas afrontó el reto de producir maltas utilizando las instalaciones de la planta de cerveza. Para esto debíamos hacer una evaluación económica de las materias primas disponibles, producir la malta, evaluar su calidad, y si existía algún inconveniente en la marcha, proponer su solución. Toda esta tarea la asumí como trabajo de diploma el estudiante Missael Zequeira Marichal. Es bueno señalar que durante la etapa de labor e investigación el mismo aprendió solamente los métodos de trabajo, el funcionamiento de la planta piloto y utilizar el equipamiento analítico. Tenía en su contra que la literatura que al respecto existe es casi nula pues todos los países priorizan la cerveza a la malta. Por si eso fuera poco, uno de los tutores tuvo tres salidas al exterior en esa etapa y el otro estuvo ausente por un tiempo por problemas de enfermedad y situaciones con su hijo pequeño. Por esta razón, el trabajo que realizó el estudiante que hoy aspira a su título de ingeniero fue prácticamente desarrollado de forma individual y solo cooperó con él un obrero de corta experiencia. Missael desarrolló su trabajo de forma excelente, evaluó económicamente su propuesta en base a la calidad de los productos obtenidos, y en la marcha encontró problemas de contaminación microbiológica que impedía la conservación de la malta por más de 15 días a temperatura ambiente. Realizó por iniciativa propia los análisis microbiológicos con la ayuda y asesoría de un profesor de microbiología de la Universidad y además se dio a la tarea de desarrollar el cálculo de un pasteurizador mediante el diseño de un intercambiador de calor que haría estas funciones para proponer una solución a estas dificultades. Estos aspectos nunca estuvieron incorporados a la idea inicial de la tesis.

Señalamos todo esto pues da idea del valor que tiene este trabajo no solo desde el punto de vista personal como ejercicio al diplomante, sino también como herramienta de trabajo para la propia instalación universitaria y la posible producción de maltas en la planta piloto de nuestra Universidad.

Por esta razón es que los tutores entienden que tiene este trabajo suficiente mérito como para que se le reconozca el título de ingeniero al estudiante Missael Zequeira Marichal.

MSc Milagros Beatón

DrC. Marcelo Marcet

Resumen

La Malta es una de las bebidas sin alcohol de mayor consumo en nuestro país, por lo que se han venido buscando alternativas de materias primas de mejor adquisición para su elaboración ya que el precio de estas oscila en el mercado internacional entre los 300 – 400 dlrs/tn para un valor de la Malta de 0.60 CUC, (Scade, John, 1975). Para conocer más sobre las materias primas utilizadas en la elaboración de esta bebida se realizó una caracterización del estado actual de la temática aunque con poca bibliografía disponible. Para la elaboración de la Malta se utilizó como fuentes de almidón principal dos tipos de cereales, arroz y trigo, utilizando como local para su elaboración el laboratorio de bebidas fermentadas de la Planta Piloto en la Universidad de Matanzas. También se realizó Malta con cebada malteada para establecer una comparación entre todas las Maltas, empleando el método de Kendal, a partir de una evaluación sensorial realizada por 10 expertos utilizando como referencia Malta Bucanero y Tínima, arrojó como resultado que la Malta de mejor aceptación entre las tres realizadas, es la Malta de cebada, después la de trigo y luego la de arroz. Gracias a un análisis económico del beneficio bruto se obtuvo que la Malta de mejor factibilidad económica es la de Trigo dando como mayor el B.B para un menor costo de la materia prima. Esta bebida es muy rica en nutrientes por lo que se le hace fácil el desarrollo de los microorganismos. Mediante un estudio microbiológico realizado en el Laboratorio de la Planta Libertad del municipio de Colón, se detectó levaduras de dos géneros, Bacillus spp, Lactobasillus spp y Streptococcus (grupo láctico). Para la eliminación de estos microorganismos no deseados en ella se diseñó de un pasteurizador que pueda calentar el flujo de malta hasta 70 °C que es la temperatura de inhibición de estos microorganismos, utilizando el diseño de un intercambiador de placa del tipo Twinplate PHE y se obtuvo como parámetros de diseño que, el área de transferencia de calor es de 0.14 m², el número de placas es de 4 Placas, la caída de presión del fluido por parte de la malta es de 1.9 Kg /m², la de la parte de el agua es de 5.968 Kg /m² y el costo del intercambiador es de 490.074 dls.

Abstract

Malta is one of the non-alcoholic beverages with the highest consumption in our country, which has been seeking alternatives for better acquisition of raw materials for their manufacture and the price of those in the international market fluctuates between 300 - 400 dls / tn for a value of 0.60 CUC for Malta (SCADA, John, 1975). To learn more about the raw materials used in the preparation of this drink, a characterization was made to know more about the current state of this subject with the little available literature. For the development of Malta was used as the main sources two types of starch grains, rice and wheat, using the local laboratory for the preparation of fermented beverages in the pilot plant at the University of Matanzas. Malta was also performed with malted barley to make a comparison between all Malts, using the method of Kendal, from a sensory evaluation by 10 experts using as reference the Bucanero Malta Tinima and the result of the Malta with greater acceptance among the three malts made at work, was the Malta from Wheat, Barley, and then the later the Rice. Thanks to an economic analysis of gross profit was the best economic feasibility of Malta is the largest wheat producing BB This drink is rich in nutrients and therefore makes it easy to develop microorganisms. Thanks to a study conducted at the Microbiological Laboratory of Plant Libertad Municipality of Colon, yeasts were detected (two genera) Bacillus spp, and Streptococcus spp Lactobasillus (lactate group). To remove these unwanted microorganisms therein designing a pasteurizer that can heat the flow of Malta to 70 ° C using the design of a plate type exchanger PHE Twinplate and obtained design parameters, the area of heat transfer is 0.14 m², the number of plates is 4 plates, the pressure drop of fluid from Malta is 1.9 Kg / m², of the portion of water is 5968 Kg / m² and the exchanger cost is 490,074 dls.

Índice

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	2
CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO.	3
1.1. Características generales de la materia prima empleadas en la elaboración de Malta.	3
1.1.1. Arroz.	3
1.1.2. Cebada.	5
1.1.3. Trigo.	7
1.2. El almidón.	10
1.2.1. Estructura química del almidón.	11
1.2.2. Caracterización bioquímica y fisicoquímica.	14
1.2.3. Métodos para determinar las características del almidón.	15
1.3. Propiedades de las enzimas.	16
1.4. Tecnología de producción de Malta.	17
1.4.1. Degradación del almidón.	18
1.4.2. Maceración.	19
1.5. Filtración del mosto.	22
1.6. Cocción del mosto.	23
1.7. Enfriamiento del mosto.	23
1.8. Intercambiadores de Placa.	23
1.8.1. Tipos intercambiadores de calor de placas.	24
1.8.2. Materiales y dimensiones de las placas.	26
1.8.3. Materiales de Juntas.	27
1.8.4. Distribución y características del flujo de fluidos.	28
CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS PARA LA PRODUCCIÓN DE MALTA.	30
2.1. Materias Primas empleadas para la elaboración de Malta a escala piloto.	30
2.2. Metodología para la elaboración de Malta a escala piloto.	31
2.2.1. Preparación de la materia prima a emplear.	32
2.2.1.1. Malteo.	32
2.2.1.2. Gelatinización.	33
2.2.2. Molienda.	34
2.2.3. Maceración.	34
2.2.3.1. Metodología para determinar el °Brix.	35

2.2.4.	Proceso de filtración.	36
2.2.5.	Carbonatación y embotellado.	36
2.3.	Análisis microbiológico de las maltas.	37
2.3.1.	Tinción de Gram:	37
2.3.2.	Conteo directo de levaduras.	38
2.3.3.	Medio de cultivo.	39
2.4.	Método de análisis de calidad del producto.	40
2.5.	Evaluación sensorial.	41
2.5.1.	Método Kendall.	41
2.6.	Diseño de un pasteurizador a escala piloto.	42
2.6.1.	Flujo de fluidos y transferencia de calor.	42
2.6.2.	Método de Raju & Chand.	45
2.7.	Cálculos del Beneficio bruto.	48
CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.		49
3.1.	Tiempo de maceración para la degradación del almidón para cada tipo de Malta.	49
3.2.	Evaluación de la calidad del producto.	49
3.3.	Análisis microbiológico.	50
3.4.	Evaluación sensorial.	53
3.4.1.	Según las características.	53
3.4.2.	Evaluación general.	56
3.5.	Diseño de Pasteurizador.	57
3.5.1.	Parámetros y cálculos para el diseño.	57
3.6.	Calculo del beneficio bruto.	60
3.6.1.	Costo de las materias primas.	60
3.6.2.	Resultados del beneficio bruto.	61
CONCLUSIONES		62
RECOMENDACIONES		63
BIBLIOGRAFÍA		64
ANEXOS		68

Introducción

En Cuba se ha ido incrementando el consumo de bebidas a partir de Cebada malteada gracias al crecimiento continuo del turismo, y la demanda nacional. Las principales bebidas que se elaboran a partir de este cereal son: Cerveza Bucanero, Malta Bucanero, Cerveza Mayabe, Malta Mayabe, Cerveza Tinima, Malta Tinima.

Para la elaboración de todas estas bebidas es necesaria la importación de varias materias primas como la cebada, las enzimas (α y β amilasa) y otras. El precio de la Cebada, en lo que va de año, oscila entre los 300- 400 dlr/Tn, valor que se ha ido incrementando en comparación con años anteriores. Por ello se ha ido investigando en la sustitución completa o parcial de esta por materias primas de producción nacional o de menor costo de adquisición en el mercado, para así contribuir a la disminución del costo de producción de estas bebidas y que tenga una buena aceptación por parte de los consumidores.

La producción de Cerveza y Malta son procesos muy similares, por lo que este trabajo esta enfocado principalmente en la elaboración de malta. Para la elaboración de esta bebida se necesita como materia prima principal la Cebada, la cual se le hace difícil su adquisición al país, ya que en Cuba no se cultiva la misma, por lo que se le pretende sustituir por Arroz y Trigo como fuente de almidón principal para su elaboración.

Para esto se realiza una breve caracterización de todas las materias primas, así como el análisis de todos los métodos a emplear para la posterior obtención del producto final que es la Malta. Todos estos experimentos se realizan a escala piloto ya que no se cuenta de mucha materia prima ni de los medios y lugar para realizarlos a escala mayor. Para la elaboración de cada tipo de malta se necesita seguir una serie de pasos y conocer una serie de características de las materias primas a emplear. Las materias primas principales de cada tipo de producción son, para la Malta de Cebada, Cebada malteada, Malta tostada, Malta caramelo, Enzimas (α amilasa) y para la Malta de Arroz y de Trigo las mismas materias primas y la misma cantidad lo que se sustituye la Cebada por Arroz o Trigo. Después de haberse elaborado todas estas Maltas se le realizó una evaluación sensorial utilizando 10 expertos y la metodología de Kendall para su evaluación en el cual se determina el factor de Kendall (W) el cual nos da la

Producción de Malta utilizando como fuente de almidón Arroz y Trigo.

concordancia entre los expertos utilizados para el análisis. A las Maltas elaboradas se le realiza análisis de calidad como son la estabilidad de la espuma, aspecto, olor, sabor, pH, los cuales se mantienen en el rango establecido por la N/C 82-04-1982.

La Malta es un producto con un alto poder nutritivo ya que esta compuesto principalmente por carbohidratos. Esto la hace un medio muy factible para el desarrollo de microorganismos los que le darían características no deseadas a la bebida estos microorganismos pueden ser eliminados con un proceso de pasteurización a 70 °C que es a la temperatura de inhibición de ellos. Para esto, se realizó el diseño de un intercambiador de calor de placas que cumple con las condiciones para ser utilizado como un pasteurizador, y así poder eliminar o por lo menos normalizar el contenido de microorganismos presentes en la Malta.

Problema: ¿Como obtener Malta de calidad sustituyendo la Cebada malteada por otros cereales?

Hipótesis: Es posible obtener una Malta de calidad, económicamente factible, utilizando arroz o trigo, como fuente principal de almidón.

Objetivo general: Elaborar Malta a partir de arroz, trigo y otra de cebada malteada a escala piloto y evaluar su calidad y su factibilidad económica

Objetivos específicos:

- Realizar revisión bibliográfica.
- Producir a escala de planta piloto la mejor variante de malta.
- Realizar análisis de calidad al producto obtenido.
- Realizar el diseño de un Pasteurizador para atenuar el contenido de microorganismos presentes en la Malta y por consiguiente su calidad.
- Valorar la factibilidad económica de la malta de arroz y de trigo con respecto a la de Cebada malteada a escala piloto.

Capítulo I: Análisis bibliográfico.

La Malta es un producto de gran consumo en todos los países de Latino América y el Caribe, entre ellos Cuba, debido a que es una bebida refrescante, formada por proteínas, azúcares como son la Sacarosa, Maltosa y otros, presenta color pardo oscuro buena estabilidad en la espuma, cierto amargor y no contiene alcohol, en Cuba su precio oscila entre 0.45 – 0.60 CUC. La materia prima principal para su elaboración es la Cebada Malteada ya que el almidón que presenta constituye la fuente principal de los azúcares presentes en dicha bebida, el precio de este cereal en el mercado internacional oscila entre 300 – 400 dlrs/tn.. En este trabajo se hace una sustitución de esta fuente de almidón por otras como son el arroz que es un producto cosechado en el país y el trigo que no se cosecha en el país pero su costo de adquisición es menor.

1.1. Características generales de la materia prima empleadas en la elaboración de Malta.

En este trabajo se realizó una selección de diferentes cereales como fuentes de almidón para la elaboración de la Malta. Estos cereales presentan un alto contenido de almidón lo que los hace esenciales para la elaboración de la malta.

1.1.1. Arroz.

Es el alimento principal de dos terceras partes de la población del planeta. El arroz es un cereal sano y nutritivo y tiene cualidades que lo vuelven ideal en cualquier tipo de dieta. Contiene sólo 103 calorías por media taza de arroz blanco y 108 calorías por media taza de arroz moreno, no contiene colesterol, no contiene grasa, no contiene sodio y está compuesto principalmente por carbohidratos complejos.

El componente mayoritario del arroz es el almidón y por ello supone una buena fuente de energía. Aporta unas 350 calorías por cada 100 gramos. Aporta un 7 % de proteínas y es rico en vitaminas del grupo B. Es pobre en minerales, especialmente en hierro, calcio y zinc. (Scade, John, 1975).

Hay que tener presente que el arroz blanco, debido al procesado al que es sometido, se haya desprovisto de los nutrientes que se encuentran en el pericarpio del grano, como es la fibra, vitaminas y minerales. Si tenemos en cuenta el conjunto de todos los países

Producción de Malta utilizando como fuente de almidón Arroz y Trigo.

en vías de desarrollo, el arroz representa el 27% del consumo de energía y el 20% del consumo de proteínas alimenticias. No obstante, aunque el arroz representa una importante cantidad de la energía alimenticia, presenta un perfil de aminoácidos incompleto y contiene una escasa cantidad de micronutrientes esenciales. En la actualidad, más de 2.000 millones de personas sufren todavía una malnutrición de micronutrientes. La malnutrición disminuye la capacidad de los niños de aprender, reduce la productividad de los adultos y conlleva una muerte prematura, especialmente en mujeres y niños. (Callejo González Ma de Jesús. 2002).

En el proceso industrial del arroz, se procede a moler el grano dando lugar al arroz sin pulir. Aunque este proceso reduce el tiempo de cocción, aumenta su caducidad, también elimina un alto porcentaje de muchos nutrientes, entre ellas las proteínas, la fibra, la grasa, el hierro y las vitaminas B. En algunos países se vaporizan los granos de arroz para conservar los nutrientes que se encuentran de forma natural en ellos. Pueden utilizarse técnicas de fortificación para añadir vitaminas y minerales esenciales a los granos. Lamentablemente, esta práctica no está demasiado extendida en muchos países consumidores de arroz debido a la limitada infraestructura del procesamiento. (Callejo González Ma de Jesús. 2002).

Tabla 1.1 Composición por 100 gramos de Arroz. (Figueroa; C. J.D. 1985).

<u>Principios Inmediatos:</u>	%	
Agua	12,6	
Albúminas	5,9	
Grasas	0,3	
Hidratos de carbono	74,7	
Cenizas	3	
<u>Sales minerales:</u>		
Potasio	0,075	
Sodio	0,019	
Calcio	0,011	
Magnesio	0,038	
Hierro	0,004	
Fósforo	0,184	
Azufre	0,002	
Cloro	0,0003	
<u>Vitaminas:</u>	<u>Arroz integral con cáscara</u>	<u>Arroz sin cáscara</u>
Vitamina B1	0,50 mg	0,01mg
Vitamina B2	0,25 mg	0,05 mg
Vitamina PP	0, 15 mg	0,02 mg
Vitamina B6	0,80 mg	0,30 mg
Vitamina E	0,25 mg	0,10 mg
Acido pantoténico	0,90 mg	0,01mg
Vitamina H	0,01 mg	0,001mg

1.1.2. Cebada.

La cebada es un cereal usado desde la Edad Antigua, para satisfacer las necesidades nutricionales humanas, contiene ínfimas cantidades de grasa y sodio, y por el contrario, sí posee fibra soluble y proteínas, calcio, fósforo y potasio.

Hay distintas variedades, clasificados según la forma de retirar la cáscara. La cebada puede ser la mondada, la escocesa y la perlada, que es la utilizada en nuestra malta. Para la producción de bebidas es necesario el malteo para su posterior maceración.

Tabla 1.2. Contenido por 100 gramos de Cebada. (Figueroa; C. J.D. 1985).

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

➤ **Cebada malteada.**

La Cebada Malteada es el ingrediente clave para la elaboración de la Cerveza y otras bebidas como son el Whisky y la Malta. La producción de Malta de Cebada solo necesita que la cebada que germine con agua de clorinada y aire.

El objetivo del malteo del grano es acelerar el proceso natural de germinación proporcionándole a la cebada las condiciones adecuadas de humedad, temperatura y oxigenación con el fin de producir enzimas y causar cambios definidos en sus constituyentes químicos necesarios para la futura elaboración de Malta o de cerveza. (Figueroa; C. J.D. 1985).

➤ **Malta tostada.**

Para producir la malta tostada se siguen los pasos detallados para la obtención de malta base pero la etapa de secado es más sencilla porque puede utilizarse un horno de cocina convencional, incrementando gradualmente la temperatura hasta lograr el color deseado; para malta chocolate la temperatura final es 180 °C y para la black patent es 200°C. Otra opción es a partir de malta base seca y realizar el tostado en un horno de cocina. (Figueroa; C. J.D. 1985).

➤ **Malta caramelo.**

En este caso se precisa seguir los pasos detallados para la obtención de malta base, la diferencia está en el tiempo de germinación, tiene que ser mayor, la longitud de la raicilla debe ser 2 veces respecto al grano, eso es para conseguir la máxima desagregación del almidón. La etapa siguiente es colocar la malta verde en un recipiente adecuado para evitar excesiva evaporación, y llevar al horno, precalentado a 65°C mantenerlo así al menos media hora, traspasar los granos a un recipiente plano y otra vez 1 hora a 65°C, el objetivo es favorecer la licuefacción del endospermo para la obtención del caramelo. En la tercera fase incrementar la temperatura entre 120 °C y 160°C dependiendo del tipo de producto a obtener, con la temperatura inferior se obtiene caramelo 60°L y con la superior caramelo 120°L. (Figueroa; C. J.D. 1985).

1.1.3. Trigo.

El trigo es la planta más ampliamente cultivada del mundo. El trigo que crece en la tierra puede incluso superar la cantidad de todas las demás especies productoras de semillas, silvestres o domesticadas. Cada mes del año una cosecha de trigo madura en algún lugar del mundo. Es la cosecha más importante de los EE.UU y Canadá y crece en extensas zonas en casi todos los países de América Latina, Europa y Asia.

➤ **Clasificación**

La dureza y blandura son características de molinería, relacionadas con la manera de fragmentarse el endospermo. En los trigos duros, la fractura tiende a producirse siguiendo las líneas que limitan las células, mientras que el endospermo de los trigos blandos se fragmenta de forma imprevista, al azar. Este fenómeno sugiere áreas de resistencias y debilidades mecánicas en el trigo duro, y de debilidad bastante uniforme

en el trigo blando. Un punto de vista es que la «dureza» está relacionada con el grado de adhesión entre el almidón y la proteína. Otra forma de enfocarlo es, que la dureza depende del grado de continuidad de la matriz proteica. (Howthorn, Jonh.1983).

La dureza afecta a la facilidad con que se desprende el salvado del endospermo. En el trigo duro, las células del endospermo se separan con más limpieza y tienden a permanecer intactas, mientras que en el trigo blando, las células tienden a fragmentarse, desprendiéndose y otra parte queda unida al salvado. (Howthorn, Jonh.1983).

➤ **Propiedades Organolépticas del grano de Trigo.**

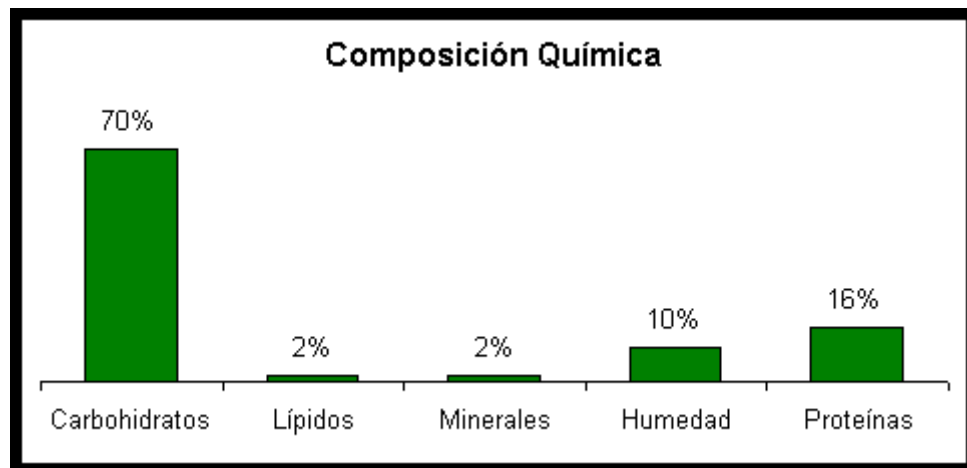
El grano de trigo tiene forma ovalada con extremos redondeados, en uno de ellos sobresale el germen y en el otro hay un mechón de pelos finos conocido como el pincel. A lo largo de la cara ventral hay una depresión (el surco) que es una inserción de la aleurona y todas las cubiertas. En el fondo del surco hay una zona vascular fuertemente pigmentada. (Mangelsdorf, Paul.1973).

➤ **Composición Química del trigo.**

El grano maduro del trigo está formado por: hidratos de carbono, (fibra cruda, almidón, maltosa, sucrosa, glucosa, melibiosa, pentosanos, galactosa y rafinosa), compuestos nitrogenados (principalmente proteínas: albúmina, globulina, prolamina, residuo y gluteínas), lípidos (ac. grasos: mirístico, palmítico, esteárico, palmitooleico, oléico, linoléico), sustancias minerales (K, P, S, Cl) y agua junto con pequeñas cantidades de vitaminas (inositol, colina y del complejo B), enzimas (B-amilasa, celulosa, glucosidasas) y otras sustancias como pigmentos. (Mangelsdorf, Paul.1973).

Los nutrientes se encuentran distribuidos en las diversas áreas del grano de trigo, y algunos se concentran en regiones determinadas. El almidón está presente únicamente en el endospermo, la fibra cruda está reducida, casi exclusivamente al salvado y la proteína se encuentra por todo el grano. Aproximadamente la mitad de los lípidos totales se encuentran en el endospermo, la quinta parte en el germen y el resto en el salvado, pero la aleurona es más rica que el pericarpio y la testa. Más de la mitad de las sustancias minerales totales están presentes en el pericarpio, testa y aleurona. (Mangelsdorf, Paul.1973).

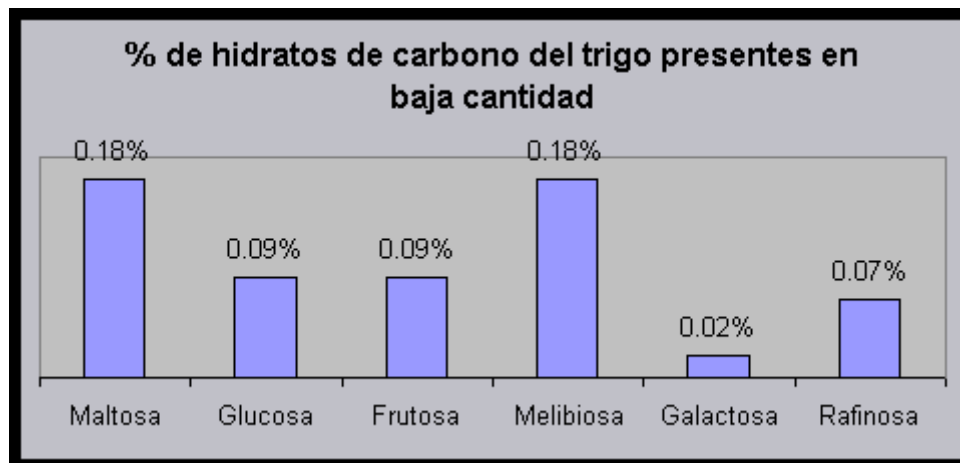
Figura 1.1. Composición química del grano de trigo. (Mangelsdorf, Paul.1973).



➤ Hidratos de carbono

El almidón es el hidrato de carbono más importante de todos los cereales, constituyendo aproximadamente el 64 % de la materia seca del grano completo de trigo y un 70 % de su endospermo. Forma 70% del grano de trigo en forma natural. Los hidratos de carbono presentes en los cereales incluye al almidón (que predomina), celulosa, hemicelulosas, pentosanos, dextrinas y azúcares. (Mangelsdorf, Paul.1973).

Figura1.2 Hidratos de carbono.



➤ Componentes principales

Amilosa (25–27%), un polímero esencialmente lineal de alfa-(1 - 4) glucosa. Amilopectina, una estructura ramificada al azar por cadenas alfa-(1 – 4) glucosa unidas por ramificaciones alfa-(1 - 6). El almidón es insoluble en agua fría. Cuando se calienta con agua, la absorbe, se hincha y revienta; este fenómeno se llama gelificación. Durante

la molienda se puede lesionar mecánicamente los granos de almidón. El almidón alterado juega un papel importante en el proceso de cocción. La fibra es un carbohidrato del tipo polisacárido que no se digiere por carencia de enzimas en el cuerpo humano y se divide para su análisis en dos partes: La fibra cruda que se evalúa como la porción de los hidratos de carbono (más lignina) insoluble en ácidos diluidos y en álcalis bajo determinadas condiciones. (Mangelsdorf, Paul.1973).

La fibra no digerible que es la parte del producto que queda sin digerir en el tubo digestivo, comprende: celulosa, polisacáridos no celulósicos (gomas, mucílagos, sustancias pépticas, hemicelulosas) y también lignina, un polímero aromático no hidrocarbonatado. La cifra de fibra no digerible es siempre mayor que la de fibra cruda, ya que una parte de los componentes de la fibra no digerible se degradan durante la valoración de la fibra cruda; sin embargo, la relación es constante. (Mangelsdorf, Paul.1973).

➤ **Proteínas**

En su estructura primaria, las moléculas de proteína están formadas por cadenas de aminoácidos unidos entre sí por enlaces peptídicos entre el grupo carboxilo (COOH) de un aminoácido y el grupo amino de otro. En las proteínas de los cereales se encuentran unos 18 aminoácidos diferentes. Las proporciones en que se encuentran y su orden en las cadenas, determinan las propiedades de cada proteína. Los alimentos preparados con trigo son fuentes de proteínas incompletas. Esto significa que pudiera contener los 8 aminoácidos esenciales pero no todos ellos en niveles adecuados, así que la combinación del trigo con otros alimentos proporcionaría de ser correcta, una proteína de mejor calidad. Sin embargo si se compara con otros cereales como el arroz y el maíz llegaríamos a la conclusión de que tiene más proteínas. (Mangelsdorf, Paul.1973).

1.2. El almidón.

El almidón es el principal carbohidrato de reserva sintetizado por las plantas superiores y constituye una fuente de energía esencial para muchos organismos, especialmente el hombre. El almidón representa un componente importante en un gran número de productos agrícolas como los cereales (maíz, trigo, arroz, cebada, etc.) cuyo contenido de almidón va del 30 al 80 %, por ejemplo, en las leguminosas (frijol,

chícharo) representa de un 25 a 50 % de almidón, en los tubérculos (papa) y raíces (yuca) representa entre un 60 y 90 % de la materia seca.

La producción mundial total de almidón se estima en 18 millones de toneladas que se extraen principalmente de maíz (10 millones) y papa (3 millones). El resto se obtiene de trigo, arroz, yuca y sorgo. Se estima que aproximadamente el 50 % de esta producción se destina a la preparación de alimentos (Guilbot *et al.*, 1985). Desde el punto de vista nutricional, el almidón es el principal componente de la dieta humana.

Además de su aplicación en la industria alimenticia, también el almidón es utilizado para la fabricación de pegamentos, pinturas, como agente floculante, material de "relleno" y como materia prima en la industria farmacéutica. En los últimos años ha cobrado gran interés como materia prima en la producción de edulcorantes de alta intensidad y sustitutos de grasa, los cuales son utilizados en la elaboración de alimentos bajos en calorías (Guzmán-Maldonado, 1992). También en el ámbito ecológico el almidón ha empezado a jugar un papel importante en la fabricación de plásticos biodegradables (Jane *et al.*, 1992).

1.2.1. Estructura química del almidón.

El almidón es un homoglucano formado por dos tipos: la amilosa, que constituye el 20% del almidón ordinario, donde los grupos $C_6H_{10}O_5$ están dispuestos en forma de cadena continua y rizada, semejante a un rollo de cuerda; y la amilopectina, la cual es un polisacárido ramificado (Kunze, 1999).

Tabla 1.3. Propiedades de los componentes del almidón. (Biliaderis, 1991).

Propiedad	Amilosa	Amilopectina
Estructura molecular	Esencialmente lineal	Ramificada
Longitud promedio de cadena	10 ³	20-25
Grado de polimerización	10 ³	10 ⁴ a 10 ⁵
Complejo con yodo	Azul (650 nm)	Púrpura (550 nm)
Afinidad del yodo	19-20 %	1 %
Valor azul	1.4	0.05
Estabilidad en solución acuosa	Retrograda fácilmente	Estable
β -amilasa	70	55-60
β -amilasa y dextrinasa	100	100
Propiedades de película	Fuerte	Quebradiza

1.1.2.1. Amilosa

La amilosa es un polímero lineal, formado por unidades de D-glucopiranosas unidas por enlaces α -(1 \rightarrow 4) (Anexo 1), sin embargo, se ha demostrado la presencia de cierta cantidad de enlaces α -(1 \rightarrow 6) en esta macromolécula. Dichas ramificaciones se encuentran de manera espaciada e infrecuente, lo que permite observar que la amilosa se comporta como un polímero lineal (Bello-Pérez, 2005). La molécula de amilosa contiene entre 500 a 6000 unidades de D-glucosa repartidas en un número de cadenas que va de 1 a 20. (Moore *et al.*, 1984).

Por su contenido de amilosa, los almidones se pueden clasificar en diferentes grupos como son los almidones cerosos que tienen muy poca cantidad de amilosa, alrededor de 1-2 %, los normales que contienen entre 17-24 % de amilosa y los altos en amilosa que contienen 70 % o más de este polímero (Moore *et al.*, 1984).

Debido a su carácter esencialmente lineal y a la presencia exclusiva de enlaces α -(1-4), la amilosa es susceptible de formar complejos con moléculas hidrofóbicas como el iodo, los ácidos grasos o los hidrocarburos. El acomplejamiento de la amilosa con estas moléculas produce un tipo de estructura helicoidal, la cual se forma con 6 unidades de glucosa por giro de la hélice. En este tipo de complejos los grupos hidrofílicos de la cadena están orientados hacia el exterior y los hidrofóbicos hacia el interior de la cavidad. (Guilbot *et al.*, 1985).

La reacción de acomplejamiento de la amilosa con el yodo es la base para la caracterización analítica y determinación cuantitativa de esta macromolécula. (Moore *et al.*, 1984).

El acomplejamiento de la amilosa con los lípidos ha cobrado gran interés debido a las repercusiones tecnológicas de este sistema en los productos alimenticios basados en el almidón, lo cual se ve reflejado en las propiedades funcionales de estos productos y en la aceptación por parte del consumidor (Biliaderis, 1991).

En la década de los noventa se realizaron diversos estudios sobre aspectos funcionales (Leloup *et al.*, 1990), moleculares, así como sobre el comportamiento hidrodinámico en solución de la molécula (Roger, 1992).

1.1.2.2. Amilopectina

La amilopectina, que es el componente ramificado del almidón, está formada por cadenas de residuos D-glucopiranosidos (entre 17 y 23 unidades) unidos principalmente por enlaces α -(1 \rightarrow 4). También presenta entre un 5-6 % de enlaces α -(1 \rightarrow 6) en los puntos de ramificación. La enzima β -amilasa ataca los enlaces α -(1 \rightarrow 4) de la amilopectina para producir dextrinas β -límite (que son las cadenas residuales que contienen los puntos de ramificación). Un ataque posterior con pululanasa o isoamilasa, que actúan sobre los enlaces α -(1 \rightarrow 6), permite obtener maltosa. (Moore *et al.*, 1984).

La masa molar de la amilopectina varía entre 10^6 y 10^8 unidades de glucosa. Estas variaciones dependen del origen botánico del almidón, las condiciones del aislamiento de la amilosa y amilopectina y el método usado para determinarla masa molar.

Dependiendo de la fuente, la amilopectina es el principal componente en la mayoría de los almidones (entre un 70-80 %), alcanzando en ciertos casos niveles de hasta un 98-99 % en los almidones tipo ceroso. Debido a esto, la amilopectina, es quizás el componente que tiene mayor importancia en términos de las propiedades del almidón. (Moore *et al.*, 1984).

1.2.2. Caracterización bioquímica y fisicoquímica.

En forma general, se puede encontrar que los almidones cerosos presentan valores de solubilidad mucho menores que los normales, debido a la solubilización de la amilosa contenida en estos almidones.

Con un exceso de agua y proveyendo una temperatura más alta que la llamada temperatura de gelatinización, los gránulos de almidón se hinchan hasta su límite máximo, mientras que al mismo tiempo, una parte de las moléculas del almidón se solubilizan. Cuando el hinchamiento y la solubilidad son alcanzados, el sistema resultante es una suspensión de partículas hinchadas dispersas en una macromolécula hidratada (generalmente compuesta por amilosa) en un medio continuo. En otros casos, las moléculas de almidón son totalmente solubilizadas. El resultado de la estructura de la pasta, en el caso general, es un sistema que puede ser descrito como un gel compuesto, o bien como la gelación de la amilosa. (Bello-Pérez, 2005).

Los métodos reológicos empíricos son métodos viscométricos más bien de uso aplicativo. Estos métodos son muy usados con propósito de control porque dan el perfil de consistencia durante un proceso de calentamiento, pero los resultados difícilmente se pueden interpretar como una función del estado físico del almidón en las pastas. Para este propósito, un viscosímetro rotacional podría ser más utilizado porque la viscosidad es medida en términos de la reología fundamental por la relación del esfuerzo – velocidad de deformación en un intervalo de estas velocidades. (Bello-Pérez, 2005).

En la determinación de hinchamiento y solubilidad se toman alícuotas de las pastas a las que se les realiza una dilución de un 0.5% a 60°C en agua desionizada. Posteriormente se centrifuga a 1000 g por 10 min. El índice de hinchamiento se define como la cantidad de agua absorbida por el almidón hinchado que no solubilizó y se expresa en g de agua absorbida por g de almidón insoluble. El índice de solubilidad se expresa por la cantidad de almidón soluble con relación al almidón total (Bello-Pérez, 2005).

Entre las metodologías propuestas para la evaluación de viscosidad se encuentra aquella que sugiere que una vez elaborada la pasta, y con el viscoamilógrafo, se tome una alícuota y se establezca la temperatura a 60°C antes de pasar al viscosímetro. En este último se realizan dos barridos consecutivos uno ascendente de 0 a 660 s⁻¹ y otro

descendente de 660 a 0 s⁻¹ aplicando un tiempo total de 12 minutos (Chamberlain *et al.*, 1999).

1.2.3. Métodos para determinar las características del almidón.

Entre las técnicas que se emplean para el análisis estructural del almidón, la determinación de su masa molar y el grado de retrogradación se puede realizar por mediación de la cromatografía de líquidos de alta resolución por exclusión de tamaño (HPLC), con un detector de dispersión de luz (Bello-Pérez *et al.*, 1999).

Para el estudio estructural del almidón después de un tratamiento enzimático se puede aplicar la cromatografía de líquidos de alta resolución por intercambio aniónico con un detector amperométrico de pulsos (Koizumi *et al.*, 1991, Ward *et al.*, 1994, Bello-Pérez, 2005).

La presencia de los componentes estructurales amilosa y amilopectina se identifican mediante una reacción de complejamiento de estos con el yodo, dando un color azul cuando hay presencia de amilosa, y color púrpura cuando hay amilopectina. (Filho, 2005).

Para la degradación de los almidones es común el uso del método de conversión enzimático. Las enzimas más comúnmente usadas son α y β -amilasas, glucoamilasas, enzimas desramificadoras y ciclo-dextrin-glicosiltransferasa (Goñi *et al.*, 2000; Okobo *et al.*, 2000; Lin *et al.*, 1998; Hamilton, 1999). Como fuente de las enzimas α y β -amilasas se emplean en muchas industrias de bebidas fermentadas, las cebadas. (Filho, 2005).

1.3. Propiedades de las enzimas.

La propiedad más importante de las enzimas empleadas en este caso es su acción de romper las cadenas químicas de los sustratos, actividad que depende de varios factores como la temperatura, el pH y el tiempo.

La actividad enzimática se incrementa al aumentar la temperatura, y cada enzima tiene su propia temperatura óptima. Cuando se excede mucho la temperatura óptima ocurre la inactivación y la destrucción de las enzimas por desnaturalización.

El pH, el tiempo y la concentración del mosto son factores que también afectan la actividad enzimática en la producción de Malta de forma tradicional, pero no tanto como la temperatura (Kunze, 1999).

➤ Características de las enzimas amilolíticas de la malta.

La α -amilasa corta las cadenas rectas de almidón de dos en dos glucosas, cada pareja se combina con una molécula de agua formando una molécula de maltosa, esta enzima puede de esta manera desdoblar enteramente las cadenas de amilosa en maltosa, y sólo es detenida si el número de glucosas de la cadena es impar, formando una molécula de malto-triosa al final. La α -amilasa también ataca la amilopectina pero se detiene totalmente en las zonas donde existen enlaces del tipo α 1-6. (Moore *et al.*, 1984).

La α -amilasa: Tiene su óptimo de temperatura de 62 a 65 °c, se destruye si se mantiene 30 minutos a 65 °c rápidamente, y entre 70 a 75 °c inmediatamente. Su pH óptimo se sitúa a 5.0, a un pH superior de 5.7 su acción declina fuertemente. (Moore *et al.*, 1984).

La α -amilasa es también incapaz de romper los enlaces α 1-6 de la amilopectina, su misión consiste en cortar en un lugar cualquiera los enlaces α 1-4. Teóricamente la α -amilasa podría formar moléculas de maltosa cortando las cadenas hasta que queden dos unidades de glucosa, pero para llegar a esos extremos se tendría que dejar reaccionar mucho tiempo la enzima. Se observa pues que por la acción combinada de estas 2 enzimas el almidón será desdoblado en gran parte en maltosa y dextrinas es decir las zonas donde por la existencia de enlaces α 1-6, las enzimas en mención no han podido

actuar; estas zonas son compuestas por tres glucosas como mínimo es decir maltotriosas. (Moore *et al.*, 1984).

La α - amilasa: Tiene su óptimo de temperatura entre los 72 y 75 °C, es destruida a 80 °C, su pH óptimo es de 5.6 a 5.8

➤ **Características de las enzimas proteolíticas de la malta.**

Contrariamente a lo que pasa con el almidón las sustancias nitrogenadas están lejos de disolverse completamente durante el cocimiento; se disuelven mayormente durante el malteado. Pero es muy importante tener en cuenta la gran diferencia existente entre los compuestos nitrogenados que se disuelven durante el malteado, y los que se disuelven durante el cocimiento, los compuestos que aquí se forman son sobre todo los péptidos.

Las proteasas están en su máxima actividad a la temperatura de 45 - 50 °C; a 60 °C están aún en actividad, pero formando una proporción alta de compuestos nitrogenados complejos; A 70 °C las proteasas son rápidamente destruidas; su pH óptimo de acción es de 4.6 a 5.0. Del 5 al 6 % de los sólidos del mosto son compuestos nitrogenados, y entre el 40 al 45 % de las proteínas de la malta son solubles. En cambio los adjuntos tienen del 8 al 10 % de proteínas, pero la casi totalidad de estas no entran en solución durante el macerado. De las proteínas que se solubilizan en la maceración buena parte de ellas se retira por coagulación, en parte en la misma maceración y en parte durante la ebullición del mosto. La actividad de las enzimas proteolíticas durante la maceración es baja porque las condiciones de pH no son óptimas. En el mosto quedan compuestos nitrogenados a partir de proteosas y peptonas en forma coloidal, las proteínas que no son degradadas hasta proteosas y peptonas se coagulan por desnaturalización debida al calor y sucede durante la ebullición del mosto. Las proteosas y peptonas no son coaguladas, sino que permanecen en forma coloidal, pueden combinarse parcialmente con taninos provenientes de la malta y buena parte de aquellos precipitan cuando el mosto es enfriado. (Kunze, 1999).

1.4. Tecnología de producción de Malta.

Para la producción de esta bebida es necesario un alto contenido de azúcares. Los azúcares pueden provenir de algunas frutas (en la producción de vino, sidra), la raíz o el

grano de algunas plantas (producción de Cerveza y Mata). En este trabajo las bebidas son producidas a partir del almidón obtenido del arroz y del trigo.

Para convertir el almidón de estos cereales en la sabrosa malta es necesario llevarse a cabo en varias etapas, que en este trabajo corresponden con el procedimiento de producción de Malta. A continuación se describen las etapas más importantes del procedimiento.

1.4.1. Degradación del almidón.

El almidón debe ser totalmente degradado en azúcares y dextrinas debido a razones económicas, y también para evitar la formación de neblina (bruma) en los productos finales (Kunze, 1999). La degradación de almidón ocurre en 3 etapas: gelatinización, licuefacción y sacarificación.

➤ Gelatinización

Es el proceso de calentamiento de agua donde esta se incorpora a las moléculas del almidón, aumentando el volumen e hinchando los gránulos de almidón hasta que se revienten y se forma una solución viscosa. (Guzmán-Maldonado, 1992).

➤ Licuefacción

Las cadenas largas de glucosa en el almidón (amilosa y amilopectina) se rompen rápidamente para formar cadenas más pequeñas bajo la acción de la α -amilasa, lo que provoca una reducción rápida de la viscosidad de la solución gelatinizada. Las β -amilasas degradan lentamente las cadenas largas, tomando varias días para lograr la degradación. (Guzmán-Maldonado, 1992).

En resumen, en la licuefacción ocurre la reducción de la viscosidad del almidón gelatinizado por acción de la α -amilasa.

➤ Sacarificación

Es la etapa final de ruptura de las cadenas de amilosa y amilopectina por la α -amilasa para formar dextrina, obteniéndose de 7 hasta 12 residuos de glucosa. La β -amilasa rompen 2 residuos (maltosa) y consumen más tiempo que el proceso de las α -amilasas. (Guzmán-Maldonado, 1992).

Con la sacarificación se termina la degradación completa del almidón en maltosa y dextrina por las amilasas. Para verificar la presencia del almidón se realiza la prueba con iodo. (Kunze, 1999).

Los factores que influyen en la degradación de almidón son: temperatura, tiempo de maceración, pH y concentración de malta. Entre ellos la temperatura es el factor más importante. Al aumentar la temperatura va aumentando la actividad enzimática hasta alcanzar la temperatura óptima, por ejemplo la temperatura óptima de la α -amilasa está entre 72-75°C y la de la β -amilasa está entre 60-65°C. (Kunze, 1999).

1.4.2.Maceración.

Una vez obtenida el grano malteado o ya se ha gelatinizado, éste se tritura y se mezcla con agua caliente para extraer sus azúcares naturales mediante procesos enzimáticos bioquímicos. La temperatura se controla para favorecer la labor enzimática durante todo el proceso.

La duración y la temperatura de este proceso dependerán de cada productor y del estilo de Malta que se vaya a hacer. Puede ser una simple infusión a una única temperatura (como para hacer té) o una decocción, en la que se transfiere la mezcla de un tanque a otro a diferentes temperaturas. La infusión suele durar una o dos horas y es el método usado tradicionalmente en la elaboración de las Malta. La decocción es un proceso más lento, puede durar hasta seis horas y se utiliza en la elaboración de las cervezas tipo lager. En cualquier caso, el resultado es una especie de agua azucarada llama mosto, y que antes de pasar a la siguiente fase será filtrada para quitarle los restos del grano (la cascarilla) que no se disolvieron en el agua. (Kunze, 1999).

En ésta fase se decide la fuerza de la futura Malta, en función del extracto del mosto; éste dependerá de la cantidad de cereales empleados, que dará más o menos azúcares para ser transformados en Malta.

➤ **Métodos de maceración**

Existen dos métodos fundamentales para la maceración de la malta: el de infusión y el de cocción. En la práctica se emplean muchas modificaciones de estos métodos.

- **Método de infusión.**

Hay dos procedimientos de infusión: uno es el de temperatura ascendente y el otro es el descendente.

Primero la malta se mezcla (amasa) con agua a una temperatura de 38 a 50°C. Se deja reposar el mosto durante una hora a esa temperatura para favorecer la acción de las enzimas proteolíticas. Se aumenta la temperatura de 65 a 70°C. Se deja reposar el mosto durante unos minutos para la sacarificación del almidón. Después se calienta hasta aproximadamente unos 75°C para destruir las enzimas, y a esta temperatura se filtra el extracto.

En el proceso de temperatura descendente, el agua empleada para el extracto está a 77°C. La adición de la malta ayuda a enfriar el agua hasta unos 70°C. Para la sacarificación se mantiene una temperatura de 65 a 70°C, como en el proceso anterior. La temperatura final es inferior a la inicial (Briggs *et al.*, 2004).

- **Método de decocción**

En este método la mezcla de la malta con el agua se hace a una temperatura menor (alrededor de 40 °C) que la de los dos procesos de infusión. Se va elevando gradualmente la temperatura del mosto hasta obtener al final unos 75 °C. Se separa aproximadamente un tercio de la mezcla, que se calienta y se hierve durante un corto período de tiempo, y se vuelve a unir al mosto inicial, elevándose la temperatura de la mezcla total. Las enzimas de la porción hervida se destruyen, pero las paredes celulares del grano se ablandan, licuándose el almidón. De este modo se facilita la acción diastásica. Se mantiene toda la masa a la misma temperatura un cierto tiempo, sacando entonces otra porción que se hierve y se vuelve a añadir al total. Este proceso puede repetirse otra vez más. Según Briggs *et al.* (2004), después de que el proceso se ha repetido tres veces debe mantenerse el mosto a la temperatura inicial de 40°C, con el fin de extraer las enzimas y favorecer la proteólisis. Después de esto la temperatura será mantenida a 50 °C para una proteólisis completa; con unos 60 a 65 °C para la sacarificación, y de 70 a 75°C para la dextrinización por la α -amilasa de la parte del almidón que queda sin transformar.

➤ **Temperaturas y tiempos tradicionales de maceración.**

Cada industria utiliza el sistema de maceración que más le conviene según las materias primas y los equipos de que se dispone, y según la malta que se desea elaborar. Para lograr esto se busca favorecer determinadas reacciones enzimáticas dejando las masas a determinadas temperaturas durante algún tiempo. Este tiempo que permanece la masa a determinada temperatura se le llama descanso. Los descansos más comunes en los diferentes sistemas de maceración son:

- **Descanso de hidratación (35 °C)** Es un descanso que varía entre 20 a 60 minutos, y se realiza cuando se descarga las harinas de la cebada malteada en el agua para producir malta con el agitador de la paila funcionando. (Guilbot *et al.*, 1985).
- **Descanso de proteólisis (45 °C):** Esta temperatura es óptima para la actividad de la peptidasa, es decir para la formación de aminoácidos y péptidos simples, también hay actividad de la fitasa (48 °C) que activa la transformación de los compuestos orgánicos del fósforo. Este descanso se conoce también como de peptonización. y puede variar de 10 a 60 minutos. (Guilbot *et al.*, 1985).
- **Descanso de formación de azúcares (55 - 62.5 °C):** Temperatura óptima para la formación de maltosa o sea para la actividad de la β -amilasa variando entre 5 a 20 minutos, aquí aún hay algo de actividad proteolítica y algo de actividad de la α -amilasa. (Guilbot *et al.*, 1985).
- **Descanso formación de dextrinas (67 - 72.5 °C):** A esta temperatura se tiene la máxima actividad de la α -amilasa produciéndose una gran cantidad de dextrinas, con un tiempo que varía entre los 5 y 30 minutos. (Guilbot *et al.*, 1985).
- **Descanso de conversión (70 - 74 °C):** Este descanso la mayoría de las veces es idéntico al anterior, pero sirve para completar todas las actividades enzimáticas, en este descanso quedan sacáridos de acrodextrinas hacia abajo. Con una duración máxima de 30 minutos. (Guilbot *et al.*, 1985).

- **Descanso estabilización de masa (74 - 77.5 °C):** Se realiza para inactivación total de las enzimas, hay una ligera actividad de la α - amilasa, pero se va destruyendo. Con este descanso se termina la maceración, posteriormente se pasará la masa a la paila de filtración o filtro prensa para separar el afrecho (bagazo de malta u orujo). Este descanso con un promedio de duración entre 5 a 10 minutos es importante para regular la viscosidad del mosto durante la filtración. (Guilbot *et al.*, 1985).

1.5. Filtración del mosto.

Una vez disueltas las materias solubles por el cocimiento es necesario separar el mosto de la parte insoluble llamada orujo o afrecho. La operación se realiza en dos fases, primero el filtrado del mosto y luego la operación de lavado del extracto que contiene el orujo. El mosto y el agua de lavado deben ser claros pues si se aportan durante la operación demasiadas sustancias mal disueltas, la clarificación de la cerveza será demasiado difícil. La calidad de la cerveza puede ser también alterada por un lavado de orujo con agua alcalina pues los polifenoles y sustancias amargas de la cáscara de la malta se disuelven muy fácilmente en agua alcalina aún más si se tiene en cuenta que el lavado se hace en agua a una temperatura máxima de 75°C. Este valor de temperatura no debe excederse pues se corre el riesgo de disolver el almidón presente aún en el orujo, lo que acarrearía problemas de turbiedad y en la fermentación posteriores. Existen dos tipos de aparatos donde se realizan la filtración y posteriormente el lavado del orujo: cuba-filtro y filtro-prensa. (Guilbot *et al.*, 1985).

Cuba-filtro: La variación de concentración del orujo no implica directamente en el volumen de la cuba, pudiendo ser el espesor de 25 a 50 cm. Como desventaja la proporción de adjunto es de 25 %. Otra ventaja es la menor mano de obra, pero el tiempo de filtración es mayor. (Briggs *et al.*, 2004).

Filtro-prensa: Se puede filtrar un mosto más denso, con una filtración más rápida y una proporción de adjuntos mayor del 75 %. Como desventajas, el mosto es menos brillante, hay mayor cantidad de ácidos grasos insaturados, y el trabajo es más exigente (Briggs *et al.*, 2004).

1.6. Cocción del mosto.

El mosto se hierve por varias razones: para esterilizarlo, para inactivar las enzimas, para precipitar las proteínas y otras sustancias coaguladas y para caramelizar ligeramente el azúcar. Por adición de aguas de lavado al mosto primario se obtiene la concentración deseada. El peligro del crecimiento en el mosto de microorganismos perjudiciales se evita por esterilización y manejo del mismo en condiciones asépticas. La inactivación de los enzimas contribuye a la conservación de una composición constante del mosto para su posterior proceso. (Briggs *et al.*, 2004).

Con la agitación y circulación del mosto durante la ebullición aumenta la cantidad de precipitado formado. Cuando mayor es la cantidad de compuestos inestables separados durante la cocción y la refrigeración, menor será la tendencia a la formación de precipitados en el producto final (Briggs *et al.*, 2004).

1.7. Enfriamiento del mosto.

En el mosto obtenido por sacarificación de la malta o de los adjuntos y por proteólisis de las proteínas de la malta, ebullición durante hora y media, se logra una esterilización completa gracias en particular al trabajo a un pH próximo a 5.3. Los precipitados proteicos son eliminados por sedimentación, filtración o centrifugación.

La composición del mosto es muy variable en función al tipo de malta fabricada, su densidad puede variar entre 2 a 20 °P (grados Plato) es decir que puede contener de 2 a 20 g de soluto por 100 g de líquido. A su vez, puede ser rico o no en aminoácidos y péptidos en función de la importancia de la proteólisis y de la proporción de adjuntos utilizados. La relación maltosa/dextrinas es igualmente variable de acuerdo al método de cocimiento escogido (Briggs *et al.*, 2004).

1.8. Intercambiadores de placa.

Los intercambiadores de placas son equipos muy difundidos en la Industria de Procesos cubriendo una amplia gama de aplicaciones. Presentan características muy especiales tanto en su diseño como en la operación. La mayoría de los textos de transferencia de calor hacen mención a estos equipos aunque presentando generalidades, lo que impide conocer más detalladamente los principios de funcionamiento y el cálculo de los mismos. La mayor parte de

la literatura sobre los intercambiadores de placas proviene de los fabricantes de equipos y su difusión está generalmente restringida al ámbito industrial, es decir entre sus usuarios.

1.8.1. Tipos intercambiadores de calor de placas.

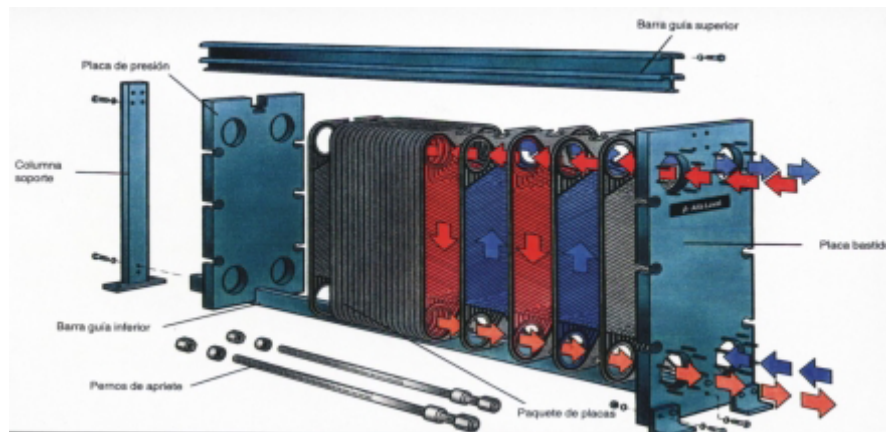
Pese haber sido introducidos en la industria ya hace más de setenta años, estos equipos constituyen un ejemplo claro del desarrollo de productos y de mercado. La innovación permanente que han tenido posibilitó incorporar de manera continua nuevas aplicaciones a las distintas necesidades existentes en el campo tanto industrial, comercial como doméstico. Existen varios diseños de intercambiadores de placas, pero son dos las construcciones básicas más difundidas, a saber. (Ver anexo 4.)

- **Intercambiador de placas con juntas, designado PHE (Plate heat exchangers).**
- **Intercambiador de placas soldadas, designado BHE (Brazed heat exchangers).**

Los PHE consisten en un conjunto de placas metálicas corrugadas montadas entre dos placas, una fija (bastidor) y otra móvil (de presión). Este paquete de placas a su vez, es soportado por dos barras guía, una superior y otra inferior que apoyan sobre una columna o pedestal. El sellado entre placas se efectúa mediante juntas elastoméricas quienes a su vez dirigen los fluidos por canales alternos. (Haslego Christopher, Polley Graham).

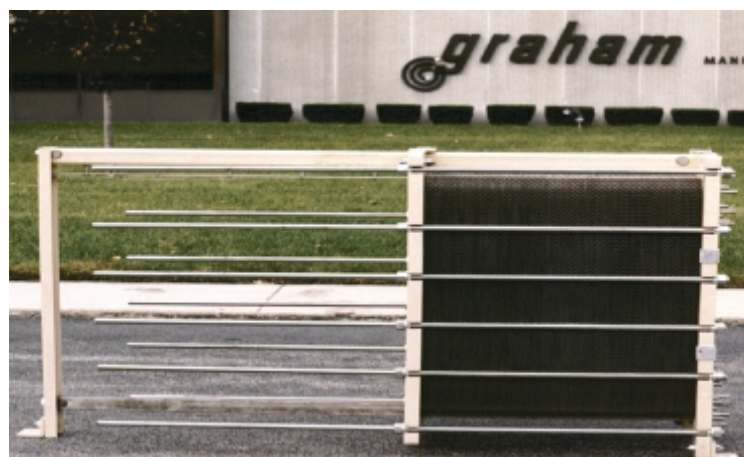
Las placas contienen orificios que permiten y dirigen el flujo de los fluidos. El conjunto de placas es comprimido mediante espárragos que aseguran el apriete y estanqueidad entre las mismas. Las conexiones de entrada y salida se localizan en la placa fija del bastidor salvo en el caso de que haya más de un paso, donde se utilizan ambas placas del bastidor. Los PHE son llamados también intercambiadores de placas y marcos (Plate and Frame) por su similitud constructiva con los filtros prensas. La figura N°1 muestra un esquema típico del equipo. (Haslego Christopher, Polley Graham).

Figuras 1.3. Intercambiador de placas con juntas.



En el caso de los BHE, las placas están soldadas entre sí y conectadas a dos placas finales de apoyo, no existiendo en ellos las juntas ni los elementos de soporte y apriete. Las placas en estos equipos son soldadas entre sí con cobre o níquel 99% en un horno al vacío y forman una unidad compacta resistente a la presión. Este diseño ha sido concebido para las aplicaciones de alta presión y temperatura de trabajo y presentan la ventaja de poder ser montados directamente sobre las cañerías. La cantidad, tamaño, material y configuración geométrica de las placas dependerá de las características del proceso, esto es, del caudal, propiedades fisicoquímicas de los fluidos, temperaturas y pérdida de presión requeridas. La figura N°2 muestra un equipo armado en conjunto. (Haslego Christopher, Polley Graham).

Figura1.4. PHE armado.



1.8.2. Materiales y dimensiones de las placas.

Las placas constituyen el alma del equipo y tanto la selección de materiales como el diseño, tamaño y cantidad de las mismas dependerá de las condiciones del servicio requerido. Las placas en general presentan un diseño en forma de “tabla de lavar” que reconoce cinco segmentos funcionales, a saber.

Segmento de ingreso del fluido en la parte superior (Inlet port).

- Segmento de distribución del fluido.
- Segmento o área principal de transferencia de calor.
- Segmento colector de fluido.
- Segmento de egreso del fluido (outlet port).

➤ **Los materiales de construcción de las placas en los PHE pueden ser de los siguientes materiales.**

- Aceros inoxidable austeníticos, tipo AISI 304, 316, 318, 312 (aplicaciones generales).
- Titanio, Titanio Paladio.
- Níquel.
- Hasteloy.
- Grafito Diabon F100 / NS1 (servicios muy corrosivos).

En los intercambiadores soldados las placas son únicamente de acero inoxidable AISI 316. Las placas pueden construirse en diferentes medidas y espesores, variando entre las siguientes dimensiones.

- Espesores de placas: 0.5 a 1.2 mm.
- Área de intercambio por placa: 0.032 a 3.4 m².
- Área de intercambio por unidad: 0.1 a 2200 m². En los BHE máx. (70 m²).
- Espaciado entre canales: 1.6 a 5.5 mm.
- Dimensiones placas: ancho (0.2 a 1.5 m) y alto (0.5 a 3 m).

- Dimensiones por unidad: 0.5 a 6 m.
- Dimensiones de las conexiones: 1" a 18". En los BHE máx. (4").
- Tipo de conexiones: roscadas, socket, bridadas o Victaulic.

1.8.3. Materiales de Juntas.

El sellado y estanqueidad entre las placas se consigue mediante juntas que van colocadas entre ellas; las que a su vez tienen también por finalidad direccionar el flujo de fluidos a través del conjunto de placas. El material de las juntas está directamente ligado a las exigencias del servicio, esto es: presiones y temperaturas de operación y de las características fisicoquímicas de los fluidos manejados (ácidos, álcalis, sólidos abrasivos, etc.). Las juntas pueden ir pegadas a las placas o con algún dispositivo de grampa (clip). Las juntas pueden ser de diferentes materiales entre los que encontramos. (Gaiser E., Kottke V).

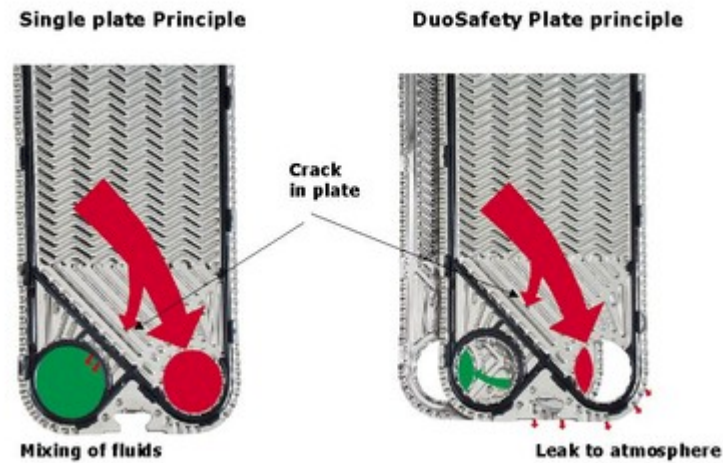
Tabla 1.4. Material de las juntas. (Gaiser E., Kottke V).

Material de las juntas.	Temperaturas Máximas Operación °C.	Aplicaciones.
Goma Nitrilica.	135	Agua, aceite mineral o vegetal, soluciones azucaradas, mostos.
Goma EPDM.	160	Agua caliente con vapor, vapor de agua, ácidos minerales.
Neopreno.	70	Sistemas refriger. R22, R134.
Goma butílica.	150 y más.	Ácidos, alkalis, aceites, aminas.
Goma base de Fluorelastómeros.	180	Ácidos minerales, vapor, aceites.
Juntas a base Grafito.	500	Productos orgánicos y mezclas.

En algunos equipos donde la posible pérdida de estanqueidad de las juntas y mezcla de los fluidos puede ser perjudicial (contaminación o reacción peligrosa), se recurre a placas dobles especiales que permiten evacuar la fuga hacia el exterior permitiendo el contacto entre ellos. La figura 1.5 muestra este tipo de placas y sus juntas. (Gaiser E., Kottke V).

Figura 1.5. Placas dobles para prevención de mezclas de fluidos.

Single Plate vs. DuoSafety Plate Technology



1.8.4. Distribución y características del flujo de fluidos.

Mientras que en los intercambiadores de calor de cascos y tubos (THE - Tubular heat exchangers) es posible manejar solamente una corriente fría y otra caliente en un determinado arreglo. En los intercambiadores de placas el flujo de fluidos no solamente puede ser dispuesto de diferentes formas sino también efectuar transferencia de calor en múltiples corrientes. La disposición en corrientes múltiples es generalmente aplicada en aquellos casos donde es necesario efectuar recuperación de calor entre corrientes que deben ser calentadas y luego enfriadas como sucede en algunos tratamientos térmicos de productos en la industria alimenticia, tal es el caso del proceso de pasteurización. En estos casos la distribución y recombinación de flujos de procesos es implementada en el interior del equipo, lo que trae aparejado además un importante ahorro en los costos de cañerías. Muchos fluidos viscosos que en un intercambiador de casco y tubos tendrían un flujo laminar, en los equipos compactos presentan flujos decididamente turbulentos. La distribución del flujo a través de las placas en el caso de fluidos viscosos es en general complejo, más aún cuando el paquete de placas es largo y estará de alguna forma definida por la caída de presión a través del equipo. La figura 1.6 muestra una disposición típica para el caso de transferencia en corrientes múltiples donde es posible efectuar distintas operaciones entre los fluidos (calentamiento, enfriamiento, etc.). (Ver anexo 3). (Gaiser E., Kottke V).

Capítulo II: Materiales y métodos para la producción de Malta.

Para la producción de Malta la materia prima principal a utilizar es la cebada malteada, esta materia prima es importada al país por lo que se ha tratado de sustituir por otras de menor costo de adquisición o que sea de producción nacional. Este trabajo está encaminado fundamentalmente a obtener una Malta de calidad y reducir los costos de inversión para la producción de malta, empleando como fuente de almidón los cereales arroz o trigo.

2.1. Materias Primas empleadas para la elaboración de Malta a escala piloto.

Teniendo en cuenta que la Malta que se comercia en el mercado es elaborada fundamentalmente a partir de la cebada malteada, se tomó como punto de referencia la elaboración de una Malta de cebada malteada la cual fue comparada en diferentes aspectos con la Malta de arroz y la Malta de trigo. El contenido de las materias primas fue utilizado en dependencia del tipo de malta a elaborar.

La elaboración de las diferentes variantes fue realizada a escala piloto utilizando los equipos de la Planta Piloto de la Universidad de Matanzas. En un macerador de capacidad de 40 L se añadieron las diferentes composiciones para cada variante de Malta.

I. Malta Cebada malteada.

- Cebada malteada. (2.4 Kg).
- Malta tostada. (0.2 Kg).
- Azúcar blanca refino. (4.6 Kg).
- Malta caramelo. (0.8 Kg).
- Agua. (30 L).

II. Malta Arroz

- Arroz blanco pulido sin cáscara. (2.4 Kg).
- Azúcar blanca refino. (5.5 Kg).
- Malta caramelo. (0.2 Kg).
- Malta tostada. (0.8 Kg).

- Agua. (30 L).

III. Malta Trigo

- Trigo. (2.4 Kg).
- Azúcar blanca refino. (5 Kg).
- Malta caramelo. (0.2 Kg).
- Malta tostada. (0.8 Kg).
- Agua. (30 L).

➤ **Materiales auxiliares en la elaboración de la Malta.**

- Enzima α amilasa.
- Iodo.
- Tierra infusoria.

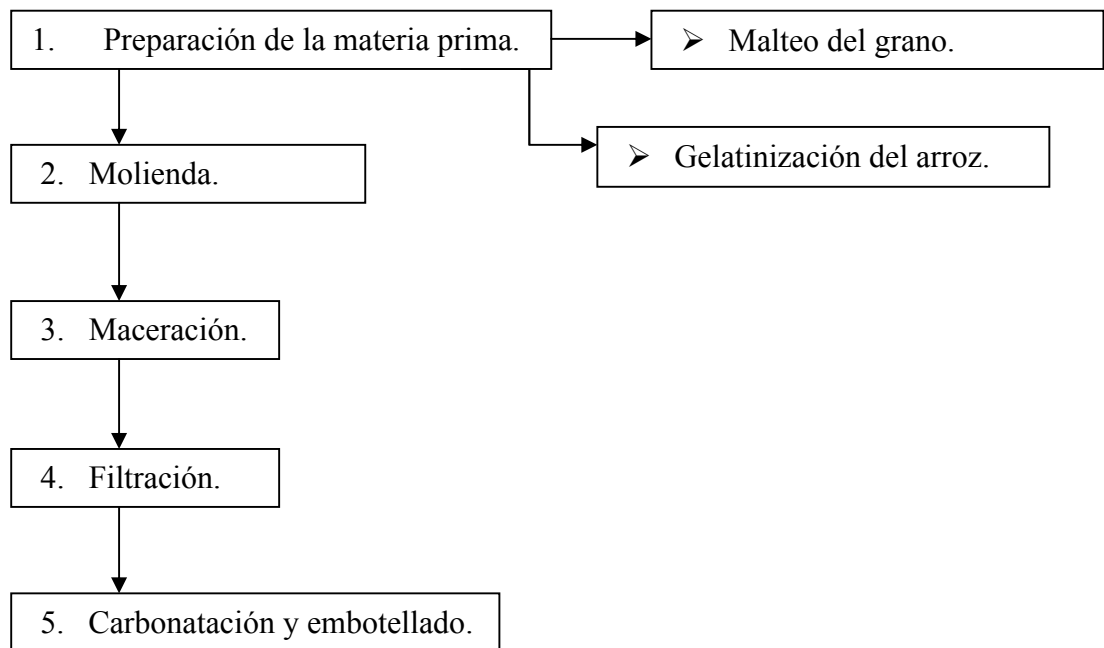
➤ **Equipos del proceso empleados para la producción de Malta.**

- Macerador de 40L. (Reactor provisto con agitador de hélice y resistencia eléctrica como medio de calentamiento).
- Bomba de vacío. (MLW).
- Molino de Martillo
- Cámara fría.
- Espectrofotómetro
- Carbonatador.
- Embotellador y enchapador.

2.2. Metodología para la elaboración de Malta a escala piloto.

Para la elaboración de las diferentes maltas se emplean los equipos existentes en la planta piloto. El proceso está constituido por 5 etapas fundamentales en las que ocurren todas las diferentes transformaciones necesarias para la elaboración de esta.

➤ Esquema Tecnológico.



2.2.1. Preparación de la materia prima a emplear.

Las materias primas a emplear para la elaboración de las diferentes Maltas primeramente es necesario realizarle una buena preparación para luego dar paso a la maceración. Esta etapa de preparación incluye el proceso de malteo que se le realiza al trigo ya que la cebada viene malteada y el arroz se gelatiniza.

2.2.1.1. Malteo.

El proceso de malteo del grano es una parte muy importante para la posterior maceración ya que en este proceso es donde se forman las enzimas necesarias para la degradación del almidón. El grano tiene que ser un grano entero y con buena calidad. El proceso de malteo se divide en 3 partes fundamentales remojo, germinación y secado. Este proceso es realizado solamente al grano de trigo ya que la cebada viene malteada y el arroz no se maltea lo que se le realiza es un proceso de gelatinización.

➤ Etapas del malteo.

- Remojo.

Se pesan 2,4 Kg de trigo se introducen en un recipiente de 20 L con agua y se ponen en la cámara fría. Esta operación se realiza a una temperatura controlada (15-20°C) en

un proceso que dura 24 h hasta conseguir un nivel de humedad del 42 % a 45% aproximadamente.

- **Germinación.**

El grano ya previamente remojado y con la humedad necesaria adquirida se coloca en 5 bandejas dentro de la cámara fría para su germinación.

El objetivo de la germinación es fomentar el desarrollo y crecimiento del embrión del grano para conseguir la modificación requerida del grano y desarrollo de las enzimas. Esta etapa dura 6 días, se desarrolla en condiciones de humedad y temperaturas controladas entre (15 - 20°C).

- **Secado.**

El objetivo del secado es remover la humedad, prevenir el posterior crecimiento y modificación, conseguir un producto estable que pueda ser almacenado y transportado, preservar las enzimas, desarrollar y estabilizar propiedades como el sabor y color, remover sabores indeseables, inhibir la formación de compuestos químicos indeseables y secar los brotes para permitir su remoción.

2.2.1.2. Gelatinización.

Para lograr una gelatinización del arroz, este debe ser cocinado y posteriormente debe ser batido, la cocción del arroz se realiza en un tiempo de 3 h. Para ello se pesa la cantidad de arroz necesaria que en este caso son 2,4 Kg, y se cocina en un recipiente de capacidad de 15 L agregándole el doble de agua; luego esa mezcla de arroz y agua se hace pasar por una batidora donde se obtendrá una pulpa lista para ser añadida al macerador.

La hidratación y gelatinización del arroz se hace con el objetivo de separar la estructura del almidón presente en el grano de arroz para que puedan actuar las enzimas con mayor facilidad lo que permite mejores condiciones para las reacciones enzimáticas que ocurrirán en el proceso de maceración.

2.2.2. Molienda.

Para realizar la etapa de molienda primeramente se selecciona las materias primas a emplear en cada tipo de Malta a realizar, luego se pesan para ser molidas posteriormente.

Se pesa 2,4 Kg de Cebada malteada para la Malta de Cebada, la misma cantidad de Trigo para la Malta Trigo y también lo mismo de Arroz para la Malta Arroz que como fue dicho anteriormente este ni se maltea, ni se muele, se gelatiniza. Luego se pesa 0,8 Kg de malta caramelo (Cebada malteada pero caramelizada por temperatura), 200 g de malta tostada, estas dos últimas se le agregó la misma cantidad para cada tipo de Malta. Luego toda esta materia prima es pasada por un molino de martillo de 3 mm de diámetro de trituración. Esto es muy importante ya que estos granos son de capas muy gruesas y le sería muy difícil a las enzimas penetrar hasta el centro de ellos lo que daría una mala degradación de los almidones.

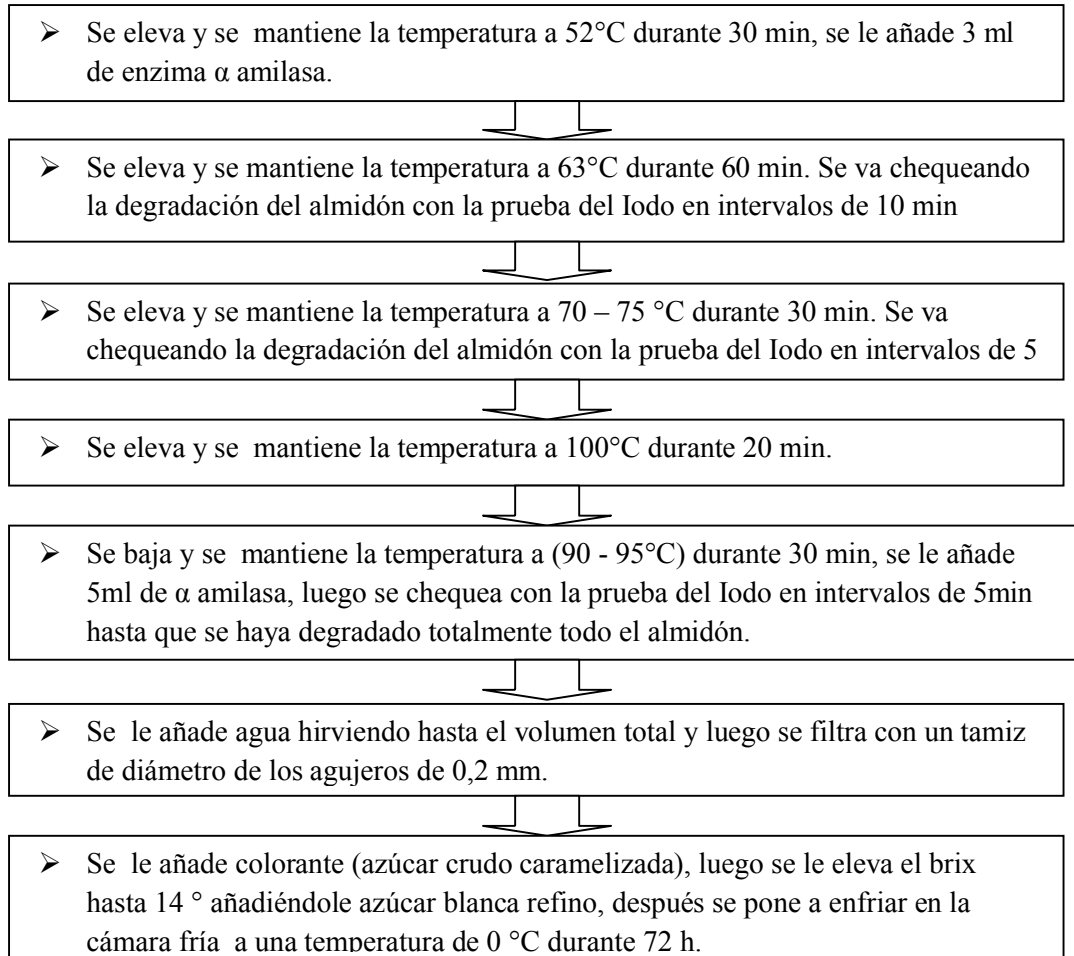
2.2.3. Maceración.

La maceración es un proceso que se realiza para lograr la degradación del almidón por medio de reacciones enzimáticas, para esto la enzima a utilizar es la α amilasa y β amilasa. Una parte de estas enzimas son formadas por el grano en el proceso de malteo. Para lograr una buena degradación se le agrega un poco más de estas enzimas al proceso. La duración de este proceso enzimático esta en dependencia de la cantidad de almidón y de enzimas presentes en el grano, es decir para cada tipo de malta no hay un igual tiempo de degradación del almidón ya que cada grano no contiene igual cantidad de almidón ni de enzimas.

En un recipiente de volumen de 40 L se añaden todas las materias primas previamente molidas y se llevan hasta 20 L con agua. Luego se siguen una serie de pasos para lograr una buena degradación del almidón.

➤ **Temperaturas a controlar y pasos a seguir en el proceso de maceración.**

Para la degradación del almidón en el proceso de maceración es necesario seguir una serie de pasos ya conocidos, controlar temperaturas que permitan un buen desarrollo de las enzimas y por consiguiente una buena degradación del almidón. (Guilbot *et al.*, 1985).


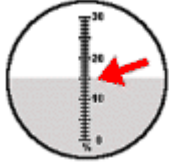


2.2.3.1. Metodología para determinar el °Brix.

La escala Brix se utiliza en el sector de alimentos, para medir la cantidad aproximada de azúcares en el zumo de frutas, vino o bebidas suaves, y en la industria del azúcar. Para las bebidas un grado Brix indica cerca de 1-2 % de azúcar por peso. Ya que los grados Brix se relacionan con la concentración de los sólidos disueltos (sobre todo sacarosa) en un líquido y tienen que ver con la gravedad específica del líquido. Esta determinación está calibrada a 15 °C.

Para las mediciones del Brix se empleó un Refractómetro de Abbe que se muestra en figura 2.1 se ilustran las partes principales de este equipo.

Figura 2.1 Refractómetro de Abbe.

	Refractómetro de mano
	Lectura

2.2.4. Proceso de filtración.

El proceso de filtración se realiza con el mismo procedimiento para todas las variantes de maltas producidas. Después que termina la maceración este mosto es filtrado por un tamiz de 0,2 mm de diámetro de agujero ya que el diámetro de las partículas después de la molienda son de 3 mm y esto garantiza una buena filtración, se pone a enfriar en un cuarto frío a 0°C durante 72 h para garantizar la floculación de todos los compuestos indeseables presentes en el mosto y por consiguiente la precipitación de todas las partículas no deseadas. Al concluir todo este proceso se somete a una filtración al vacío con una bomba de vacío (MLW).

2.2.5. Carbonatación y embotellado.

➤ Carbonatación.

La malta previamente filtrada al vacío es colocada en un recipiente de capacidad de 30 L. Este recipiente tiene acoplado un conducto inoxidable que recorre todo el interior del mismo por el que circula agua alcoholada fría que viene de un equipo refrigerante – 20 °C lo que permite que se enfríe toda la malta dentro del recipiente. Se cierra todo el recipiente y por otro conducto mediante un difusor se le introduce CO₂ a presión (2 MPa) lo que permite que se disuelva a presión en la malta y se carbonate.

➤ Limpieza y esterilización de las botellas.

Lo primero que se realiza es el lavado de todas las botellas con agua y detergente utilizando el cepillo, retirando todos los residuos del interior de las botellas. Para una mayor esterilización se dejan todas las botellas durante 24 h sumergidas en un recipiente lleno de agua y lejía. Al terminar se enjuagan bien con agua hasta que no quede

ningún resto ni olor a lejía. Luego se ponen a esterilizar dentro de una estufa a una temperatura de 120°C durante 24 h.

➤ Embotellado

El embotellado se realiza en botellas de 350 ml. Este procedimiento se realiza manual al igual que el enchapado que se pone la chapa a presión con un equipo manualmente.

2.3. Análisis microbiológico de las maltas.

Después de haberse carbonatado y embotellado se le realizaron una serie de análisis microbiológicos a las maltas. Los métodos utilizados para la realización de estos análisis fueron el método Clásico de Gram, Conteo directo de Levaduras y un análisis por el medio de cultivo utilizando como referencia las diferentes NC/ISO.

2.3.1. Tinción de Gram:

Una de las coloraciones diferenciales más ampliamente empleadas en bacteriología es la tinción de Gram, siendo el Dr. Christian Gram, el descubridor de la misma. Sirve para diferenciar o distinguir un grupo de microorganismos del otro permitiéndonos su clasificación, puesto que ambas coloraciones pueden dar resultados positivos o negativos. La tinción de Gram requiere el empleo de 4 reactivos diferentes, y es necesario para su realización una cierta habilidad y pericia. (Novo 2005).

La Violeta cristal (también conocida como Violetas gencianas), es la primera sustancia química colorante empleada cuyo propósito es el de impartir color a todos los organismos presentes en la preparación. El segundo reactivo es la solución diluida de yodo, la cual es llamada líquido de Gram o Lugol. Esta solución actúa como mordiente: “sustancia que mejora o fortalece la unión entre el colorante y ciertas fracciones presentes, con la formación de un complejo coloreado, el cual es relativamente insoluble en alcohol”. En este caso el yodo causa la unión entre la Violeta cristal y las fracciones presentes en la célula. (Novo 2005).

El tercer reactivo empleado es el alcohol el cual actúa como un decolorante, debido a que el mismo disuelve y remueve el primer colorante de las células (Violeta cristal). Muchos laboratorios emplean una mezcla de acetona y alcohol de 95 % en las

proporciones del 30 y 70 % respectivamente, mientras que otros solo emplean alcohol al 95 % sin adicionar acetona. (Novo 2005).

La violeta cristal es soluble frente a cualquiera de estas formas, por lo cual los microorganismos que no son decolorados y retienen el colorante primario se les ha denominado como Gram positivos. (Novo 2005).

El cuarto reactivo de esta tinción es un colorante débil de color rojo preferentemente, ya sea la Rosa de Bengala fenicada, la Safranina o la Fuschina fenitada diluida, los cuales son aplicados indistintamente como colorantes de contraste. (Novo 2005).

Si un microorganismo ha sido coloreado por el colorante primario y después pierde el colorante por la acción del alcohol, será imposible su observación debido a su transparencia y para hacerlo visible es necesario aplicar un nuevo colorante como mencionamos anteriormente. Los microorganismos que fueron decolorados y que toman este último decolorante se les ha denominado como Gram negativos. (Novo 2005).

➤ **Procedimiento:**

- Extender, secar y fijar al igual que la tinción simple.
- Teñir durante 1 min con Violeta cristal.
- Eliminar el exceso de colorante, mediante un lavado ligero con agua corriente.
- Cubrir la preparación con la solución de Lugol durante 1 min.
- Eliminar el exceso y decolore con alcohol – acetona, hasta que el liquido sobrante salga ligeramente teñido o incoloro, pues si se fuerza la decoloración, la tinción puede darnos resultados erróneos.
- Lavar con agua corriente.
- Sin secar, colorear con la solución acuosa de Safranina durante 3 o 5 min.
- Lavar con agua corriente.
- Secar al calor suave de la llama.
- Observar con lente de inmersión.

2.3.2. Conteo directo de levaduras.

Se toma una dilución de la muestra (Malta) esta dilución se realiza con un buffer de fosfatos y por el método de las diluciones seriadas decimales, en nuestro caso se utilizó

la dilución : 100, ya que es la que nos ofrecía una población de levaduras contable en el campo microscópico. Con esta dilución se cargó la cámara reticulada de Newbaur, esta cámara tiene un volumen conocido de muestra. (Girard. 1965).

Se cuentan los campos (En esta cámara son cuadrados, para facilitar el conteo) Se anota el número y este multiplicado por 10 000 (que es la constante de la cámara, por la dilución es el número de levaduras por mL de la muestra inicial. (Girard. f. 1965).

2.3.3. Medio de cultivo.

Cultivo batch, a templa o discontinuo, es un modo de operación muy empleado.

- Ocurre a volumen constante
- Depende del tiempo en los parámetros fundamentales (pH, contenido de nutrientes, productos, etc.)
- No existe entrada o adición de nutrientes ni salida o sustracción de productos durante el tiempo de operación.
- El proceso de crecimiento de microorganismos que ocurre en un cultivo batch presenta una serie de cambios que se identifican en etapas o fases. Esas fases constituyen la curva de crecimiento de organismos unicelulares.

2.3.4. Técnicas analíticas analizadas en el estudio.

- Examen microscópico. A.P.H.A.
- Procesamiento de las muestras. NC/ISO 6887:2002.
- Conteo total de microorganismos aerobios mesófilos viables. NC/ISO 4833:2002.
- Conteo de mohos y levaduras viables. NC/ISO 7954:2002.
- Coliformes totales y fecales. NC/ISO 4832:2002.
- Staphilococcus aureus. NC/ISO 6888:2003.
- Salmonella. NC/ISO 6579:2004.
- Lactobasillus (presencia – ausencia). ISO 15214:1998.
- Procesamiento de las muestras. NC/ISO 6887:2002.

2.4. Método de análisis de calidad del producto.

El análisis de calidad del producto obtenido se realiza según la Norma Cubana NC-82-04-1982, teniendo en cuenta la clasificación de bebidas y las especificaciones de los índices de calidad como el aspecto, el olor, el sabor, espuma, el color y el pH.

➤ Especificaciones organolépticas.

- **Aspecto.**

A una temperatura igual o mayor que 5°C, el producto tendrá un aspecto transparente y estará libre de turbidez y partículas en suspensión o sedimentadas, apreciables a simple vista. A temperaturas inferiores, el producto podrá presentar un ligero enturbiamiento que será más intenso a medida que la temperatura disminuya y que desaparecerá con el calentamiento.

- **Olor y sabor.**

Característico del tipo de Malta, libre de olor o sabor a oxidación, a fermentación y sustancias extrañas.

- **Espuma.**

El producto formará una espuma compacta, de finísimas burbujas, persistente y que tienda a adherirse a las paredes del recipiente. La calidad de esta se determina aplicando la técnica de estabilidad de espuma (Clerck, 1982), la cual dice: se toma una botella de Malta (350 ml), se coloca a una altura de 4 cm con respecto a la parte superior de un vaso de cristal, luego se vira la botella hasta posición horizontal vertiendo su contenido en el vaso. Cuando cesa la salida del líquido se endereza la botella y se comienza a medir el tiempo hasta que desaparece la espuma. Teniendo en cuenta este tiempo la espuma se clasifica en:

- Mayor de 5 minutos: excelente.
- De 3 minutos a 5 minutos: muy buena.
- De 2 a 3 minutos: buena.
- Menos de 2 minutos: mala.

2.5. Evaluación sensorial.

Se realizó una evaluación sensorial utilizando 10 expertos, teniendo en cuenta cinco muestras para ello se analizó dulzor, amargor, carbonatación, color y aroma. Se estableció una calificación entre (0-5). También se realizó otra evaluación general por cada experto con una calificación entre (1-5), para la evaluación de los parámetros con más dificultad y establecer una comparación entre las diferentes muestras se utilizó el método del Kendall.

2.5.1. Método Kendall.

Consiste en la recopilación o recogida de información ponderada de un grupo de expertos. El Método unifica el criterio de varios especialistas con conocimiento de la temática, de manera que cada integrante del panel (Se debe trabajar con 7 expertos como mínimo) haya ponderado según el orden de importancia, que cada cual entienda a criterio propio. En la selección del experto se tendrá en cuenta la experiencia, el nivel de información que pueda aportar y el nivel técnico que tenga. Este método posee un procedimiento matemático y estadístico que permite validar la fiabilidad del criterio de los expertos mediante el coeficiente Kendall (W). (Santos 2007)

➤ Aplicación del método.

- Llevar a la tabla el resultado de la votación de cada experto.
- Sumatoria de todos los valores por fila.
- Cálculo del coeficiente (T).

$$T = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k a_j}{k} \quad (\text{Ec 2.1}).$$

- Se realiza el control de las características cuyo valor es menor que (T).
- Cálculo de Δ , se hace por fila y uno por uno.

$$\Delta = \sum_{i=1}^m a - T^- \quad (\text{Ec 2.2}).$$

- Cálculo de Δ^2 , se calcula la sumatoria al final de la columna.
- Posteriormente se determina el coeficiente de Kendall (W).

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^k \Delta^2}{m^2 (k^3 - k)} \quad (\text{Ec 2.3}).$$

$W \geq 0.5$ Si se cumple hay concordancia y el estudio es válido.

$K \rightarrow$ Número de características.

$m \rightarrow$ Número de expertos.

Si $W < 0.5$ se repite el estudio, de haber un número de expertos mayor que 7 deben eliminarse los que más variación introducen en el estudio, respetando siempre $m \geq 7$. (Santos 2007).

2.6. Diseño de un pasteurizador a escala piloto.

La malta es una bebida con alto contenido de nutrientes que permite el desarrollo de microorganismos a temperatura y presión ambiental. Todos estos microorganismos hacen que la Malta no posea los parámetros de calidad para el consumo humano. Para la eliminación de estos se debe aplicar un proceso de pasteurización que nos permita la eliminación total o parcial de ellos hasta poder cumplir con las normas establecidas. Por lo que siguiendo una metodología de cálculo se diseña un intercambiador de placa.

2.6.1. Flujo de fluidos y transferencia de calor.

Las velocidades de escurrimiento promedio en los PHE son menores que en los THE. Así, se encuentra en ellos un rango de velocidades entre 0.5 a 0.8 m / sec contra los 1.2 a 2 m /sec que se presentan en los intercambiadores de casco y tubos, sin embargo, pese a estas bajas velocidades se obtienen coeficientes totales de transferencia de calor muy superiores a los de casco y tubos con relación a las condiciones de termotransferencia y fluidodinámicas en estos equipos, es posible manejarse dentro de los siguientes valores. (Raju K.S., Chand Jagdish).

1. Flujo másico por unidad: 0.13 a 800 kg / sec (flujo de agua).

2. Presión de trabajo: vacío a 30 bar (máximo).
3. Temperatura de trabajo (PHE): - 40 a 180°C.
4. Temperatura de trabajo (BHE): - 195 a 225°C.
5. Coeficiente total de transferencia de calor (K): 3500 a 7000 Kcal. / h.m².°C (agua -agua).
6. Coeficiente total K: 800 a 2800 Kcal / h.m². °C (soluciones acuosas – agua).

La caída de presión en los PHE es uno de los más importantes parámetros a definir en el proyecto de estos equipos, ya que ella puede estar restringida por aspectos económicos (costos de bombeo) o por consideraciones de procesos o una combinación de ambos. Esta caída de presión ocasionada por el flujo de los fluidos a través de la superficie de calefacción y de las conexiones de entrada / salida del equipo, es utilizada para generar elevados coeficientes de convección y por ende altas transferencias de calor. A los fines de relacionar la pérdida de carga con la aptitud del equipo para transferir calor, se introduce el concepto de caída específica de presión, también llamada Número de Jensen (Je). Este concepto permite relacionar diferentes superficies intercambiadoras de calor y representa la pérdida de carga experimentada por el fluido durante su pasaje a través del equipo con relación al número de unidades de transferencia NTU obtenido, esto es. (Raju K.S., Chand Jagdish).

$$Je = \Delta P / NTU \text{ (kg / m}^2\text{)} \quad \text{Ec (2.4).}$$

La pérdida de carga en los intercambiadores de placas puede ser calculada por la ecuación de Cooper, que establece.

$$\Delta P = (2.f.G^2.L) / (g. D. \rho e) \quad \text{Ec (2.5).}$$

$$f = 2.5 / Re^{0.3} \quad \text{Ec (2.6).}$$

$$Re = [De (G / \rho)] / \mu \quad \text{Ec (2.7).}$$

ΔP : pérdida de carga en el equipo en kg. / m².

G: flujo másico en kg. / h.m².

L: longitud del canal de pasaje en m.

D: diámetro equivalente del canal de flujo en m.

ρ : densidad del fluido en kg / m³.

g: constante gravitacional en m / h².

Re: Número de Reynolds.

f: factor de fricción.

La elevada transmisión de calor en los equipos está también asociada a las diferentes disposiciones en las que los flujos pueden ser dispuestos. Esto posibilita aprovechar las diferencias de temperaturas de manera eficiente y optimizar el proceso. (Raju K.S., Chand Jagdish).

Como vimos las disposiciones posibles de flujos en estos equipos pueden ser diversas, a saber

1. Flujo en serie, en el cual la corriente cambia de dirección verticalmente.
2. Flujo paralelo, donde la corriente se divide y luego converge sobre un mismo colector.
3. Sistema Loop, en el que ambos fluidos circulan en flujo paralelo.
4. Sistema complejo, que presenta una combinación de los anteriores (serie - paralelo).

➤ **Condiciones de trabajo.**

Temp. Entrada agua: 90°C.

Temp. Salida agua: 70°C.

Temp. Ingreso de la Malta: 30°C.

Temp. Egreso de la Malta: 70°C.

G_{Malta}. Flujo de Malta: 0.04 m³/h.

2.6.2. Método de Raju & Chand.

Este procedimiento presenta dos caminos: el primero hace uso del factor de corrección (Ft) de la diferencia de temperaturas media logarítmicas (Δt_m) y el segundo hace uso de la eficiencia de la transferencia de calor (ϵ) como función del NTU. Para ambos métodos se asume que. (Raju K.S., Chand Jagdish).

- Las pérdidas de calor son despreciables.
- No se presentan espacios con aire en el equipo.
- El coeficiente global de transferencia de calor se mantiene constante dentro del equipo.
- Los perfiles de temperaturas varían solo en la dirección del flujo.
- Las corrientes se distribuyen uniformemente en cada canal en el caso de flujo paralelo.

Si N es el número de placas, el número de canales formados será N+1. El procedimiento de diseño, puede explicarse por medio de ejemplos típicos de problemas. Dados los siguientes datos la metodología seguida para cada caso será.

- Caudal y temperaturas de entrada y salida del líquido caliente.
- Caudal y temperatura de entrada del líquido frío.
- Propiedades físicas de los fluidos.
- Características físicas de la placa.

➤ Método del factor de corrección (Ft).

1. Cálculo del calor intercambiado: $q = G \cdot c_p \cdot \Delta t$ (Ec 2.8).

2. Calor específico de la Malta $C_{p_{Malta}} = 1 - 0.0056 \cdot \text{Brix}$ (Ec 2.9).

3. Densidad de la malta $\rho_{Malta} = g_e \cdot \rho_{agua}$ (Ec 2.10).

4. Determinación de las propiedades físicas de los fluidos a la temperatura media entre las de entrada y salida.

5. Cálculo de la diferencia de temperaturas media logarítmica Δt_m .

$$\Delta t_m = (\Delta t_1 - \Delta t_2) / \ln (\Delta t_1 / \Delta t_2) \quad (\text{Ec 2.11}).$$

6. Cálculo del NTU.

$$(t_f - t_c) / \Delta t_m = K_s \cdot A_t / G_c \cdot C_p \quad (\text{Ec 2.12}).$$

7. Determinación del factor de corrección de temperatura media F_t .

8. Cálculo del número de Reynolds para cada corriente: Para flujo en serie, el caudal circula en una corriente única para cada fluido y se calcula por la fórmula conocida. Para flujo en paralelo, se asume un número de placas para determinar el número de subcorrientes para cada líquido. Así n_f y n_c representan las subcorrientes fría y calientes. El número de Reynolds vendrá dado entonces para este caso por la ecuación siguiente.

9. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor de cada lado, atendiendo al régimen de flujo.

Coeficiente para flujo turbulento:

$$h = 0.2536 (k / D_e) (\text{Re}_m)^{0.65} (\text{Pr}_m)^{0.4} \quad (\text{Ec 2.13}).$$

Coefic. para flujo laminar ($\text{Re} < 400$): (Ec 2.14).

$$h = 0.742 \text{ cp } G (\text{Re}_m)^{-0.62} (\text{Pr}_m)^{-0.667} (\mu_m / \mu_w)^{0.14} \quad (\text{Ec 2.15}).$$

10. El flujo laminar se presenta en fluidos muy viscosos y materiales poliméricos. En la ecuación para el flujo turbulento el diámetro equivalente (D_e) es definido como.

$$D_e = (4W) / (2W + 2b) \quad (\text{Ec 2.16}).$$

En esta ecuación por lo general el D_e resulta igual a $2b$, dado que la separación entre placas (b) es despreciable frente al ancho (W) de las mismas.

11. Cálculo del coeficiente total de transferencia de calor K_s .

$$K_s = 1 / (1 / \alpha_w + 1 / \alpha_a) \quad (\text{Ec 2.17}).$$

12. Cálculo de la superficie total de transferencia de calor A_t .

$$A_s = q / K_t \cdot \Delta t_m = G_w \cdot c_p \cdot \Delta t / K_t \cdot \Delta t_m \quad (\text{Ec 2.18}).$$

13. Cálculo del número de placas.

$$N = A_t / A_p \quad (\text{Ec 2.19}).$$

14. Número de Jensen (J_e) = $\Delta P / NTU$ (kg / m^2) (Ec 2.20).

15. $\Delta P = (2 \cdot f \cdot G^2 \cdot L) / (g \cdot D \cdot \rho_e)$ (Ec 2.21).

16. $f = 2.5 / \text{Re}^{0.3}$ (Ec 2.22).

17. $L = A_t / W$ (Ec 2.23).

2.6.3. Cálculo del costo del intercambiador.

En estos equipos las placas requieren de materiales especiales y una construcción muy cuidadosa, de gran precisión. La diferente geometría de las placas corrugadas así como el asiento de las juntas que exigen que las mismas sean efectuadas con las más modernas herramientas de fabricación y diseño. Iguales exigencias valen para los otros componentes del equipo.

Polley & Haslego han propuesto algunas ecuaciones para calcular el costo de los intercambiadores de placas y de casco y tubos a los fines de efectuar estudios comparativos de inversiones cuando se presenta la posibilidad de optar por uno u otro equipo.

Intercambiadores de placas, tipo 316: (válida para $A < 18.6 \text{ m}^2$)

$$C_2 = 1281 \cdot A^{0.4887} \quad (\text{Ec 2.24}).$$

2.7. Cálculo económico.

Este cálculo consiste en determinar el costo de las materias primas a emplear en la obtención de 350 mL de Malta y compararlo con su precio (Bueno, 1985; Brizuela, 1987; Peters, 1968) que no es más que el cálculo del Beneficio Bruto para cada tipo de malta

$$B.B=VP-\Sigma CMP \quad (\text{Ec 2.25}).$$

$$CMP= \text{pup}_{(MP)} * m_{(MP)} \quad (\text{Ec 2.26}).$$

$$VP= \text{pup} * V_{(mL)} \quad (\text{Ec 2.27}).$$

VP: Valor de la Malta obtenido no considerándose la venta de los subproductos.

CMP: Costos de las materias primas consumidas en la producción.

pup: Precio unitario de la materia Prima.

Capítulo III: Análisis de los resultados.

3.1. Tiempo de maceración para la degradación del almidón para cada tipo de Malta.

Tabla 3.1: Tiempo de maceración.

Tipos de Maltas.	Tiempo de maceración (h).
Malta Cebada.	3.20
Malta Arroz.	3.90
Malta Trigo.	3.50

La malta de mayor tiempo de maceración fue la Malta de arroz ya que el contenido de enzimas presentes en el grano es cero y se le tiene que añadir para que se pueda degradar el almidón presente en él.

La malta de menor tiempo de maceración es la Malta de Cebada ya que este cereal viene malteado industrialmente y con un alto contenido de enzimas.

En el intervalo de temperatura de 52 - 63°C es donde se forma la maltosa, el tiempo de duración de esta etapa esta en dependencia del contenido de almidón y de β amilasa presente en el grano. A la temperatura de 70 – 75 °C es donde se forman las dextrinas, el tiempo de duración de esta etapa esta en dependencia de la actividad de las enzimas α amilasa, a mayor cantidad de esta mas rápido será la formación. Para eliminar una gran parte de microorganismos se eleva la temperatura a 100°C por 20 min. Luego se baja la temperatura hasta 90 - 95°C que en esta etapa es donde se termina de degradar el almidón que queda. La degradación del almidón se va chequeando durante todo el proceso a un intervalo de 10 min con la prueba del Iodo. Ver Anexo 5.

3.2. Evaluación de la calidad del producto.

Las Maltas obtenidas cumplen con los parámetros de calidad establecidos en la Norma Cubana NC-82-04-1982, mencionados en el Capítulo II. Se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Aspecto:** Las Maltas obtenidas tienen un aspecto transparente, libre de turbidez y partículas en suspensión.
- **Olor y sabor:** Presenta el olor y sabor típico de la Malta, sabor caramelo.

➤ **Espuma:**

- Malta Cebada: La estabilidad de la espuma se mantiene durante 5min por lo que se clasifica de excelente.
- Malta arroz: La estabilidad de la espuma se mantiene durante 3min por lo que se clasifica de muy buena.
- Malta trigo: La estabilidad de la espuma se mantiene durante 4min por lo que se clasifica de muy buena.

Como se observa la Malta Cebada es la que mejor estabilidad presenta aunque la de trigo se aproxima en su estabilidad.

➤ **Color:** Todas las maltas presentan un color caramelo, siendo la mas clara la Malta de arroz debido a que el contenido de maltosa es en las otras mucho mayores.

➤ **Índice de pH:** Los valores oscilan entre 5 – 5,5. Se mantienen en este rango que es el establecido.

3.3. Análisis microbiológico.

3.3.1. Resultados de examen microscópico.

Producto: Malta Cebada.

➤ **Claves de la muestra**

M1-SP: Sin Pasteurizar.

M2-30: Pasteurizado por 30 mn.

M3-60: Pasteurizado por 60 mn.

M4-SpCO₂: Sin pasteurizar, sin CO₂.

➤ **Muestra: M1-SP.**

- **Extensión coloreada por el Método Clásico de Gram.**

Se observan levaduras Gram positivas, pequeñas y de mayor tamaño, gemantes. Escasas formas bacilares alargadas, en ocasiones filamentosas, Gram variables, compatibles con la morfología celular descrita para el género *Lactobasillus*.

- **Recuento directo de levaduras.**

Pequeñas: $388 \cdot 10^4$ células por mL.

Grandes: $68 \cdot 10^4$ células por mL.

➤ **Muestra M2 -30.**

- **Extensión coloreada por el Método Clásico de Gram.**

Se observan levaduras Gram positivas con escasas células en estado de gemación.

- **Recuento directo de levaduras.**

$4 \cdot 10^5$ células por mL.

➤ **Muestra M3-60.**

- **Extensión coloreada por el Método Clásico de Gram.**

Se observan levaduras Gram positivas con escasas células en estado de gemación.

- **Recuento directo de levaduras.**

$21 \cdot 10^4$ células por mL.

➤ **Muestra M4-SPCO₂.**

- **Extensión coloreada por el Método Clásico de Gram.**

Se observan levaduras Gram positivas, pequeñas y de mayor tamaño, gemantes. Formas bacilares alargadas, en ocasiones filamentosas, Gram variables, compatibles con

Producción de Malta utilizando como fuente de almidón Arroz y Trigo.

la morfología celular descrita para el género *Lactobasillus*. Cocos Gram positivos en cadenas de 3-5 unidades.

- **Recuento directo de levaduras.**

Pequeñas: $12 \cdot 10^4$ células por mL.

Grandes: 2340000 células por mL.

3.3.2. Análisis a medios de cultivo.

- **Producto:** Malta Cebada.
- **Envase:** Botella de cristal.
- **Elaborado en:** Planta Piloto Universidad de Matanzas.
- **Fecha de Análisis:** 11/5/2009.

Tabla 3.2: Medios de cultivo.

Índices Analizados	M1-SP	M2-30	M4-60	M4-SPCO ₂
Conteo total de microorganismos aerobios, mesófilos viables. (u.f.c./mL).	3900	Menor de 10	Menor de 10	9500
Conteo de Mohos viables. (u.f.c./mL).	Menor de 10	Menor de 10	Menor de 10	Menor de 10
Conteo de levaduras viables. (u.f.c./mL).	7900	Menor de 10	Menor de 10	500000
Coliformes totales. (u.f.c./mL).	Menor de 10	Menor de 10	Menor de 10	Menor de 10.
Coliformes Fecales. (u.f.c./mL).	Menor de 10	Menor de 10	Menor de 10	Menor de 10
<i>Staphylococcus aureus</i> . (u.f.c./mL).	Menor de 10	Menor de 10	Menor de 10	Menor de 10
<i>Salmonella</i> . (25mL.).	Negativo.	Negativo.	Negativo.	Negativo
<i>Lactobasillus</i> . (Presencia).	Positivo.	Positivo.	Positivo.	positivo

➤ **Cepas obtenidas:**

- **Muestra M1-SP:** Levaduras (se observan dos géneros) *bacillus* spp, *Lactobasillus* spp.
- **Muestra M2-30:** Levaduras spp.

- **Muestra M3 -60:** Levaduras spp.
- **Muestra M4- SPCO₂:** Levaduras (se observan dos géneros) bacillus spp , Lactobasillus spp y Streptococcus (Grupo láctico).

Todos los experimentos fueron realizados en el Laboratorio de Microbiología de la Empresa de conservas de frutas y vegetales “Libertad” ubicada en el municipio de Colón, Matanzas.

Arrojaron como resultado que para la obtención de una malta de buena calidad era necesario la eliminación de todo o por lo menos atenuar el contenido de microorganismos presente en ella. Se detectó un alto contenido de levadura en todas las muestras analizadas. A las muestras M2-30 y M3 -60 se le realizó una pasteurización en baño de maría a una temperatura de 70°C después de ser embotelladas por 30 y 60 min respectivamente, estas muestras solo poseían levaduras a diferencia de M1-SP que es una muestra sin pasteurizar y M4- SPCO₂ que también esta sin pasteurizar y no tiene CO₂, estas dos ultimas tienen un contenido de bacillus spp , Lactobasillus spp y Streptococcus (Grupo láctico). Todo este contenido de microorganismos hace que la malta no se encuentre en calidad óptima para el consumo humano, por lo que se diseño un intercambiador de calor de placas para ser utilizado como pasteurizador y así poder eliminar todo este contenido de microorganismos que nos afecta la calidad de la Malta.

3.4. Evaluación sensorial.

3.4.1. Según las características.

Siguiendo la metodología de Kendall se le realizó una evaluación ponderada a las encuestas realizadas de las características en las diferentes maltas introduciendo dentro de esta evaluación a la Malta Bucanero y la Malta Tinima, teniendo en cuenta como parámetros, dulzor, amargor, carbonatación, color y aroma, utilizando como rango de evaluación (0-5). Para la realización de estas encuestas se utilizaron 10 expertos los cuales fueron seleccionados según su experiencia en el tema, (Ver anexo 6). Los resultados de las encuestas realizadas a cada experto se encuentran en el anexo 1.

Teniendo en cuenta el cálculo de W que establece que si $W \geq 0,5$ hay confiabilidad entre los expertos se arrojó como resultado que en todas las evaluaciones existe una buena concordancia entre los expertos.

Producción de Malta utilizando como fuente de almidón Arroz y Trigo.

Teniendo en cuenta el cálculo de Δ que nos da el nivel de importancia de cada parámetro es decir que a medida que Δ sea mas negativo el parámetro será mas importante, se pudo conocer en cada variante de malta, como se comportan las características de cada una y poderlas comparar entre sí. Ver anexo Excel (Kendall).

Tabla 3.3: Caracterización de las Maltas arroz según panel de expertos.

Características	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	$\sum A_i$	Δ	Δ^2
Dulzor	5	4	5	4	4	5	5	5	4	4	45	10	108
Amargor	1	2	1	1	1	2	1	1	2	2	14	-21	424
Carbonatación	3	5	4	3	3	4	3	3	5	4	37	2	5,76
Color	3	4	5	3	4	3	5	3	4	4	38	3	11,6
Aroma	5	5	4	3	4	3	5	3	3	4	39	4	19,4
											173		569

T	35
k	5
w	0,5692
m	10

Tabla 3.4: Caracterización de las Maltas Bucanero según panel de expertos.

Características	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	$\sum A_i$	Δ	Δ^2
Dulzor	1	2	1	2	1	1	2	2	1	1	14	-21	433
Amargor	3	5	4	5	3	4	4	3	3	3	37	2	4,84
Carbonatación	5	4	3	4	4	3	5	3	5	4	40	5	27
Color	4	4	5	5	4	5	4	4	3	4	42	7	51,8
Aroma	4	4	5	3	5	4	3	5	3	5	41	6	38,4
											174		555

T	35
k	5
w	0,5548
m	10

Tabla 3.5: Caracterización de las Maltas Cebada según panel de expertos.

Características	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	$\sum A_i$	Δ	Δ^2
Dulzor	3	3	5	3	5	4	4	4	4	3	38	4	16
Amargor	2	2	1	1	1	1	2	1	1	2	14	-20	400
Carbonatación	3	3	5	1	5	4	5	4	5	3	38	4	16
Color	5	3	4	3	5	4	5	3	4	4	40	6	36
Aroma	5	4	4	3	5	4	5	3	3	4	40	6	36
											170		504

T	34
k	5
w	0,504
m	10

Tabla 3.6: Caracterización de las Maltas Ténima según panel de expertos.

Características	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	$\sum A_i$	Δ	Δ^2
Dulzor	2	5	5	4	5	5	5	3	3	3	40	5	21,2
Amargor	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	12	-23	548
Carbonatación	3	3	5	2	5	5	3	5	5	3	39	4	13
Color	3	5	4	4	5	5	5	3	3	3	40	5	21,2
Aroma	4	5	4	4	5	4	5	5	5	5	46	11	112
											177		715

T	35
k	5
w	0,7152
m	10

Tabla 3.7: Caracterización de las Maltas trigo según panel de expertos.

Características	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	$\sum A_i$	Δ	Δ^2
Dulzor	4	3	3	4	3	3	3	4	5	4	36	1	1,44
Amargor	1	2	1	2	1	2	1	2	2	1	15	-20	392
Carbonatación	4	5	4	3	4	3	4	5	4	5	41	6	38,4
Color	4	5	4	3	4	5	3	4	3	5	40	5	27
Aroma	5	4	5	4	4	3	4	5	4	4	42	7	51,8
											174		511

T	35
k	5
w	0,5108
m	10

Según los resultados obtenidos por los expertos se determinó que por las características específicas de cada Malta se ubican de la siguiente forma.

Producción de Malta utilizando como fuente de almidón Arroz y Trigo.

Las Maltas de mejor aceptación entre los expertos fue la malta Bucanero y de trigo, después la Tinima y la de cebada y de última la de arroz. Como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.8. Ubicación de las maltas según las características.

Características	Ubicación				
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta
Dulzor	M. Arroz	M. Tinima	M. Cebada	M. Trigo	M. Buc
Amargor	M. Buc	M. Trigo	M. Cebada	M. Arroz	M. Tinima
Carbonatación	M. Trigo	M. Buc	M. Cebada	M. Tinima	M. Arroz
Color	M. Buc	M. Cebada	M. Trigo	M. Tinima	M. Arroz
Arona	M. Tinima	M. Trigo	M. Cebada	M. Buc	M. Arroz

3.4.2. Evaluación general.

Utilizando también la metodología que da Kendall se realizó una evaluación general de la calidad de las malta teniendo en cuenta la calidad de la malta en general. Para esto también se introdujeron dentro de la evaluación la Malta Bucanero y la Malta Tinima y compararlas entre sí. Se estableció un rango de evaluación de (1-5) en orden creciente según la mejor Malta. Las encuestas realizadas a los expertos se encuentran en el anexo 1.

Teniendo en cuenta W para saber la confiabilidad de los expertos arrojó que en las encuestas realizadas hay concordancia entre los expertos. Según los valores de los Δ se pudo conocer el orden de aceptación de las diferentes Maltas entre los expertos.

Según las encuestas realizadas y los análisis realizados por el método del Kendall arrojaron que la malta de mayor aceptación entre los expertos es la Malta Tinima luego la Malta cebada, Malta trigo, Malta Bucanero y por último la Malta arroz.

Tabla 3.8. Evaluación General de las Maltas.

muestras	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	$\sum A_i$	Δ	Δ^2
M.Arroz	2	2	2	3	3	1	4	3	5	1	26	1	0,44
M.Bucanero	3	4	3	2	2	3	1	2	4	3	27	2	2,78
M.Cebada	4	3	5	5	4	2	2	1	2	5	33	8	58,8
M.Tinima	1	5	4	1	5	5	3	5	1	4	34	9	75,1
M.Trigo	5	1	1	4	3	4	5	4	3	2	32	7	44,4
											152		182

T	25
w	0,7
k	6
m	10

3.5. Diseño de Pasteurizador.

Para el diseño de este Pasteurizador se tomó como equipo un intercambiador de placa ya que el flujo de malta a pasteurizar es muy pequeño y este garantiza una buena transferencia de calor. Se tuvieron que asumir una serie de parámetros para poder diseñar este equipo.

3.5.1. Parámetros y cálculos para el diseño.

- Pérdidas de calor despreciables.
- Medio de calentamiento (agua).
- La separación entre las placas es despreciable frente al ancho para el cálculo del D_e (diámetro equivalente).
- Separación entre las placas (b) es de 3mm.
- Espesor de las placas es de 0.5 mm.
- Ancho de las placas (W) es de 0.15 mm.
- Largo de las placas (L) 0.3 mm.
- Se asume flujos a contracorriente.
- Se elige un intercambiador Twinplate PHE de 30 – 180 °C. Ver anexo 4.
- Las juntas que se eligieron son de Gomas Nitrilicas de temp. hasta 135 °C.
- Datos para el diseño:
 - La temperatura de entrada de la Malta es de 30 °C.

Producción de Malta utilizando como fuente de almidón Arroz y Trigo.

- La temperatura de salida de la Malta es de 70 °C.
- La temperatura de entrada del agua de 90 °C.
- La temperatura de salida del agua es de 75 °C.
- El Cp del agua a la temperatura media es de 1.001 Kcal/Kg. °C.
- La viscosidad del agua a la temperatura media (μ_m) es de $355.1 \cdot 10^{-6}$ Pa.s.
- La viscosidad de la Malta a la temperatura media (μ_m) es de $549.4 \cdot 10^{-6}$ Pa.s.
- P_r del agua a la temp. media es de 2.21.
- P_r de la Malta a la temp. media es de 3.54.
- Conductividad térmica del agua a la temp. media. (K) es de $67.4 \cdot 10^{-2}$ W/m.°C.
- Conductividad térmica de la Malta a la temp. media. (K) es de $64 \cdot 10^{-2}$ W/m.°C.
- Gravedad específica (ge) de una solución azucarada es de 1.06968.
- Densidad (ρ) del agua a la temperatura media es de 998.1 Kg/m³.
- El flujo de malta a pasteurizar es de 0.04 m³/h.

Asumiendo todos estos parámetros, conociendo los otros y siguiendo la metodología de cálculo que da **Raju & Chand** se arrojaron los resultados siguientes:

- $\Delta T_1 = 60$ °C
- $\Delta T_2 = 5$ °C
- $\Delta T_m = 9.63$ °C
- $C_{p_{Malta}} = 0.9048$ Kcal/Kg.°C
- $\Delta T_{Malta} = 40$ °C
- $\Delta T_{Agua} = 15$ °C
- $q = 1545.76$ Kcal/h
- $\rho_{Malta} = 1067.65$ Kg/m³
- $G_{Malta} = 42.71$ Kg/m³
- $R = 0.5$

- $S = 0.67$
- $F_t = 0.81$
- $Re_{Malta} = 466$
- $Re_{Agua} = 1304.59$
- $h_{Malta} = 2436.57 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
- $h_{Agua} = 4120.05 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
- $K_s = 1639.34 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} * 1.163 \text{ Kcal/h} = 1409.48 \text{ Kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
- $A_t = 0.14 \text{ m}^2$
- $N = 4 \text{ Placas.}$
- $\Delta P_{Malta} = 1.9 \text{ Kg/m}^2$
- $\Delta P_{Agua} = 5.968 \text{ Kg/m}^2$
- $NTU_{Malta} = 4.15$
- $NTU_{Agua} = 1.56$
- $Je_{Malta} = 0.46$
- $Je_{Agua} = 3.83$
- $C_{\text{Pasteurizador}} = 490.074 \text{ dlrs.}$

El intercambiador diseñado tiene un área de transferencia de calor de 0.14 m^2 , un número de placas de 4 placas, una caída de presión por la parte del fluido caliente que es el agua de 5.968 Kg/m^2 , y por parte del fluido frío que es la Malta de 1.9 Kg/m^2 y un costo del intercambiador de 490.074 dlrs.

3.6. Calculo del beneficio bruto.

Para el cálculo del Beneficio Bruto se tuvieron en cuenta solo el costo de las materias primas utilizadas para la producción de las diferentes Malts. Se utilizó la metodología ya referida en el Capítulo II utilizando como ayuda el programa de Microsoft Excel en donde se realizaron todos los cálculos del costo de las materias primas y del Beneficio Bruto que ofrece cada tipo de Malta.

3.6.1. Costo de las materias primas.

Tabla 3.9. Costo Malta Cebada.

	PUP(MP)(\$/Kg)	M(Kg)	CMP
Cebada	0,333	3,4	1,1322
Arroz	0,18342	0	0
Trigo	0,13246	0	0
Azúcar	0,462	4,6	2,1252
Agua	1,2	0,3	0,36

Tabla 3.10. Costo Malta Arroz.

	PUP(MP)(\$/Kg)	M(Kg)	CMP
Cebada	0,333	1	0,333
Arroz	0,18342	2,4	0,440208
Trigo	0,13246	0	0
Azúcar	0,462	5,5	2,541
Agua	1,2	0,3	0,36

Tabla 3.11. Malta Trigo.

	PUP(MP)(\$/Kg)	M(Kg)	CMP
Cebada	0,333	1	0,333
Arroz	0,18342	0	0
Trigo	0,13246	2,4	0,317904
Azucar	0,462	5	2,31
Agua	1,2	0,3	0,36

3.6.2. Resultados del beneficio bruto.

Tabla 3.12. Beneficio bruto.

	B.B(\$)	PUP(Malta)(\$)	ΣCMP(\$)
Malta Cebada	0,41826842	0,45	0,03173158
Malta Arroz	0,41777011	0,45	0,03222989
Malta Trigo	0,42086926	0,45	0,02913074

Se obtuvo como resultado después de haber realizado todos los cálculos, que la elaboración de todas las Maltas es factibles su producción, pero la de mayor factibilidad económica es la Malta Trigo ya que brinda un beneficio bruto mayor que todas las otras para un menor costo de las materias primas empleada menor. (Ver anexo Excel (Evaluación económica)).

Conclusiones

1. Se obtuvieron Maltas de calidad a partir de las materias primas empleadas con una buena estabilidad de la espuma de 3 - 5, un °Brix entre 15 – 17, un pH entre 5 – 5.5 y económicamente factible.
2. La evaluación sensorial realizada aplicando el método de Kendall dio como resultado que existe concordancia entre los expertos $W > 0.5$ y que la de mejor calidad comparada con las comerciales es la Malta de Cebada ($\Delta = 8$) y después la Malta de Trigo ($\Delta = 7$).
3. Los principales microorganismos detectados después de la elaboración de la malta fueron, dos géneros de levaduras, Bacillus spp, Lactobasillus spp y Streptococcus (grupo láctico), los cuales se eliminan a una temperatura de 70°C.
4. Se diseñó un Pasteurizador que consiste en un Intercambiador de Placas del tipo Twinplate PHE, con Juntas de Gomas Nitrilicas, cuyas dimensiones son $A_t = 0.14 \text{ m}^2$, $N = 4$ Placas, $\Delta P_{\text{Malta}} = 1.9 \text{ Kg /m}^2$, $\Delta P_{\text{Agua}} = 5.968 \text{ Kg /m}^2$, costo del intercambiador es de 490.074 dls y eleva la temperatura de la Malta de 30 a 70°C.
5. Para todas las Maltas producidas se obtiene un Beneficio Bruto positivo lo que indica que su producción es económicamente factible, siendo la Malta de Trigo la más factible $B.B = 0,421$.

Recomendaciones

1. Realizar un diseño de experimento para minimizar las cantidades de cada materia prima a emplear para la elaboración con calidad de las Maltas de trigo y arroz y así minimizar el costo de producción.
2. Realizar el escalado del proceso de producción de malta a escala industrial para su futura implementación.
3. Realizar VAN y TIR al proceso de producción de Malta con el objetivo de realizar un análisis económico riguroso del mismo, para su aplicación industrial.

Bibliografía

1. A.P.H.A. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 1^{ra} E.d. Downs, F.P., Ito, K. editors. Washington. Pag: 34.
2. Bello-Pérez, L.A. (2005). Almidón y Fibra Dietética: Química, Tecnología y Disponibilidad. Morelos, México.
3. Bello-Pérez, L.A., Acevedo, A.E., Hernández S.L., López, P.O. (1999). Isolation and partial characterization of banana starches. *J. Agric. Food Chem* 47: 854-857.
4. Biliaderis, C.G. (1991). The structure and interactions of starch with food constituents. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 69, 60-78.
5. Briggs, D.E., Boulton, C.A., Brookes, P.A., Stevens, R. (2004). *Brewing:*
6. BRIZUELA, E. (1987). Aspectos Fundamentales del Diseño de Plantas Industriales. Editorial ISPJAE. Ciudad de la Habana.
7. BUENO, E. (1985). Economía de Procesos. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
8. Callejo González Ma de Jesús. 2002. Industrias de cereales y derivados. Ed. Mundi Prensa.
9. Chamberlain, E.K., and Rao, M.A., 1999. Rheological properties of acid converted waxy maize starches in water and 90% DMSO/10% water, *Carbohydrate Polymers*, 40, 251-260.
10. Figueroa; C. J.D. 1985 “Métodos para evaluar la calidad maltera en cebada” INIA. Didáctico No. 17 México, D.F.
11. Filho, W.G.V. (2005). Tecnología de bebidas. 1^a edição. Editor Edgard Blücher. Brasil.
12. Gaiser E., Kottke V, “ High performance plate heat exchangers, “ *Chemical Plants & Processing*, N° 9 / 1990 – Reproduced for W. Schmidt – Bretten GmbH.

13. Girad, R. Rogeaux, F 1965. Técnicas de microbiología Agrícola. Ed. Acribia. Barcelona. España.
14. Goñi, I., Garcia Alonzo, A., Mantin-Canon, N., Saura Calixto, F. (2000). In vitro fermentation of different types of alpha-amylase resistant corn starch. *European Food Research and Technology*, 211(5):316-321.
15. Guilbot, A., Mercier, C. (1985). Starch. In the Polysaccharides, ed. O. Aspinall. Academic Press, New York, pp. 209-282.
16. Guzmán -Maldonado, H. (1992). Optimización de un procedimiento enzimático para la licuefacción y sacarificación del almidón mediante la metodología de superficie de respuesta. Tesis de maestría. Cinvestav-IPN. Irapuato, México.
17. Guzmán -Maldonado, H. (1992). Optimización de un procedimiento enzimático para la licuefacción y sacarificación del almidón mediante la metodología de superficie de respuesta. Tesis de maestría. Cinvestav-IPN. Irapuato, México.
18. Howthorn, Jonh. "Fundamentos de la Ciencia de los Alimentos" Editorial Acribia. Zaragoza España 1983.
19. Haslego Christopher, Polley Graham, " Designing Plate and Frame heat exchangers " Parte I *Chemical Eng.Prog.*, setiembre 2002, pág. 32 a 37.
20. Hamilton, L., Kelly, C., Forgaty, W. (1999). Purification and properties of the raw starch-degrading alpha amylase of *Bacillus sp* IMD 434. *Bio Technology letters* 21(2):111-115.
21. Iso 15214:1998 Horizontal Method for the enumeration of mesophilic lactic acid Bacteria.
22. Jane, J.L., Chen, J.F. (1992). Effect of amylose molecular size and amylopectin branch chain length on paste properties of starch. *Cereal Chemistry*, 69, 60-65.
23. Koizumi, K., Fukuda, M. and Hizukuri, S. (1991). Estimation of the distributions of chain length of amylopectins by high-performance liquid chromatography with pulsed amperometric detection. *Journal of Chromatography*, 585, 233-238.

24. Kunze, W. (1999). Technology Brewing and Malting. 2nd edition. VLB Berlin, Germany.
25. Leloup, V., Colonna, P. and Ring, S.G. 1990. Studies on probe diffusion and accessibility in amylose gels. *Macromolecules*, 23, 862-866.
26. Lin, L., Chyua, Ch., Hsu, W. (1998). Production and properties of a raw starch degrading enzymes amylases from the thermophile and alkaliphilic *Bacillus* sp. TS23. *Biotechnology and Applied Biotechnology* 28(1):61-68.
27. Mangelsdorf, Paul. "Los alimentos en cuestiones de bromatología" Madrid, 1973.
28. Moore, C.O., Tuschhoff, J.V., Hastings, C.W. and Schanefelt, R.V. 1984. Applications of starches in foods. In *Starch: Chemistry and Technology*, ed. R.L. Whistler. Academic Press, Inc. New York.
29. NC-ISO 4832: 2002 Microbiología de alimentos de consumo humano y animal — Guía general para la enumeración de coliformes — Técnica de placa vertida.
30. NC-ISO 4833: 2002 Microbiología de alimentos de consumo humano y animal — Guía general para la enumeración de microorganismos — Técnica de placa vertida a 30 °C.
31. NC-ISO 6579 : 2004 Microbiología de los alimentos Consumo humano y animal. Metodo horizontal para determinar Salmonella en 25 mL.
32. NC – ISO 6887 : 2002 Microbiología de los alimentos Consumo humano y animal. Preparación de las muestras de ensayo. La suspensión inicial y las diluciones decimales para pruebas microbiológicas Parte 1: reglas generales para la preparación de la suspensión inicial y las diluciones decimales.
33. NC-ISO 6888-1: 2003 Microbiología de alimentos de consumo humano y animal — Método horizontal para la enumeración de *Staphylococcus* coagulasa positiva (*Staphylococcus aureus* y otras especies) — Parte 1: Técnica utilizando el medio agar Baird Parker.

34. NC-ISO 7954: 2002 Microbiología de alimentos de consumo humano y animal — Guía general para la enumeración de levaduras y mohos — Técnica de placa vertida a 25 °C.
35. Novo, 2005. Ejercicios Practicos, “Generalidades”. Microbiologia Agricola. Ed. Felix Varela. La Habana.
36. Peter, M.S and K. D. TIMMERHAUS. (1968). Plant Design and Economics for Chemical Engineering. Edition Revolutionaries.
37. Raju K.S., Chand Jagdish, “ Consider the plate heat exchanger “ – Heat Transfer, the Chemical
38. Roger, P. and Colonna, P. (1992). The influence of chain length on the hydrodynamic behaviour of amylose. Carbohydrate Research, 227, 73-83.
39. Santos. (2007): Trabajo de Diploma, “Propuesta de Metodología para la Elaboración de las Matrices de Competencias Laborales en el Grupo de Electrónica para el Turismo, Varadero”. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Cuba. Pág 31-33.
40. Scade, John. " Cereales ". Editorial Acribia. Zaragoza, España, 1975.
Okobo, B., Lu, F., Ezeogie, L., Anyanwi, Ch., Odibo, F. (2000). Purification and some properties of a novel raw starch digesting enzymes amylase from *Aspergillus carbonarius*, Journal of the Science of Food and Agriculture 81(3)329-336.
41. Ward, K.E.J., Hosney, R.C. and Seib, P.A. (1994). Retrogradation of amylopectin from maize and wheat starches. Cereal Chemistry, 71, 150-155.

Anexos

Anexo 1:

Tablas de encuestas.

➤ **Experto1:**

Tabla A. 1 .Encuesta 1:

Muestras	Dulzor	Amargor	Carbonatación	Color	Aroma
M. Arroz	5	1	3	3	5
M. Bucanero	1	3	5	4	4
M. Cebada	3	2	3	5	5
M. Tinima	2	1	3	3	4
M. Trigo	4	1	4	4	5

Tabla 2 .Encuesta 1:

Muestras	Calificación
M. Arroz	2
M. Bucanero	3
M. Cebada	4
M. Tinima	1
M. Trigo	5

➤ **Experto 2:**

Tabla A. 3 .Encuesta 2:

Muestras	Dulzor	Amargor	Carbonatación	Color	Aroma
M. Arroz	4	2	5	4	5
M. Bucanero	2	5	4	4	4
M. Cebada	3	2	3	3	4
M. Tinima	5	1	3	5	5
M. Trigo	3	2	5	5	4

Tabla A. 4 .Encuesta 2:

Muestras	Calificación
M. Arroz	2
M. Bucanero	4
M. Cebada	3
M. Tinima	5
M. Trigo	1

➤ **Experto 3:**

Tabla A. 5 .Encuesta 3:

Muestras	Dulzor	Amargor	Carbonatación	Color	Aroma
M. Arroz	5	1	4	5	4
M. Bucanero	1	4	3	5	5
M. Cebada	5	1	5	4	4
M. Tinima	5	1	5	4	4
M. Trigo	3	1	4	4	5

Tabla A. 6 .Encuesta 3:

Muestras	Calificación
M. Arroz	2
M. Bucanero	3
M. Cebada	5
M. Tinima	4
M. Trigo	1

➤ **Experto 4:**

Tabla A. 7 .Encuesta 4:

Muestras	Dulzor	Amargor	Carbonatación	Color	Aroma
M. Arroz	4	1	3	3	3
M. Bucanero	2	5	4	5	3
M. Cebada	3	1	1	3	3
M. Tinima	4	2	2	4	4
M. Trigo	4	2	3	3	4

Tabla A. 8 .Encuesta 4:

Muestras	Calificación
M. Arroz	3
M. Bucanero	2
M. Cebada	5
M. Tinima	1
M. Trigo	4

➤ Experto 5:

Tabla A. 9 .Encuesta 5:

Muestras	Dulzor	Amargor	Carbonatación	Color	Aroma
M. Arroz	4	1	3	4	4
M. Bucanero	1	3	4	4	5
M. Cebada	5	1	5	5	5
M. Tinima	5	1	5	5	5
M. Trigo	3	1	4	4	4

Tabla A. 10 .Encuesta 5:

Muestras	Calificación
M. Arroz	3
M. Bucanero	2
M. Cebada	4
M. Tinima	5
M. Trigo	3

➤ Experto 6:

Tabla A. 11 .Encuesta 6:

Muestras	Dulzor	Amargor	Carbonatación	Color	Aroma
M. Arroz	5	2	4	3	3
M. Bucanero	1	4	3	5	4
M. Cebada	4	1	4	4	4
M. Tinima	5	1	5	5	4
M. Trigo	3	2	3	5	3

Tabla A. 12 .Encuesta 6:

Muestras	Calificación
M. Arroz	1
M. Bucanero	3
M. Cebada	2
M. Tinima	5
M. Trigo	4

➤ Experto 7:

Tabla A. 13 .Encuesta 7:

Muestras	Dulzor	Amargor	Carbonatación	Color	Aroma
M. Arroz	5	1	3	5	5
M. Bucanero	2	4	5	4	3
M. Cebada	4	2	5	5	5
M. Tinima	5	1	3	5	5
M. Trigo	3	1	4	3	4

Tabla A. 14 .Encuesta 7:

Muestras	Calificación
M. Arroz	4
M. Bucanero	1
M. Cebada	2
M. Tinima	3
M. Trigo	5

➤ **Experto 8:**

Tabla A. 15 .Encuesta 8:

Muestras	Dulzor	Amargor	Carbonatación	Color	Aroma
M. Arroz	5	1	3	3	3
M. Bucanero	2	3	3	4	5
M. Cebada	4	1	4	3	3
M. Tinima	3	2	5	3	5
M. Trigo	4	2	5	4	5

Tabla A. 16 .Encuesta 8:

Muestras	Calificación
M. Arroz	3
M. Bucanero	2
M. Cebada	1
M. Tinima	5
M. Trigo	4

➤ **Experto 9:**

Tabla A. 17 .Encuesta 9:

Muestras	Dulzor	Amargor	Carbonatación	Color	Aroma
M. Arroz	4	2	5	4	3
M. Bucanero	1	3	5	3	3
M. Cebada	4	1	5	4	3
M. Tinima	3	1	5	3	5
M. Trigo	5	2	4	3	4

Tabla A. 18 .Encuesta 9:

Muestras	Calificación
M. Arroz	5
M. Bucanero	4
M. Cebada	2
M. Tinima	1
M. Trigo	3

➤ Experto 10:

Tabla A. 19 .Encuesta 10:

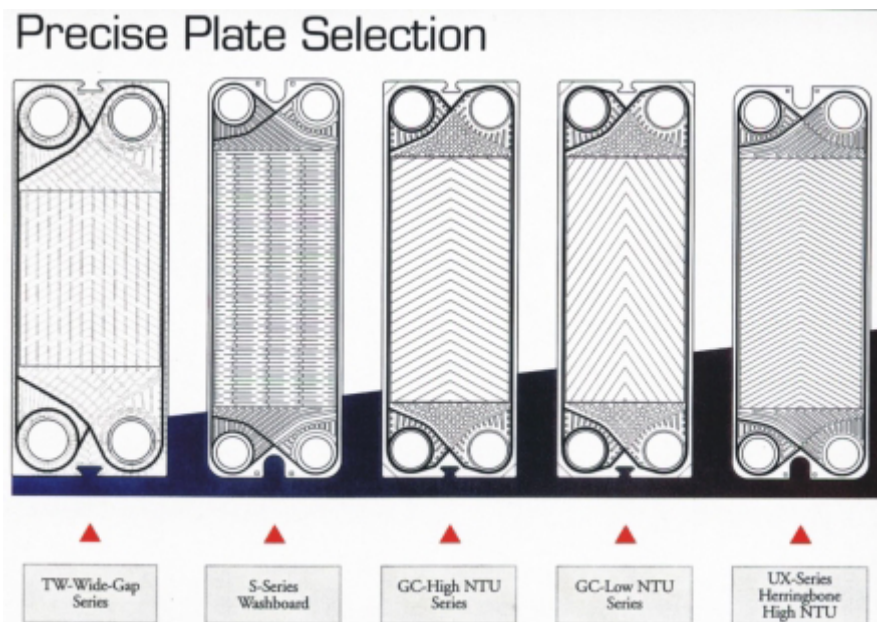
Muestras	Dulzor	Amargor	Carbonatación	Color	Aroma
M. Arroz	4	2	4	4	4
M. Bucanero	1	3	4	4	5
M. Cebada	3	2	3	4	4
M. Tinima	3	1	3	3	5
M. Trigo	4	1	5	5	4

Tabla A. 20 .Encuesta 10:

Muestras	Calificación
M. Arroz	1
M. Bucanero	3
M. Cebada	2
M. Tinima	4
M. Trigo	5

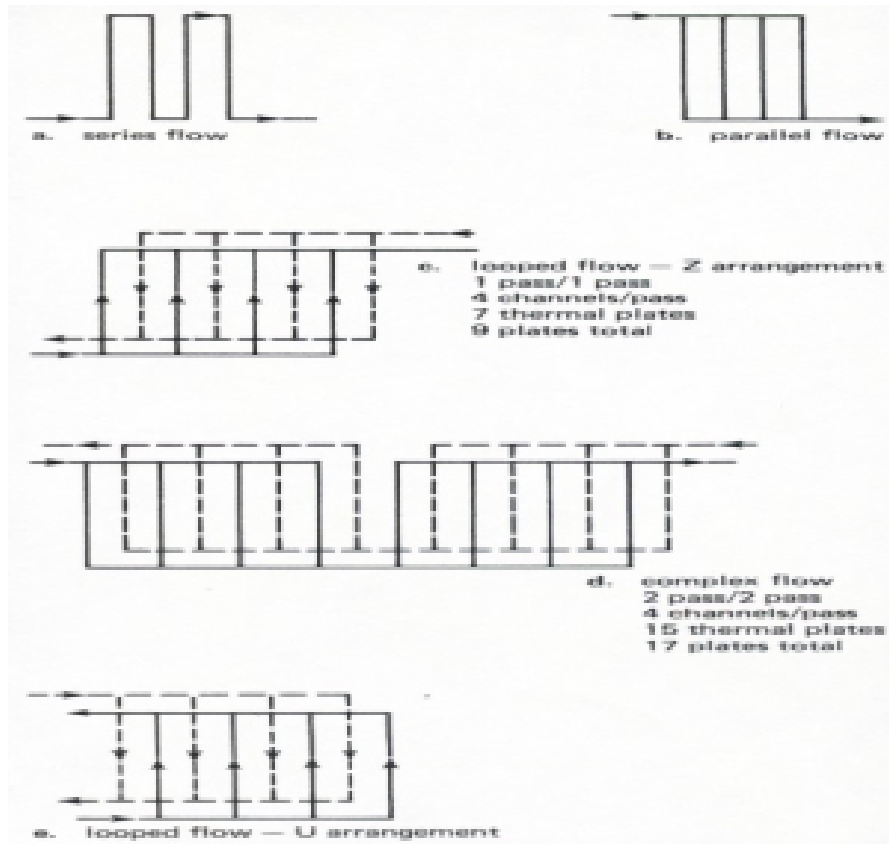
Anexo 2:

Figura A.1 Tipos de juntas.



Anexo 3:

Figura A.2. Tipos de corrientes.



Anexo 4:

Tabla A.21. Tipos de intercambiadores.

	Standard PHE	Flow-Flex PHE	Wide-gap PHE	Double-wall PHE	Twin-plate PHE	Diabon F Grafito PHE	Soldado PHE
Condiciones de utilización							
Presiones:							
Desde vacío hasta MPa (psi)	2,5 (355)	2,0 (285)	0,9 (130)	2,5 (355)	2,5 (355)	0,6 (85)	3,0 (427)
Temperaturas							
C	← -30	a	+200	→ -30 a +200		0 a +140	-195 a + 225
F	← -20	a	+355	→ -20 a +390		+32 a + 285	-320 a + 437
Servicio							
Líquido/Líquido	1	1	1	1	1	1	1
Gas/Líquido	1-3*	1-3*	1-3*	1-3*	1-3*	1-3*	1
Gas/Gas	1-3*	1-3*	1-3*	1-3*	1-3*	1-3*	1-3*
Condensación	1-3*	1-3*	1-3*	1-3*	1-3*	1-3*	1
Evaporación	1-3*	1-3*	1-3*	1-3*	1-3*	1-3*	1
Naturaleza del fluido							
Corrosivo	1	1	1	1	1	1	3
Agresivo	3	3	3	3	1	1	4
Viscoso	1	1	1	1	1	1	3
Sensible al calor	1	1	1	1	1	1	1
Reacción peligrosa	3	3	3	1	2	3	4
Fibras	4	3	1	4	4	4	4
Pastas y suspensiones	3	2	2	3	3	3	4
Sucios	3	2	2	3	3	3	3
Inspección							
Corrosión	A	A	A	A	B	A	C
Fugas	A	A	A	A	A	A	C
Ensuciamiento	A	A	A	A	B	A	C
Mantenimiento							
Limpieza mecánica	A	A	A	A	B	A	C
Modificaciones	A	A	A	A	A	A	C
Reparaciones	A	A	A	A	A	A	C
1 Generalmente la mejor elección		A Ambos lados		*Dependiendo de la presión de operación, gas/vapor, densidad etc.			
2 A menudo la mejor elección		B Un lado					
3 A veces la mejor elección		C Ningun lado					
4 Raramente la mejor elección							

Anexo 5:

Tabla A.23. Tiempos de maceración y °Brix. En cada tiempo.

Malta Cebada			Malta Arroz			Malta Trigo		
Temp. (°C).	°Brix.	Tiempo (min).	Temp. (°C).	°Brix.	Tiempo (min).	Temp. (°C).	°Brix.	Tiempo (min).
52	2.5	15	52	2	15	52	2.5	15
52	3.0	15	52	2.5	15	52	2.5	15
63	3.5	30	63	3	35	63	3	30
63	4.0	30	63	3	35	63	3.5	30
70	4.0	10	70	3.5	20	70	4	15
70	4.0	10	70	3.5	20	70	4.5	15
75	4.5	20	75	4	30	75	4.5	25
75	4.5	20	75	4.5	30	75	4.6	25
100	4.5	20	100	4.5	20	100	4.6	20
90	5	10	90	4.5	10	90	4.6	10
90	5	10	90	4.5	10	90	4.8	10
95	5	5	95	4.6	5	95	4.8	5
95	5.3	5	95	4.6	5	95	5	5
3.20 h			3.90 h			3.50 h		

Anexo 6:

Tabla A.24. Expertos utilizados en la evaluación sensorial.

Expertos	Calificación	Cargo
Joao Batista Almeida.	Dr. Profesor titular. Investigador Titular.	Dtor. Escuela de Ingeniería de Loners. Especialista en Bebidas Fermentadas. Brasil.
Raúl Carrillo.	Licenciado.	Especialista principal de la Planta de Bebidas Fermentadas del IIA de Ciudad de la Habana.
Orelbis Rodríguez.	Licenciado.	Investigador de la Planta de Bebidas Fermentadas del IIA de Ciudad de la Habana.
Misladis Ricardo M.	Licenciada.	Especialista de calidad de La EMBELI de Matanzas.
Alberto Pestano.	Licenciado.	Especialista d bebidas y licores de La EMBELI de Matanzas.
Mireya Pérez Rodríguez.	Licenciada.	Especialista de calidad de la Empresa de Bebidas y refrescos del municipio de Jovellanos.
Gerardo Asuncion del Sol.	Licenciado.	Jefe del Laboratorio de Microbiología de la Planta “Libertad” del municipio de Colon.
Margarita Alfonso Leal.	Ingeniera.	Espesialista de calidad de la Planta Libertad, Colon.
Marcelo Marcet.	Dr. Y Profesor Titular.	Jefe del Laboratorio de Bebidas Fermentadas de Matanzas Cuba.
Milagros Beatón	Máster.	Profesor investigador de bebidas fermentadas. Miembro del grupo de investigación de bebidas fermentadas.