

“UNICAMENTE LOS AUTORES SON RESPONSABLES DE LAS IDEAS
EXPUESTAS EN EL PRESENTE TRABAJO”

EVALUACIÓN DE LA HARINA DE BATATA (*Ipomoea Batata*) COMO
ADJUNTO DE LA MALTA DE CEBADA, EN LA FABRICACIÓN DE
CERVEZA TIPO ALE

JAIME LUIS RODRÍGUEZ JEREZ
RONALD ANDRÉS VILLALOBOS ÁLVAREZ

UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
SINCELEJO
2004

EVALUACIÓN DE LA HARINA DE BATATA (*Ipomoea Batata*) COMO
ADJUNTO DE LA MALTA DE CEBADA, EN LA FABRICACIÓN DE
CERVEZA TIPO ALE

JAIME LUIS RODRÍGUEZ JEREZ
RONALD ANDRÉS VILLALOBOS ÁLVAREZ

TRABAJO PARCIAL PRESENTADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

DIRECTOR: Ing. JAIRO GUADALUPE SALCEDO MENDOZA
CODIRECTOR : Ing. RICARDO DAVID ANDRADE PIZARRO

UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
SINCELEJO

2004

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
1. ESTADO DEL ARTE	15
1.1. LA CERVEZA	15
1.1.1. Definición	15
1.1.2. Desarrollo histórico	15
1.1.3. La cerveza en Colombia	16
1.1.4. Clasificación	17
1.1.4.1. Lager	17
1.1.4.2. Ale	18
1.1.5. Composición y propiedades de la cerveza	18
1.1.6. Materias primas utilizadas en la fabricación de cerveza	20
1.1.6.1. La cebada	20
1.1.6.2. El agua	20
1.1.6.3. El lúpulo	20
1.1.6.4. Las levaduras	21
1.1.6.5. Los adjuntos	21
1.1.7. Preparación de la malta	23
1.2. PROCESO GENERAL DE LA FABRICACIÓN DE LA CERVEZA	24

1.2.1. Producción del mosto dulce	25
1.2.1.1. La molienda	25
1.2.1.2. Maceración	25
1.2.1.3. Filtración de la maceración	26
1.2.2. Cocción y adición del lúpulo	26
1.2.3. Enfriamiento y aireación	27
1.2.4. Fermentación	27
1.2.5. Tratamientos postfermentativos	29
1.2.5.1. Maduración	29
1.2.5.2. Filtración	29
1.2.5.3. Carbonatación	30
1.2.5.4. Pasteurización	30
1.2.5.5. Envasado	31
1.2.6. Conservación de la cerveza	31
1.2.7. Factores que afectan la durabilidad de la cerveza	32
1.2.8. Productos secundarios del proceso de elaboración de la cerveza	33
1.3. LA BATATA (<i>Ipomoea batata</i>)	33
1.3.1. Descripción y aspectos generales	33
1.3.2. Composición y valor nutricional	35
1.3.3. Usos alternativos de la batata	36
1.3.4. Panorama nacional de la batata	38
2. METODOLOGÍA	40
2.1. PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	40
2.2. EVALUACIÓN DEL PROCESO DE HIDRÓLISIS	40
2.3. EVALUACIÓN DE LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA	42
2.4. ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y SENSORIAL	43
3. RESULTADOS	45

3.1 RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MATERIAS PRIMAS	45
3.1.1. Caracterización bromatológica de la malta de cebada	45
3.1.2. Caracterización bromatológica de la batata	45
3.2. HIDRÓLISIS	46
3.3. FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA	48
3.4. ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE LAS CERVEZAS OBTENIDAS EN EL LABORATORIO	50
3.5. ANÁLISIS SENSORIAL	51
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	54
4.1. CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE LA MALTA DE CEBADA	54
4.2. CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE LA BATATA	55
4.3. ANÁLISIS DE LAS HIDRÓLISIS	55
4.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA	56
4.5. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS CERVEZAS	58
4.6. ANÁLISIS DE LA PRUEBA SENSORIAL	58
4.7. ANÁLISIS APROXIMADO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN (MATERIA PRIMA)	60
5. CONCLUSIONES	63
6. RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características nutricionales de la cerveza	19
Tabla 2. Composición en 100 g de parte comestible de batata	36
Tabla 3. Composición de la malta de cebada	45
Tabla 4. Composición de la batata en 100 g de muestra	46
Tabla 5. Hidrólisis de los mostos (g/L)	46
Tabla 6. pH y densidad de los mostos	47
Tabla 7. Fermentación alcohólica para 0% de harina de batata	48
Tabla 8. Fermentación alcohólica para 5% de harina de batata	48
Tabla 9. Fermentación alcohólica para 10% de harina de batata	49
Tabla 10. Fermentación alcohólica para 15% de harina de batata	49
Tabla 11. Fermentación alcohólica para 20% de harina de batata	49

Tabla 12. Fermentación alcohólica para 25% de harina de batata	50
Tabla 13. Valoraciones físicas y químicas de las cervezas obtenidas	51
Tabla 14. Puntajes de categoría tabulada para la prueba hedónica	52
Tabla 15. Datos de la prueba triangular	53
Tabla 16. Composición de la cerveza tipo B	59
Tabla 17. Costo de producción de 1 hectolitro de cerveza (solo teniendo en cuenta malta de cebada y harina de batata)	61

RESUMEN

En virtud de que la industria cervecera colombiana por razones fundamentalmente económicas, ha sustituido progresivamente en los últimos años, parte de la malta de cebada por materias primas con alto contenido de almidón, se realizó esta investigación de carácter explorativa–descriptiva en el laboratorio de Bromatología de la Universidad de Sucre. El estudio consistió específicamente en evaluar la utilización de la harina de batata como adjunto de la malta de cebada, en la fabricación de cerveza tipo “Ale”. En la producción de los mostos se emplearon diferentes concentraciones de harina de batata (0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%) con respecto a la malta y dos tiempos de calentamiento a 60 °C (20 y 60 min), dando como resultado doce tratamientos correspondientes a doce mostos. Estos fueron inoculados con *Saccharomyces cerevisiae* y fermentados a temperatura ambiente.

Las cervezas producidas fueron envasadas en garrafas color ámbar y maduradas a 6 °C durante 10 días. Terminado el proceso de fabricación, se analizaron física, química, y sensorialmente; manifestando el respectivo análisis estadístico de los resultados, que los tratamientos seis (T₆) y doce (T₁₂) correspondientes a 25% de harina de batata presentaron diferencias significativas, en cuanto a la producción de azúcares reductores, con respecto a los demás tratamientos. Así mismo, la evaluación sensorial indicó que las cervezas con mayor aceptación, por parte de los panelistas, fueron las que contenían 0, 5, 10 y 15% de harina de batata correspondientes a los tratamientos uno (T₁), dos (T₂), tres (T₃) y cuatro (T₄) respectivamente. Por lo anterior, se concluye que la harina de batata se puede considerar materia prima potencial para la elaboración de cerveza tipo “ale”, mejorando su capacidad espumante y proporcionando un color y bouquet deseado en este tipo de cerveza.

INTRODUCCIÓN

La industria cervecera colombiana ha sustituido progresivamente, en los últimos años, parte de la malta de cebada por materias primas de origen nacional que poseen un alto contenido de almidón potencialmente hidrolizable. Este hecho, se debe entre otros aspectos, a que estos productos constituyen una fuente de extracto más barata que la malta de cebada y a que a nivel nacional existe la necesidad de importar casi la totalidad de la cebada requerida en el proceso de elaboración de cerveza. Lo anterior genera un incremento en el costo de producción, una pérdida importante de divisas que podrían emplearse en el financiamiento de otros sectores de la economía nacional, así como otros efectos de incidencia secundaria, tales como los generados por los trámites aduaneros y por los altos costos del transporte.

Conscientes de esta problemática, se desarrolló este proyecto investigativo, de carácter explorativo-descriptivo, en el laboratorio de Bromatología de la Universidad de Sucre, con el propósito de evaluar la utilización de la harina de batata como adjunto de la malta de cebada, en la fabricación de cerveza tipo "Ale". Para ello, se evaluaron las variables que intervienen en los procesos de hidrólisis y fermentación del mosto, específicamente azúcares reductores y porcentaje de alcohol, de tal forma que fuera posible determinar hasta qué punto se puede reemplazar malta de cebada por harina de batata, sin que las características del producto final se vean afectadas significativamente.

Ante la posibilidad de utilización de la harina de batata en el proceso cervecero, se buscaría incentivar el cultivo de batata en la región para fines industriales, diferenciándolo del cultivo para consumo humano; siendo esta una de las principales actividades de la economía campesina.

Esto conllevaría, a que las personas que se dediquen a esta labor, obtengan mayores ingresos; puesto que tendrían que abastecer en forma continua a las fábricas nacionales de cerveza. Estas a su vez, se verían beneficiadas por la disminución de las importaciones de cebada y por ende, del costo de producción.

Finalmente, este aporte técnico-científico, que se aspira sea valorado por los industriales del país (cerveceros), muestra una forma de aprovechamiento de la batata en procesos de transformación como la obtención de bebidas alcohólicas, contribuyendo con el desarrollo de nuevas tecnologías e investigaciones acerca del potencial que tiene este tubérculo. Potencial que le permitiría ocupar un lugar de importancia en la producción agrícola nacional y que podría cristalizarse en nuevos productos altamente demandados, sólo a través de proyectos que se elaboren con la colaboración de especialistas de varias disciplinas, que incluyan la producción, la tecnología de postcosecha y los estudios socioeconómicos.

1. ESTADO DEL ARTE

1.1. LA CERVEZA

1.1.1. Definición. La cerveza es una bebida alcohólica no destilada elaborada por medio de la fermentación de una solución de cereales, donde el almidón ha sido parcialmente hidrolizado y se le ha conferido por infusión el sabor del lúpulo. En un sentido más amplio, se puede considerar como cerveza a la bebida preparada a partir de cualquier cereal, pero normalmente el término se refiere al producto elaborado a partir de malta de cebada, con o sin adición de otros cereales no malteados (adjuntos). Como ejemplo se pueden mencionar, las cervezas africanas elaboradas con sorgo, mijo y otras semillas; o las weissbier o weizenbier, elaboradas con una alta proporción de malta de trigo o con trigo sin maltear combinado con cebada malteada, así como las cervezas japonesas, chinas y coreanas que se elaboran con arroz y reciben el nombre de Sake, Samshu y Suk respectivamente; y, la que se produce en Rusia, con pan de centeno fermentado denominada Kuass (Brown, Campbell y Priest, 1989, 269).

1.1.2. Desarrollo Histórico. El arte de fabricar cerveza y vino se ha venido desarrollando a lo largo de 5000-8000 años. Sin embargo, debieron producirse varios descubrimientos independientes de que exponiendo al aire los jugos de frutas, o los extractos de cereales, se obtenían bebidas fermentadas. En cuanto a la elaboración de la cerveza existen ilustraciones que pertenecen al apogeo de las civilizaciones Egipcia y Babilónica, de unos 4.300 años de antigüedad.

En la Edad Media la elaboración de cerveza fue considerada un arte o un misterio, cuyos detalles eran celosamente guardados por los maestros cerveceros y sus gremios. Y ciertamente era un misterio, porque se desconocían las razones que justificaban las diversas etapas del proceso de elaboración, la mayor parte de los cuales, como la fermentación, fueron descubiertas por casualidad.

Entre los siglos XIV y XVI surgen las primeras grandes factorías cerveceras, entre las que destacan las de Hamburgo y Zirtau. Sin embargo, la auténtica época dorada de la cerveza comienza a finales del siglo XVIII con la incorporación de la máquina de vapor a la industria cervecera y el descubrimiento de la nueva fórmula de producción en frío, y culmina en el último tercio del siglo XIX, con los hallazgos de Pasteur relativos al proceso de fermentación (Hough, 1990, 1).

1.1.3. La cerveza en Colombia. En Colombia, la moderna industria cervecera desarrolló y configuró sus bases a comienzos del pasado siglo; aunque su periodo de gestación se proyecte algunos años atrás. Grandes empresas cerveceras, entre las que se destaca principalmente Bavaria, operaban ya en 1916, y hoy en día, mantienen su importancia.

Su baja graduación alcohólica y sus propiedades refrescantes contribuyeron a que, a partir de la década de los setenta, la cerveza se situase entre las bebidas más consumidas en Colombia, a lo que también contribuyó el aumento del turismo. Sin embargo, en los últimos años el sector cervecero registra una progresiva tendencia a la baja en el consumo y en la producción, debida entre otros aspectos, al ingreso en el mercado nacional, de bebidas alcohólicas con mayor contenido de alcohol y a un menor precio. La recuperación de la demanda agregada de la economía, aunque leve, y la salida al mercado de nuevos productos, como la Águila Light, la primera en

su género y la cerveza Bahía, la primera producida en el país con sabor a limón; han coadyuvado a la recuperación del sector. No obstante, el consumo de “amarga” no se recupera de los niveles de mediados de los noventa.

La cerveza es la bebida alcohólica de mayor consumo en el mundo, los principales países productores de esta bebida alcohólica en la actualidad son Estados Unidos, Alemania, Rusia, Japón y México. Colombia ocupa el décimo segundo puesto en producción a nivel mundial y el tercero en Hispanoamérica después de Brasil y México. Con respecto a la producción nacional de cerveza se tiene que en el año 2002, fue de 12.5 millones de hectolitros; y para el 2003, se obtuvo una producción de 13.4 millones de hectolitros. Acerca del consumo Per cápita de este producto, se tiene que para los años en mención fue de 30.7 L/habitante y de 32.95 L/habitante respectivamente. Las ventas para el año 2003, alcanzaron los 12.853.370 hectolitros (WWW.alaface.com./publicaciones/indice 2003/).

1.1.4. Clasificación. La cerveza se clasifica en función de la proporción y calidad de los ingredientes básicos, las técnicas de elaboración y factores relacionados con el malteado, fermentación, maduración, selección de levaduras y añadidos de hierbas o especias; siendo el tipo de levaduras una distinción básica en la familia de las cervezas. En esta investigación, se hizo énfasis básicamente en dos variedades: las Lagers y las Ales. Pero, es preciso destacar variedades como la Abadía, elaborada en forma artesanal con cebada; la Gueuze-Lambic, la cual se prepara con una mezcla de trigo y cebada, fermentando naturalmente; la Blanca, que se hace exclusivamente con trigo y la Stout, fabricada con malta tostada con un proceso de alta fermentación.

1.1.4.1. Lager: como lo son la Pilsen, la Bock o Munchener, entre otras, es una cerveza de baja fermentación, guardada a una temperatura cercana a los 0 grados centígrados durante tres semanas o tres meses. Una vez envasada, debe consumirse lo antes posible.

Esta bebida es rubia y ligera, es la cerveza por excelencia y la más extendida. Se elabora con malta pálida y contiene poco lúpulo. Las levaduras que se utilizan, fermentan en el fondo de la cuba; por lo cual, no se fermenta un tipo de azúcares contenidos en el mosto, pero dejan un resto dulce en la cerveza final. El contenido alcohólico es la única diferencia entre sus distintos tipos y va desde los 3.5 grados hasta los 4 grados.

1.1.4.2. Ale: su sabor afrutado proviene de un proceso de fermentación relativamente rápido a altas temperaturas (de 15 a 25 grados centígrados), con variedad de levaduras de fermentación que una vez consumido todos los azúcares suben en vez de flocular. Este procedimiento, conocido como alta fermentación, define de manera característica a la cerveza tipo Ale. Su fermentación dura de 5 a 7 días y pueden servirse a los pocos días de finalizar esta. El color y su fuerza varían, y dentro de sus clases se destacan: la Mild, cerveza ligera, muy pálida, con bajo contenido alcohólico; la See Bitter, servida de barril, seca y lupulizada; la Pale-Ale, translúcida, de color bronce o rojo ambarino; además la Brown Ale, Cream Ale, Indian Pale, Scotch Ale y las Ales irlandesas y belgas. En la actualidad todas las ales, tienen alrededor de 3.6 % de alcohol en peso y 4.5 % en volumen (WWW.zonadiet.com./bebidas/la-cerveza-tipos/).

1.1.5. Composición y propiedades de la cerveza. El contenido alcohólico es muy variable, pero en la mayoría de la cerveza producida en todo el mundo, se encuentra entre 3 y 6 % (V/V), y es al etanol, que debe sus propiedades estimulantes y embriagadoras. Se adjudican a la cerveza

propiedades terapéuticas para combatir los nervios, anemias e insomnio. A partir de trabajos publicados en 1984, se ha podido verificar la disminución de riesgo de infarto de miocardio en bebedores moderados en relación con abstemios ([WWW.ccn.com.ni/misc./rincón cervecero/](http://WWW.ccn.com.ni/misc./rincón_cervezero/)).

Hoy por hoy, nadie pone en duda el valor nutricional de la Cerveza. Estudios del más diverso origen y latitud dan fe del mismo. La Cerveza, por su proceso natural de elaboración y por las materias primas a partir de las cuales se produce (agua pura, cereales, lúpulo y levaduras), posee características nutricionales que la hacen una bebida sana y nutritiva.

La Tabla 1 muestra una serie de elementos que forman parte de su composición y que constituyen la médula de su valor nutricional.

Tabla 1. Características nutricionales de la cerveza.

Por cada 12 onzas	Tipo de cerveza		
	Regular	Light	Sin alcohol
Peso (g)	356	354	360
Agua %	92	95	98
Energía (Kcal)	145	99	32
Proteínas (g)	1	5	5
Carbohidratos (g)	13	1	0
Fibra (g)	2	0	0
Grasa (mg)	0	0	0
Colesterol (mg)	0	0	0
Ca (mg)	18	18	25
Fe (mg)	0.11	0.14	0.04
Mn (mg)	21	18	32
P (mg)	43	42	112
K (mg)	89	64	90
Na (mg)	18	11	18

Zn (mg)	0.07	0.11	0.04
Vitamina A (mg)	0	0	0
Tiamina (mg)	0.02	0.03	0.04
Riboflavina (mg)	0.09	0.11	0.11
Niacina (mg)	1.61	1.39	1.62
Vitamina B (mg)	0.18	0.12	0.18
Folatos (mg)	21	14	25

Fuente: WWW.ccn.com.ni./misc./rincón cervecero/.

1.1.6. Materias primas utilizadas en la fabricación de cerveza.

1.1.6.1. La cebada. Aunque pueden ser muchos los cereales que pueden maltearse, es la cebada quien ofrece mejores condiciones y menos problemas técnicos. Las plantas de cebada crecen en los países templados y se siembran durante el otoño y el invierno, en tanto que otras son apropiadas para su siembra en primavera. Dentro de los principales países productores de cebada se encuentran: Alemania, Canadá, Estados Unidos, Francia y Gran Bretaña; siendo necesario destacar que Colombia importa cebada para fines industriales, principalmente del Canadá. En el país, su cultivo se da en los departamentos de Cundinamarca, Nariño y Boyacá; con una producción anual, que es insuficiente para satisfacer los requerimientos del producto por parte de la industria cervecera.

Los aspectos más importantes, por los cuales se recurre a esta materia prima en la elaboración de cerveza son:

- Su aroma imponente en el producto final.
- Es más rica en almidón, que es la sustancia que da origen al extracto fermentescible.
- Contiene proteínas, en cantidades más que suficiente para proporcionar los aminoácidos necesarios para el crecimiento de la levadura (Hough, 1990, 9).

1.1.6.2. El agua. El 95% del peso de la cerveza, es aproximadamente agua. Es utilizada en esta industria para preparar los mostos y su composición resulta de gran importancia para la calidad y características de la cerveza. También se emplea en las labores de limpieza, enfriamiento y generación de vapor (49).

1.1.6.3. El lúpulo (*Humulus lupulus*). El lúpulo es una importante e indispensable materia prima en la fabricación de la cerveza. Es una planta trepadora (cultivada en climas templados, en países como Alemania, Estados Unidos, Checoslovaquia y Gran Bretaña) de la cual la industria cervecera utiliza los conos maduros de la flor (enteros, en polvos, comprimidos o en extractos) para la elaboración de su producto.

Como clarificador provoca la precipitación de las proteínas del mosto, modifica el carácter de éste hacia un aroma específico y sabor amargo, contribuye a la conservación de la cerveza junto con el alcohol y ácido carbónico en virtud de las sustancias antibióticas que contiene y debido a su contenido en pectina, favorece la formación de espuma (87).

1.1.6.4. Levaduras. Como levadura de cerveza se utiliza exclusivamente especies de *Saccharomyces*. Se distinguen las levaduras de fermentación alta, que actúan a temperaturas mayores de 10 °C, y las de fermentación baja, que pueden utilizarse hasta 0 °C.

Las levaduras de fermentación alta, como por ejemplo la *Saccharomyces cerevisiae* Hansen, se separan durante la fermentación formando grandes acúmulos en la superficie de la cerveza y las de fermentación baja, como por ejemplo la *Saccharomyces carlsbergensis* Hansen, se posan en el curso de

la fermentación en el fondo. Fermentan y asimilan la glucosa y normalmente la sacarosa, la maltosa y galactosa, más no la lactosa (109).

1.1.6.5. Adjuntos. Además de la cebada malteada, el agua, el lúpulo y las levaduras; es habitual la utilización de adjuntos, los cuales son granos sin germinar, o de hecho cualquier fuente de almidón o azúcares fermentables adicionados al mosto además de la malta. Estos materiales adicionales pueden ser los granos enteros molidos, o bien productos derivados de ellos como la sémola de maíz, almidón, granos precocidos, hojuelas o jarabes; aunque específicamente los productos utilizados son: almidón de maíz, sorgo, cebada, triturado de arroz (empleado a nivel nacional), trigo, almidón de trigo, almidón de papa, etc., entre los productos sólidos, y como adjuntos líquidos se utilizan jarabes de maíz, cebada, mijo y trigo, y soluciones concentradas de azúcar y azúcar invertido. También se emplean especias como la canela.

Los adjuntos se utilizan en prácticamente todos los países del mundo en distintas proporciones, siendo la excepción Alemania. Por ejemplo, en la Comunidad Económica Europea se permite como máximo 40 % de adjuntos de la molienda total utilizada para preparar el mosto, mientras que en algunos países la proporción de adjuntos es superior a la de la malta, como en Estados Unidos donde algunas cervezas se elaboran con 60 % de adjuntos y 40 % de malta.

Entre sus ventajas se puede mencionar que son baratos, proporcionan rendimientos razonables de extracto, y el color y bouquet deseables en ciertos tipos de cerveza. Igualmente, reducen el tiempo de molturación y permite al cervecero obtener un mejor control de la fermentabilidad del mosto y consecuentemente cervezas más uniformes. El uso de adjuntos permite la obtención de cervezas con un contenido reducido de proteínas y

leucoantocianinas, lo cual le proporciona mayor vida útil al producto ya que es menos propensa al enturbiamiento (Brown, Campbell y Priest, 1989, 274).

En 1998, en Brasil, W.G. Venturini Filho y M.P. Cereda, compararon hidrolizados de mijo y de yuca como adjuntos de la malta, en la elaboración de cerveza tipo Pilsen, a escala de laboratorio. La proporción de malta-hidrolizado fue de 2 a 1 con respecto al extracto. El mosto fue producido por el proceso de infusión e inoculado con una levadura de baja fermentación. El proceso fermentativo transcurrió a 10 °C y las cervezas obtenidas fueron maduradas a 0 °C durante 14 días. El producto final fue sometido a análisis químico y sensorial, por medio de los cuales, se determinó que no hubo diferencia estadística, para los respectivos parámetros analizados, entre las cervezas fabricadas con hidrolizado de mijo y fécula de mandioca. Finalmente se concluyó, que la fécula de mandioca, es una materia prima con gran potencial para la fabricación de extracto de malta de uso cervecero (12).

En 1999, Salcedo J. en la Universidad de Sucre, empleando diferentes porcentajes de almidón, evaluó el comportamiento del almidón de yuca en la fabricación de cerveza tipo ale. Las etapas de hidrólisis y fermentación fueron realizadas de acuerdo al proceso general de fabricación de cerveza. Los resultados de esta investigación, permitieron vislumbrar que el almidón de yuca es un adjunto que no altera significativamente la calidad de la cerveza. (5-8).

En el 2000, Gómez et al, en la Universidad de Córdoba, realizaron una investigación acerca de la obtención de cerveza tipo ale, utilizando como adjunto sólido almidón de yuca. La proporción de agua-cebada malteada fue variable (4:1 y 3.5:1), y se empleó un 2 % en peso seco de almidón con respecto a la cantidad de cebada malteada utilizada. La fermentación

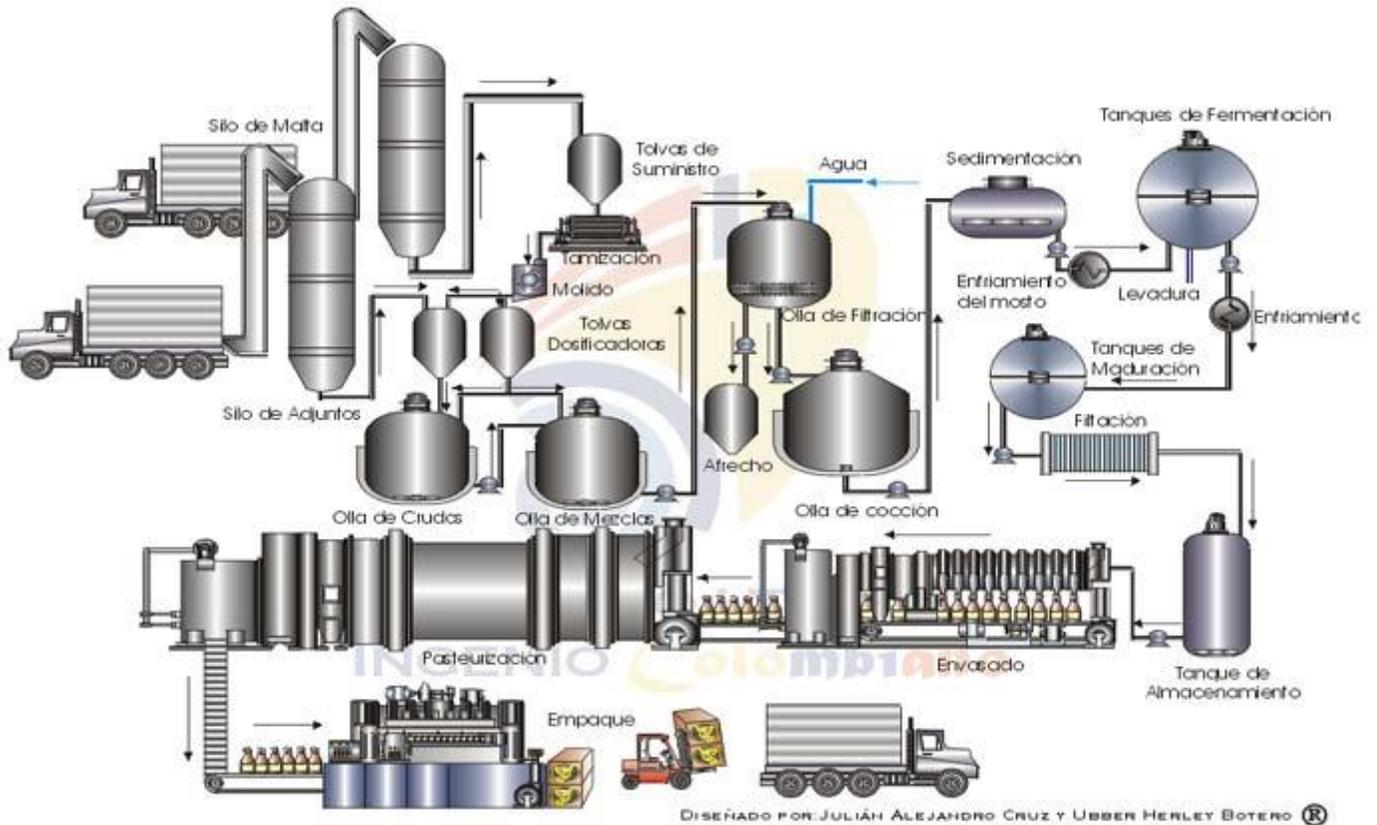
transcurrió a temperatura ambiente y como agente fermentador se utilizó la *Saccharomyces cerevesiae*. El análisis sensorial realizado señaló que hubo diferencias en cuanto a sabor, entre las cervezas producidas en éste estudio y la cerveza comercial con la cual fueron comparadas. Esto, pudo ser generado por el corto tiempo de maduración al que fueron sometidas las respectivas cervezas (55).

1.1.7. Preparación de la malta. El principal objetivo del malteo, es incrementar la actividad enzimática del grano, principalmente amilolítica. El grano de cebada tiene un contenido relativamente bajo de azúcares fermentables, el cual se aumenta durante el malteo; pero lo más importante es que durante éste, se incrementa considerablemente el contenido de enzimas amilolíticas, las cuales en el proceso de elaboración de cerveza van a degradar el almidón del mosto, generando las cantidades necesarias de azúcares fermentables para llevar a cabo la fermentación. La actividad enzimática de la malta, es suficiente no sólo para hidrolizar los componentes de esta durante la sacarificación en el proceso cervecero, sino además, el material adicional de granos sin germinar u otros productos que se usen con el fin de disminuir costos.

El proceso de malteado de la cebada se inicia con las operaciones de limpieza y selección de granos. El cereal se hace germinar macerándolo con agua: la malta “verde” así preparada se somete a desecación y tostado, con lo que se transforma en malta tostada más o menos oscura y aromática (Belitz y Grosch, 1997, 963).

1.2. PROCESO GENERAL DE LA FABRICACIÓN DE LA CERVEZA.

Figura 1. Proceso de elaboración de la cerveza.



Fuente: WWW.procesosvirtuales.com/gratis/DB-cerveza.asp.

1.2.1. Producción del mosto dulce. La malta fragmentada se dispersa en agua, con lo que las enzimas de los granos hidrolizan el almidón y otros componentes de la malta. Mediante filtración se obtiene una solución clara fermentable denominada mosto, que se cuece con el lúpulo para su aromatización.

1.2.1.1. La molienda. Su objeto primordial es triturar la malta. Debe mantenerse en lo posible una cascarilla más o menos entera y, un endospermo muy reducido, hasta un tamaño que facilite la liberación del extracto. Si la cáscara se desintegra demasiado, genera más sustancias taninas de las deseables y no podría formar un filtro suficientemente eficaz y permeable durante la recuperación del mosto a partir de la masa. De igual forma, si el endospermo es muy fino tratará de empaquetarse demasiado y formará un lecho impermeable. La finura de la molienda depende del tipo de equipo utilizado, en la actualidad, en las fábricas de cerveza son frecuentes tanto los molinos secos como los húmedos; los cuales están provistos de tamices intermedios (Hough, 1990, 67).

1.2.1.2. Maceración. Para proceder a la maceración, la malta triturada se mezcla con agua de cervecería en depósitos calentables con agitación, y debido a la degradación parcial a cargo de las enzimas propias de la malta, se solubiliza. Las funciones de la maceración son: disolver los productos que se han formado durante el malteado, usar las enzimas liberadas en el malteado para transformar al almidón en azúcares más simples, y usar las proteasas para continuar con la transformación de proteínas en aminoácidos y péptidos.

En la maceración se efectúan las principales transformaciones bioquímicas llevando al mosto a contener los elementos necesarios para la fermentación. Los factores que influyen en esta operación son: el tiempo de duración de las operaciones, la temperatura, el pH y la concentración de la mezcla.

Los métodos más comunes para realizar la maceración son: por infusión, que es el método con mayor aceptación en la actualidad y utilizado sobre todo en Inglaterra para la producción de las cervezas tipo ale; por decocción, que se usa en Argentina; y el de doble extracción, que se utiliza para aquellas

maltas que poseen una alta dotación enzimática (sistema para maltas americanas) (69).

1.2.1.3. Filtración de la maceración. La separación del mosto de los residuos insolubles o heces se realiza en la tina de purificación, recipiente cilíndrico de doble fondo, siendo la parte superior una placa perforada sobre la que las heces forman una capa filtrante de unos 35 cm de espesor aproximadamente. La capa filtrante se ahueca durante la clarificación mediante cuchillas rotatorias, lavándose la torta residual con agua para aumentar su rendimiento. Además de este equipo se utilizan los filtros de macerado, que son filtros de placas que actúan como prensas con capas filtrantes de polipropileno. Las heces se aprovechan en la ganadería (WWW.geocities.com./cerveza/).

1.2.2. Cocción y adición de lúpulo. La cocción del mosto con lúpulo o derivados de éste, se lleva a cabo en recipientes denominados calderas de lúpulo; donde se mezclan los mostos obtenidos al principio y final de la filtración (“mosto integro”). En esta etapa el mosto todavía es enzimáticamente activo y lleva mohos, bacterias y sus esporas. Por lo tanto, ha de llevarse a la caldera y ser calentado por una camisa de vapor, donde se le adiciona el lúpulo y se somete a ebullición (a 90 °C) durante 70-120 minutos a presión atmosférica. La cantidad de lúpulo adicionado varía dependiendo del tipo de cerveza, entre 0.14 y 0.42 Kg. / hl. Su adición se realiza durante dos etapas de la cocción. Inicialmente se agrega una parte (1/4 del total) entre 15 y 20 minutos después de haber iniciado el hervido, esto le da el sabor amargo a la cerveza, y el resto se agrega entre 15 minutos y 1 minuto del final del proceso, con lo cual se evita que gran parte de sus componentes esenciales se pierdan con el vapor de agua (Belitz y Grosch, 1997, 970).

Los efectos principales de la cocción del mosto son:

- Inactivación de las enzimas.
- La esterilización del mosto.
- Coagular proteínas y favorecer las reacciones entre taninos y proteínas para la formación de compuestos insolubles que precipitan, clarificando así el producto.
- Extraer las resinas y aceites esenciales del lúpulo.
- La producción de color, aromas y sabores por la caramelización del azúcar, reacciones de Maillard y oxidación de compuestos fenólicos para la formación de melanoidinas.
- Destilación de productos volátiles.
- Disminuir el pH por precipitación de fosfato cálcico y otros iones.
- Eliminar agua (aproximadamente 7-10%) para concentrar el mosto (971).

1.2.3. Enfriamiento y aireación. Una vez separados los sólidos o residuos, el mosto lupulado se enfría, generalmente en cambiadores de calor de placas hasta temperaturas entre 6 y 15° C, lo cual provoca la precipitación de proteínas y taninos insolubles (los cuales generan turbidez en frío), que se separan por filtración o centrifugación. El mosto generalmente se oxigena con el fin de facilitar el crecimiento posterior de la levadura; el aire es requerido en pequeñas cantidades (5-15 mg/L) y, es inyectado como aire estéril a la salida del enfriador (974).

1.2.4. Fermentación. El mosto lupulado, clarificado, frío y aireado se pasa al fermentador donde se adiciona la levadura hasta un recuento aproximado de 10^7 células por ml o mayor si se necesita una velocidad de fermentación más elevada. Es necesario que la levadura por utilizar, sea activa; que más del 85% de sus células sean viables, precisando que crezcan y fermenten en el periodo de latencia más corto posible.

En la fermentación se presentan 2 fases, la primera es aerobia y la segunda anaeróbica. En presencia de oxígeno la levadura respira activamente y se desarrolla. El rendimiento es 1:4 (se forma un gramo de levadura por cada 4 gramos de azúcares consumidos). Sabiendo los grados de azúcar se puede establecer qué cantidad de levadura se formará. En ausencia de oxígeno el azúcar comienza a ser fermentado, comienza la producción de alcohol y CO₂, siendo el crecimiento de la levadura mucho más lento. El rendimiento es 1:100. Además, la densidad va a disminuir como consecuencia de la desaparición de azúcares fermentescibles y la aparición de alcohol. La densidad se toma cada 20 minutos en este proceso y se mide en grados Balling que es el número de gramos de azúcar disueltos en 100 gramos de solución (el azúcar es sacarosa). El grado plato (°P), en lugar de sacarosa considera maltosa (975).

La fermentación de las “Ales” utilizando levaduras altas, se lleva a efecto con el mosto a una temperatura inicial de 15-16° C, que va subiendo lentamente, a las 36 h a alcanzado un valor de 20 –25 °C; de hecho, el contenido del tanque se refrigera hasta los 17° C a las 72 h. Generalmente, un mosto con una densidad primitiva de 1,040 (10 °P) se fermenta hasta una densidad de 1,008-1,010 (2-2.5 °P); además, durante este proceso, el pH disminuye aproximadamente una unidad a partir de un valor inicial de 5,2. En las fermentaciones típicas para obtener cervezas “Lagers”, la concentración inicial de carbohidratos es de 12 °P (peso específico 1,050) y la temperatura inicial aproximadamente 10 °C. Al cabo de unos tres días la población de levaduras se ha incrementado 4 ó 5 veces. La temperatura tiende a aumentar a medida que avanza la fermentación y cuando se alcanza el máximo puede ser necesario enfriar. La concentración de carbohidratos desciende a 2-2,5 °P (peso específico 1,080-1,010) después de cinco días. La relación de conversión de carbohidratos a alcohol se conoce en

cervecería como atenuación. Los valores típicos de atenuación son de 70-80%.

Al final de la fermentación tradicional en cerveza “Ale”, las levaduras altas son separadas de la superficie mecánicamente (se utilizan sobre todo filtros con silicagel como masa filtrante) o por succión, mientras que en el proceso “Lager” clásico, la cerveza se separa de la levadura sedimentada en el fondo, por decantación (976).

1.2.5. Tratamientos post-fermentativos. El producto tal como se obtiene del fermentador después de separada la levadura, se conoce como cerveza verde o joven; aún no está lista para su consumo y requiere ciertos tratamientos antes de ser distribuida. Entre ellos se tiene: la maduración, la filtración, la carbonatación, la pasteurización y el envasado.

1.2.5.1. Maduración. La maduración implica una fermentación secundaria por las levaduras residuales que pasan a la cerveza desde el fermentador primario. Cuando el 80-85 % de los azúcares ha sido fermentado se frena la fermentación principal y se trasiega esta cerveza verde a los tanques de guarda fría para el reposo. Aquí se corre el riesgo de ponerla en contacto con el oxígeno. Con el frío se ajusta el gusto, se reduce el diacetilo, se eliminan compuestos volátiles y sulfurados con el burbujeo del dióxido de carbono. La levadura se deposita, precipita el turbio fino de la fermentación y se clarifica la cerveza.

Los tiempos y temperaturas utilizados son usualmente de 4 días - 4 semanas a 2-6 °C (WWW.geocities.com./cerveza/).

1.2.5.2. Filtración. Entre la filtración y la bajada del tanque se hace un chilling. Se usa para eso un enfriador externo para darle más frío a la cerveza. Esto da como efecto más precipitación y más filtrado. Tiene como

objetivo clarificar a la cerveza y disminuir la cantidad de levadura a 100 células por ml. El filtro retiene las partículas mayores al tamaño del poro y por adsorción aquellas que son más chicas que el tamaño del poro. Para filtrar la precipitación de los elementos que confieren turbidez a la cerveza, es una práctica común adicionar compuestos como ictiocola, bentonita, ácido tánico, carragenina, sílica gel, etc. Una práctica alternativa o adicional es utilizar proteasas, principalmente papaína, para lograr una hidrólisis parcial de las proteínas, con lo cual se solubilizan y se impide su posterior precipitación.

1.2.5.3. Carbonatación. Esta etapa siempre debe hacerse en exceso ya que parte del CO₂ se pierde durante el embotellado y al ser abierta la botella para su consumo. La cerveza carbonatada y filtrada se encuentra en estado turbulento siendo necesario que repose antes de ser embotellada porque la excesiva efervescencia hace perder cerveza en el embotellado y disminuye el CO₂ en las botellas. Se almacena a la cerveza en tanques llamados medidoras donde luego se diluye con agua búffer. Cuando se diluye se agrega alginato (extracto de algas marinas) que es un estabilizador de la espuma. No se puede agregar antes del filtrado porque es un polvo muy fino y tapa el filtro. Al ser llenadas las botellas se inyecta CO₂ hasta que la presión de la máquina y de la botella es la misma.

Luego se tapan en forma de cierre hermético, se pasteuriza y de ahí pasa a la máquina etiquetadora, después a la encajonadora. Seguidamente se arman los palets y se manda a depósito. (WWW.geocities.com./cerveza/).

1.2.5.4. Pasteurización. La cerveza (que está a 5°C cuando entra a la pasteurizadora), luego de haber sido madurada, clarificada y carbonatada, se embotella y se le da un tratamiento térmico de pasteurización en el envase. Éste se realiza en túneles de operación continua donde los envases se ponen en contacto con agua caliente a 60-65 °C por 20 minutos; y

posteriormente se enfría con aspersión de agua. El enfriamiento, se realiza lentamente para evitar choques térmicos que pudieran romper las botellas. También existen técnicas de pasteurización en cambiadores de calor de placas a 70-75 °C por 20 segundos; esta técnica se utiliza principalmente para cervezas distribuidas a granel o que serán envasadas después asépticamente.

1.2.5.5. Envasado. La cerveza enfriada, filtrada y pasteurizada en flujo continuo, puede transferirse a grandes tanques estériles de, por ejemplo, 8 hl o a barriles (generalmente de 25 a 50 L). Los barriles suelen ser de acero inoxidable o, aún más frecuentemente, de aluminio y difieren de las cubas tradicionales, entre otras cosas, por contener una sola boca, en lugar de dos.

También pueden envasarse en botellas, las cuales, son de dos tipos: retornables y de un solo uso. Las retornables exigen, para sus posteriores usos, el lavado, el aclarado y el escurrido antes de su relleno, cierre, pasteurizado y etiquetado. Las desechables, como las latas, solo requieren ser sometidas a un chorro, primero de aire estéril a presión y luego de agua esterilizada (WWW.geocities.com./cerveza/).

1.2.6. Conservación de la cerveza. El periodo de aptitud depende en gran medida a los cuidados que se tengan una vez envasada. Gracias al pasteurizado se puede decir que tiene determinado tiempo, durante el cual mantendrá sus atributos de color y sabor; pero, si por ejemplo, una vez llegada a los lugares de venta, se dejan los envases al sol en pleno verano, o quedan debajo de la lluvia, esto irá en detrimento de la calidad del producto.

El periodo de aptitud o recomendación de consumir preferentemente antes de una determinada fecha, esta relacionada con los envases que se utilicen para su conservación:

- Barriles
2 meses sin abrir y 7 días una vez abierto.
- Botellas y latas
Por lo normal se le ha fijado en 6 meses.

1.2.7. Factores que afectan la durabilidad y conservación de la cerveza.

Las limitaciones del periodo de almacenamiento vienen impuestas por la estabilidad del aroma, la tendencia al desarrollo de turbidez y la estabilidad microbiológica. El factor más importante lo constituye el oxígeno disuelto, porque afecta gravemente a los tres aspectos citados de la estabilidad global. Debe por tanto, mantenerse en valores reducidos (por debajo de 0.3 p.p.m) en los recipientes de cerveza que se pretendan almacenar durante largo tiempo.

La durabilidad del líquido depende de diversos factores:

- Exposición a la luz: bajo la influencia de la luz solar o artificial, la cerveza pierde lentamente el sabor, el color y el aroma que la caracteriza, por eso no debe exponerse al sol, se debe cuidar la intensidad de la luz en los lugares de exhibición y debe cubrirse durante el transporte.
- Agua: el producto se debe mantener lejos del agua. Arruinaría las cajas de cartón y etiquetas, favorece la formación de moho y oxida las tapas corona.
- Temperatura: influye en la claridad y sabor del producto, no debe exponerse a temperaturas extremas, es decir, bajo 0 °C ni a más de 30 °C. A bajas temperaturas es menor la probabilidad de deterioro del aroma, formación de turbidez o de infección microbiana. Debe conservarse en depósitos secos y ventilados.
- Tiempo: es el factor más importante. Si una factoría está segura de que su cerveza va a ser consumida dentro del mes siguiente a su elaboración, no necesita esforzarse tanto en su estabilización, como aquellas otras

cuya cerveza tiene que ser almacenada durante un año. La fecha de elaboración y de vencimiento de las botellas figuran en la contra-etiqueta. Las latas tienen en su base la fecha de vencimiento. Se debe rotar correctamente el producto, vendiéndose primero las partidas más antiguas.

- Olores: los olores fuertes del ambiente afectan el sabor de la cerveza. Alguno de ellos son la cebolla, el pescado, las pinturas y detergentes (WWW.zonadiet.com./bebidas/la-cerveza-tipos/).

1.2.8. Productos secundarios del proceso de elaboración de la cerveza.

Los principales productos secundarios del proceso de elaboración de la cerveza

son:

- Los residuos del cereal, ricos en elementos nutritivos y se venden como alimento.
- La levadura de cerveza, responsable del proceso de fermentación, contiene gran cantidad de vitaminas, en especial de las pertenecientes al complejo B.
- El dióxido de carbono, producido también durante la fermentación, puede recuperarse y utilizarse en la fabricación de hielo seco, bebidas carbónicas y extintores (Hough, 1990, 182).

1.3. LA BATATA (*Ipomoea batata*).

1.3.1. Descripción y aspectos generales. Al igual que los productos que normalmente se emplean como adjuntos en la producción cervecera, la batata (*Ipomoea batata*), dada su composición y por ser fuente económica de almidón, puede ser aprovechada en esta industria. La batata, es una materia prima con gran potencial para el desarrollo de nuevos productos, y su cultivo se ve favorecido por las condiciones climáticas y por la potencialidad de los

suelos que en el departamento de Sucre se presentan. Sin embargo, no ha sido explotada a gran escala, hecho que sería factible si se tiene en cuenta la alternativa de agroindustrialización propuesta en este trabajo; lo que le permitiría ocupar un lugar de importancia en la producción agrícola nacional.

Este tubérculo, también conocido como camote, es una hierba vivaz trepadora de la familia de las convolvuláceas con numerosas especies, nativa de América tropical y cultivada en suelos arenosos o francos en muchas regiones cálidas de todo el mundo; en algunos lugares hace parte de la dieta básica. Se cultiva sobre todo por la gruesa raíz comestible que es una tuberosa oblonga y voluminosa que llega a medir 30 cm de largo (Enciclopedia Microsoft® Encarta).

La mayor parte de este cultivo se da en los países en desarrollo, con una producción anual que supera los 133 millones de toneladas, entre los cuales más de cincuenta países consideran a la batata entre sus cinco más importantes productos alimenticios (CIP). Entre los cultivos de alimentación del mundo, está en séptimo lugar en producción en peso de acuerdo a documentos recientes de la FAO. En los trópicos, ocupa el cuarto lugar.

Diversos atributos de este producto, cuentan para su prominencia y reciente resurgimiento del interés en el cultivo. En primer lugar, este cultivo soporta condiciones ambientales extremas tales como sequías y vientos huracanados, condiciones que pocos otros cultivos pueden tolerar; en segundo lugar, cubre rápidamente la superficie reduciendo las necesidades de herbicidas y laboreo cultural, y finalmente el uso de insecticidas y fungicidas es relativamente bajo, además de que la batata se desarrolla bien con poca suplementación de nitrógeno y en amplio rango de pH de suelo sin la adición de cal.

La batata es versátil y los genotipos pueden ser seleccionados para llenar las necesidades de un uso en particular o para un grupo de consumidores. Se distinguen dos amplias categorías: la de tipo corriente y la de tipo postre. La de tipo corriente es producida más ampliamente en los trópicos. Generalmente tiene la piel de un color que va desde blanco a crema colorado y mayor contenido de materia seca, almidón y proteína que la de tipo postre. El alto contenido de materia seca y almidón son importantes para los usos industriales y la alimentación animal, y el alto contenido de proteínas es importante igualmente para la alimentación animal. El tipo postre, generalmente tiene la piel anaranjada y un mayor contenido de betacarotenos y azúcares simples que el tipo corriente. Algunos cultivares son intermedios entre estos extremos (WWW.inta.gov.ar./sanpedro/batata/).

1.3.2. Composición y valor nutricional. De acuerdo a un estudio realizado en la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, con el propósito de evaluar algunos de los factores nutricionales de la harina de batata; se encontró que el contenido de almidón fue bajo ($30,73 \pm 1,04\%$) si se le compara con los valores señalados por Navas y col. en cultivares filipinos que contienen entre 58 y 60% de estos hidratos de carbono. Igualmente, el almidón presentó poca susceptibilidad a la hidrólisis con la amilasa. El 57% de los carbohidratos presentes estuvieron constituidos por azúcares, lo que podría ser un indicador del efecto del tratamiento térmico en la conversión del almidón, lo que se refleja en el sabor dulce de los alimentos preparados a base de la harina (Navas, 1999, 11-18).

La composición de la batata, en la tabla 2 se presenta:

Tabla 2. Composición en 100 g de parte comestible de batata.

Componentes	Valores
Calorías	89
Agua	75.8 g
Proteína	1.2 g
Grasa	0.1 g
Carbohidratos	21.1 g
Fibra	1.0 g
Ceniza	0.8 g
Calcio	25 mg
Fósforo	40 mg
Hiero	0.4 mg
Vitamina A	500 UI
Tiamina	0.07 mg
Riboflavina	0.03 mg
Niacina	1.1 mg
Ácido ascórbico	20 mg

Fuente: I.C.B.F. 1995

Según Navas y col. (1999), la harina de la batata es rica en proteínas y además posee altos contenidos de precursores de vitamina A, la cual puede mejorar la calidad nutricional de los sectores más pobres de la sociedad. También señalan que la batata es una alternativa en la producción de harina y almidón, para la industria alimentaria y no alimentaria. Sin embargo, la mayoría del público no aprovecha las posibilidades de sabor, textura y calidad nutritiva que ofrece la harina de batata (16). Esto es debido, entre otros aspectos, a que el público sólo consume lo que le ofrece el mercado, y no pide otra cosa por que no la conoce.

1.3.3. Usos alternativos de la batata. El aprovechamiento agroindustrial de esta materia prima, puede darse como alimento humano, en forma cocida, pasta endulzada, harina; y como forraje para el ganado porcino en fase de crecimiento. Sus tubérculos, pueden ser utilizados en fresco, enlatados, deshidratados, etc. También pueden ser usados como un recurso de almidón

y para productos de fermentación tales como: vino, etanol, ácido láctico, acetona y butanol.

Los productos más comunes, desarrollados a partir de la batata son: batata frita (chips), dulces, jaleas, caramelos, panes, tortas, bizcochos, puré, helados, bebidas (alcohólicas y no alcohólicas), salsas, condimentos, jarabes y tintes. Otros productos posibles de obtener son enzimas, pectinas y colorantes (Marti,1998, 1).

De la batata se extrae almidón, el cual es utilizado en una amplia variedad de productos no alimentarios como por ejemplo: adhesivo para encuadernación y cabezas de fósforos, recubrimiento de papeles, aglutinante para tabique de concreto y núcleos de fundición, acabado de telas, cremas faciales y películas de plástico biodegradable. No se extrae comercialmente en América Latina debido a los altos costos de producción comparados con los del maíz, sorgo o yuca. Sin embargo, la producción de almidón es uno de los principales usos que tiene la batata en países como China, el primer productor mundial de batata, y Japón; en donde es usado directamente como agente espesante o gelificante en varias industrias de la alimentación, así como en la fabricación de pastas alimenticias. Otro uso importante que se le da en China, es en la fabricación de azúcar (glucosa), la cual ha servido para la fabricación de bolsas plásticas con propiedades biodegradables. En ese país, también hay producción de aminoácidos, de ácido cítrico y de alcohol industrial obtenidos a partir de almidón de batata. El alcohol se puede usar como solvente, en la industria petroquímica, y como combustible, para motores (2).

En Japón, se prepara vinagre a partir de la sacarificación del almidón, la fermentación de los azúcares resultantes, y la oxidación de los alcoholes, producto de la fermentación para obtener el ácido acético del vinagre. Así

mismo, el 36 % de la producción de "shouchu", una bebida alcohólica tradicional de este país, es obtenida por fermentación de batata .

Su harina se emplea con éxito en la panificación, sustituyendo hasta en un 30% la harina de trigo y en varios países asiáticos la reemplaza parcialmente en la fabricación de fideos (3).

1.3.4. Panorama nacional de la batata. En el ámbito nacional, la batata se ha mantenido como un cultivo de subsistencia, a pesar de que las condiciones de suelo y clima son propicias para su desarrollo. Por tal razón y por no haber sido incluido (hasta el momento) dentro del diagnóstico de productos agrícolas, no es posible describir la producción en peso del producto. Los departamentos donde se produce esta materia prima son Sucre, Bolívar, Córdoba, y Cesar.

La batata es utilizada por los campesinos de la región caribe, específicamente los del departamento de Sucre, Córdoba y Bolívar, en la elaboración de bollos para aumentar su tiempo de conservación y en la fabricación de bebidas alcohólicas como la chicha fermentada a la cual le confiere un sabor agridulce característico (información primaria). Con respecto a esto, se realizó un trabajo de grado en la Universidad de Córdoba, para evaluar la contribución de la batata en la producción de masato (chicha fermentada) (Ayo y Mendoza, 2001,16, 19, 20).

Así mismo, con el fin de generar alternativas para la utilización y transformación de la batata, la cual no había sido objeto de estudio en el Departamento de Sucre, Acuña y Narváez, en la Universidad de Sucre, realizaron una investigación para obtener aguardiente. Ésta, tomó como base de estudio la producción de azúcares reductores por hidrólisis del almidón. Para el proceso de hidrólisis se prepararon cuatro mezclas, con una

proporción constante de agua-batata de 3:1 a las que se les adicionó diferentes porcentajes de cebada germinada (0%, 10%, 15% y 20%) con respecto al peso de batata. Las mezclas se sometieron a dos tiempos de calentamiento a 60^o C (20 min y 60 min) dando como resultado ocho tratamientos correspondientes a ocho mostos. Estos se sometieron a fermentación alcohólica utilizando *Saccharomyces cerevisiae* (fleischmann) como inóculo. Una vez terminada esta etapa se procedió a destilar los fermentos con el fin de obtener ocho tipos de aguardientes a los que se les evaluó su aceptabilidad mediante una prueba hedónica.

Como resultados de la investigación se obtuvo que el tratamiento uno correspondiente a 0% de cebada germinada y 20 min de calentamiento a 60 °C tuvo diferencias significativas en cuanto a la producción de azúcares reductores con respecto a los demás tratamientos. Los resultados de la evaluación sensorial indicaron que los aguardientes más aceptados fueron los que contenían 15 y 20% de cebada germinada correspondientes a los tratamientos cinco, seis, siete y ocho (Acuña y Narvárez, 2002, 69).

2. METODOLOGÍA

Esta investigación se desarrolló en el laboratorio de bromatología de la Universidad de Sucre y de acuerdo con el conocimiento revelado por la revisión de la literatura y al enfoque que se le dió, fue de tipo explorativa-descriptiva.

2.1. PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Inicialmente, los tubérculos de batata (Ver anexo A) se sometieron a un lavado por inmersión y se seleccionaron aquellos que no presentaron daños mecánicos ni alteraciones por microorganismos. Luego se realizó un pelado manual y se les redujo de tamaño en un rallador, obteniéndose de esta forma una masa o papilla que se destinó para el proceso de hidrólisis. La cebada malteada (Ver anexo B) fue triturada en un molino de cizalla y pesada en una balanza para realizar los diferentes ensayos en el proceso de la hidrólisis.

2.2. EVALUACIÓN DEL PROCESO DE HIDRÓLISIS

Para iniciar este proceso se partió de una proporción constante de agua-cebada malteada de 3.5:1(Ver anexo L) y diferentes porcentajes de batata en peso seco, con respecto a la cantidad de cebada malteada utilizada. La batata rallada, fue secada en un horno termostato a 40 °C durante dos días (Navas, 1999, 17).

$M_1 = 0$ % peso seco de batata

$M_2 = 5$ % peso seco de batata

$M_3 = 10$ % peso seco de batata

$M_4 = 15$ % peso seco de batata

$M_5 = 20$ % peso seco de batata

$M_6 = 25 \%$ peso seco de batata

Donde M: Es la muestra.

Cada una de las muestras contenidas en un beakers, se sometieron a dos métodos de calentamiento:

Método uno: 35° C por 30 minutos, 45° C por 30 minutos, luego 60° C por 20 minutos y finalmente 70° C por 30 minutos.

Método dos: 35° C por 30 minutos, 45° C por 30 minutos, luego 60° C por 60 minutos y finalmente 70° C por 30 minutos.

En ambos métodos, con agitación manual, se controló que en todo momento, la temperatura de la mezcla fuera homogénea.

Luego de realizada la hidrólisis, los mostos se separaron del bagazo de malta por filtración convencional, utilizando papel filtro como medio filtrante. Para disminuir el tiempo durante esta etapa y aumentar la eficiencia del filtro, ésta se realizó al vacío utilizando un erlenmeyer con desprendimiento lateral para la conexión de la bomba con su respectiva trampa. La torta obtenida se lavó con agua a 70°C. Esta agua de lavado se dejó de adicionar hasta cuando los mostos alcanzaron una densidad de 1.005 g / cm³. Este valor se determinó con la ayuda de un pignómetro.

Los mostos, se llevaron a ebullición a 90 °C durante una hora, y el lúpulo, se adicionó en dos etapas de la cocción. Una parte (1/4 del total), se agregó unos 20 minutos después de haber iniciado el proceso y el resto, unos 10 minutos antes de concluir dicho proceso. Por último, los mostos se enfriaron

y filtraron nuevamente con la ayuda de una bomba de vacío (Hough, 1990, 72-103)

Cada uno de los ensayos se realizó por triplicado, determinando para cada uno azúcares reductores cada dos horas. Para esta prueba se empleó el método del ácido 3.5 dinitrosalicílico (método DNS) (Ver anexo H). Además, se determinó pH, cuyo valor ideal está comprendido entre 5,3 y 5,6.

Para el análisis estadístico de los datos se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 6 por 2 (concentración de batata en peso seco / métodos de calentamiento), con tres repeticiones por combinación de tratamientos para un total de doce tratamientos, donde las variables independientes fueron los métodos de calentamiento y los porcentajes de harina de batata, y la variable dependiente fue la calidad del producto (bouquet, aroma, color, espuma, etc.).

A los factores, A: métodos de calentamiento (Mét. 1 y Mét. 2); B: concentración de harina de batata (%), y a la interacción métodos X concentración se les realizó un análisis de varianza para detectar diferencias entre tratamientos con un límite de confianza del 95 %.

Como existieron diferencias entre los tratamientos, la prueba de comparación realizada fue la de polinomios ortogonales, por ser los factores cuantitativos. Se analizaron estos datos en los programas estadísticos: NCSS (Nueva Creación de Sistemas Estadísticos), que es una versión estudiantil, y en el STATGRAPHICS Plus 5.0.

2.3. EVALUACIÓN DE LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

La fermentación de los mostos se llevó a cabo a temperatura ambiente (26 °C-28 °C), agitación de 200 r.p.m. y contenidos en erlenmeyers de un litro de capacidad previamente lavados con una solución de hipoclorito de sodio al 0.1% (V/V) y enjuagados con agua hirviente. Como agente fermentador se utilizó una levadura de alta fermentación, la cual fue la *Saccharomyces cerevesiae*. Estos microorganismos, se activaron agregándoles agua destilada y azúcar (Álvarez y Ballut, 1996, 140-148).

Para iniciar la fermentación se adicionó inóculo y aire estéril a los mostos, con una concentración inicial de aproximadamente 1×10^7 MO / ml. Este valor, se determinó utilizando la cámara de Nuebauer mejorada y una solución al 0.01% (P/V) de levadura, y el aire estéril se suministró con la ayuda de una bomba de vacío.

Alcanzada esta concentración se suspendió la adición del inóculo y de aire estéril, para luego, garantizar la anaerobiosis en el sistema. Esta se consiguió instalando una manguera desde el conducto de desprendimiento lateral del erlenmeyer a un beaker con agua.

Una vez iniciada la fermentación alcohólica, se determinó a intervalos de dos horas azúcares reductores (método DNS), y porcentaje de alcohol (método Winnick) (Ver anexo I), durante un tiempo de 10 horas.

Obtenido un porcentaje de alcohol entre 4 y 6 %, se procedió a filtrar las cervezas con la ayuda de una bomba de vacío y luego a pasteurizarlas en un autoclave a 15 psi por espacio de 5 minutos. Luego, se envasaron en botellas de vidrio color ámbar y se guardaron en una nevera convencional

durante 10 días para su maduración. Por último, las cervezas fueron nuevamente filtradas para realizarles los respectivos análisis.

2.4. ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y SENSORIAL

Las valoraciones físicas y químicas determinadas fueron: la densidad, contenido de etanol (Método Winnick), azúcares reductores (Método DNS), oxígeno disuelto (determinado por medio de un Oxímetro), pH, color, olor y sabor. A la cerveza mejor calificada, se le determinó contenido de proteína neta, carbohidratos (glucosa) y grasa.

El análisis sensorial se hizo basado en los 12 tipos de cervezas con diversas concentraciones de alcohol que se obtuvieron. Para esto, se utilizó una prueba hedónica (prueba orientada al consumidor) para medir cuanto agradaba o desagradaba el producto. Esta prueba se realizó tomando una muestra de cada tipo de cerveza y utilizando 30 catadores consumidores; lo que arrojó como resultado un perfil de olor, color, sabor y textura.

Dentro de las características de los catadores seleccionados para esta prueba, se puede mencionar que su edad promedio era de 23 años, de ambos sexos, en su mayoría no fumadores y pertenecientes a distintos programas de la Universidad de Sucre.

En este análisis, se evaluó las características deseadas por medio de una escala hedónica de 5 puntos, la cual fue así:

Me gusta mucho: + 2

Me gusta: + 1

Ni me gusta ni me disgusta: 0

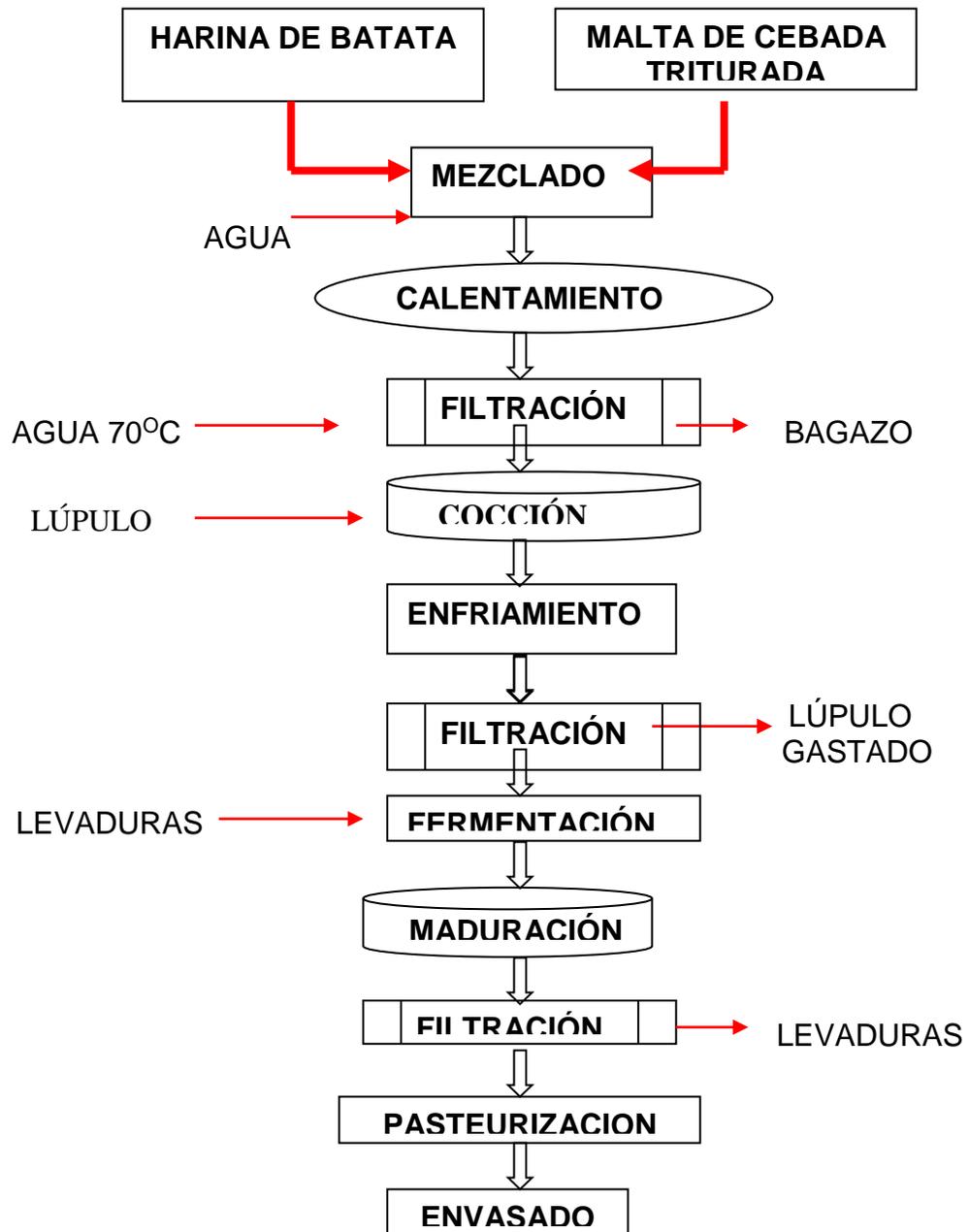
Me disgusta: - 1

Me disgusta mucho: - 2

Una vez se determinó la cerveza mejor calificada por parte de los catadores, ésta, se sometió a un test triangular (prueba orientada al producto) (Watts et al, 1992, 170) para determinar si existían diferencias perceptibles entre este tipo de cerveza y la marca comercial ÁGUILA, reconocida ante el público. El panel para esta prueba estuvo conformado por 10 catadores semientrenados. Cuando todos los miembros del panel terminaron la prueba, sus tests se marcaron, ya sea como correcta (+) cuando identificaron correctamente la muestra diferente (Águila) ó como incorrecta (-).

Con cada una de las pruebas se obtuvieron datos que se tabularon por medio de un análisis de varianza y que se analizaron en el programa estadístico NCSS (Nueva Creación de Sistemas Estadísticos)

Figura 2. Proceso de elaboración de cerveza tipo ale, seguido en el laboratorio.



3. RESULTADOS

3.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE MATERIAS PRIMAS

3.1.1. Caracterización bromatológica de la malta de cebada. La malta de cebada usada para la producción de los mostos fue una malta variedad “Barke”. Se trata de una variedad que proporciona una abundante cantidad de extracto seco así como una elevada cifra de almidón. Presentó un diámetro promedio de 3 mm, un color dorado y un poder diastásico según la fábrica que la suministró (Maltería Trópic) de 205 grados lintner. Su composición se observa en la tabla 3.

Tabla 3. Composición de la malta de cebada.

Componente	Porcentaje
Humedad	6.2
Proteína	10
Lípido	2.27
Ceniza	1.56
Nitrógeno total	1.77

Fuente: Maltería Trópic.

3.1.2. Caracterización bromatológica de la batata. La variedad de batata empleada fue la tipo corriente. Es una variedad de color amarillo y para esta investigación, se consideró importante hacer un análisis proximal y así conocer la relación de sus constituyentes. Este análisis fue realizado en el laboratorio de Bromatología de la Universidad de Córdoba y sus resultados se reportan en la tabla 4.

Tabla 4. Composición de la batata en 100 gramos de muestra.

Componente	Porcentaje	Desviación promedio
Humedad	71.35	0.010
Ceniza	1.30	0.080
Proteína	2.15	0.090
Fibra bruta	0.65	0.007
Extracto etéreo	0.72	0.004
Carbohidratos	23.72	0.150

Con respecto a la harina de batata, se determinó que contenía aproximadamente un 12% de humedad.

3.2. HIDRÓLISIS

Los mostos presentaron un color dorado y luego de la cocción, se observó claramente la formación de dos fases. En el fondo, se observó un precipitado formado por el complejo tanino-proteína y en la fase superior, se observó un líquido claro. En cuanto a los resultados de las determinaciones de azúcares reductores para los mostos durante el proceso de hidrólisis, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 5. Hidrólisis de los mostos (g/L)

Métodos de calentamiento	Concentración de harina de batata (%)	Concentración de azúcares reductores (g/L)		
		Replicas		
Método 1	T ₁	0.944	0.756	0.945
	T ₂	0.838	0.716	0.600
	T ₃	0.942	0.885	0.855
	T ₄	0.717	0.826	0.815
	T ₅	0.701	0.647	0.850
	T ₆	1.177	1.398	1.426
Método 2	T ₇	1.528	1.238	1.235
	T ₈	1.112	1.253	1.217
	T ₉	1.092	1.332	1.528
	T ₁₀	1.048	1.080	1.078
	T ₁₁	1.229	1.438	1.488
	T ₁₂	1.528	1.519	1.505

Para simplificar, solo se menciona la temperatura que varía. Donde:

T₁: 0% de harina de batata y 60 °C por 20 minutos.

T₂: 5% de harina de batata y 60 °C por 20 minutos.

T₃: 10% de harina de batata y 60 °C por 20 minutos.

T₄: 15% de harina de batata y 60 °C por 20 minutos.

T₅: 20% de harina de batata y 60 °C por 20 minutos.

T₆: 25% de harina de batata y 60 °C por 20 minutos.

T₇: 0% de harina de batata y 60 °C por 60 minutos.

T₈: 5% de harina de batata y 60 °C por 60 minutos.

T₉: 10% de harina de batata y 60 °C por 60 minutos.

T₁₀: 15% de harina de batata y 60 °C por 60 minutos.

T₁₁: 20% de harina de batata y 60 °C por 60 minutos.

T₁₂: 25% de harina de batata y 60 °C por 60 minutos.

Igualmente en la tabla 6 se presentan las determinaciones de pH y densidad para los diferentes mostos.

Tabla 6. pH y densidad de los mostos.

Tratamiento	pH	Densidad (g/cm³)
T ₁	5.8	1.046
T ₂	5.5	1.050
T ₃	5.6	1.012
T ₄	5.9	1.037
T ₅	5.8	1.042
T ₆	5.2	1.037
T ₇	5.4	1.033
T ₈	5.5	1.031
T ₉	5.6	1.027
T ₁₀	5.3	1.026
T ₁₁	5.9	1.031
T ₁₂	5.7	1.035

3.3. FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

Las determinaciones de azúcares reductores y los porcentajes de alcohol para los diferentes tratamientos durante la fermentación alcohólica, se realizaron por triplicado, indicando el respectivo análisis estadístico que las replicas eran congruentes; es decir, no se detecto diferencias entre ellas. Éste análisis se realizó con un limite de confianza del 95%, por lo cual se decidió trabajar con las medias representativas de estos valores.

Tabla 7. Fermentación alcohólica para 0% de harina de batata.

0% de harina de batata				
Tiempo (h)	Método 1		Método 2	
	Concentración de azúcares reductores (g/L)	% (V/V) de alcohol	Concentración de azúcares reductores (g/L)	% (V/V) de alcohol
0	1.158	2.067	1.538	2.336
1	1.102	3.032	1.519	2.718
2	1.009	3.653	1.505	3.412
3	1.003	4.223	1.479	3.586
4	0.785	4.307	1.442	4.223
5	0.691	5.168	1.368	4.437

Tabla 8. Fermentación alcohólica para 5% de harina de batata.

5% de harina de batata				
Tiempo (h)	Método 1		Método 2	
	Concentración de azúcares reductores (g/L)	% (V/V) de alcohol	Concentración de azúcares reductores (g/L)	% (V/V) de alcohol
0	1.226	2.694	1.364	2.718
1	1.253	3.325	1.383	2.743
2	1.057	4.061	1.492	3.164
3	0.862	4.223	1.319	3.759
4	0.798	5.168	1.194	3.832
5	0.691	5.184	1.147	4.510

Tabla 9. Fermentación alcohólica para 10% de harina de batata.

10% de harina de batata				
Tiempo (h)	Método 1		Método 2	
	Concentración de azúcares reductores (g/L)	% (V/V) de alcohol	Concentración de azúcares reductores (g/L)	% (V/V) de alcohol
0	1.021	2.768	1.263	2.622
1	1.016	2.950	1.113	2.870
2	0.890	3.204	1.078	3.998
3	0.764	3.653	0.965	4.701
4	0.681	4.437	0.938	5.062
5	0.611	4.572	0.925	5.168

Tabla 10. Fermentación alcohólica para 15% de harina de batata.

15% de harina de batata				
Tiempo (h)	Método 1		Método 2	
	concentración de azúcares reductores (g/L)	% (V/V) de alcohol	Concentración de azúcares reductores (g/L)	% (V/V) de alcohol
0	0.819	2.141	1.281	3.140
1	0.772	2.599	1.265	3.945
2	0.772	3.264	1.091	4.858
3	0.716	3.295	1.014	5.168
4	0.682	3.551	0.838	5.745
5	0.646	4.265	0.802	6.415

Tabla 11. Fermentación alcohólica para 20% de harina de batata.

20% de harina de batata				
Tiempo (h)	Método 1		Método 2	
	Concentración de azúcares reductores (g/L)	% (V/V) de alcohol	Concentración de azúcares reductores (g/L)	% (V/V) de alcohol
0	0.782	2.140	1.523	2.508
1	0.732	2.785	1.486	3.032
2	0.709	3.325	1.383	4.181
3	0.682	3.912	1.213	5.078
4	0.613	4.181	1.170	5.746
5	0.594	4.760	1.066	6.415

Tabla 12. Fermentación alcohólica para 25% de harina de batata.

25% de harina de batata				
Tiempo (h)	Método 1		Método 2	
	Concentración de azúcares reductores (g/L)	% (V/V) de alcohol	Concentración de azúcares reductores (g/L)	% (V/V) de alcohol
0	1.528	2.530	1.478	2.922
1	1.488	2.646	1.365	3.356
2	1.368	2.768	1.252	4.021
3	1.199	2.844	1.224	4.181
4	1.197	3.795	1.197	4.223
5	1.190	4.236	1.140	5.239

3.4. ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE LAS CERVEZAS OBTENIDAS EN EL LABORATORIO

Las cervezas producidas en esta investigación presentaron una apariencia translúcida y ligera, un color rubio, el cual se hacia más intenso en la medida en que se incrementaba la concentración de harina de batata y el tiempo de calentamiento a 60 °C. Su sabor fue suave y afrutado, propio de la cerveza tipo ale.

Las valoraciones físicas y químicas realizadas a los diferentes tipos de cervezas producidas en el laboratorio, se muestran en la tabla 13:

Tabla 13. Valoraciones físicas y químicas de las cervezas obtenidas.

Tipo	Densidad	pH	Oxígeno disuelto (mg/L)	Concentración de azúcares reductores (g/L)	% (V/V) de alcohol
T ₁	1.029	4.6	0.2	0.281	8.809
T ₂	1.037	4.8	0.2	0.316	9.705
T ₃	1.027	4.8	0.3	0.255	7.578
T ₄	1.029	4.8	0.2	0.258	7.747
T ₅	1.033	4.4	0.4	0.391	9.810
T ₆	1.025	4.8	0.3	0.687	8.578
T ₇	1.025	4.8	0.9	0.916	8.466
T ₈	1.027	4.6	0.4	0.791	9.705
T ₉	1.028	4.8	0.6	0.402	7.747
T ₁₀	1.040	4.7	0.2	0.343	6.793
T ₁₁	1.035	4.9	0.2	0.470	6.501
T ₁₂	1.039	4.8	0.3	0.591	6.319

3.5. ANÁLISIS SENSORIAL

Para el análisis sensorial (prueba hedónica), se emplearon 30 catadores consumidores (Ver anexo C) y los respectivos resultados se observan en la si

Tabla 14. Puntajes de categoría tabulada para la prueba hedónica.

Pane Lista	Tipo de cerveza											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	1	2	-1	1	0	2	-2	1	0	-1	0	1
2	1	1	1	1	0	0	0	0	-1	1	1	1
3	1	-1	-1	1	-1	0	-2	-1	-1	1	0	2
4	1	-1	1	-2	-1	1	0	-1	-1	-1	0	-2
5	0	1	-1	1	0	0	1	0	2	-2	1	-2
6	1	1	-2	-2	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2
7	1	0	0	2	0	-1	-1	0	2	-1	0	-2
8	-1	1	-1	0	-2	0	1	-1	2	-2	0	-2
9	-1	1	0	1	-1	0	0	-1	1	0	0	1
10	-1	1	1	0	0	1	-1	-1	1	0	-1	-1
11	-1	-1	1	1	0	-1	-1	0	1	0	0	1
12	-1	1	0	0	-1	-1	1	0	1	-1	2	-2
13	2	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1
14	1	1	2	2	-2	0	1	1	-1	-1	0	-1
15	0	2	-1	-1	1	0	2	-1	1	-2	-2	1
16	1	0	0	0	-1	0	-1	-1	-1	-2	-2	-2
17	2	2	1	2	1	-1	0	-1	-1	-1	-2	-1
18	0	1	1	0	0	-1	-1	0	-1	-2	-1	-1
19	0	1	1	0	0	2	0	-1	-2	-2	1	-1
20	-1	0	1	1	1	0	-1	1	0	1	1	1
21	0	1	1	0	0	0	0	1	0	-1	0	-1
22	0	1	0	0	0	-1	1	-1	1	-1	1	1
23	0	1	0	-1	-1	1	1	0	0	0	1	0
24	0	1	1	1	0	-1	0	-1	-2	0	1	1
25	-1	0	0	0	-1	0	1	-1	1	1	0	1
26	1	1	-1	0	1	1	-2	0	-1	1	1	1
27	1	2	0	0	-1	1	-2	-1	-1	0	1	1
28	1	2	1	0	0	0	-2	-1	0	0	1	1
29	2	2	2	1	0	0	-2	-1	0	0	1	0
30	2	2	1	0	-1	0	-1	1	0	0	0	1

Igualmente en la tabla 15 se pueden apreciar los resultados del test triangular para el cual se emplearon 10 catadores semientrenados.

Tabla 15. Datos de la prueba triangular.

Panelista	Resultado
1	+
2	-
3	-
4	-
5	+
6	-
7	+
8	-
9	-
10	+
Total de respuestas correctas (+)	4

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE LA MALTA DE LA CEBADA.

Según las características de la malta de cebada empleada y debido a su poder diastásico, se puede afirmar que su actividad enzimática fue suficiente no sólo para hidrolizar los componentes de esta durante la sacarificación en la producción de los mostos, sino además las concentraciones de harina de batata que se utilizaron como adjunto. El poder diastásico de este tipo de malta (205 grados lintner), está acorde con los valores presentados por Hough (1990, 43) para la malta empleada en la producción de cerveza tipo Ale, los cuales están comprendidos entre 194 y 229 grados lintner. En cuanto a su coloración, se puede afirmar que fue un factor determinante en el producto final, pues éste predominó en las cervezas obtenidas.

Los valores presentados en la tabla 3 son compatibles con los valores publicados por la literatura especializada, a excepción del porcentaje de humedad (6.2%). Este valor es elevado si se compara con las recomendaciones dadas por Hough (1990, 45), quien sugiere porcentajes de 2 a 3 % para malta ale (empleada en la producción de cerveza de alta fermentación); Cereda (1983, 63), cita de 4 a 5 % y Reinold (1997, 214), afirma que humedades por encima del 5% limita el tiempo de almacenamiento de la malta.

4.2. CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE LA BATATA.

El porcentaje de humedad encontrado en la harina de batata empleada es aceptable, si se compara con los valores de humedad de ciertos adjuntos sólidos como es el caso de la harina de trigo y el arroz molido que presentan porcentajes de humedad de 11 y 12% respectivamente (Hough, 1990, 81).

Como se puede observar en la tabla 4, los valores de cenizas, proteína, grasa (extracto etéreo) y carbohidratos, están por encima de los expuestos en la tabla 2 referente a la composición en 100 g de parte comestible de batata (I.C.B.F. 1995), los cuales son respectivamente 0.8, 1.2, 0.1 y 21.1; aunque hay que resaltar que estas características estudiadas son más próximas a los estudios hechos por Navas (1999, 18).

Por otro lado, se observa que los valores de desviación estándar (Ver tabla 4) son bajos lo cual indica que hay poca dispersión de los valores y por ello confiabilidad en los mismos. La diferencia más notable se presenta en los carbohidratos, pero se debe considerar que el porcentaje de éstos se obtiene por diferencia, lo cual motiva a que el resultado sea influenciado por los posibles errores cometidos en las demás pruebas. Por otro lado los valores de humedad y fibra concuerdan con los reportados por Navas (1999, 20).

4.3. ANÁLISIS DE LAS HIDRÓLISIS

La formación de dos fases al final de la cocción, confirma lo expuesto por Hough, quien señala que uno de los efectos principales de la cocción del mosto es la coagulación de proteínas y favorecer las reacciones entre

taninos y proteínas para la formación de compuestos insolubles que precipitan, clarificando así el producto.

En la tabla 5 se observan los resultados de las determinaciones de azúcares reductores para los diferentes mostos, pudiéndose determinar mediante un análisis de varianza que existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos. De igual forma, se encontró mediante comparación gráfica de las hidrólisis (Ver anexo F) que los tratamientos seis (T₆) y doce (T₁₂), presentaron diferencia estadística significativa con respecto a los demás tratamientos en cuanto a la obtención de azúcares reductores. Esto pudo ser debido, entre otros aspectos, a las condiciones ambientales, las cuales eran muy fluctuantes y en ciertas ocasiones no permitían mantener un control estricto de los tiempos y temperaturas del proceso de hidrólisis. También pudo ser causado por variaciones de pH que en algún momento influenciaban la actividad enzimática.

Según los datos de la tabla 6 correspondientes a las determinaciones de pH y densidad de los mostos, se puede afirmar que la mayoría de estos valores se encuentran dentro de los rangos de pH y densidad óptimos de mostos cerveceros recomendados por Hough (1990, 148). Estos valores óptimos van de 5.0 a 5.6 para pH y de 1.032 a 1.048 g/cm³ para la densidad. Meilgaard (1997, 128), reporta valores de pH entre 5.0 y 6.0.

4.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

En las diferentes tablas correspondientes a los resultados de la fermentación alcohólica (tablas 7, 8, 9, 10, 11 y 12) se observa claramente que a medida que avanza el proceso, se incrementa la concentración de alcohol disminuyendo a su vez la concentración de azúcares reductores. Este

comportamiento se observó en la mayoría de los tratamientos, excepto en los datos de la tabla 8 específicamente para el método de calentamiento dos en los cuales se notó un ligero aumento en la concentración de azúcares sin que se viera afectada la producción de alcohol. Estos aumentos se debieron a que las fermentaciones se iniciaron con una hidrólisis incompleta presentándose una sacarificación más rápida de los almidones por parte de las enzimas amilolíticas contenidas en la malta de cebada y en la harina de batata que la degradación de los azúcares reductores por medio de las levaduras. Esto es evidenciado por Bullock y Kristiansen (1991, 316-317), quien afirma que en las etapas iniciales de la fermentación existe también una rápida eliminación de azúcares reductores que favorece la acción de las enzimas amilolíticas equilibrando el retraso ocasionado por la reducción de la temperatura.

Las disminuciones en los azúcares reductores a medida que aumenta la relación malta de cebada- harina de batata manteniendo constante la cantidad de malta de cebada, se debió a que durante los procesos de filtración de los mostos y lavado de los bagazos (torta residual) hasta lograr una densidad de 1.005 g/cm^3 , se consumía más agua presentándose al final una disminución en la concentración de estos carbohidratos.

En la etapa de la fermentación, se observó altos porcentajes de azúcares no fermentados (este fenómeno se experimentó al no ver cambios representativos de consumo de sustrato en el tiempo de desarrollo de la fermentación), debido tal vez a que pudo haber una variación en el pH lo cual disminuyó la velocidad de crecimiento de la levadura y por consiguiente, su capacidad metabólica. Igualmente, basados en las condiciones y en los resultados del proceso, se afirma que el tiempo de calentamiento que estimuló mayormente la fermentación alcohólica hasta obtener un porcentaje de alcohol entre 4 y 6%, fue el de 60 minutos a $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Esto permitió obtener

cortos tiempos de fermentación (8-10 horas), lo cual constituye una reducción considerable de los tiempos normales de fermentación (72 horas) para este tipo de cerveza.

4.5. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS CERVEZAS

Según los datos de la tabla 13, correspondientes a las pruebas físicas y químicas realizadas a las diferentes cervezas obtenidas, se puede afirmar que estas pueden ser consideradas semejantes, debido a que no existió una diferencia marcada entre los tratamientos para los parámetros físicos y químicos analizados; excepto para la concentración de alcohol. Este, en algunos de los tratamientos sobrepasaba el grado de alcohol deseado en la investigación.

Los valores de pH y densidad cumplen con lo citado por Hough, la que cita valores de 4.1 a 4.7 para pH y de 1.010 a 1.050 g/cm³ para la densidad. Igualmente, las determinaciones de oxígeno disuelto están en correspondencia a lo propuesto por Frazier y Westhoff (2000, 454), quienes afirman que la cerveza envasada no debe superar 1 mg/L de oxígeno disuelto, pues esto afectaría la calidad del producto durante el almacenamiento.

Al observar las concentraciones de azúcares reductores y compararlas con las concentraciones de azúcares presentes al iniciar la fermentación, se determina que la relación de conversión de carbohidratos a alcohol (grado de atenuación) está acorde con los valores de rendimiento experimentales reportados por Hough, los cuales están comprendidos entre 70 y 80%.

4.6. ANÁLISIS DE LA PRUEBA SENSORIAL

El análisis de los resultados de la prueba hedónica (Ver anexo J y K), refleja que la cerveza que obtuvo mayor puntuación fue la tipo B (Ver anexo D), la cual corresponde a 5% de harina de batata y 60 °C por 20 minutos. Su puntuación fue de 27 puntos y presentó una media de 0.9. Igualmente las cervezas tipo A, C y D; correspondientes a los tratamientos uno (T₁), tres (T₃) y cuatro (T₄) obtuvieron una calificación aceptable. Por otro lado, el valor de la cerveza tipo B es muy próximo a uno (1) que según la escala hedónica representa que la cerveza le “gusta” al consumidor. Por tal motivo se decidió hacerle un análisis de sus constituyentes básicos. Este fue realizado en DASSSALUD (seccional Sucre) y se presenta en la tabla 16.

Tabla 16. Composición de la cerveza tipo B.

Componente	Porcentaje (%)
Agua	96
Proteína	2.75
Carbohidratos(glucosa)	1.25
Grasa	0

Por medio de estos resultados, se puede determinar que el contenido de carbohidratos, expresado en términos de glucosa, es mayor al que presentan las cervezas comerciales Pilsen y Águila, las cuales poseen un 1.160% y 0.091% de estos carbohidratos respectivamente (Tenorio, 1998, 34-35). Este valor además, cumple con lo establecido por Hough (1990, 179) para las cervezas tradicionales (ales), las cuales tienen un contenido en carbohidratos

de 0.9 a 3%. Los porcentajes de agua y grasa son muy similares a los presentados en la tabla 1 acerca de las características nutricionales de la cerveza. De igual forma, se aprecia que el contenido proteico está por debajo del encontrado en la cerveza tipo Light y la producida sin alcohol (5% para ambas), lo cual es un factor que evidencia que la harina de batata permite obtener cervezas con un contenido reducido de proteínas, lo que la hace menos propensa al desarrollo de la turbidez.

Con respecto a la prueba triangular realizada a la cerveza con mayor nivel de aceptación, se determinó que solamente cuatro (4) de los diez (10) panelistas seleccionados, identificaron la muestra diferente (Cerveza águila). Por tal motivo y utilizando la tabla estadística “Prueba binomial de un extremo” se comparó el número total de panelistas con respuestas correctas ($X=4$), con el número total de panelistas ($n=10$) para determinar el nivel de significancia el cual fue de 0.441. Por lo anterior, se concluye que las muestras no son significativamente diferentes a un nivel de probabilidad de 0.441 ya que solamente 4 de los 10 panelistas eligieron la muestra diferente.

4.7. ANÁLISIS APROXIMADO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN (MATERIA PRIMA)

Teniendo en cuenta que uno de los propósitos del proyecto es el de generar una alternativa de agroindustrialización que permita a las fábricas nacionales de cerveza la posibilidad de reducir los costos de producción sin comprometer las características del producto final se hizo necesario realizar un análisis de costos de materia prima, que permitiera observar que tanto se puede economizar, al reemplazar malta de cebada por harina de batata.

Es preciso aclarar que para el cálculo del costo de producción de un hectolitro de cerveza, solo se tuvo en cuenta el costo de la malta de cebada y el de la harina de batata; debido a que la fuente consultada (Cervecería águila), no suministró información suficiente para realizar un análisis más detallado. El valor comercial de la malta de cebada según Maltería Tropical es de \$1.400 (mil cuatrocientos pesos) y el de la de batata es de \$300 (trescientos pesos) por cada kilogramo respectivamente (información primaria).

Para producir un hectolitro de cerveza se necesitan 9 Kg de malta lo que generaría un costo de 12.600 pesos (doce mil seiscientos pesos). De acuerdo con lo anterior se presenta la siguiente tabla:

Tabla 17. Costo de producción de 1 hl de cerveza (solo teniendo en cuenta malta de cebada y harina de batata).

% harina batata	% malta de cebada	Costo harina de batata (\$/kg)	Costo malta de cebada (\$/kg)	Costo hl cerveza (\$)
0	100	0	12.600	12.600
5	95	292,5	11.970	12.262,5
10	90	585	11.340	11.925
15	85	877,5	10.710	11.587,5
20	80	1.170	10.080	11.250
25	75	1.462,5	9.450	10.912,5

Nota: para determinar el costo aproximado de la harina de batata se tuvo en cuenta el costo comercial de harinas similares (harinas de yuca y trigo) debido que a nivel nacional, no se produce industrialmente harina de batata. El valor estimado es de \$650 (seiscientos cincuenta pesos) por kilogramo.

De la tabla anterior se puede deducir, que si se reemplaza un 5% de malta de cebada por harina de batata (que fue el porcentaje con mayor aceptación), se estaría economizando en la producción de un hectolitro de cerveza –sólo basados en el costo de malta y de harina de batata- \$337.5 (trescientos treinta y siete pesos con cinco ctvos.). Si se lleva esta reducción a la producción diaria de cervecería águila, la cual es en promedio de 36.986.3 hectolitros (treinta y seis mil novecientos ochenta y seis punto 3 hectolitros), el ahorro sería de \$12.482.876.25 (doce millones cuatrocientos ochenta y dos mil ochocientos setenta y seis pesos con 25 ctvos) diarios. Esto indica que la disminución de costos de producción de cerveza empleando este adjunto es bastante notoria y que si se optimiza el proceso de tal forma que se pueda incrementar la proporción de harina de batata sin que se afecten las características del producto final, el ahorro sería mayor.

5. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en esta investigación, ponen de manifiesto que la harina de batata utilizada como adjunto de la malta de cebada, puede ser considerada materia prima potencial para la fabricación de cerveza tipo Ale, gracias a su alto contenido de almidones potencialmente hidrolizables en azúcares fermentables.
- La adición de harina de batata junto con las relaciones de tiempo y temperatura empleadas en el proceso de hidrólisis, le proporciona un sabor afrutado a la cerveza y permite obtener un producto con bajo contenido de proteínas, lo que evita la tendencia al desarrollo de turbidez. Igualmente, aunque no fue una variable de estudio, se puede afirmar que la harina de batata mejora la capacidad espumante de esta bebida.
- De acuerdo a la fermentación alcohólica, se concluye que el tiempo de calentamiento que estimula mayormente la producción de alcohol es el de 60 minutos a 60 grados centígrados, lo que a su vez permite obtener una reducción considerable de los tiempos normales de fermentación para este tipo de cerveza.
- El análisis sensorial indica que la cerveza mejor calificada fue la que contenía una proporción de harina de batata de 5% correspondiente al primer método de calentamiento, y que atributos como la consistencia, el cuerpo, la apariencia y el sabor que adquiere la cerveza por el uso de este adjunto, están identificados con las preferencias de la mayor parte de los consumidores seleccionados para esta prueba; lo que reafirma que este ingrediente confiere características organolépticas deseadas en este tipo de bebida alcohólica.

6. RECOMENDACIONES

- Para actividades futuras que se relacionen con la utilización de harina de batata como adjunto en el proceso cervecero, se hace necesario hacer un seguimiento cinético de la transformación del mosto en la fermentación y maduración con relación a carbohidratos y aminoácidos. Si se conoce el posible comportamiento de estas variables, se puede aprovechar al máximo dicho mosto previniendo así las sorpresas, los defectos y los reprocesos. En pocas palabras se minimizan costos de operación. También es importante optimizar variables como tiempo y temperatura propias del proceso de hidrólisis, con lo cual se puede verificar su estado completo.
- En cuanto a la relación agua-malta de cebada, se recomienda aumentar la proporción de agua con el fin de que no quede azúcar residual después de alcanzar el grado de alcohol deseado, ya que esto conlleva a obtener cervezas con características organolépticas no deseadas.
- Para disminuir las diferencias significativas entre la cerveza comercial y la producida en el laboratorio, y aumentar la cantidad de batata, se sugiere incluir en el proceso una clarificación para determinar diferencias de color así como adicionar CO₂ para mejorar su acción refrescante. Igualmente, se debe continuar realizando ensayos para determinar cual es la máxima cantidad de malta de cebada que puede ser reemplazada por harina de batata de tal forma que la calidad de la cerveza obtenida no se comprometa significativamente. De esta manera se pueden definir los parámetros tecnológicos exactos y convenientes para el diseño de los equipos del proceso.

- Finalmente se aconseja, realizar esta investigación a escala piloto, con el fin de observar de manera más precisa –en parámetros tecnológicos y ambientales- el comportamiento de la harina de batata como adjunto en el proceso de elaboración de cerveza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACUÑA MADERA, Carlos y NARVÁEZ GÓMEZ, Germán. Obtención de aguardiente a partir de la batata (*Ipomoea batata*) utilizando como biocatalizador *Saccharomyces cerevisiae*. Sincelejo (Colombia), 2002. 69 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agroindustrial). Universidad de Sucre. Facultad de Ingeniería.

ALVAREZ SAMPAYO, Robert y BALLUT DAJUD, Gaston. Obtención de alcohol etílico a partir del almidón de yuca, utilizando levadura comercial como biocatalizador. Sincelejo (Colombia). 1996. p. 140-148. Trabajo de grado (Ingeniero Agrícola). Universidad de Sucre. Facultad de ingeniería.

AYOS SÁNCHEZ, Harvey y MENDOZA CORVIS, Fernando A. Evaluación de la contribución de la batata (*Ipomoea batata*) al proceso de producción de masato. Berástegui (Córdoba), 2001. p. 16, 19, 20.

BELITZ, H.D. y GROSCH, W. Química de los alimentos. 2ª ed. Zaragoza (España): Acribia, 1997. p. 963,970,975.

BROWN, C.M. y CAMPBELL, I. PRIEST, F.G. Introducción a la biotecnología. Zaragoza (España): Acribia, 1989. p. 269,274.

BULOCK J. y KRISTIANSEN B. Biotecnología básica. Zaragoza (España): Acribia, 1991. p. 316-317.

CEREDA, M.P. Cervezas. En: Alimentos y bebidas producidas por fermentación. Sao Paulo (Brasil): Edgar Blucher, 1983. Cap. 3, p. 63.

Enciclopedia Microsoft® Encarta® 98 c 1993-1997. Microsoft corporation.

FRAZIER, W.C. y WESTHOFF, D.C. Microbiología de los alimentos. 4 ed. Zaragoza (España): Acribia, 2000. p. 454.

GÓMEZ CABRALES, Yesenia et al. Obtención de cerveza tipo ALE utilizando como adjunto sólido almidón de yuca. Berástegui (Córdoba). Universidad de Córdoba, 2000.

HOUGH, J. S. Biotecnología de la cerveza y de la malta. Zaragoza (España): Acribia, 1990. 194 p.

I.C.B.F. Tabla de composición de alimentos colombianos. 4 ed. Colombia, 1995. p. 75-78.

MARTI, H. Usos alternativos de la batata. Artículos de difusión. España. 1998. 3 p.

MEILGAARD, M. Composición del mosto. En: El cervecero en la práctica. Lima (Perú), 1997. Cap. 6, p.128.

NAVAS, C. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. No. 16. 1999. p. 11-18.

REINOLD, M.R. Manual práctico de cervecería. Sao Paulo (Brasil): Aden Editora, 1997. p. 214.

SALCEDO MENDOZA, Jairo. Evaluación del almidón de yuca como adjunto de la malta, en la fabricación de cerveza tipo ALE. Sincelejo (Colombia). 1999. p. 5-8.

TENORIO, Luis E. Panorama Cervecerero Colombiano. La revista de la técnica cervecera y maltera colombiana. No. 50. Barranquilla (Colombia). 1998. p. 34-35.

VENTURINI FILHO, W.G. y CEREDA, M.P. Hidrolizado de fécula de mandioca como adjunto de malte na fabricacao de cerveja: Avaliacao química e sensorial. Ciencia e tecnologia de alimentos. Campinas, Vol. 18, No. 2. 1998. 12 p.

WATTS, B.M; YLIMAKI, G.L; JEFFERY, L.E y ELIAS, L.G. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Ottawa (Canadá), 1992. 170 p.

DISPONIBLE EN INTERNET:

[http://www.alaface.com./publicaciones/indice 2001/.](http://www.alaface.com./publicaciones/indice 2001/)

[http://www.geocities.com./cerveza/.](http://www.geocities.com./cerveza/)

[http://www.procesosvirtuales.com/gratis/DB-cerveza.asp.](http://www.procesosvirtuales.com/gratis/DB-cerveza.asp)

[http://www.ccn.com.ni./misc./rincón cervecero/.](http://www.ccn.com.ni./misc./rincón cervecero/)

[http://www.zonadiet.com./bebidas/la cerveza-tipos/.](http://www.zonadiet.com./bebidas/la cerveza-tipos/)

[http://www.inta.gov.ar./sanpedro/batata/.](http://www.inta.gov.ar./sanpedro/batata/)