

ALIMENTOS

CIENCIA E INGENIERIA



N° 6 (3)
Octubre de 1998

La Revista **ALIMENTOS CIENCIA E INGENIERÍA** es una publicación de resúmenes de Tesis de Grado y Trabajos de Investigación realizados en la FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS de la Universidad Técnica de Ambato; así como contribuciones de otras universidades e instituciones con las cuales la Facultad mantiene convenios y vínculos de cooperación mediante el intercambio científico y cultural. Las contribuciones a la presente publicación son responsabilidad exclusiva de los autores.

AUTORIDADES

RECTOR

Ing. Víctor Hugo Jaramillo

VICERRECTOR

Ldo. Aníbal Jara A.

DECANO

Ing. Mario Manjarrez

SUBDECANO

Ing. Rommel Rivera

.....

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Egda. Teresa Freire

REVISIÓN

Ing. Lenín Garcés

IMPRESIÓN Y

ENCUADERNACIÓN

Sr. Arturo Freire

EDITORIAL

La disponibilidad de alimentos está íntimamente ligada a las pérdidas postcosecha, estas pérdidas a su vez están relacionadas con el manejo, almacenamiento, conservación, comercialización y distribución de los alimentos. En todas estas operaciones y acciones está presente el envase que tiene como función principal contener el producto, además de conservar y proteger todas las características físico - químicas y sensoriales de los alimentos frescos y transformados industrialmente.

Por lo expuesto actualmente al embalaje se considera como una de las principales actividades para el desarrollo socio - económico de los países. Un estudio coordinado del conocimiento de los alimentos, los materiales, equipos y sistemas mediante los cuales pueden ser envasados y manejados para su distribución y comercialización puede ayudar a los países en desarrollo a mejorar sus posibilidades de competencia en el mercado.

Los envases y embalajes serán de gran trascendencia en la medida que generen mas réditos económicos que su propio costo y optimicen el papel que desempeñan preservando los recursos de la sociedad. Al reducir la pérdida de alimentos, mejorando su higiene y valor nutritivo, aumentando la eficiencia en la distribución, agilizando el manejo a través de la normalización, mejorando el ambiente de trabajo, facilitando la información sobre el producto, etc.

En consecuencia, en el mundo global de embalajes, ocurren cambios constantes estimulados por la presencia de nuevos materiales y tecnologías que van desde un crecimiento sostenido de los envases asépticos hasta los métodos mas novedosos para lograr atmósferas controladas; desde los nuevos usos para los plásticos de alta barrera hasta los envases de tecnología refinada que toleran las microondas; desde la aplicación tecnológica de susceptores, hasta el envasamiento con indicadores de adulteración. Todos estos esfuerzos pretenden preservar adecuadamente a los alimentos, inmediatamente después de su producción, asegurando pérdidas mínimas y una máxima retención de la calidad, beneficiando de esta manera al productor primario, al industrial y al consumidor.

Además las condiciones actuales del mercado exigen que los envases se confeccionen con métodos que utilicen el mínimo de energía y que los materiales fundamentales estén sujetos a continuas modificaciones en su composición, con el objeto de hacerlos menos pesados, mas atractivos, mas ecológicos y reusables y de más bajo costo. En definitiva los envases y embalajes deben ser mas seguros desde el punto de vista toxicológico y alimentario.

Los esfuerzos que se han hecho hasta el momento en nuestro medio para difundir las Tecnologías del envase y embalaje han sido insuficientes. Se requiere pasar a una etapa más dinámica para obtener mayor relevancia a nivel nacional y poder alcanzar resultados que beneficien al desarrollo de los productos nacionales.

Ing. Mario Manjarrez L.
DECANO

11-06-2008

HASS-032-08

(1312)

CONTENIDO

Fermentación del suero dulce de queso para la alimentación de cerdos. G. Pozo, M. Viera, M. Paredes	1
Implementación de un Sistema ARPCC (Análisis De Riesgos y Puntos Críticos de Control), Orientado Al manejo de productos Hortícolas Frescos en una Planta Industrial. (Mora de Castilla). C. Carrillo, L. Morales, M. Manjarrez	22
Elaboración de Hojuelas Enriquecidas L. Guerrero, D. Morales	44
Desarrollo de Tecnología en el secado de la oca para utilizarla como conservas alimenticias. J. Eugenio, R. Rivera, C. Vásquez	64
Proyecto de Factibilidad para la instalación de una Planta Procesadora de tomate de árbol y babaco: Producción de néctar y producción en almíbar. J. Constante, O. Larrea	79
Extracción y caracterización de aceite de Semillas de Zambo (<i>Curcubita pepo</i>). R. Chipantiza, M. Gutiérrez, G. Poveda	94
Estudio del Proceso de maceración en la Fabricación de Cerveza tipo suave a partir de Malta Nacional. J. Cabrera, F. Navarro, A. Ulloa	110

11-06-2008

HASS-032-08

(1312)

FERMENTACIÓN DEL SUERO DULCE DE QUESO PARA ALIMENTACIÓN DE CERDOS

Germán Pozo*
Mónica Viera*
Mario Paredes**

RESUMEN

Este trabajo utiliza suero de la elaboración de queso fresco de la Fábrica de Derivados Lácteos Pozo Yépez -DERILACPY-, de Salcedo, provincia de Cotopaxi; y levaduras de un cultivo aislado mixto y otra de *Kluyveromyces marxianus*, var *lactis* NRRLY1155, para realizar tres tipos de fermentación a nivel de: laboratorio, natural y piloto.

Los parámetros medidos en el transcurso de las fermentaciones fueron: masa celular, proteína, lactosa y acidez. A nivel de laboratorio se determina la demanda de oxígeno para cada microorganismo utilizado. Se establecen las curvas de fermentación correspondientes a masa celular contra tiempo, se obtienen los valores de rendimiento (en porcentaje).

Aplicamos un análisis estadístico para dos factores AxB, para establecer el mejor tratamiento en base a las variables: masa celular, consumo de lactosa y rendimiento.

En vista de que *Kluyveromyces marxianus* ofrece los mejores resultados en la fermentación, se alimenta dosificadamente con suero fermentado con éste microorganismo junto con banano de rechazo y afrecho, y con suero normal junto con banano de rechazo y afrecho, a grupos de ocho cerdos en crecimiento, raza Duroc y Jersey recién destetados. En este caso se realiza un análisis estadístico para dos tratamientos. La alimentación con suplemento de suero fermentado ejerce un mejor efecto en el incremento de peso de los animales y las características de su carne.

Se realiza una evaluación económica de la fermentación de suero y se realiza una evaluación económica de la alimentación de cerdos con suero fermentado.

INTRODUCCIÓN

El suero constituye un desecho de las queserías, el cual se utiliza generalmente en la alimentación de animales, ya que su aprovechamiento industrial en una planta quesera depende de los equipos con los que cuenta ésta y de los procedimientos tecnológicos que estén en condiciones de aplicar.

*Egresado (a) de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

** Ing. M.Sc. Profesor de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

Es un subproducto integrado por valiosos componentes cuya obtención y oportuno aprovechamiento revisten una gran importancia económica.

El suero al tener como constituyentes agua, fuentes de nitrógeno, fuentes de energía, vitaminas y minerales, se constituye en el medio ideal para el crecimiento de numerosas especies de microorganismos; el éxito radica en que estos microorganismos sinteticen productos de interés comercial y de bajo costo (12).

Según Kosikowsky (1978), dependiendo del origen de la leche, tipo de queso y variaciones en el proceso, son producidas diferentes clases de suero.

El suero proveniente de queserías puede ser sometido a un proceso fermentativo con microorganismos específicos de buen rendimiento en biomasa, con la finalidad de lograr una elevación en el contenido de proteína; y observar de esta manera la influencia que tiene al ser suministrado como alimento para porcinos.

Gilliland (1979) y Moresi et. al.(1980) reportan estudios en los que la levadura *Kluyveromyces marxianus* fue propagada en suero de queso cottage.

Las cepas de *Kluyveromyces* tienen un hábito común de buen crecimiento a altas temperaturas; así Bel Fromageries, 1976, opera a 38°C (2).

El suero fluido o líquido ha sido dado como alimento para animales de granja, particularmente cerdos, terneros y pollos, por muchos cientos de años (7).

Muller (1969) se refiere a los resultados de varios autores que han usado levaduras de lactosa. El producto "SAV" se dice es adecuado para cerdos, terneros y, en particular, para aves de corral; el producto "Wheat" ha sido usado exitosamente con pavos, peces, visones, terneros y animales convalecientes.

La implementación de la producción de suero fermentado a nivel piloto permite definir parámetros económicos sobre la rentabilidad y aplicación práctica que puede tener este método de aprovechamiento del suero de las queserías.

El suero de queserías generalmente se destina a la alimentación de cerdos, luego de un período de reposo de 18 horas, tiempo en el cual estimulando el proceso fermentativo se mejora su valor nutritivo con la biomasa generada con lo que se puede obtener un mayor y más rápido crecimiento de los cerdos, siendo fácil entender el impacto económico positivo que ocurriría.

La difusión de los resultados de éste estudio a nivel industrial y de queserías rurales, permitiría mejorar la rentabilidad, ya que la utilización del suero de queserías tiene una importancia significativa en el balance económico de una empresa de lácteos.

OBJETIVOS

Mejorar el valor nutritivo del suero de leche mediante fermentación y utilizarlo en la alimentación de cerdos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Suero, se obtuvo de una jornada de elaboración de queso fresco de la Fábrica de Derivados Lácteos Pozo Yépez - DERILACPY -, ubicada en la ciudad de Salcedo, provincia de Cotopaxi, localizada a 2820 metros sobre el nivel del mar, en donde se determinó una temperatura ambiental promedio de 21 °C.

Microorganismos, se utilizó dos cepas de levadura, una procedente de un cultivo aislado mixto (que incluye la levadura *Kluyveromyces fragilis*) y otra de *Kluyveromyces marxianus*, var *lactis* NRRLY1155 en condiciones no asépticas de fermentación. La fuente de estas cepas, fue el Departamento de Agricultura de EEUU, Servicio de Investigación Agrícola; cortesía de Dr. C.P. Kutzman. North Regional Research Laboratory. USA.

Equipos

A nivel de laboratorio, se usó:

Microfermentador modular Marca New Brunswick NBSMF 114 de 14 litros de capacidad, Shaker, Incubadores, Microscopios, Autoclave, Equipos básicos menores del laboratorio de Bioingeniería y Microbiología de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, de la Universidad Técnica de Ambato.

El análisis físico y químico se efectuó en los Laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y en el Instituto de Investigaciones Tecnológicas e Industriales; utilizando: Equipo Microkjeldahl, Balanzas, Centrífugas, Estufas, Material de vidrio.

Métodos

En el suero utilizado como materia prima se realizaron los siguientes análisis:

MATERIA SECA

Mediante el método de la AOAC (1975).

LACTOSA

Se determinó mediante el método que describe Paz, M. (1974).

PROTEÍNA

Aplicando el método microkjeldahl, con un factor de nitrógeno para proteína de 6,38 (AOAC) (1975).

GRASA

Mediante el método Gerber (NORMA INEN N°03-01302 Leche Det. de contenido de grasa 1973).

CENIZA

Por el método de la AOAC (1975).

ACIDEZ

Por el método de la AOAC (1975).

Fermentación a Nivel de Laboratorio

Utilizando el microfermentador, se trabajó bajo las siguientes condiciones:

Temperatura	32 °C
Agitación	400 rpm.
Aireación	0,5 vvm
pH	3,5 - 4,5
Inoculación	10 % v/v
Tiempo de fermentación	24 h.

Periódicamente, cada hora, se procedió a la extracción de muestras para la determinación de los parámetros de estudio.

Esta fermentación a nivel de Laboratorio se realizó para las dos cepas de levaduras utilizadas, cultivo aislado mixto y *Kluyveromyces marxianus*.

Fermentación Natural del Suero

En esta fase, en el tanque reservorio de 2000 litros de capacidad, cuyas dimensiones en altura, largo y ancho, son: 1,5 m x 1,2 m x 1,2 m, y un espesor de 15 cm, recubierto de azulejo, y que está ubicado en la ciudad de Salcedo, se probó la fermentación natural por un tiempo de 20 horas, se realizó una sola prueba con sus tres réplicas.

Igualmente se procedió a sacar muestras periódicamente, cada hora, para determinar los parámetros de estudio.

Fermentación Piloto del Suero

En el fermentador adecuado, se efectuaron fermentaciones piloto utilizando las cepas de estudio y como condiciones de trabajo las siguientes:

Volumen de trabajo	2.000 litros
Inoculación	10% v/v
pH	3,5 - 4,5
Aireación y agitación	400 rpm, según las adecuaciones.
Temperatura	32 °C

Igualmente, durante la fermentación se tomaron muestras, en períodos de tiempo de una hora, para analizar las variables del estudio.

En todas las etapas antes indicadas y que involucran fermentación del suero de quesería se dosificó sales de nitrógeno ((NH₄)₂SO₄) y fosfato (K₂HPO₄) para obtener un incremento en proteína equivalente de 1,5 a 3 %

Variabl

En toda
fueron:

MASA

En un t
procedi
de agua
manten
celular

LACTO

Se dete

ACIDE

Por el

PROTE

Aplicar

DEMA

Solame
microo

Aplica
crecim

Rendi

Para c
Garcés
increm

Ensay

Una v
mayor
Duroc
mente
empír

Paulat
consu

Variables de Estudio

En todas las fases de estudio los parámetros que se midieron durante el transcurso de las fermentaciones fueron:

MASA CELULAR

En un tubo de ensayo, limpio y seco se colocaron 10 mililitros de muestra a analizar. Se lo refrigeró, se procedió a centrifugarlo durante treinta minutos, eliminando el sobrenadante. Se añadió cinco mililitros de agua destilada fría refrigerada para lavar la masa centrifugada, se agitó y centrifugó. Se procedió a mantener en estufa durante 24 horas a una temperatura de 70 °C y luego se estableció el peso de la masa celular seca.

LACTOSA

Se determinó mediante el método que describe Paz, M. (1974).

ACIDEZ

Por el método de la AOAC (1975).

PROTEÍNA

Aplicando el método microkjeldahl, con un factor de nitrógeno para proteína de 6,38 (AOAC) (1975).

DEMANDA DE OXÍGENO

Solamente en la fase de ensayos de laboratorio se realizó la medida de demanda de oxígeno para cada microorganismo utilizado.

Aplicando el método dinámico de Humphrey, la medición se realiza en el fermentador durante el crecimiento del cultivo en estudio. Utilizamos un electrodo de oxígeno disuelto de respuesta rápida.

Rendimiento de las Fermentaciones

Para cada tipo de fermentación y cada microorganismo utilizado, en base a la ecuación que reportan Garcés, L. y López, C. (1986), se obtienen los valores de rendimiento (en porcentaje), relacionando el incremento de masa celular con el consumo de lactosa.

Ensayos Biológicos

Una vez que se determinó el proceso de fermentación más adecuado y el microorganismo que ofrecía mayor rendimiento, se efectúan ensayos biológicos utilizando grupos de ocho cerdos en crecimiento, raza Duroc y Jersey recién destetados de alrededor de 6 meses de edad, a los cuales se alimentó dosificada-mente suero (normal y fermentado) junto con banano de rechazo y afrecho, en cantidades establecidas empíricamente en base a anteriores experiencias respecto a la alimentación para estos animales.

Paulatinamente se incrementaron los componentes de la dieta (suero y afrecho) según si éstos eran consumidos totalmente por los cerdos.

La dosificación inicial para cada grupo de cerdos es de 30 litros de suero normal, 25 libras de plátano y 5 libras de afrecho, en el un caso; y 30 litros de suero fermentado, 25 libras de plátano y 5 libras de afrecho en el otro caso; dosificación que se toma en base a experiencias empíricas previas en la alimentación de cerdos. Se hicieron incrementos de 10 litros de suero las siguientes semanas una vez que se observaba que el residuo era mínimo, hasta llegar a una dosificación de 70 litros. La cantidad de plátano fue constante, 25 libras, durante las doce semanas. La cantidad de afrecho que inicialmente fue de 5 libras, se incrementó paulatinamente durante las doce semanas hasta llegar a 8 libras en la última semana.

El alimento medido diariamente de la dieta, se registró como cantidad dosificada, se pesó los residuos y por diferencia se determinó lo consumido.

Semanalmente se registró el peso de cada animal, para relacionarlo con la cantidad de alimento consumido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición del suero

Los resultados obtenidos con la finalidad de caracterizar el suero utilizado, tanto física como químicamente se muestran en la tabla N° 1; y en general, se encuentran dentro de los rangos reportados en bibliografía por varios autores para composición del suero de leche.

Para suero fresco proveniente de una quesería de Augusto N. Martínez, Tungurahua, utilizado para enriquecimiento proteínico por fermentación, Garcés L. y López, C. (1986), reportan valores de proteína de 0,68%, grasa 0,46% y ceniza 0,37%, valores bastante similares a los obtenidos en esta investigación, esto es, 0,69% para proteína, 0,50% para grasa y 0,32% para ceniza.

La semejanza de resultados con los reportados por Garcés, L. y López, C. (1986) ocurre ya que el suero que se utiliza en dicho estudio proviene de la elaboración de queso fresco al igual que el que se utiliza en nuestro caso, que confirma lo anotado por Gillies (1974), quien indica que la variación en la composición del suero, esta en función de los fabricantes del queso.

Se determinó también un valor de pH de 4,5 y el valor de densidad a 15°C correspondiente a 1,025 g/cc. Spreer, E. (1975) indica que la densidad del suero a 20 °C debe encontrarse entre 1,023 - 1,025 g/cm³

Fermentación del suero

Tomando en consideración los valores experimentales obtenidos corresponden a tres replicaciones para las diferentes fermentaciones con Cultivo aislado mixto y *K. marxianus*, se elaboran las tablas N° 2, 3, 4, 5 y 6, que contienen los promedios de dichas replicaciones.

En las tablas N° 2 y N° 3 se anotan los valores promedio de las replicaciones, para las variables medidas (masa celular, proteína, lactosa y acidez) en las fermentaciones a nivel de laboratorio para las dos tipos de microorganismos utilizados.

Las tablas N° 2 y N° 3 nos muestran que para masa celular, a las veinte y cuatro horas de fermentación a nivel de laboratorio, el valor en gramos/litro es 15,30 para el Cultivo Aislado Mixto y de 18,12 para *K. marxianus*. Esta diferencia se refleja claramente al comparar los valores respecto a la proteína, que alcanza un valor de 4,48 g/l con el Cultivo Aislado Mixto y de 5,87 g/l con el de *K. marxianus*, para la fermentación a nivel de laboratorio.

Como se observa los valores finales que alcanza tanto en masa celular como en porcentaje de proteína la fermentación a nivel de laboratorio que utiliza *K. marxianus*, son mayores que los valores que se obtienen en una fermentación similar con cultivo aislado mixto.

El consumo de lactosa en el caso del Cultivo Aislado Mixto en la fermentación a nivel de laboratorio va desde un valor de 47,23 g/l hasta 13,75 g/l, en tanto que para el de *K. marxianus* va desde 40,37 g/l hasta 5,50 g/l. Se observa, por tanto, que existe un consumo de lactosa de 33,48 g/l por parte del cultivo aislado mixto, y de 34,87 g/l por parte de *K. marxianus*, con una diferencia de 1,39 g/l de lactosa adicional que consume éste último microorganismo, en las mismas condiciones de fermentación lo cual es ventajoso ya que dicha lactosa consumida genera mayor cantidad de masa celular y por tanto más proteína en el medio.

De igual manera en ambos casos la acidez incrementa su valor desde 14,00 °D hasta 29,17 °D para el Cultivo Aislado Mixto y en el de *K. marxianus* desde 14,33 °D hasta 30,33°D. Observamos aquí que existe un ligero mayor incremento en el caso de la fermentación con *K. marxianus*, como consecuencia de un mayor consumo de lactosa del medio por parte de cada microorganismo.

En la tabla N° 4 se presentan los valores promedio de las replicaciones correspondientes a la fermentación natural del suero de leche. En esta tabla se observa que la masa celular de los microorganismos nativos alcanza, a las 22 horas de fermentación, un valor de 10,50 g/l, el mismo que constituye un valor bastante bajo al compararlo con los valores que alcanzan las fermentaciones de laboratorio y piloto con Cultivo aislado mixto y con *K. marxianus*. Esto denota una falta de aprovechamiento de los elementos del medio por parte de los microorganismos naturales para desarrollarse en el suero utilizado como medio de fermentación.

La proteína en este caso alcanza un valor de 2,48 g/l.

El consumo de lactosa, partiendo de un valor de 45,57 g/l, llega a 16,03 g/l, es decir que se consumen 24,54 g/l durante las 22 horas de fermentación. El valor de acidez en grados Dornic va desde un valor de 14,33 a las 0 horas hasta 25,67 a las 22 horas.

Todos estos valores en niveles bastante menores a los obtenidos para las fermentaciones con cultivo aislado mixto y con *K. marxianus*, a nivel de laboratorio; lo cual nos indica que los microorganismos utilizados para la fermentación por el hecho de ser nativos tienen un poder fermentativo en el suero, muy bajo.

En las tablas N° 5 y N° 6 se presentan los valores promedio de las fermentaciones piloto del suero de leche, para Cultivo Aislado Mixto y para *K. marxianus*, respectivamente.

En ellas se observa, que para el Cultivo Aislado Mixto la masa celular aumenta de 1,65 g/l a 15,30 g/l durante las veinte y cuatro horas de fermentación en tanto que para el de *K. marxianus* aumenta desde 1,68 g/l hasta 18,6 g/l. Un aumento equivalente se observa en los valores de proteína, que en el Cultivo Aislado Mixto alcanza un valor de 4,62 g/l y para el de *K. marxianus* llega a 5,86 g/l.

Para estos valores experimentales, al igual que en el caso observado a nivel de laboratorio, *K. marxianus* presenta un mejor desarrollo que es posible asignar a la fuente del microorganismo utilizado, correspondiente a una colección de cultivo, que frente a condiciones similares de fermentación y sustrato igual permite que exista un mayor desarrollo en cuanto al número de células y por tanto un mayor porcentaje de composición proteínica.

A nivel piloto, los valores de incremento de masa celular y proteína, con relación a los dos microorganismos, presentan una ligera diferencia respecto a los obtenidos en las fermentaciones a nivel de laboratorio, ya que se debe mencionar el hecho de que al lograr estabilidad y buen control de las condiciones de fermentación se logra un mejor desarrollo de los microorganismos en las fermentaciones que se estudian, sin que exista una mayor influencia del volumen con el que se trabaja; de igual manera, el control de las influencias externas en el desarrollo de la fermentación permite que los resultados sean satisfactorios similares a los obtenidos al trabajar a nivel de laboratorio.

Garcés, L. López, C., 1986, dependiendo del tratamiento aplicado, establecieron que a las 20 horas de la fermentación de suero con levadura, la concentración de Masa Celular varía desde alrededor de 11,50 a 18,10 g/l. Otros autores reportan concentraciones de masa celular de 8 g/l, Barraquío (1980), hasta de 21,18 g/l Wasserman (1961), Meiering (1978), mientras que Wasserman y Col. (1960), obtuvieron un valor de 23,50 g/l.

Los valores experimentales respecto a masa celular en este estudio, al compararlos con los reportes bibliográficos indicados, permanecen dentro de un rango cercano.

En lo que respecta a concentración de proteína, Garcés, L. y López, C., 1986, alcanzan valores de 3,20 g/l hasta 5,40 g/l dependiendo de la cepa utilizada y de las condiciones experimentales.

En el presente trabajo se establecieron valores que presentan semejanza con los indicados, para concentración de proteína y que van desde el menor de 2,48 g/l (en la fermentación natural) hasta el mayor de 5,87 g/l (en la fermentación a nivel de laboratorio con levadura *K. marxianus*).

Mignone (1979), mediante fermentación de 7000 litros de suero, en 10 horas, logró un rendimiento de 32 gramos de sólidos por litro, con un contenido de proteína del 47,8% (9).

En el presente estudio, se fermentan 2000 litros de suero y en el caso en el que se obtiene mayor cantidad de masa celular, 16,42 g/l, es en el caso de *K. marxianus* en fermentación piloto con un contenido de 5,35 g/l de proteína. Esto confirma que este microorganismo se desarrolla mejor en el suero, produciendo más materia orgánica a partir de los nutrientes que utiliza del suero.

El consumo de lactosa para Cultivo Aislado Mixto partiendo de un valor de 48,37 g/l alcanza, a las 24 horas, un valor de 14,83 g/l; mientras que para *K. marxianus* de 40,07 g/l iniciales luego de la fermentación tenemos 4,30 g/l. Este consumo de lactosa es ligeramente superior al registrado en la fermentación a nivel de laboratorio.

La acidez incrementa su valor hasta 27,33°D en el Cultivo Aislado Mixto y para *K. marxianus* alcanza un valor de 28,83°D. Como resultado de una mayor actividad celular y consumo de elementos del medio de fermentación por parte de *K. marxianus*, lo cual establece una concentración mas elevada de ácido láctico en el sustrato y como indican Meyrath, J. y Bayer, K. (1979) la especie *Kluyveromyces* es usualmente considerada como la que mejor utiliza el suero.

En el presente estudio, respecto a la concentración de lactosa se observa que esta va desde valores iniciales entre 48,37 g/l y 40,07 g/l hasta valores finales entre 16,03 g/l y 4,30 g/l, tomando como referencia los diferentes tratamientos aplicados, los indicados valores se encuentran enmarcados dentro de los rangos bibliográficos que establecen, Wasserman, A. y colaboradores (1960), que indican un consumo total de lactosa en sus pruebas; Gholson, J. Gough, R. (1980), reportan un consumo de hasta el 90% ; y Barraquío (1980), establece una variación de concentración de lactosa en el proceso fermentativo, que va desde 39,30 g/l hasta 5,60 g/l. En tanto que Garcés y López (1986), indican que de una concentración inicial de lactosa de alrededor de 44,40 g/l al final de la fermentación se obtuvo una concentración entre 5,10 g/l a 17,40 g/l, dependiendo de las condiciones de trabajo aplicadas. El contenido de lactosa disminuye dado que su hidrólisis genera el suministro de energía para el desarrollo de los microorganismos presentes en el medio.

Para la presente investigación, los valores de incremento de masa celular y de proteína, se observa que dependen directamente del tipo de microorganismo, al igual que el consumo de lactosa. Se observa que el incremento de acidez es mayor con *K. marxianus* le sigue el de Cultivo Aislado Mixto a nivel de laboratorio, la fermentación piloto presenta valores de incremento de acidez menores y le sigue la fermentación natural. Los indicados valores de incrementos para masa celular, 13,65 g/l para cultivo aislado mixto y 16,42 g/l para *K. marxianus* se encuentran bastante cercanos a los reportados por Garcés L. y López, C. (1986), así la masa celular neta para las Cepas S2 y S3, con las que trabajaron corresponden a 13,6 y 15,4 g/l.

Demanda de Oxígeno

En la fase de ensayos de laboratorio se realizó la determinación de la demanda de oxígeno para los dos tipos de microorganismo aplicando experimentalmente el método dinámico de Humphrey para la determinación de la demanda de oxígeno del cultivo (NA) en milimol de O₂/litro hora; en el caso del cultivo aislado mixto se obtiene un valor de 69 milimoles de oxígeno por litro de medio por hora (2,21 g O₂/l h). Para el caso de *Kluyveromices marxianus* se tiene un valor experimental de 66,93 milimoles de oxígeno por litro de medio y por hora (2,14 g O₂/l h).

Los valores de NA adicionados a los valores de dCl/dt (incremento de concentración de oxígeno disuelto por incremento de tiempo), y relacionados mediante regresión lineal con los valores de Cl (concentración de oxígeno disuelto), mediante la aplicación de la ecuación siguiente, que también involucra a C* (concentración de oxígeno disuelto en la saturación):

$$Cl = C^* + \left(\frac{1}{Kla} \right) \left(NA + \frac{dCl}{dt} \right)$$

Nos permite establecer el valor de Kla, que es el coeficiente volumétrico de transferencia de oxígeno (h⁻¹), que en el caso de cultivo aislado mixto es de 0,2497 h⁻¹; mientras que para *K. marxianus* determinamos un valor de 0,3852 h⁻¹, el cultivo aislado mixto presenta un coeficiente mayor. Estos cálculos se indican en el anexo A, para los dos casos.

Rendimiento de las Fermentaciones

Relacionando los valores de incremento de masa celular con los de consumo de lactosa, según Garcés, L. y López, C. (1986), se obtienen los valores de rendimiento para cada fermentación.

Los valores de rendimiento en porcentaje reportados por Garcés y López (1986), fluctúan entre 45,17% el mayor, y 32,19% el menor, para las cepas S₂ y S₃ aisladas con las que trabajaron.

El mayor valor de rendimiento se obtiene a nivel de Laboratorio para la cepa de *Kluyveromices marxianus* y que corresponde a 46,86%. El siguiente mayor valor de rendimiento, 45,98%, se lo obtuvo en la prueba de fermentación piloto con la cepa de *Kluyveromices marxianus*. Le sigue la fermentación a nivel piloto con Cultivo Aislado Mixto con un valor de 40,69%, que presenta una muy pequeña diferencia con la fermentación a nivel de laboratorio que tiene 40,53%. La fermentación natural es la que presenta el menor valor de rendimiento correspondiente a 32,46%.

Pruebas biológicas mediante alimentación a cerdos

Luego de establecer que el suero fermentado mediante el uso de *Kluyveromices marxianus*, ofrece los parámetros de mayor concentración de masa celular neta, mayor contenido de proteína neta y mayor rendimiento, se realizaron las pruebas biológicas de alimentación de los cerdos, con suero natural y éste suero.

Dosificación y Consumo

Respecto a la dosificación y consumo promedio semanal de suero (normal o fermentado), plátano y afrecho para los tres grupos de cerdos alimentados, se observa que el consumo de suero fermentado es ligeramente mayor que el consumo de suero normal, ya que en la semana 12 el consumo de suero normal es de 68,6 litros, en tanto que para el suero fermentado es de 69,4 litros. En el caso del plátano, el consumo de plátano es casi similar, 23,9 libras en la dosificación con suero normal y 24 libras en la dosificación con suero fermentado. El consumo de afrecho es igual y total en los dos casos, cuando se dosifica con suero normal y con el suero fermentado.

Dado que la alimentación de los cerdos en general viene a ser uniforme, por presentar mínimas diferencias, es posible establecer resultados mediante la observación de los registros de pesos de los animales.

Incremento de Peso

La tabla N° 7 contiene los valores promedio de incremento de peso de los cerdos alimentados con suero normal (sin fermentar), plátano y afrecho.

La tabla N° 8 contiene los valores promedio de incremento de peso de los cerdos alimentados con suero fermentado con *Kluyveromices marxianus*, plátano y afrecho.

Al comparar los valores de las tablas N° 7 y N° 8, se observa que en este caso, los pesos iniciales de los cerdos se encuentran en un rango entre 18 libras y 22 libras de peso, los incrementos hasta de 4 libras en cada semana, y una vez transcurridas las doce semanas se alcanzan pesos que fluctúan entre 59 y 66 libras. El incremento total alcanzado se encuentra en un rango entre 40 y 45 libras.

La utilización de suero normal acompañada de afrecho y plátano en la alimentación de los cerdos, de acuerdo a la dosificación indicada, provoca en 12 semanas una variación desde un peso promedio inicial de 19,62 libras hasta un peso promedio final de 46,04 libras (Tabla N°7).

entre 45,17%

Kluyveromyces

, se lo obtuvo
fermentación a
pequeña diferen-
cial es la que

as, ofrece los
neta y mayor
natural y éste

o), plátano y
fermentado es
suero normal
el plátano, el
4 libras en la
os, cuando se

tar mínimas
pesos de los

os con suero

os con suero

iciales de los
e 4 libras en
tre 59 y 66

s cerdos, de
medio inicial

En tanto que, la utilización de suero fermentado acompañada de afrecho y plátano en la alimentación de los cerdos, de acuerdo a la dosificación indicada, provoca en 12 semanas una variación desde un peso promedio inicial de 19,96 libras hasta un peso promedio final de 62,58 libras (Tabla N°8).

Al establecer el promedio de las replicaciones respecto al incremento total promedio de peso de los 24 cerdos alimentados con la dosificación de suero normal, plátano y afrecho, se tiene un valor de 26,42 libras; en tanto que el promedio total de incremento de peso para las tres replicaciones en los cerdos alimentados con la dosificación que contiene suero fermentado, plátano y afrecho es de 42,62 libras, la diferencia en cuanto a incremento de peso con relación al tipo de suero dosificado es alta, a partir de lo cual podemos afirmar que el microorganismo utilizado en la fermentación del suero tiene su importancia específica para aportar nutrientes adicionales y obtener animales de mayor peso.

En el presente estudio se establece que la alimentación con suplemento de suero fermentado ejerce un efecto favorable en el crecimiento de los animales y las características de su carne.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Fermentaciones

En el caso de la presente investigación se aplica un análisis estadístico para dos factores AxB, en donde el factor A es el tipo de fermentación y el factor B el tipo de microorganismo, cada uno con dos niveles, y tres replicaciones en cada caso.

$a_0 b_0$	Fermentación a nivel de laboratorio con cultivo aislado mixto
$a_0 b_1$	Fermentación a nivel de laboratorio con <i>Kluyveromyces marxianus</i>
$a_1 b_0$	Fermentación a nivel piloto con cultivo aislado mixto
$a_1 b_1$	Fermentación a nivel piloto con <i>Kluyveromyces marxianus</i>

Las variables analizadas como respuestas experimentales son :

- Masa Celular
- Consumo de Lactosa
- Rendimiento de Masa Celular

Los valores tomados para masa celular y consumo de lactosa son los que corresponden a las 24 horas de fermentación.

En general, en la comparación estadística entre Tipos de Fermentación (de Laboratorio y Piloto), no existe ninguna diferencia significativa, dado que la razón de variación tiene un valor menor al del valor F de tablas, tanto para el 5% como para el 1%.

Igualmente para la interacción de los factores tipo de fermentación y tipo de microorganismos, no existe diferencia significativa, para el 5% y para el 1% de niveles de confianza, ya que el valor de razón de variación es menor al valor F.

Se observa, que para las variables analizadas en los tres casos, si existe diferencia significativa para el factor B: tipo de microorganismo en sus niveles cultivo aislado mixto y *Kluyveromyces marxianus*, ya que los valores de razón de variación, todos, son mayores al valor de F de tablas tanto para el nivel de confianza 5%, así como para el de 1%.

Es decir que, una fermentación de suero realizada utilizando Cultivo Aislado Mixto difiere en cuanto a los resultados de incremento de masa celular, consumo de lactosa y rendimiento, respecto a los que se obtiene en una fermentación realizada con *Kluyveromices marxianus*, los obtenidos con este último microorganismo son mayores en las fermentaciones sean estas a nivel de laboratorio o a nivel piloto.

Incremento de peso de los cerdos

El incremento de peso de los tres grupos de cerdos de 8 ejemplares cada uno, se analiza estadísticamente como dos tratamientos, el uno de alimentación con suero natural y el otro de alimentación con suero fermentado; el tratamiento de alimentación con suero natural presenta diferencia con el tratamiento de alimentación con suero fermentado. La razón de variación 1585,66 es mayor a los valores de F de tablas (4,05 para el 5% y 7,21 para el 1%). Esto indica que rechazamos la hipótesis H_0 de igualdad entre los tratamientos y aceptamos la hipótesis H_1 de diferencia estadística entre los tratamientos, los cerdos que se alimentan con suero fermentado tienen un peso mayor que el de los cerdos alimentados con suero normal.

Estimación de costos

Dado que el suero fermentado a nivel piloto mediante el uso de *Kluyveromices marxianus*, ofrece los parámetros de mayor concentración de masa celular neta 16,42%, mayor contenido de proteína neta 5,35% y mayor rendimiento 45,90%, se realiza una evaluación económica de la fermentación de suero y de la crianza de cerdos con suero fermentado.

Se toma como referencia el tiempo de doce semanas en el que se realizó las pruebas de alimentación de los cerdos.

El análisis económico arroja un precio de venta de S/.105 por cada litro de suero fermentado. Este precio es razonable al considerar que el suero fermentado aportará con nutrientes adicionales para la alimentación de los cerdos.

La rentabilidad o beneficio obtenido por cada unidad invertida, para el presente caso llega a un valor de 14,41%.

Considerando las diferentes variables económicas que tienen relación a la actividad de comercialización de los cerdos alimentados con suero fermentado, establecemos la estimación de costos, en base a las doce semanas que se realizó las pruebas de alimentación de los 24 cerdos Jersey y Duroc.

El beneficio obtenido por cada unidad invertida en el presente caso es de 7,25%, por lo que el proyecto es factible.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se realizó el estudio del mejoramiento del valor nutritivo del suero mediante fermentación utilizando Cultivo Aislado Mixto y *Kluyveromices marxianus*. Para esto, se estudió el curso de las fermentaciones a nivel de laboratorio, natural y a nivel piloto, estableciendo los valores de masa celular, proteína, lactosa y acidez.

- Se adecuó un fermentador piloto sencillo para procesar el suero en similares condiciones a las de operación a nivel de laboratorio.
- Se establecieron los valores de incremento de masa celular durante las fermentaciones estudiadas, el mayor valor de incremento se obtiene en la fermentación a nivel piloto con microorganismo *K. marxianus*, 16,42 gramos por litro. Lo cual refleja claramente que este microorganismo ofrece las mejores características de crecimiento en el suero comparado con el cultivo aislado mixto y los microorganismos naturales. De igual manera, el mayor valor de incremento de proteína se obtiene en la fermentación a nivel piloto con microorganismo *K. marxianus*, con 5,35 gramos por litro. El mejor desarrollo que presenta *K. marxianus* es posible atribuir a la fuente del microorganismo utilizado, correspondiente a una colección de cultivo, que frente a condiciones similares de fermentación y sustrato igual permite que exista un mayor desarrollo en cuanto al número de células y por tanto un mayor porcentaje de composición proteínica.
- Se estableció los parámetros de consumo de lactosa durante la fermentación del suero, se obtuvo los valores más altos con el microorganismo *Kluyveromyces marxianus*, con 35,77 gramos por litro de consumo de lactosa. Dado que la especie *Kluyveromyces* es usualmente considerada como la que mejor utiliza el suero, además de que debe tener la propiedad de ser ácido resistente para desarrollarse en este sustrato.
- La demanda de oxígeno con un valor de 66,93 milimoles de oxígeno por litro de medio y por hora (2,14 g O₂/l h), para la fermentación de suero con *Kluyveromyces marxianus* a nivel de laboratorio, es menor que la demanda de la fermentación de suero con cultivo aislado mixto a nivel de laboratorio, 69 milimoles de oxígeno por litro de medio por hora (2,21 g O₂/l h), por lo que en el primer caso existe una menor demanda de energía para aireación que hace al proceso más económico.
- Se establecieron parámetros de rendimiento durante la fermentación del suero a nivel de laboratorio y piloto, para los dos tipos de microorganismos estudiados. Concluimos que el mayor valor de rendimiento se obtiene a nivel de Laboratorio para la cepa de *Kluyveromyces marxianus* y que corresponde a 46,86 %.
- El diseño experimental de dos factores AxB, mediante los análisis de varianza, permite concluir que, el factor A: tipo de fermentación, en sus dos niveles laboratorio y nivel piloto, no presentan diferencias estadísticamente significativas respecto a las variables masa celular, consumo de lactosa y rendimiento. El factor B: tipo de microorganismo, estadísticamente, tiene influencia en los resultados obtenidos, ya que al realizar una fermentación con cultivo aislado mixto (nivel 0) se obtienen resultados diferentes estadísticamente que en una fermentación con *Kluyveromyces marxianus* (nivel 1); presentando esta última, mejores resultados que la primera, en las variables analizadas: masa celular, consumo de lactosa y rendimiento. Cabe indicar que no existe interacción entre los factores analizados tipo de microorganismo y tipo de fermentación.
- Se establece que, al utilizar suero fermentado con *Kluyveromyces marxianus*, existe un efecto favorable en el crecimiento de los cerdos utilizados en las pruebas biológicas, así como también en las características de la carne. La utilización de suero normal acompañada de afrecho y plátano en la alimentación de los cerdos, de acuerdo a la dosificación indicada, provoca en 12 semanas una variación desde un peso promedio inicial de 19,62 libras hasta un peso promedio final de 46,04 libras. En tanto que, la utilización de suero fermentado acompañada de afrecho y plátano en la alimentación de los cerdos, de acuerdo a la dosificación indicada, provoca en 12 semanas una variación desde un peso promedio inicial de 19,96 libras hasta un peso promedio final de 62,58 libras.

- El promedio total de incremento de peso de los 24 cerdos alimentados con la dosificación de suero normal, plátano y afrecho, es de 26,42 libras; en tanto que el promedio total de incremento de peso en los cerdos alimentados con la dosificación que contiene suero fermentado, plátano y afrecho es de 42,62 libras, la diferencia en cuanto a incremento de peso con relación al tipo de suero dosificado es alta, a partir de lo cual podemos concluir que el microorganismo utilizado en la fermentación del suero tiene su importancia específica para aportar nutrientes adicionales y obtener animales de mayor peso.
- Se realizó la correspondiente estimación de costos, la misma que establece un precio de venta de \$/.105 por cada litro de suero fermentado. Este precio es razonable al considerar que el suero fermentado aportará con nutrientes adicionales para la alimentación de los cerdos.
- La rentabilidad que se obtiene de la fermentación del suero, de acuerdo al estado de pérdidas y ganancias se observa que llega a un valor de 14,41 %. En tanto que para la actividad de crianza de cerdos utilizando en su alimentación suero fermentado según el estado de pérdidas y ganancias el valor de rentabilidad es 7,25 %, por lo que el proyecto es factible.

Recomendaciones

- Es necesario optimizar las variables que influyen en la fermentación del suero de leche, experimentando diferentes niveles de temperatura, pH, aireación, agitación, con la finalidad de obtener el mayor rendimiento, de acuerdo al uso que se destinará el producto.
- Dado que el tipo de microorganismo es el factor influyente en los resultados de una fermentación, se recomienda estudiar otros tipos de microorganismos que puedan servir con el propósito de lograr transformar el suero, en un sustrato más conveniente para la alimentación de animales, a través de fermentación.
- Con la finalidad de reducir la elevada carga de polución que origina una industria láctea que fabrica quesos, se recomienda difundir la utilización de este método fermentativo y la utilización del microorganismo *Kluyveromices marxianus*, con la finalidad de diversificar los rubros de ingresos y disminuir la contaminación del ambiente.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1975. "Official Methods of Analysis of the A.O.A.C". 12th ed. Washington D.C. pp.1094.

BAYER, K. MEYRATH, J. 1976. " Zentralblatt für Bacteriologie Und Hygiene". 252 p. 37.

GARCES, L. LOPEZ, C. 1986. "Enriquecimiento proteínico del Lactosuero mediante fermentación". Tesis de Grado. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimento. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. p.22-74.

GHOLSON
La. USA.

GILLILAN
Kluyveromices

GILLIES,
pp. 77-111

KOSIKOV
Associati

MEIERIN
Transactio

MEYRA
Academic

MIGNON
Rev.Fac.

MORESI
Biotechno

PAZ, M.
Ing. Quím

SPREER

WASSE
Engin.

WASSE
Journal

- GHOLSON, J. GOUGH, R. 1980. "Yeast that utilize lactosa in sweet whey". La. Agric. Dep. Dairy Sc. La. USA. 23(3): 19-21.
- GILLILAND, S. 1979. "Measuring Chemical Oxygen Demand of Chese Cottage Whey Cultured with *Klyveromices fragilis*". J. Dairy Sci. p.62: 882 - 887.
- GILLIES, M. 1974. "Whey processing and utilization". Noyes Data Corporation. Londres, Inglaterra. pp. 77-113.
- KOSIKOWSKY, F. 1978. "Cheese and Fermentad Milk Products". 2 ed. Publishing by Kosikowsky and Association. New York, USA. pp. 446-469.
- MEIERING, A. AZI, F. GREGORY, K. 1978. "Microbial protein production from whey and cassava". Transactions of ASAE. 21(3): 586-594.
- MEYRATH, J. BAYER, K. 1979. "Biomass from whey". Economic Microbiology. Ed. A.H.Rose. Academic Pres N.Y. Vol 4. pp. 207-269.
- MIGNONE, C. MAZZA, L. BALATTI, A. 1979. "Whey transformation by fermentation process". Rev.Fac. Agron. Univ. Nac. La Plata. 55(2): 49-57.
- MORESI, M. et.al. 1980. "Chemical oxigen reduction in whey fermentation". Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 9:261-274.
- PAZ, M. 1974. "Prácticas de Ingeniería Bioquímica". Primera Parte. Escuela Politécnica Nacional. Fac. Ing. Química. Quito, Ecuador. pp. 46-50.
- SPREER, R. 1975. "Lactología Industrial". 2 ed. Editorial Acribia. Zaragoza, España. p.380.
- WASSERMAN, A. HOPKINS, W. PORGES, N. 1960. "Rapid conversion of whey to yeast". Dairy Engin. 77(11): 374-375.
- WASSERMAN, A. HAMPSON, J. ALVARE, N. 1961. "Large - scale production of yeast in whey". Journal of water pollution control federation. 33(10): 1090-1094.

Analysis of

mentación".
e Ambato.

TABLA 1: COMPOSICION Y CARACTERISTICAS FISICAS DETERMINADAS PARA EL SUERO OBTENIDO DE UNA JORNADA DE ELABORACION DE QUESO FRESCO DE LA FABRICA DERILACPY (SALCEDO) UTILIZANDO COMO SUSTRATO PARA FERMENTACION.

COMPONENTE	COMPOSICION %
Materia Seca	6.16
Lactosa	4.66
Proteína (F = 6.38)	0.69
Grasa	0.50
Ceniza	0.32
Acidez (Ac. Láctico)	0.20
pH	4.50
Densidad (15°C)	1.025 g/cc

Fuente: Los Autores

TABLA 2: FERMENTACION DEL SUERO A NIVEL DE LABORATORIO CON CULTIVO AISLADO MIXTO.

TEMPERATURA: 32°C

pH: 4.5

TIEMPO (h)	MASA CELULAR (g/l)	PROTEINA (g/l)	LACTOSA (g/l)	ACIDEZ (°D)
0	1.73	0.49	47.23	14.00
4	1.91	0.65	43.87	16.67
6	2.70	0.75	40.70	18.33
8	3.55	1.17	34.28	19.17
10	3.93	1.44	28.40	20.20
12	4.78	2.07	24.70	21.33
14	6.92	2.75	19.10	22.67
16	9.00	3.20	18.17	24.83
18	13.17	4.07	17.80	26.00
20	14.80	4.28	15.50	26.67
22	15.27	4.40	14.15	28.00
24	15.30	4.48	13.75	29.17

Valores Promedio de 3 replicaciones

TABLA 3: FERMENTACION DEL SUERO A NIVEL DE LABORATORIO CON K. Marxianus.

TEMPERATURA: 32°C

ph: 4.5

TIEMPO (h)	MASA CELULAR (g/l)	PROTEINA (g/l)	LACTOSA (g/l)	ACIDEZ (°D)
0	1.78	0.55	40.37	14.33
4	2.05	0.84	31.60	15.00
6	3.57	1.30	25.37	16.50
8	6.20	2.30	20.33	18.67
10	8.17	3.53	15.67	21.43
12	11.33	4.38	13.67	23.67
14	13.63	4.67	12.17	25.17
16	15.40	4.87	9.67	26.83
18	16.65	5.08	8.00	28.33
20	17.43	5.40	6.50	28.83
22	18.03	5.60	6.17	29.83
24	18.12	5.87	5.50	30.33

TABLA 4: FERMENTACION DEL SUERO CON MICROORGANISMOS NATIVOS

TEMPERATURA: 28°C

ph: 4.5

TIEMPO (h)	MASA CELULAR (g/l)	PROTEINA (g/l)	LACTOSA (g/l)	ACIDEZ (°D)
0	0.91	0.25	45.57	14.33
4	1.23	0.37	42.97	14.83
6	1.88	0.45	39.47	15.33
8	2.48	0.59	34.57	16.20
10	4.25	0.84	29.17	17.00
12	6.05	1.12	27.33	18.33
14	8.00	1.43	23.67	19.00
16	8.08	1.81	19.33	22.00
18	9.72	1.98	17.93	24.17
20	10.08	2.43	17.20	25.00
22	10.50	2.48	16.03	25.67

Valores Promedios de 3 replicaciones.

TABLA 5: FERMENTACION PILOTO DEL SUERO CON CULTIVO AISLADO MIXTO.

TEMPERATURA: 32°C

pH: 4.5

TIEMPO (h)	MASA CELULAR (g/l)	PROTEINA (g/l)	LACTOSA (g/l)	ACIDEZ (°D)
0	1.65	0.49	48.37	14.67
4	1.84	0.62	43.23	17.00
6	2.07	0.79	40.90	18.33
8	2.94	1.18	34.30	19.00
10	3.44	1.44	29.23	20.17
12	4.85	2.09	24.70	21.17
14	7.32	3.00	19.97	22.50
16	10.79	3.77	18.23	23.17
18	13.68	4.13	17.53	24.00
20	14.88	4.34	14.87	24.83
22	15.13	4.54	14.13	26.00
24	15.30	4.62	14.83	27.33

Valores promedio de 3 replicaciones

TABLA 6: FERMENTACION PILOTO DEL SUERO CON k. Marxianus.

TEMPERATURA: 32°C

pH: 4.5

TIEMPO (h)	MASA CELULAR (g/l)	PROTEINA (g/l)	LACTOSA (g/l)	ACIDEZ (°D)
0	1.68	0.51	40.07	14.00
4	2.07	0.82	31.50	15.67
6	3.62	1.32	24.80	18.33
8	6.51	2.38	19.72	19.33
10	9.51	3.52	16.77	21.83
12	12.30	4.17	12.20	23.17
14	13.63	4.64	9.03	24.67
16	15.22	5.01	8.12	26.00
18	16.34	5.19	6.00	27.33
20	17.47	5.37	5.27	27.83
22	18.00	5.50	4.87	28.33
24	18.10	5.86	4.30	28.83

Valores promedio de 3 replicaciones

TABLA 7: REGISTRO DE PESO SEMANAL PARA CADA CERDO ALIMENTADO CON SUPLEMENTO DE SUERO NORMAL.

PESO (LIBRAS)														
EJEMPLAR	INICIAL	SEMANA												INCREMENTO
														TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	18	18	19	22	26	27	29	32	36	37	41	44	45	27
2	17	18	19	20	22	25	28	30	32	35	38	40	43	26
3	18	20	22	23	25	27	30	33	36	37	40	41	42	24
4	20	22	23	25	28	31	33	37	39	40	42	45	47	27
5	21	22	25	27	31	33	36	39	41	43	45	46	47	26
6	21	22	24	26	28	30	31	34	37	40	41	44	48	27
7	21	23	25	28	30	33	34	35	37	39	41	43	46	25
8	22	26	29	31	34	36	38	41	43	45	47	49	50	28

(Replicación 1)

TABLA 8: REGISTRO DE PESO SEMANAL PARA CADA CERDO ALIMENTADO CON SUPLEMENTO DE SUERO NORMAL.

EJEMPLAR	PESO (LIBRAS)													INCREMENTO TOTAL
	INICIAL	SEMANA												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	19	20	22	25	28	30	31	34	36	38	40	41	43	24
2	20	22	24	27	29	30	32	35	38	42	44	46	48	28
3	22	24	26	29	31	34	36	38	41	43	45	46	49	27
4	24	26	28	30	33	36	38	30	43	46	48	49	52	28
5	18	20	21	23	26	28	30	31	32	34	37	39	42	24
6	18	19	22	24	25	28	31	33	35	37	39	41	43	25
7	20	21	23	25	27	29	32	35	37	40	42	44	46	26
8	21	23	25	27	30	33	35	38	40	41	43	45	47	26

(Replicación 2)

TABLA 9: REGISTRO DE PESO SEMANAL PARA CADA CERDO ALIMENTADO CON SUPLEMENTO DE SUERO NORMAL.

PESO (LIBRAS)														
EJEMPLAR	INICIAL	SEMANA												INCREMENTO TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	20	21	24	26	29	31	32	35	38	40	42	45	47	27
2	20	21	22	25	27	30	34	36	38	41	44	45	46	26
3	18	20	23	25	28	29	33	35	37	39	40	42	44	26
4	19	20	21	22	24	26	29	32	35	38	41	43	47	28
5	18	19	21	23	25	27	28	30	32	36	39	42	45	27
6	18	19	20	22	26	27	29	31	33	35	39	43	46	28
7	20	22	24	26	28	31	33	34	36	38	41	44	47	27
8	18	20	21	22	24	26	28	31	33	35	38	41	45	27

(Replicación 3)

INCREMENTO TOTAL PROMEDIO: 26.42

TABLA 10: REGISTRO DE PESO SEMANAL PARA CADA CERDO ALIMENTADO CON SUPLEMENTO DE SUERO FERMENTADO.

PESO (LIBRAS)														
EJEMPLAR	INICIAL	SEMANA												INCREMENTO
														TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	20	23	27	30	34	38	42	45	49	52	56	58	63	43
2	19	22	26	29	34	37	40	43	46	49	53	56	59	40
3	19	22	25	29	33	37	41	44	47	50	54	57	60	41
4	20	24	27	30	34	38	41	45	48	52	55	58	62	42
5	21	25	29	32	36	40	40	46	50	53	57	61	65	44
6	22	25	28	32	36	40	43	47	51	54	58	62	66	44
7	20	23	26	30	33	37	40	44	47	50	54	58	61	41
8	19	22	25	29	33	37	41	44	47	50	53	56	60	41

(Replicación 1)

TABLA 11: REGISTRO DE PESO SEMANAL PARA CADA CERDO ALIMENTADO CON SUPLEMENTO DE SUERO FERMENTADO.

		PESO (LIBRAS)												INCREMENTO TOTAL
EJEMPLAR	INICIAL	SEMANA												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	20	24	28	31	35	39	42	46	50	53	56	59	62	42
2	21	24	27	30	34	38	42	46	50	53	56	59	63	42
3	22	25	29	33	37	40	44	48	51	55	58	62	66	44
4	20	23	26	29	33	37	40	44	48	52	55	58	61	41
5	21	24	27	30	33	37	41	45	49	53	57	60	64	43
6	20	23	27	30	33	36	40	43	47	51	55	58	62	42
7	19	22	25	28	32	35	38	41	44	48	52	56	60	41
8	19	22	26	29	32	36	39	43	46	49	53	57	61	42

(Replicación 2)

TABLA 12: REGISTRO DE PESO SEMANAL PARA CADA CERDO ALIMENTADO CON SUPLEMENTO DE SUERO FERMENTADO.

		PESO (LIBRAS)												INCREMENTO TOTAL
EJEMPLAR	INICIAL	SEMANA												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	21	25	28	32	37	40	44	48	52	56	58	60	62	41
2	21	24	29	32	35	38	42	46	50	54	56	60	63	42
3	20	24	28	33	36	40	44	48	51	54	57	61	64	44
4	20	23	28	32	35	38	42	46	49	53	58	62	64	44
5	20	24	29	32	36	39	44	48	50	54	59	61	65	45
6	18	21	25	29	33	37	41	44	48	52	56	59	63	45
7	18	21	24	28	32	36	41	43	47	51	55	58	62	44
8	19	23	28	30	33	35	40	44	48	52	56	60	64	45

(Replicación 3)

INCREMENTO TOTAL PROMEDIO: 42.63

PROYECTO PRECOMPETITIVO XI.5 - CYTED
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ARPCC (Análisis de Riesgos y Puntos
Críticos de Control) ORIENTADO AL MANEJO DE PRODUCTOS HORTÍCOLAS
FRESCOS EN UNA PLANTA INDUSTRIAL (Mora de Castilla).

Carlos Carrillo*
Lenín Morales*
Mario Manjarrez**

Resumen.-

Con la información obtenida en PLANHOFA, las características físicas, los cambios fisiológicos poscosecha, la determinación de tiempos y movimientos, se elaboró planes ARPCC del manejo en fresco de tomate de árbol, mora de castilla, brócoli y vainita; con la aplicación de estos planes se espera mejorar la calidad comercial que la planta requiere mediante un adecuado manejo poscosecha sobre todo en la integridad física y ausencia de insectos o larvas, condiciones indispensables para competir a nivel internacional con productos frescos hortícolas; y aumentar los ingresos económicos a la planta industrial.

Antecedentes.-

La producción hortofrutícola en Ecuador constituye una gran fuente de empleo y de ingresos económicos para la población rural. En muchos casos el producto se puede vender a mejores precios en mercados distantes de los puntos de producción. Sin embargo al ser estos productos perecederos y pocas las instalaciones adecuadas para su manipulación, las pérdidas son elevadas; por ello el análisis de mercado han definido que es necesario introducir mejoras en la manipulación y el procesamiento de productos hortofrutícolas.

Además la agroindustria nacional está condicionada a producir y exportar productos competitivos desde el punto de vista de precios y calidad; mediante la combinación de características, atributos y propiedades como un grado de excelencia que deben reunir los productos hortofrutícolas. Para mantener estas cualidades se plantea el desarrollo e implementación del sistema ARPCC (siglas HACCP en inglés) en el manejo en fresco de productos hortofrutícolas, y que constituye un sistema preventivo de control de calidad basado en un análisis cuidadoso de los procesos y en la determinación en este caso particular de propiedades físicas que deben ser mantenidas bajo estricto control para asegurar que el producto final alcance los estándares de calidad nacional e internacional.

El concepto ARPCC cubre todos los tipos de riesgos potenciales en la producción de alimentos (Riesgos físicos, químicos ó microbiológicos), sea que ocurran naturalmente en el alimento, que el medio ambiente contribuya, o sean generadas por un error en el proceso.

Objetivos.-

1.- Recopilar suficiente información en planta concerniente a las frutas y verduras y a

* Egresado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

** Ing. Alim., Profesor de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos (Director Proyecto).

los procesos de manejo en fresco de modo que se pueda identificar donde y como pueden ocurrir riesgos físicos.

2.- Realizar la caracterización física (fruta y verdura entera) y morfológica (pulpa de fruta) en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) en sus dos variedades muy conocidas: Amarillo y Mora, mora de castilla (*Rubus glaucus*), brócoli (*Brassica oleracea*) y vainita (*Prunus persica*).

3.- Determinar la intensidad respiratoria, °Brix, pH, acidez, humedad, cambio de color, durante el almacenamiento a dos temperaturas (5 - 18)°C.

4.- Definición de movimientos y registro de tiempos en cada una de las operaciones de la línea de manejo en fresco, buscando ajustar tiempos de operación y disminuir riesgos para mantener la integridad física.

Materiales y Métodos.-

1. El planeamiento operativo consideró como punto central el desarrollo de un plan ARPCC que contempla las siguientes actividades:

- Describir el producto
Se realiza un estudio del producto(s), en el contexto en el cual se llevan a cabo las operaciones de manejo de frutas y verduras frescas (Planhofa), sus antecedentes de calidad

que permiten definir el perfil del producto(s), la secuencia de operaciones y la capacidad del proceso que tiene gran incidencia en la calidad de frutas y verduras así como las características conferidos por el manejo.

- Elaborar el diagrama de flujo del proceso
Es una de las herramientas más útiles en la aplicación del sistema ARPCC y en particular para el análisis de riesgos. El flujograma permite comprender el ordenamiento del sistema productivo de la fábrica.

Para levantar el diagrama de flujo se realiza una rigurosa y sistemática observación del proceso, complementado con entrevistas a los responsables del mismo. El flujograma típico ARPCC debe recoger la secuencia de operaciones y las condiciones de tiempo, temperaturas, pH y demás en que estas se llevan a cabo.

- Conducir el análisis de peligros (Principio 1).

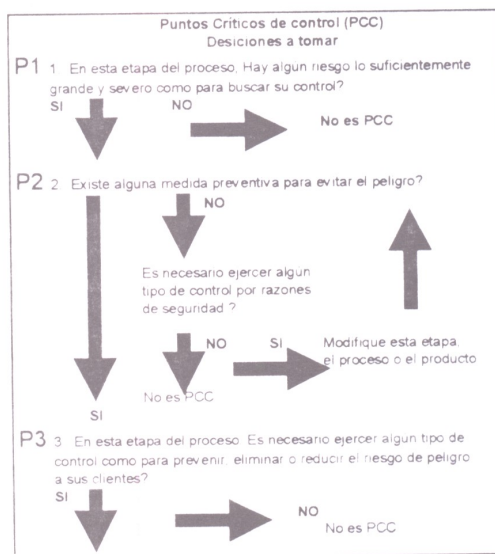
Corresponde a la aplicación del primer principio ARPCC; el éxito de la aplicación de este sistema depende de lo exhaustivo y sistemático que sea el análisis de peligros. El formato utilizado debe cubrir todos los aspectos relevantes para la calidad, es de tipo genérico y es aplicable a diversos tipos de productos.

REPORTE DE ANALISIS DE PELIGROS

ETAPA	VALORACION DEL RIESGO			MANEJO DEL RIESGO		COMUNICACION	
	PELIGRO	FACTOR DE RIESGO	POSIBILIDAD DE PRESENTACION	POLITICAS Y NORMA	MEDIDAS DE MANEJO	CAPACITACION	NOTIFICACION

- Identificar los puntos críticos de control (Principio 2).
Puntos críticos son unos pocos aspectos del proceso que en nuestro caso particular pueden afectar a su calidad.

Para ayudar a establecer puntos críticos, Tompkin (1994) ha diseñado un árbol de decisiones que se aplica aquellas operaciones que son potencialmente puntos críticos.



- Definir los límites para control en PCC (Principio 3).
Son los rasgos o tolerancias dentro de los cuales deben mantenerse las variables de control para asegurar que un PCC efectivamente controla un peligro. Las variables que se escogen para fijar los límites deben ser de lectura inmediata, de manera que posibiliten decidir en línea. Para conseguir tal propósito, se recurre a variables físicas, químicas, organolépticas, las cuales se fijan como características de las frutas y verduras en recepción y manejo.
- Planificar la monitorización (Principio 4).
Para verificar que la operación en general y el manejo en todo PCC estén bajo control. El monitoreo debe detectar cualquier pérdida de control y proveer información anticipada para tomar acciones correctivas para evitar o minimizar la pérdida de productos. Al planificar la monitorización hay que tomar en cuenta: El tipo de instrumentos, las técnicas de lectura, muestreo y análisis de laboratorio, los responsables y la frecuencia de registro.
- Establecer acciones correctivas (Principio 5).
Las acciones correctivas se aplican cuando la monitorización detecta el incumplimiento de un límite crítico y buscan, por una parte eliminar el riesgo potencial creado por la salida de control y de otro lado deciden que hacer con los productos defectuosos. Para este fin son

particularmente útiles las cartas de control y los histogramas. Las acciones específicas dependen del proceso y pueden incluir por ejemplo prolongar el pre-enfriamiento, modificar la concentración de cloro en el agua, relimpiar los equipos, descartar cajas sucias o dañadas, etc.

Pueden llevarse registros, del monitoreo de los PCC y las acciones correctivas.

- Verificación (Principio 7).
Una vez que el sistema ARPCC a sido preparado y se encuentra en operación, debe revisarse regularmente para evaluar la conveniencia de los PCC, los criterios de control establecidos y verificar la efectividad del monitoreo.

Para cumplir con las actividades definidas también se realizan:

2.- La caracterización física de estos productos con una replicación por duplicado en: producto entero y pulpa de frutas, para lo cual se utiliza 25 unidades escogidas al azar en la planta industrial.

En producto entero.-

Se registró:

Peso: Se utiliza una balanza analítica Mettler, de 0 a 300g con una aproximación de 0,01.

Gravedad específica: Se utiliza una balanza de

aire COBOS, un vaso de precipitación y agua destilada.

Dimensiones: Altura, diámetro mayor, diámetro menor, diámetro de cabeza, con un micrómetro.

En pulpa.-

Extraída la pulpa y separadas las semillas por filtración se estimó:

Rendimientos: de semillas y pulpa por separado expresando los resultados en porcentaje.

3.- El seguimiento del proceso respiratorio para estos productos se realizó a dos temperaturas: Refrigeración (5°C) y al ambiente (18°C), utilizando el método de Akamine y Goo. El seguimiento culmina cuando aparecen signos de presencia de mohos, indicativo del inicio de deterioro y comienzo de senescencia. Para el control de la tasa respiratoria se condujo un flujo de aire libre de CO₂ a una cámara cerrada (caja térmica para refrigeración), conteniendo un determinado peso de producto hortofrutícola, luego de 24 horas se determina la cantidad de CO₂ producido por la fruta

mediante titulación del NaOH 0,2 N con ácido clorhídrico 0,2 N.

°Brix: Utilizando un refractómetro - brixómetro.

pH: Utilizando un pH-metro manual calibrando con solución buffer de pH = 4

Acidez: Por titulación con NaOH 0.1 N, expresado en % de ácido cítrico.

Cambio de color: Mediante observación visual.

Humedad: Utilizando 5g de muestra en estufa a 100°C - 105°C por tres horas.

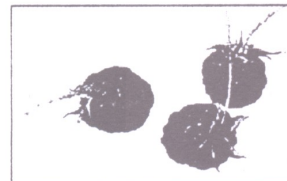
Índice de penetración: Utilizando un penetrómetro y expresando los resultados en Kg/cm².

4.- Determinación de tiempos y movimientos: Se utiliza la técnica del diagrama de flujo detallado del manejo poscosecha de los productos hortofrutícolas, en cada etapa se definen los movimientos y se cronometran tiempos de operación en cada etapa desde la recepción hasta el almacenamiento y/o despacho.

Resultados y Discusión

1. Mora de Castilla

a. Descripción del producto.-



Nombre común	Mora de castilla						
Nombre científico	<i>Rubus glaucus</i>						
Descripción física	Moras sanas, limpias						
Características Sensoriales	Color: Rojo morado a morado negruzco libre de sabores y olores extraños Sabor: característico de fruta fresca. Libre de insectos, larvas y cuerpos extraños. Libre de humedad externa anormal.						
Características fisicoquímicas	Sólidos solubles (°Brix):8.8 a 9.5 Humedad g/100g: 83,2 – 86,1 Tamaño (cm) <table><tr><td>Altura</td><td>D. Mayor</td><td>D. Menor</td></tr><tr><td>2,7 a 2,8</td><td>2,1 a 2,2</td><td>1,1 a 1,2</td></tr></table> Esfericidad (%): 83,2 – 86,7	Altura	D. Mayor	D. Menor	2,7 a 2,8	2,1 a 2,2	1,1 a 1,2
Altura	D. Mayor	D. Menor					
2,7 a 2,8	2,1 a 2,2	1,1 a 1,2					
Forma de consumo	El producto es para consumo en el hogar, bien como fruta entera, jugos, conservas, mermeladas, etc.						
Empaque y presentaciones	Se presentan en cestas plásticas de 1 Kg, ubicando 12 cestas/caja.						
Expectativa de Vida útil	4 días a 18°C 8 días a 5°C						
Controles especiales durante el almacenamiento y distribución	Monitoreo de la temperatura. manténgase de 0 a 5°C manejo cuidadoso de las unidades de carga y cajas.						

b. Flujograma del proceso productivo.-

El levantamiento de datos realizado durante el seguimiento del manejo en fresco de mora de castilla en planta permite elaborar un diagrama de flujo (Figura 1) y establecer los posibles riesgos físicos y químicos con los niveles, en ciertas etapas del proceso que afectan a la calidad de esta fruta, lo cual se describe como un control en el detalle de cada operación; para el propósito de cuantificar los riesgos, se ha utilizado una escala de 1 a 5 que también se ubica en el plan ARPCC. Un nivel de riesgo 1 se considera equivalente al peligro sin preocupación, un nivel de riesgo 3 equivale a mediana preocupación y un nivel de riesgo 5 equivale a alta preocupación, en el caso de las escalas 2 y 4 se permite flexibilidad en el juzgamiento de la severidad; en este diagrama se incluye también el volumen de fruta fresca que se recibe y se distribuye, es decir el balance de materiales. El detalle operativo de cada etapa en el manejo de esta fruta se describe a continuación:

La mora de castilla, por ser un producto de alta perecibilidad, requiere de máxima precaución para preservar su calidad hasta llegar al consumidor, el éxito para alcanzar este objetivo, está vinculado estrechamente a la agilidad con que el producto se coseche, despache y llegue el destino final.

Recepción y Pesada.- La mora se recibe a la brevedad posible luego de su recolección en el campo, pesándose en balanza de báscula capacidad 250 Kg/h para determinar la cantidad de fruta que ingresa y el rendimiento. La cantidad de mora que se recibe en Planhó es 12 t/mes, 3 toneladas por semana, recibidas y manejadas en lotes de 1 tonelada.

Nivel de riesgo: (2) mediana preocupación.

Control: Al momento de recibir mora se emplean ciertas características físicas para establecer el grado de calidad de fruta que ingresa a la planta, se registra su peso exacto. No se extrema el cuidado en la higiene del personal, área de trabajo, equipos y utensilios.

Limpieza.- Los obreros separan manualmente cuerpos extraños como hojas, palos, pecíolos, que llegan del campo junto con la fruta. Existiendo un mediano manipuleo que provoca daños en moras sanas.

Nivel de riesgo: (2) mediana preocupación.

Control: Asegurar una correcta limpieza de la mora y reducir al mínimo el manipuleo para mantener el fruto sano.

Pre-enfriamiento.- Las moras encajonadas o en containers se preenfrian lo antes posible para eliminar el calor absorbido en las labores del campo, aquí la mora es enfriada a $-0,5^{\circ}\text{C}$ por un tiempo de 1,5 horas la 1,0 Ton/día, en una cámara de refrigeración.

Nivel de riesgo: (2) mediana preocupación.

Control: Un enfriamiento rápido resulta esencial para reducir la respiración, eliminar el calor, y controlar la temperatura, y la humedad relativa de pre-enfriamiento. Hay que aplicar buenas normas de higiene en el área de enfriamiento.

Clasificación.- La mora enfriada ubicada en las bandas transportadoras se inspecciona visualmente y se clasifica manualmente, para eliminar frutas defectuosas, dañadas y aquellas que no tengan el grado de madurez adecuado, es decir, que no posean el color rojo escarlata a morado brillante en la mayoría de su superficie.

Nivel de riesgo: (2) mediana preocupación.

Control: Ajustar la clasificación de acuerdo al tamaño, para decidir su destino. Hay que evitar exceso de manipuleo.

Empacado.- Las moras se colocan en pequeñas cestas plásticas de 1 Kg, y se empacan en cajas de cartón de 12 Kg, cada caja lleva de 12 cestas, esto si se va a distribuir inmediatamente, caso contrario se empaca en cajas plásticas para su posterior almacenamiento que luego son empacadas rápidamente en cajas de cartón para su distribución a los supermercados de la ciudad y de la capital.

Nivel de riesgo: (2) y (3) mediana preocupación.

Control: Asegurar que el área de empacado esté limpia, revisar el tipo y estado de las cajas, que el personal esté adecuadamente capacitado para revisar lotes y codificar calidad.

Pesado.- Las cajas de cartón se pesan y se realizan especificaciones de producto, variedad, calidad, clase, peso, destino, etc.

Nivel de riesgo: (1) baja preocupación.

Control: Revisión periódica el equipo de pesado, así como las especificaciones señaladas.

Almacenamiento.- Las cajas plásticas se almacenan en cuartos fríos a una temperatura de 0 a 5°C y humedad relativa del 90%, con un máximo del 95%.

Nivel de riesgo: (2) mediana preocupación.

Control: La temperatura más alta de congelación para mora es -0,8°C, es decir es la temperatura crítica, ya que a temperaturas inferiores a esta la mora presenta lesiones por frío; mientras que valores altos de humedad relativa cercanas al 100% aceleran la respiración y transpiración. Controlar la higiene del cuarto frío.

Distribución.- El transporte de las moras se realiza en vehículos cerrados, teniendo mucho cuidado de ordenar las cajas, en no más de tres niveles con el objeto de evitar sobre presión en las cajas colocadas en el nivel inferior.

Nivel de riesgo : (2) y (3) mediana preocupación

Control: De preferencia transportar vehículos refrigerados, los suelos de los vehículos y cajas se limpiarán antes de su empleo para reducir el número de esporas de mohos, evitar exceso de presión en cajas inferiores por sobre carga.

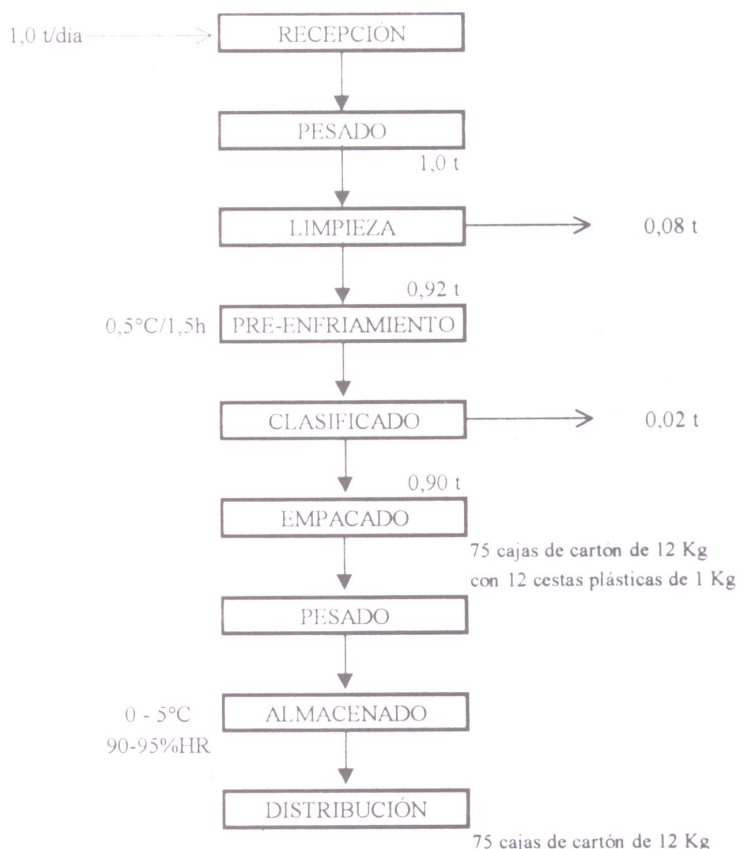


Fig. 1. Diagrama de flujo del manejo en fresco de mora de castilla.

c. Capacidad de máquinas y equipos.-

El Cuadro 1 presenta las operaciones que involucra el manejo en fresco, los materiales y equipos necesarios para cada etapa, la capacidad máxima por equipo, el personal necesario para operar y el porcentaje de pérdida que cada equipo o proceso tiene. Para determinar la capacidad máxima se ajustó como base la 1,0 Ton/día que puede

manejar PLANHOFA, es decir 125 Kg/h.

De estos datos permite estimar si se requieren equipos de mayor o menor capacidad, con el propósito de evitar sobre cargas que contribuyen a producir el cuello de botella durante el manejo en planta, definir el personal necesario para cada etapa y las funciones que va a desarrollar cada operario.

Cuadro 1. Datos de Equipos y Procesos

OPERACIÓN	MATERIAL Y EQUIPO	CAP. MAXIMA POR EQUIPO Kg/h	PERSONAL POR EQ. (No. op.)	PERDIDAS (%)
RECEPCIÓN	CAJAS DE MADERA	125	2	0.0
PESADO	BALANZA	250	2	0.0
LIMPIEZA	MESA	250	2	8.0
PRE-ENFRIADO	CUARTO FRÍO	62,5	0	0.0
CLASIFICADO	MESA	250	2	2.0
EMPACADO	MESA	62,5	2	0.0
PESADO	BALANZA	250	2	0.0

d. Caracterización física.-

La caracterización física ha permitido establecer intervalos de control (Cuadro 2) donde el LCC, valor de una variable física comparado con el valor correspondiente de la norma ecuatoriana de calidad INEN 1890 permite categorizar a la mora de castilla dentro de la calidad EXTRA (Cuadro 4).

Los límites superior en inferior se utilizan como referencia para elaborar el plan ARPCC. El Anexo 1 presenta el diseño de un estándar de calidad para mora de castilla fresca, donde se incluye la clasificación por tamaño tomado del cuadro 2, y se mencionan ciertos aspectos relacionados con la calidad como: los requisitos

mínimos que debe reunir, las tolerancias basados en normas de calidad, las condiciones para ser empacada y la presentación del empaque. La esfericidad de la mora es 85%, es decir, le falta un 15% para ser totalmente esférica lo que significa

facilidad para el manipuleo, empackado y embalado; y mínima transpiración o pérdida de agua, ya que mientras más esférica es, menor cantidad de agua pierde.

Cuadro 2. Límites de control de la caracterización física de la mora de castilla.

Límites	Peso (g)	D.Mayor (cm)	D.Menor (cm)	Altura (cm)	G.Esp. (g/cm ³)	Esfer. (%)
LSC	5,66	2,20	1,23	2,83	1,15	86,69
LCC	5,41	2,18	1,21	2,79	1,12	84,93
LIC	5,14	2,16	1,18	2,75	1,09	83,16
DESV.	0.422	0.0225	0.0345	0.0645	0.0535	2,848

D es el diámetro de la fruta.

LSC : Límite superior de control

LCC : Límite central de control

LIC : Límite inferior de control

El cuadro 3 presenta los resultados de la caracterización morfológica, observándose que la mora presenta un alto rendimiento en pulpa criterio muy importante que significa que esta fruta puede

transportarse, almacenarse de mejor manera como pulpa, y evitando manipuleo de la fruta entera, siendo entonces muy apta para procesamiento.

Cuadro 3. Caracterización morfológica de la mora de castilla

Peso Semilla (g)	Peso Pulpa (g)	Rend. Semilla (%)	Rend. Pulpa (%)
0.331	5.08	6.12	93.88

Cuadro 4. Comparación del tamaño de la mora de castilla con normas de calidad.

Calidad	Diám. Mayor (cm) EXP. INEN	Diám. Menor (cm) EXP. INEN	Altura (cm) EXP INEN
EXTRA	2,18 1,5	1,20 1,00	2,79 2,5
PRIMERA	1,5	1,00	2,0
SEGUNDA	1,0	0,70	2,0

EXP. Valor experimental

INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización.

e. Proceso Respiratorio.-

El seguimiento del proceso se realizó durante ocho días a refrigeración y solo cinco días a temperatura ambiente por apareamiento de mohos en la superficie de la mora, registrando el tiempo

máximo de almacenamiento a 18°C 4 días y 7 días a 5°C.

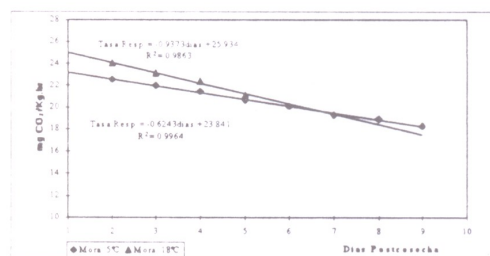
La variación diaria de la tasa respiratoria en mora de castilla fue decreciente, siendo mayor a temperatura ambiente característica de un fruto no climatérico

Cuadro 5. Resultados de la respiración de mora de castilla pintón.

Día	Tasa resp	Brix	PH	Acidez	Humedad
	MgCO ₂ /Kg			%ác.cítr.	%
	5°C 18°C	5°C 18°C	5°C 18°C	5°C 18°C	5°C 18°C
0		8,70 8,75	2,80 2,85	2,53 2,54	86,12 86,13
1		8,75 8,70	2,75 2,85	2,53 2,60	86,12 86,25
2	22,56 23,99	8,75 8,85	2,80 2,90	2,52 2,57	86,38 86,38
3	21,98 23,12	8,75 8,95	2,85 3,00	2,50 2,52	86,49 85,64
4	21,50 22,38	8,85 9,30	2,90 3,10	2,47 2,47	86,54 84,00
5	20,66 21,11	9,05 9,45	3,15 3,18	2,46 2,40	86,67 82,21
6	20,06 19,31	9,20	3,15	2,46	86,60
7	18,88	9,25	3,20	2,43	86,35
8		9,30	3,20	2,43	85,85

En el cuadro 5 se observa que la mora en estado pintón registra valores altos de respiración, probablemente porque en este estado el fruto requiere mayores cantidades de energía para satisfacer las necesidades de máximo crecimiento y desarrollo, pero mientras transcurre el tiempo la tasa respiratoria va decreciendo (Figura 2) por ser fruta no climatérica. Además el comportamiento de la tasa de respiración con respecto al tiempo es lineal.

Fig. 2. Curvas de respiración de la mora de castilla a dos temperaturas de almacenamiento.



Los sólidos solubles y el pH tienen la misma tendencia a aumentar, mientras que la acidez disminuye, siendo estos cambios poscosecha más apreciables a 18°C (Fig. 3, 4 y 5).

Por lo que a que a 5°C se mantiene la integridad física de la mora de castilla.

Fig. 3. Variación de los °Brix de la mora de castilla a dos temperaturas de almacenamiento.

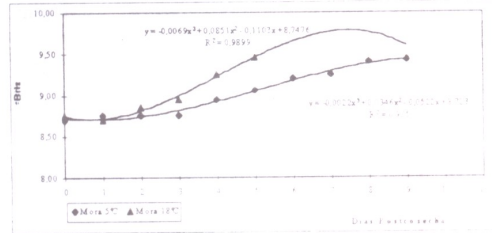
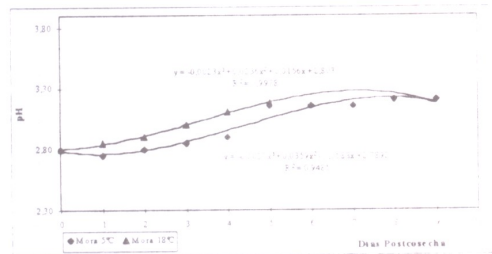
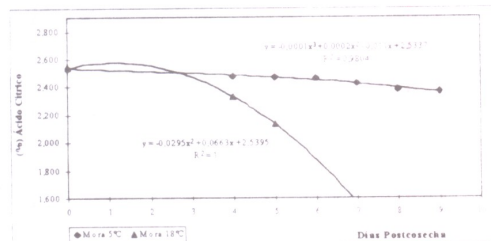


Fig. 4. Cambios de pH de la mora de castilla a dos temperaturas de almacenamiento.



El comportamiento de estos cambios resultó ser polinomial de tercer orden, con coeficientes de determinación altos, lo que significa que se puede predecir tasas de respiración e índices de madurez correspondientes a otros valores del tiempo de almacenamiento.

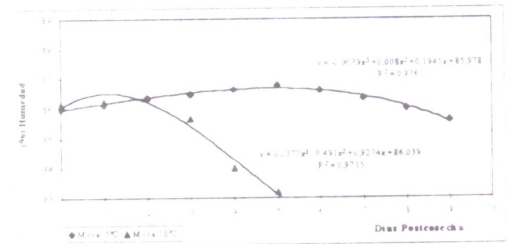
Fig. 5. Variación de la acidez de la mora de castilla a dos temperaturas de almacenamiento.



La mora pierde 4% de agua almacenada a 18°C durante 9 días, mientras que bajo

refrigeración permanece casi invariable, lo que significa que la pérdida de agua o transpiración que sufre la mora de castilla contribuye al deterioro comercial y fisiológico, por lo tanto a la pérdida de la integridad física y calidad, debido a su alto contenido de agua 86%, que es uno de los componentes más importantes, que confiere a la mora un atractivo visual como nutritiva. La Fig 6 muestra como la mora va perdiendo agua durante su almacenamiento poscosecha y como va deteriorando su integridad física.

Fig. 6. Variación de la humedad de la mora de castilla a dos temperaturas de almacenamiento.



En el lapso de 3 a 5 días de almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente la mora presenta un color rojo oscuro y comienza a detectarse la aparición de un aroma intenso típico de la mora de castilla, mientras que estos cambios en mora almacenada a 5°C aparecen a los 4 a 6 días (Cuadro 6).

Por último a partir de los 5 y hasta 9 días de almacenamiento poscosecha según temperaturas comienza la aparición de manchas oscuras en la piel del fruto, en esta etapa el aroma es muy intenso. Por lo que el tiempo máximo de almacenamiento es 4 días a 18°C y 8 días a 5°C.

La variación de parámetros fisicoquímicos como °Brix, pH, acidez, humedad, y tasa de respiración permiten establecer intervalos de control desde el inicio del proceso respiratorio hasta el final a cada temperatura, valores que sirven de referencia como límites críticos para la implementación del plan ARPCC y para definir daños en la integridad física.

Cuadro 6. Evolución del color y aroma en mora de castilla durante el almacenamiento poscosecha.

Fruta	Días almacenados.		Evolución del Color	Detección del Aroma
	5°C	18°C		
Mora de castilla	1 a 3	1 a 2	Rojo claro con manchas verdes	Suave
	4 a 6	3 a 5	Rojo claro a 5°C	Suave
	7 a 8		Rojo oscuro a 18°C Rojo oscuro o vino tinto	Muy intenso Muy intenso

f. Tiempos y movimientos:

El registro de tiempo y definición de movimientos que implica el manejo poscosecha de mora de castilla se realiza en cinco fechas diversas

en la planta industrial, cronometrando el tiempo utilizado en cada una de las etapas del proceso para 1 t/día, los tiempos promedio se presentan a continuación:

Cuadro 7. Seguimiento del tiempo de operación en cada etapa del proceso de manejo en fresco de mora de castilla, para un volumen de 1,0 t/día.

Operación	Promedio (min)
Recepción	60
Pesado	30
Inspección	20
Limpieza	30
Transporte a pre-enfriam.	20
Tiempo de pre-enfriam.	120
Paso a mesa clasificación	20
Clasificación	30
Control de calidad	20
Empacado	120
A cuarto frío	30
Almacenado	
Despacho	30
Total	530

El manejo en fresco de mora de castilla requiere de alrededor de 8 horas hasta llegar a su almacenamiento refrigerado.

Los tiempos reportados en el Cuadro 7 se utilizan para elaborar el diagrama de proceso de producción actual para mora de castilla (Figura 7) y mediante este diagrama ajustar el tiempo total de operación, mediante un nuevo diagrama de proceso de producción (Figura 8) en el cual se plantea una disminución de los tiempos de operación, y en consecuencia posibles riesgos que afecten a la integridad física de esta fruta.

En este diagrama de proceso de producción propuesto se elimina la etapa de inspección pero se incluye un control de calidad, se propone un ahorro de tiempo de manejo en fresco de 30 minutos y un espacio de 14 metros logrando mayor eficiencia en su manejo poscosecha, y un mejoramiento de la productividad y calidad de la mora de castilla.

g. Implementación del sistema ARPCC.-

El desarrollo y descripción de un plan ARPCC consiste básicamente en usar el diagrama de flujo para comenzar el análisis de riesgos y para determinar las áreas críticas de situaciones de riesgo que necesitan ser controladas.

El método ARPCC aplica siete principios en cada en el proceso de manejo poscosecha:

Siguiendo la metodología descrita en la página de materiales y métodos, y con la participación ampliada de los referidos se elaboró un plan ARPCC (Figura 9), en el cual se describen los riesgos físicos y químicos, luego con la ayuda del árbol de decisiones (Tompkin, 1994) se identificaron y calificaron cinco puntos críticos de control en las etapas de recepción, pre-enfriado, clasificación, almacenado y distribución; donde se incluyen propiedades físicas y variables químicas como puntos críticos a tomar en cuenta para definir el perfil de calidad final de mora de castilla como fruta fresca.

Se describe también en este documento un monitoreo para saber cómo y cuán frecuente se deben monitorear los PCCs, y las acciones correctivas a realizar para corregir una desviación de los límites críticos.

Conclusiones y recomendaciones.-

- Mediante la determinación de las características físicas se evaluó la calidad de la mora de castilla, ubicándolo dentro de la categoría EXTRA al comparar con normas nacionales INEN, referente importante para la comercialización de la mora en el mercado minorista, mayorista y para su valoración económica.

- Se diseñó un perfil de calidad de fruta fresca que constituye un importante referente para mantener la calidad de esta fruta durante su manejo poscosecha.

- El tamaño constituye un criterio físico de calidad importante que puede apreciarse mediante la determinación del diámetro, la longitud, el peso, especialmente para exportación ya que se siguen normas de tamaño basadas en el diámetro de las unidades o en el número de ellas por caja.

- La mora es un fruto de tamaño pequeño y superficie delicada por lo que es más propensa a perder agua comparada con otras variedades de mayor tamaño.

- La mora de castilla es un fruto no climatérico por lo que se recomienda cosechar en estado de madurez pintón 8,8°Brix, con una consistencia dura, firme, brillante, color vino tinto, características de alta calidad.

- La intensidad respiratoria de la mora de castilla en estado pintón presentó un valor alto, mientras transcurre el tiempo la tasa de respiración disminuye hasta su posterior grado de senescencia o destrucción total de la calidad y su integridad física. Con lo cual se obtienen tiempos máximos de almacenamiento a dos temperaturas, siendo estos de 4 días a 18°C y 8 días a 5°C en mora en estado pintón, caso contrario el tiempo será menor de 2 a 3 días a

5°C y el valor de este factor indica en qué momento se debe proceder a la venta de la mora de castilla antes de que se pierda por sobremaduración y/o senescencia.

- Los procesos de respiración, pérdida de agua o transpiración, temperatura y humedad relativa de almacenamiento son los principales factores que inciden en la calidad del producto ya que provocan pérdidas de peso, daños fisiológicos y cambios en la apariencia física.

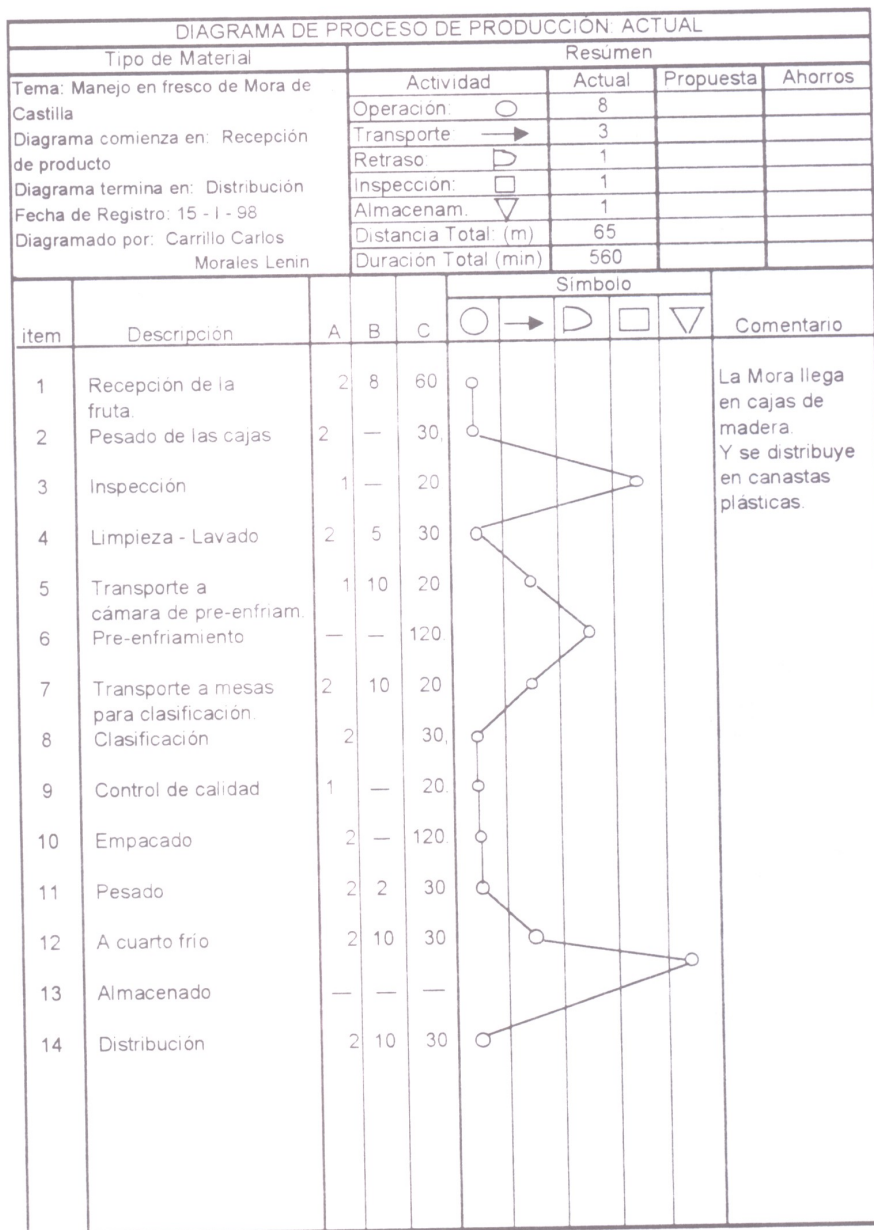
- Con la información adquirida en planta se elaboró un diagrama de proceso de producción para la mora de castilla y se propone un diagrama enfocado a la disminución de pérdidas por manipulación porque la mora es un fruto que requiere de un manejo muy delicado.

- Se identificaron y establecieron cinco puntos críticos de control, que permiten optimizar los tiempos y costos de operación y mejorar la rentabilidad de la empresa, y sus clientes y proveedores.

- En la práctica en pruebas realizadas en planta al aplicar los ajustes operativos propuestos se obtuvo mayor eficiencia y rapidez según registro de valores en el monitoreo, ejecutándose los tiempos de manejo, facilitando así las acciones de control y mejoras a la fábrica.

- La aplicación del sistema ARPCC ha permitido a la empresa incorporar mediciones de propiedades físicas como índices de control para cada etapa de los procesos de manipulación y almacenamiento lográndose optimizar una mejora al proceso y a la calidad integral de la mora durante su manejo en planta y reduciendo considerablemente pérdidas de producto.

Fig. 7. Diagrama de proceso de producción actual para mora de castilla (*Rubus glaucus*).



- A Personas
- B Distancia (m)
- C Duración (min)

Fig. 8. Diagrama de Proceso de Producción Propuesto para Mora de Castilla (*Rubus glaucus*).

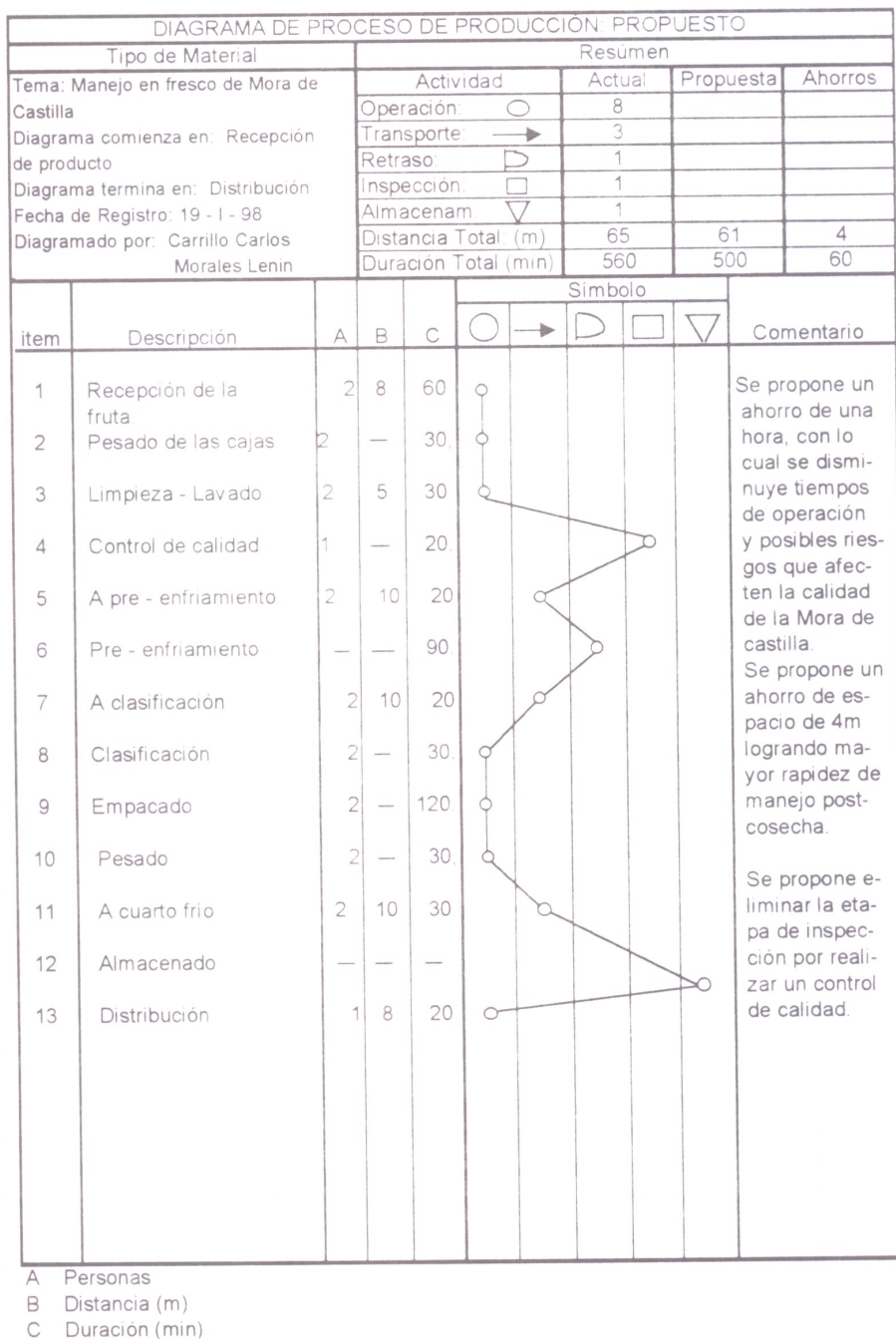


Fig. 9. Reporte del dispositivo de control en puntos críticos ARPCC durante el manejo poscosecha de mora de castilla (*Rubus glaucus*)

ETAPA	RIESGO	DESCRIPCION DEL PCC	LIMITE CRITICO	MONITOREO		MEDIDAS CORRECTIVAS		VERIFICACION	NIVEL RIESGO
	POT			TECNICA	FRECUENCIA	RESPONSAB	ACCION		
RECEPCION	Fisico	Color	Rojo uniforme (tipico)	Observacion visual	Toda la etapa	Supervisor de linea	Enviar a proceso lotes con exceso de color Rechazar o enviar a almacen lotes con carencia de color	Verificar que se cumpla los requisitos establecidos en el punto critico	2
		Humedad	18 °C (86.1 - 83.2 °F) 100g	Escala	Muestra de lote		Rechazar muestras con deficiencia de humedad y enviar a procesamiento * muestras con exceso de H	Controlar que se cumpla el 10° establecido y verificar estado del equipo y metodo de humedad	2
		Solubles solubles	18 °C (86.75 - 9.45 °F) 100g	Refractometro	Muestra de lote		Enviar a camara de maduración lotes con carencia de madurez Rechazar lotes con exceso de madurez	Verificar estado del refractometro Controlar que se cumpla el rango de "Prin" establecido	2
		Dato fisico	Ausencia Presencia	Observacion visual	Toda la etapa		Aceptar lote Rechazar lote	Verificar que no existan unidades con daño fisico e integridad	2
	Quimico	Acidez	18 °C (2.54 - 2.14) % Ac critico	Metodo de titulacion	Muestra de lote		Rechazar o aceptar lote dependiendo del limite critico	Controlar concentraciones de soluciones Titular cuidadosamente	1
	Quimico	pH	18 °C (2.75 - 3.45) % Ac critico	pH-metro	Muestra de lote		Rechazar o aceptar lote dependiendo del limite critico	Controlar el estado del pH-metro	1
				Supervisor de linea	Calibrar balanza		Verificar estado del equipo		1
PESADO				Supervisor de control de calidad	Asignarse de que se retiran todos los materiales extraños		Revisar el lote limpio		3
LIMPIEZA				Supervisor de control de calidad	Remueve tomates que puedan causar contaminación				

Continuación Figura 9

PRE-ENFRIADO		Físico	Temperatura, tiempo y %HR	(- 5,0 - 0,0) °C dos horas (90 - 95) % HR	Flujo de aire en cámara fría Hidrómetro	Toda la etapa	Supervisor de línea	Enfriar lo antes posible luego de la recolección No mezclar cargas mixtas	Controlar temperatura, tiempo, velocidad de aire y humedad relativa	3
CLASIFICACIÓN		Físico	Tamaño	Diámetro mayor (2,1 - 2,2) cm Diámetro menor (1,18 - 1,23) cm Altura (2,75 - 2,83) cm	Calibrador pie de Rey	Muestra de lote	Supervisor de control de calidad	En lo posible minimizar al máximo el manipuleo para evitar el sangrado del fruto Capacitar al personal	Verificar estado del calibrador y controlar que las unidades cumplan el tamaño establecido	2
EMPACADO						Constantemente	Supervisor de empacadora	Separar cajas y cestas contaminadas y equivocadas	Revisar tipo de cajas, etiquetas, área de empaque	2
ALMACENADO		Físico	Temperatura y %HR	(0,0 - 5,0) °C (90 - 95) % HR	Cámara fría hidrómetro	Toda la etapa	Supervisor de línea	Corregir desviaciones de temperatura y % HR	Controlar la temperatura y humedad relativa Revisar cámaras e hidrómetro	3
			Respiración	5°C (22,6-18,2) mgC ₂ H ₄ /g h 18°C (24,0-21,1) mgC ₂ H ₄ /g h	Respirómetro	Muestra de lote		Parar o continuar el experimento en caso de existir desviación de límites y deterioro del fruto	Controlar estado del Respirómetro, y mantener su estabilidad	2
	Químico	Acidez		5°C (2,53 - 2,37) % Ac cítrico	Método de la titulación	Muestra de lote		Parar la etapa de Almacenamiento por valores de acidez, °Brix y pH fuera del rango normal	Verificar el estado del pH - metro, Brixómetro y concentración de soluciones	1
		Sólidos solubles		5°C (8,70 - 9,45) °Brix	Brixómetro	Muestra de lote				2
	Químico	pH		5°C (2,8 - 3,2)	pH - metro	Muestra de lote				1

Continuación Figura 9

		Humedad	5°C (86,00 - 85,85) g/100g	Método de la estufa	Muestra de lote	Supervisor de línea	Enviar a procesamiento lotes con valores fuera del límite crítico	Controlar tiempo y temperatura del método de humedad	2
DISTRIBUCION	Físico	Madurez	5°C máx 9,45 °Brix 18°C máx 9,5 °Brix	Brixómetro	Muestra de lote	Supervisor de empacadora	Con exceso de maduración enviar a procesamiento	Verificar el estado del Brixómetro, concentrac de soluc y pH -metro	2
	Químico	Acidez	5°C máx 2,37 % Ac cítrico 18°C máx 2,14 % Ac cítrico	Método de titulación	Muestra de lote		Con exceso de acidez , pH e inicio de fermentación enviar a procesamiento		1
	Químico	pH	5°C máx 3,2 18°C máx 3,5	pH - metro	Muestra de lote				1
	Color		máx vino tinto	Observación visual	Toda la etapa		Con coloración más acen- tuada como el negro obs- curo enviar a procesa- miento	Controlar que el lote pre- sente el color estableci- do en el límite de control para su despacho	2

ANEXO 1

DISEÑO DE UN PERFIL DE CALIDAD PARA MORA DE CASTILLA

1. DEFINICION DEL PRODUCTO

Nombre común: mora de castilla

Nombre científico: *Rubus glaucus*

2. ASPECTOS RELACIONADOS CON LA CALIDAD.

a. Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la mora de castilla destinada a ser comercializada en estado fresco.

b. Requerimientos mínimos

- Color: rojo morado a morado negruzco
- Forma: Cónica, aplanada en la base y redondeada en el ápice
- Intacta
- Sana
- Apariencia fresca

- Limpia, libre de cualquier impureza o traza detectable de sustancias químicas
- Libre de toda humedad externa normal
- Libre de olores y/o sabores extraños
- Madurez uniforme para:
 - Soportar transporte y manejo
 - Arribar a su destino en condición satisfactoria
 - Cumplir con los requerimientos de mercado

c. Clasificación.

La mora de castilla, de acuerdo con los parámetros físicos: diámetro ecuatorial mayor y menor, y altura se clasifica como se indica en la Tabla 1.

TABLA 1.

Clase de Calidad	Diámetro mayor (cm)		Diámetro menor (cm)		Altura (cm)	
	EXP.	INEN	EXP.	INEN	EXP.	INEN
EXTRA	2,18	1,5	1,2	1,0	2,79	2,5
PRIMERA		1,5		1,0		2,0
SEGUNDA		1,0		0,7		2,0

EXP. Valor experimental

3. TAMAÑO

Método de determinación:

Mediante un calibrador o pie de rey en muestra de tamaño 25 unidades por duplicado.

4. TOLERANCIAS

En la Tabla 1 se comparan datos experimentales de características físicas con datos de la Norma ecuatoriana INEN 1890, donde se observa que la mora analizada es de calidad extra; las tolerancias que definen a las clases primera y segunda de acuerdo a lo que manifiesta el INEN para mora fresca, por

tanto se espera en la práctica la aceptación de las tolerancias que planteamos en este perfil de calidad.

- a. Tolerancias de calidad
Primera: se pueden admitir pequeños defectos, un máximo de 10% de daño físico, 2% daño por hongos, y 5% de daño por insectos en la forma; el 20% de la muestra tiene menos del 60% de la superficie de color morado oscuro.
Segunda: se puede admitir pequeños defectos, más del 10% por daño físico, más del 2% daño por hongos y más del 2% de daño por insectos en la forma del fruto; y cuando más del 20% de la muestra tiene la superficie con menos del 60% de color morado oscuro.
- b. Tolerancias de tamaño
Extra: 90% de la muestra debe tener las medidas de los datos experimentales e INEN
Primera: 90 % de la muestra debe tener las medidas sugeridas por el INEN
Segunda: El 11% o más de la muestra tiene medidas inferiores a las reportadas por el INEN
La mora de castilla que no se encuentre en ninguna de las clases señaladas se considerará como no clasificado y se destinará a uso industrial.

5. PRESENTACION

- a. Uniformidad
Que sea del mismo origen, variedad, calidad y tamaño.
- b. Empaque
Empacados para proteger el producto. El material de empaque debe ser limpio nuevo y que no cause daño al producto. Los empaques deben estar libres de material extraño. Su impresión debe constar en la parte externa para que no haga contacto con el producto, caso contrario debe hacerse con tinta o pegante no tóxico.
Regulaciones específicas; por lo general más exigentes con la clase extra.

Extra: sin defectos como daños físicos, daño por hongos, daño por insectos en la forma de la mora; la muestra debe tener un mínimo de 60% de la superficie de color morado oscuro.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Adams, Catherine. 1990. " Use of HACCP in Meat Poultry Inspection ", Food Technology, A Publication of the Institute of Food Technologists, p. 169 - 170.
- Alvarado, J. 1996. " Principios e Ingeniería Aplicados a los Alimentos ", Impreso por Radio Comunicaciones, División de Artes Gráficas, pp. 218-227. Quito, Ecuador.
- Barrón, Félix. 1996. " Como Desarrollar un Plan HACCP en una Operación de Sacrificio de Aves ", Suplemento Avícola, pp. 32 - 36.
- Bauman, H.E. 1990. " The HACCP Concept and Microbiological Hazard Categories ", Food Technology, pp. 30-34.
- Braverman, J.B. y Berk, Z. 1980. " Introducción a la Bioquímica de los Alimentos ", Ed. El Manual Moderno, pp. 292-315.
- Calderon, Esteban. 1991. " El Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control. Su Aplicación a las Industrias de Alimentos ", Ed. Acibia, pp. 135-167.
- Curso de Fomento Agroindustrial (CUFAIN), 1995. "Almacenamiento de Materias Primas Agrícolas", Cap. 3,14, pp. 13-19, 77-83.
- Departamento Agroindustrial, 1990. " Manejo Post-cosecha de Frutas y Hortalizas para Congelación y otros Procesos ", Fundación Chile, p.12.
- Edwardson, W. y MacCormac, C.W. 1991. " Mejoramiento de las Pequeñas Industrias Alimentarias en los Países en Desarrollo ", Ed. ISBN, pp. 11-15, 60-62, 112-118.
- Haward, Baumang. 1990. " HACCP: Concept, Development and Application", Food Technology, p.156.

INEN 1992. "Tomate de Arbol. Requisitos ", # 1909.

MAG, 1996. "Manejo Integral del Cultivo del Tomate de Arbol", FAO, Ministerio de Agricultura y Ganadería, pp. 7 - 27.

Natural Resources Institute. 1994. "Manual para el Aseguramiento de la Calidad de las Exportaciones Hortícolas", Partes 1 y 2. Trad. Jairo Romero.

Romero, Jairo. 1996. "Puntos Críticos. El Sistema HACCP ", Corporación Colombia Internacional, Primera edición, pp. 35-141.

Sociedad Colombiana de Tecnología de Alimentos (SCTA). 1995. "Hazard Analysis Critical Control Point. HACCP", Boletín Divulgativo de la SCTA, # 10. pp. 1-4, 30-32.

ELABORACION DE HOJUELAS ENRIQUECIDAS

Luis Guerrero*
Danilo Morales**

INTRODUCCION

El alarmante déficit nutricional que presentan importantes sectores de la población en los países en desarrollo, especialmente en áreas marginales, debido a la escasez de proteínas en la alimentación, ha impulsado a los profesionales en la rama alimenticia a mejorar las dietas.

Se calcula que el 50% o 60% de la población del mundo tiene una ingestión proteica por debajo de la dieta mínima clásica recomendada por la F. A. O., deficiencia que afecta al crecimiento físico y al desarrollo mental, reduce la resistencia frente a las enfermedades y acorta la esperanza de vida. (Aguilera, 1992)

Los cereales constituyen la fuente de energía más económica del mundo, supliendo las dos terceras partes de la energía humana, también son ricos en proteína, glúcidos, sales minerales, oligoelementos y vitaminas (Darigol, 1981). Sin embargo a menudo presentan insuficiencias en cuanto a contenido proteico de alta calidad. Gracias al principio de complementación proteínica, es posible mejorar el contenido nutricional de todo tipo de alimento elaborado a base de cereales.

La soya constituye una de las principales fuentes de proteína vegetal de alto valor biológico, por lo que se la utiliza como fuente de carne vegetal y en otras formas de aprovechamiento en la alimentación humana (Gutcho, 1977)

En el esfuerzo de complementar la dieta de la población las investigaciones han proporcionado nuevas alternativas en las proteínas de origen animal con la ventaja de que a diferencia de las vegetales, contienen los aminoácidos esenciales para la reposición de tejidos y el crecimiento normal del hombre (Tamayo, 1980).

Al hablar de una alternativa de complementación proteínica de origen animal, paralelamente debe considerarse el hecho de que se traten de materias primas de costos asequibles para los sectores marginales que son los afectados directamente. El pescado, por ejemplo, producto de alta producción en el país, podría ajustarse a los requerimientos propuestos. Se trata de un alimento rico en proteínas, de fácil metabolismo, que existe en abundancia en el mar del país representando de esta manera una de las fuentes más baratas de proteína en Ecuador.

*Egresado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

**Ingeniero en Alimentos, Profesor de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Otro problema que se presenta en cuanto a la nutrición de la población humana, es el hecho de la escasez de trigo específicamente, que constituye uno de los alimentos básicos, por ello, la búsqueda de otro tipo de cultivos que lo sustituya, ha llevado a considerar los tubérculos como alternativa.

La yuca es una fuente muy importante de calorías en los países donde se produce después del arroz, el maíz y la caña de azúcar (FAO, 1991).

La yuca se consume como fuente básica de calorías baratas o como complemento de cereales. El costo de las calorías derivadas de la yuca es del orden del 25 al 50 % de los cereales y legumbres tradicionales pudiendo constituirse en la base de una alimentación adecuada si se la utiliza con productos ricos en proteínas (FAO, 1991). De allí que la posibilidad de elaborar alimentos a base de yuca enriquecidos con fuentes de proteína es una propuesta interesante en la solución del mejoramiento dietético de la población.

Importancia del Estudio

En la actualidad todos los esfuerzos investigativos se encaminan a proporcionar comodidad a la familia, conseguir un ahorro de tiempo que permita destinarlo a otras actividades de carácter productivo o educativo. La alimentación del individuo contemporáneo, se basa en su mayoría en productos elaborados o semi elaborados, listos para el consumo, mismos que deben reunir en su composición lo indispensable como para ser calificados de buena calidad.

No se debe olvidar además de que el desayuno constituye la comida más importante para el organismo, por lo que los productos destinados a éste, deben proporcionar todos los elementos indispensables para un desempeño favorable de cada individuo.

Analizado así este punto, se puede destacar que la elaboración de hojuelas, que no solo son servidas en el desayuno familiar, sino que además son consumidas como un producto infantil, deben obligatoriamente contener un elevado valor nutritivo, complementado con características organolépticas que contribuyan a la aceptación por parte del consumidor.

Otro de los aspectos que no debe ser descuidado, es el económico, procurándose que el alimento sea producido a partir de materias primas de bajo costo para que esté al alcance de todos los sectores sociales.

Las materias primas consideradas para la elaboración de hojuelas son un conjunto de productos alimenticios vegetales y animales esenciales en la alimentación. Además se presenta una tecnología de producción alternativa que no requiere de equipos altamente sofisticados y por ende no representa un gasto honeroso en la fabricación.

Si bien es cierto, no existe alimento alguno capaz de proveer todos los nutrientes al ser humano, una de las formas de aprovechar el valor nutritivo del pescado y los cereales es por medio de la elaboración de hojuelas enriquecidas (Gutcho, 1973). Por esto se hace necesario estudiar el efecto del comportamiento de las materias primas y enriquecedores sobre las características técnicas de la masa, así como también analizar las respuestas organolépticas y microbiológicas del producto elaborado.

La investigación busca aprovechar materias primas alimenticias, que si bien son abundantes en el país, su utilización es indirecta para el organismo humano.

En Ecuador se puede afirmar, por ejemplo, que solo entre el 15% y 20% del total de la pesca, son aprovechados para el consumo, ya sea como producto fresco o industrializado, el resto es empleado en la fabricación de harinas (Tamayo, 1980), con lo que se reduce la posibilidad de que la población supere los problemas de desnutrición proteínica, de donde se deduce la importancia de buscar nuevas tecnologías cuyos resultados sean alimentos de alto nivel nutritivo y bajo costo.

REVISION BIBLIOGRAFICA

Antecedentes

La sustitución y complementación alimenticia han sido motivo de investigación durante la época contemporánea, estudios de este nivel se enfocan en la elevación de la calidad del alimento elaborado con el fin de garantizar una dieta suficiente para el desarrollo de cada ser humano, paralelamente se busca bajar costos de producción de dichos alimentos por lo que es necesario no solamente emplear materias primas ignoradas en la industria alimenticia humana, sino además proporcionar tecnologías que permitan la fabricación de alimentos enriquecidos mediante procesos sencillos y baratos.

La yuca ha sido ampliamente investigada por tratarse de unos de los productos agrícolas considerado como alimento fundamental en ciertas regiones de nuestro país. Su vida útil relativamente corta, ha provocado que se busque la manera de transformar esta materia prima en otros productos que permitan, guardando sus cualidades nutritivas, alargar su durabilidad. Como harina, puede sustituir a la de trigo en el área de panificación, en porcentajes que no incidan en un cambio drástico en el sabor u olor del pan. Para la región Nor - oriental del país, en las provincias de Napo y Pastaza, lugares donde el cultivo de la yuca pese a no haber sido estimulado, se mantiene como principal, se realizó un estudio al respecto de la sustitución de harina de trigo por la de yuca en panificación, obteniéndose resultados positivos (Navarrete y Navas, 1980).

En el caso de la soya, que por su elevado contenido proteico, es considerado como uno de los mas adecuados complementos para la fabricación de diferentes alimentos, existen diversos trabajos que han reafirmado los conceptos mantenidos sobre la soya y la calidad de su proteína. Los estudios referentes a la soya en nuestro medio abarcan un espectro amplio: fermentación sólida (Peñaloza, 1987), sustitución en panificación (Santamaría y Sánchez, 1995), sustitución en productos lácteos como yogurt y queso (Escobar y Garzón 1989), sustitución en productos extrusados (Ramos, 1995), entre otros. Todas las investigaciones mencionadas y otras realizadas en diferentes lugares, coinciden en la posibilidad real de lograr un enriquecimiento proteico considerable en el producto final mediante la sustitución porcentual de soya luego de haber logrado superar los inconvenientes de los componentes anti nutricionales de esta leguminosa.

Otra materia prima considerada como un excelente complemento proteínico, es el pescado. Se han realizado algunos intentos de elaborar alimentos enriquecidos con carne de pescado principalmente en la región litoral donde el producto piscícola es abundante. Trabajos de este tipo, han sido concebido con el propósito de llegar hasta el sector infantil que es el más afectado de la falta de una dieta proteínica suficiente.

El Instituto Nacional de Pesca, ha destinado muchos esfuerzos investigativos a la elaboración de galletas a partir de harina de trigo enriquecidas con pescado pelágico barato, en cuyas pruebas de aceptabilidad se concluye que las formulaciones aplicadas en las muestras del experimento fueron altamente aceptadas entre los infantes del lugar (Goulding, J, 1988).

La posibilidad de emplear el pescado como enriquecedor proteínico no está limitado por la ubicación del lugar donde se produzcan los alimentos, en nuestro país actualmente, existen criaderos de truchas, principalmente en diversas regiones de la Sierra y Oriente, cuya carne es muy apetecible de consumir como producto fresco o elaborado. Un estudio técnico realizado en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos muestra la factibilidad de establecer este tipo de empresa en las provincias centrales del país (Vega, 1993), con lo que se garantizaría la disponibilidad de este producto como materia prima.

Los productos del tipo snack, bocaditos, deshidratados, extrusados, etc., han alcanzado una alta aceptabilidad debido a diversas causas: sus características organolépticas, el consumo inmediato, inclusive su costo cómodo para cierto sector poblacional. Este tipo de tecnología que ha brindado una serie de productos, se encuentra ahora en la fase de experimentación con el fin de lograr no solo un alimentos saborizados agradables al gusto del consumidor, sino que además le provean de los nutrientes indispensables para su actividad diaria.

Pero la extrusión no es la única alternativa para conseguir elaborar estos productos y la investigación que se presenta tiene como finalidad obtener alimentos tipo extrudados, mediante una tecnología paralela y enriquecidos para conseguir un elevado nivel de proteína.

MATERIAS PRIMAS

Harina de trigo

TABLA 1: COMPOSICION MEDIA DE HARINA DE TRIGO (% EN BASE SECA)

ANALISIS	%
Humedad	13 - 15
Almidón	65 - 70
Proteína	8 - 13
Celulosa	0.2
Azúcares	1.5 - 2
Cenizas	0.3 - 0.6

Fuente: LLAMA, E. 1989

El trigo representa uno de los cereales más importante que se emplea en la dieta de millones de seres humanos. Su cultivo procede de épocas muy remotas. Muchos naturistas sostienen que el equilibrio alimenticio humano depende del consumo regular de trigo porque contiene: todas las sales minerales conocidas (sodio, calcio, potasio, magnesio, silicio, fósforo, azufre, hierro, etc.); numerosos oligoelementos (manganeso, cobre, cinc, yodo, etc.); vitaminas indispensables (B₁, B₂, B₁₂, D, E, K, entre otras) (Darigol, 1981).

Harina de yuca

La yuca es un tubérculo originario de climas tropicales, específicamente en nuestro país se cultiva en las regiones de la Costa y Oriente.

Los tubérculos de yuca pueden transformarse en una fuente de fécula comercial para la industria alimentaria, textil y papelería. El sabor suave de la fécula de yuca, el bajo contenido de amilosa, la tendencia a no experimentar retrogradación y la excelente estabilidad ante la congelación y descongelación hacen un producto adecuado para la fabricación de alimentos (FAO, 1991)

TABLA 2: COMPOSICION DE DOS TIPOS DE HARINA DE YUCA (% EN BASE SECA)

ANALISIS	VARIEDAD PRIETA	VARIEDAD BLANCA
Humedad	10.5	10.6
Almidón	63.3	64.0
Proteína	0.5	1.0
Extracto Etéreo	0.3	0.4
Fibra	1.8	2.0
Cenizas	2.7	3.2

Fuente: CENDES 1978

Harina de Soya

La soya es una leguminosa que se cultiva en climas tropicales y templados, en el campo de la investigación nutricional, la proteína de soya, es particularmente importante por su composición de aminoácidos que complementa a la de cereales.

El contenido medio de proteína en soya es superior al de otras leguminosas que varían entre 20 y 30% y el de cereales (8 - 15%) (Snyder, E. 1987)

La calidad de la proteína de soya permite su uso para el consumo de seres humanos de toda edad. Experimentos realizados han determinado que productos debidamente procesados a partir de esta leguminosa, son comparables con la leche en cuanto se trate de su calidad proteínica, por ejemplo el valor biológico de la proteína cuantificada en harina desgrasada de soya es de 81% y un valor de digestibilidad de 92% según datos dados por Smith y Circle (1978) (citados por Santamaría, 1995)

En nuestro país se utiliza esta leguminosa, preferentemente como fuente de aceite vegetal y en la elaboración de alimentos para animales, puede ser usada también en una variada gama de productos alimenticios derivados: harina, concentrados proteicos, aislados, texturizados; muchos de los cuales están siendo investigados en distintas instituciones ecuatorianas de educación superior y gubernamentales.

La manera más fácil y accesible del uso de la soya como enriquecedor proteico, es en forma de harina, para complementar alimentos elaborados a base de cereales fundamentalmente, como es el caso de la fabricación de productos de panificación.

TABLA 3: COMPOSICION DE DIVERSAS HARINAS PROVENIENTES DE SOYA (% BASE SECA)

ANALISIS	HARINA DE LA TORTA	HARINA TOTAL	HARINA DESGRASADA
Humedad	12.0	8.0	8.0
Proteína (Nx6.25)	44.0	40.0	50.0
Carbohidratos	7.0	3.0	3.5
Grasas	0.5	18.0	2.0
Cenizas	6.0	5.5	6.5

Fuente: KIRK - OTHMER, 1970

Trucha Arco Iris

El pescado como alimento es considerado como fundamental, el volumen de su consumo se sitúa a continuación de la carne de mamíferos y aves, siendo en países como el Japón, la principal fuente proteínica (Liston, 1985, citado por Gaibor, 1994).

Distintos investigadores sostienen que la porción comestible del pescado es mucho menor que la de los mamíferos, pudiendo llegar al 50%, como en el caso específico de la trucha (Gaibor, 1994)

La carne de pescado está constituida por compuestos nitrogenados, lípidos y agua. Dentro del primer grupo, la proteína es el componente de mayor importancia, tanto por su calidad nutritiva en términos de su digestibilidad que se debe a la mínima fracción de tejido conjuntivo (2%) frente al 13 - 15% de los mamíferos, así también por la clase y relación existente entre los aminoácidos que la componen, sobre todo los esenciales. La cantidad de hidratos de carbono presente en la carne de pescado, es tan pequeña que puede despreciarse a la hora de valorarlo nutritivamente. Como componente secundario se hallan también las vitaminas, principalmente A y D presentes en el aceite de pescado.

Además de proteína y grasa, el pescado proporciona abundante cantidad de calcio, ácido fosfórico, elementos vestigiales, colessterina y lecitina (Ludorff y Meyer, 1978)

TABLA 5: COMPOSICION MEDIA DEL PESCADO. (% FRACCION COMESTIBLE) (% BASE HUMEDA)

PRODUCTO	AGUA	PROTEINA	LIPIDOS	CENIZAS
Pescado Graso	68.6	20.0	10.0	1.4
Pescado semi graso	77.2	19.0	2.5	1.3
Pescado magro	81.8	16.4	0.5	1.3
Trucha arco iris	77.8	19.0	2.0	1.2

Fuente: Liston, 1985.
Belitz y Grosh, 1987 (Trucha Arco Iris)

Tecnología

El proceso para la obtención de las hojuelas, es una sucesión de operaciones que se realizan en equipos diferentes; la tecnología empleada se considera como una adaptación del proceso de extrusión, se opta por esta alternativa debido a la no disponibilidad de un equipo extrusor en la Facultad.

Las operaciones realizadas se detallan como sigue.

La **mezcla**, puede describirse como una operación en la cual los componentes (harina, enriquecedor protéinico, agua y condimentos), se incorporan íntimamente. Las propiedades de los ingredientes que más inciden en esta operación son de carácter físico, tales como: tamaño, forma y densidad de partícula, así como también características superficiales y de flujo, fragilidad, contenido de humedad y tendencia a formar aglomerados.

En la **cocción**, las materias primas sufren diferentes transformaciones en sus componentes básicos; los almidones por ejemplo, sufren una gelificación donde los granos de amilopectina y la amilosa empiezan a absorber agua, el grano de almidón se hincha por efecto del calor, este fenómeno provoca la salida de parte de la amilosa y el gránulo de almidón termina colapsándose. La gelatinización se completa cuando la proporción de agua absorbida es del 73%. El agua, afecta considerablemente la temperatura de la gelificación de los almidones, normalmente ésta se encuentra en un intervalo entre 60 y 80°C (Aguilera, 1992). El fenómeno de gelificación de las harinas (granos de almidón) incrementa la solubilidad de la pasta determinando una textura más suave, especialmente en la formación de enlaces de hidrógeno con las moléculas de agua (Vásconez, 1993)

Las proteínas, sufren también modificaciones ante la acción del calor y la elevada temperatura, en un intervalo comprendido entre 80 y 90°C, estas se desnaturalizan; sin embargo se debe considerar que dicha desnaturalización no significa otra cosa que, partiendo de su estado nativo y por acción de un agente (puede ser calor, pH, o concentración), hacer que su estructura terciaria, es decir, la forma como está enrollada la proteína, cambie; mas no significa que la secuencia aminoacídica se altere de forma determinante. Este proceso se torna irreversible entre los 70 y 90°C, pero ciertas proteínas son mucho más termosensibles (Aguilera, 1992).

En el caso del gluten que contiene la proteína presente en el trigo, el calor no la desnaturaliza si su acción es suave, más bien provoca una ligera alteración en su estructura, abriendo la hélice de su nivel secundario y facilitando la digestibilidad del producto, que además forma enlaces por puentes de hidrógeno (Vásconez, 1993).

Otra operación fundamental en el proceso es la **refrigeración**, cuya finalidad específica es actuar directamente sobre los almidones. Las partes solubles, especialmente la amilosa de estructura lineal por los mismos enlaces de hidrógeno, permite una estratificación, que consiste en la ligazón que se hace entre varias moléculas de amilosa, unidos por enlaces de hidrógeno entre grupos OH de una molécula y OH de otra. A esto se debe que la masa se compacte. La amilopectina que es ramificada no puede estratificarse linealmente pero contribuye con su forma esférica ramificada a incrementar la viscosidad de la pasta. (Vásconez, 1993)

Durante el **secado** se busca extraer el agua presente en los productos alimenticios. El agua está presente en la disolución de sólidos, de gel, de emulsión, formando tejidos, etc., por tanto la operación mediante la cual se retira el agua de cada sistema incide de manera directa y determinante en el producto.

El secado provoca el movimiento de las sustancias solubles hacia la superficie, provocando una acumulación de sólidos solubles en la misma. Puede presentarse además cierto grado de contracción de los tejidos. El grado de contracción depende de la cantidad de agua separada en el inicio de secado a velocidades pequeñas, la contracción disminuye al final del proceso. La densidad global y la porosidad de los productos secos depende en su mayor parte, de las condiciones del secado. Una consecuencia de la migración de sólidos a la superficie del producto y las altas temperaturas, es el endurecimiento superficial. (Acuña, 1992).

OBJETIVOS

Objetivo General

- Probar tipos de harina y fuentes proteicas enriquecedoras en la elaboración de hojuelas enriquecidas, establecer sus características técnicas y determinar su aceptabilidad

Objetivos Específicos

- Evaluar dos clases de harina y dos enriquecedores proteicos para la elaboración de hojuelas

- Estudiar las características técnicas de la mezcla harina - enriquecedor.
- Determinar la aceptabilidad de las hojuelas enriquecidas.
- Realizar un análisis económico del mejor tratamiento.

MATERIALES Y METODOS

Materiales

Para la experimentación se emplean dos tipos de harinas y dos enriquecedores proteínicos.

Se usa **harina integral de trigo**, seleccionada por presentar mejores características para evitar la formación de grumos en el proceso, ésta fue adquirida en los mercados de la ciudad de Ambato. El otro tipo de harina escogido es la de **yuca**, la cual fue elaborada específicamente para la investigación, mediante procedimiento similar al reportado por Navarrete y Navas, 1980.

Los enriquecedores proteínicos seleccionados fueron:

- **Soya**, proteína de origen vegetal, leguminosa empleada con gran frecuencia como complemento proteico para la elaboración de alimentos;
- **Trucha arco iris**, proteína de origen animal, producto de gran abundancia en el país y cuyos estudios como proporcionador de proteínas han dado excelentes resultados en otros tipos de alimentos investigados anteriormente.

MÉTODOS

Preparación de Materias Primas

La materia prima empleada en la investigación que requiere de un pretratamiento, como en el caso del pescado, es sometida a una rigurosa limpieza, descabezado, eviscerado, deshuesado y picado; operaciones realizadas manualmente con el uso de cuchillos de acero inoxidable sobre mesas recubiertas con acero inoxidable; una vez obtenida la pulpa de pescado, se procedió a moler en un molino - amasadora modelo JB 22F, Serie Mi 151950.

La harina de yuca fue obtenida en el laboratorio a partir de una metodología sencilla, como se aprecia en el Anexo 1 y que comprende operaciones como: pelado con la ayuda de cuchillos de acero inoxidable, rallado; realizado manualmente; secado al sol, en bandejas de 30 x 40 cm de mallas plásticas, por un lapso de tres días; molido manual y tamizado con la ayuda de un cedazo con tamiz de 200 mesh. La harina de yuca es fabricada por empresas ubicadas en sectores específicos del país como en el caso de la provincia de Manabí de donde puede ser comprada normalmente, sin embargo por tratarse de pequeñas cantidades para la presente experimentación se opta por la obtención de la misma en el laboratorio.

Se realizan los análisis correspondientes para determinar el contenido porcentual de proteína, humedad y grasa de las materias primas, cuyos resultados se presentan en la Tabla 1.1.

En base a estos resultados se determina las proporciones de cada uno de los constituyentes para obtener el producto final.

Mezclado

Prevía a esta operación, se realizan los cálculos por medio de la aplicación de ecuaciones simultáneas con el fin de obtener un producto final con aproximadamente 18% de proteína en base seca. Los ingredientes se pesan en una balanza gramera tipo OHAUS modelo 780 con 3 piezas y una capacidad de hasta 2610 g, o en una balanza modelo D-60 de 60 libras de capacidad; de acuerdo a la cantidad a pesarse.

El mezclado se realiza en el molino - amasadora, donde se colocan todos los ingredientes y se añade agua mientras se amasa y es en esta operación donde se definen las características técnicas para conseguir la masa en las condiciones óptimas de consistencia. El agua añadida se mide con el fin de determinar el porcentaje de la misma en la masa.

También se toma como parámetro de control técnico, el tiempo de amasado.

Embutido

La masa que ha alcanzado ya la homogeneidad apropiada es transportada a una embutidora. Para el embutido se emplea tripas artificiales de polietileno de 28 cm de longitud, 3 cm (1,2 pulg) de diámetro y 0,2 mm de espesor.

Cocción

Esta operación de tipo abierto se realiza en una olla de cocción de 37 cm de diámetro, con el empleo de una cocina a gas; las tripas embutidas son sometidas a un tratamiento calórico de 80°C durante treinta minutos, lo que permite la gelatinización deseada de los almidones.

Enfriamiento

Transcurrido el tiempo de cocción, se deja que el producto se enfríe a temperatura ambiente.

Refrigeración

Las tripas son refrigeradas en cámaras, a una temperatura constante de $7^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por un lapso de 15 horas, se realiza esta operación con el fin que la masa alcance la suficiente compactación.

Los almidones a baja temperatura se hinchan lo que permite alcanzar la característica de compactación requerida para la elaboración de las hojuelas.

Cortado en rodela

El cortado es una operación manual con el empleo de cuchillos de acero inoxidable, las tripas son rebanadas en rodela de mínimo espesor (aproximadamente 1mm).

Secado

El secado de las rodela se realiza en túnel de 8 bandejas a una temperatura controlada de 35°C durante 6 horas, tiempo en el cual las hojuelas alcanzan humedad mínima (aproximadamente 4%) para ser sometidas a la última etapa del procesamiento.

Fritura

En la experimentación se realiza la fritura utilizando una cocina a gas, en un sartén que contiene aceite comestible a 235°C en donde las hojuelas son sumergidas por segundos y luego depositadas en un recipiente para escurrir el aceite.

Análisis

El producto final se analiza organolépticamente mediante un Formulario de Catación (Ver Anexo 2), el mismo que fue entregado a diferentes panelistas, los que realizan una evaluación en base a una Escala Hedónica.

Los análisis proximales y las pruebas microbiológicas se aplican al tratamiento que presenta las mejores características de experimentación.

Métodos de análisis

Se realizan análisis para determinar proteína, grasa y humedad de las materias primas y del producto terminado, además en las hojuelas se realiza el respectivo análisis microbiológico.

Diseño Experimental

Se empleará un diseño de bloques completos al azar con tres réplicas bajo condiciones homogéneas de experimentación. Los tratamientos a totalizarse son cuatro (2^2) como se indica a continuación:

Factores	Niveles
Tipos de Harina (H)	Harina integral de trigo (H1)
	Harina de yuca (H2)
	Harina de soya (E1)
Enriquecedor proteico (E)	Pescado: Trucha arco iris (E2)

Simbología para los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Símbolo
1	Harina integral de trigo + soya	H1E1
2	Harina integral de trigo + pescado	H1E2
3	Harina de yuca + soya	H2E1
4	Harina de yuca + pescado	H2E2

Se realiza el análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental planteado y se aplicará la prueba de diferenciación de Tukey al 5% de significación para aquellos valores que son estadísticamente significativos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Materia prima

Análisis de las materias primas empleadas para la elaboración de hojuelas, se encuentran detallados en la Tabla 1.1 .

Al observar los datos tabulados en la tabla mencionada y al hacer un análisis comparativo con las composiciones recopiladas de la bibliografía, se puede establecer lo siguiente.

Para el caso de la **harina integral de trigo** los valores cuantificados para humedad (13,65%) y proteína (6,92%), se mantienen dentro de los límites establecidos bibliográficamente, que para el caso de humedad es de 13% a 15%, y para proteína de 8% a 13%.

Tratándose de la **harina de yuca**, los valores determinados para la humedad (12,05%) y la proteína (1,1%), son ligeramente mayores a los reportados en bibliografía (10,6% y 1,0% respectivamente), sin embargo para el caso de la grasa, el valor experimental (0,010%) es considerablemente inferior al bibliográfico (0,4%).

Los datos obtenidos en el análisis de la **harina de soya**, de humedad (8,60%) y de grasa (22,3%), son superiores a los consultados en bibliografía (humedad: 8%, grasa: 18%); no así en el porcentaje de proteína que es 31,1% inferior al 40%, valor reportado en bibliografía.

Los porcentajes experimentales de proteína (61,6%) y grasa (0,478%) de la **trucha Arco Iris** son considerablemente distintos a los citados en bibliografía (19% y 2% respectivamente), no así el valor cuantificado para la humedad (78,9%) es ligeramente superior al bibliográfico (77,8%).

Las diferencias establecidas entre los datos bibliográficos y los determinados experimentalmente pueden deberse a los métodos empleados para la obtención de las materias primas, como en el caso de la harina de yuca; y a las diferencias existentes entre variedades como en el caso de harina de soya, trucha y yuca.

Cálculo de las formulaciones

Para determinar las formulaciones adecuadas en la elaboración de hojuelas enriquecidas, se parte del hecho que se desea obtener un producto final con 18% de proteína en base seca, y se realiza la estimación de los componentes de cada masa aplicando sistemas de ecuaciones simultáneas cuyos resultados se tabulan en la Tabla 1.2 .

Ejemplo de cálculo.

Primera Formulación

Harina integral de Trigo enriquecida con Harina de Soya (H1E1)

Harina integral de Trigo : 6,92 % proteína (H)

Harina de Soya : 31,10 % proteína (E)

$$\begin{aligned} H + E &= 1 & (1) \\ 0,0692 H + 0,311 E &= 0,18 & (2) \end{aligned}$$

Multiplicando a (1) por -0,0692 y resolviendo con (2)

$$\begin{aligned} -0,0692 H - 0,0692 E &= -0,0692 & (3) \\ 0,0692 H + 0,311 E &= 0,180 & (2) \end{aligned}$$

$$-0,2418 E = -0,1108 \quad (4)$$

A partir de (4) se despeja la incógnita E

$$\begin{aligned} E &= 0,1108 / 0,2418 \\ E &= 0,4582 \end{aligned}$$

Reemplazando el valor de E en (1) y despejando H, se tiene,

$$\begin{aligned} H &= 1 - E \\ H &= 1 - 0,4582 \\ H &= 0,5418 \end{aligned}$$

Para obtener las formulaciones finales en la elaboración de hojuelas es necesario hacer un nuevo cálculo considerando la humedad de cada materia prima y como base 1 kg.

Harina de integral Trigo : 86,35 % materia seca (H)

Harina de Soya : 91,40 % materia seca (E)

$$\begin{aligned} 86,35 \text{ g materia seca trigo} & \text{-----} 100 \text{ g} \\ 541,80 \text{ g materia seca trigo} & \text{-----} x = 627,45 \text{ g Harina} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 91,40 \text{ g materia seca soya} & \text{-----} 100 \text{ g} \\ 458,20 \text{ g materia seca soya} & \text{-----} x = 501,31 \text{ g Harina} \end{aligned}$$

Según lo cual, la formulación es:

Harina integral de trigo: 627,45 g
Harina de soya : 501,31 g

Los datos finales de cada formulación se encuentran en la Tabla 1.3. En la práctica se utilizó el 50% de estos cálculos, por ser cantidades más manejables para el proceso experimental.

Para cada tratamiento se añade además 4% a la masa según la formulación final, de condimentos entre sal, pimienta y cebolla.

Análisis de Producto terminado

En el producto terminado obtenido bajo las condiciones de los tratamientos 4 y 3 (harina de yuca + trucha, H2E2; y harina de yuca + harina de soya, H2E1), se realizaron análisis de humedad, proteína, grasa y microbiológicos cuyos resultados se hallan en la Tablas 1.4.

En la Tabla 1.4, se puede apreciar que el porcentaje de proteína para ambos casos, es cercano al esperado (18%), siendo el mayor valor para el tratamiento H2E1 (16,7%) mientras que para el tratamiento H2E2 el valor tabulado es de 15,8%.

Estos resultados confirman que las consideraciones teóricas de formulación son correctas, sin embargo es necesario realizar las estimaciones de pérdidas de cada proceso para obtener resultados exactos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La investigación estuvo destinada a probar la posibilidad de emplear dos tipos de harinas, enriquecidas con proteínas de diferente origen, en la elaboración de hojuelas, las pruebas experimentales demuestran que ésta es una alternativa válida.
- Las hojuelas, provenientes de masas elaboradas a partir de harina de trigo, después de fritas se empardean, el oscurecimiento es mayor cuando el enriquecedor es harina de soya. Este fenómeno es de carácter no enzimático, más bien se debe a que el trigo y la soya tienen porcentajes considerables de grasa y proteína que pueden interaccionar mediante grupos NH_2 con los grupos aldehídos de los azúcares produciendo el empardeamiento. En el tratamiento 4, harina de yuca + trucha (H2E2), no se produce empardeamiento lo que se atribuye a que el porcentaje de grasa y proteína en la harina de yuca es bajo.
- Las hojuelas enriquecidas merecieron la aceptación por parte de los catadores, esto significa que el producto puede, además de suministrar nutrientes importantes al consumidor, representar una atractiva fuente de ingresos económicos.
- El mejor tratamiento resultante del experimento, determinado mediante análisis estadístico de las características organolépticas, es el de elaboración de hojuelas a partir de harina de yuca + trucha (H2E2).

- Pese a que según las variables "agua añadida" y "tiempo de amasado", el mejor tratamiento es el 3 (harina de yuca + harina de soya, H2E1), el tratamiento 4 (harina de yuca + trucha, H2E2), sólo se separa con un 3 % de diferencia y comparten el mismo nivel de diferenciación; con lo que además de ser el tratamiento 4 (harina de yuca + trucha, H2E2) el mayor aceptado, es una buena alternativa de proceso.
- La cantidad de proteína en el producto terminado es de 15,8%, muy cercano al valor propuesto 18%.
- Del análisis económico se desprende la posibilidad de implementar una planta para la elaboración de este producto que tendría como mercado especialmente el sector infantil. El punto de equilibrio (26,93%) y el período de retorno de la inversión (10,73 meses), son parámetros que confirman dicha posibilidad.

RECOMENDACIONES

- Para evitar el empardeamiento enzimático en la producción de hojuelas a partir de materias primas con elevado contenido de grasa o proteína, se pueden usar enzimas glucoso - oxidasa o bisulfito, lo que provocaría la oxidación del grupo aldehído de los azúcares evitando su interacción con los grupos NH_2 , se recomienda el uso del bisulfito para que la producción de hojuelas no sufra una significativa elevación en sus costos.
- Las hojuelas enriquecidas, resultado de la presente investigación, pueden ser consideradas como parte de los programas de Desayuno Escolar, principalmente en sectores rurales, pues es un producto de alta aceptabilidad y elevado nivel nutritivo.

BIBLIOGRAFIA

- ACUÑA, O. Operaciones de pre y post - extrusión. Memorias del Seminario Taller sobre extrusión de alimentos. Escuela Politécnica Nacional. Quito, 1992.
- AGUILERA, J. Principios físicos y químicos de la extrusión. Memorias del Seminario Taller sobre extrusión de alimentos. Escuela Politécnica Nacional. Quito, 1992.
- BARRAGAN, H.; POLIT, P. Producción de alimentos expandidos empleando maíz y pulpa desodorizada de pescado. Revista de Información técnico - científica. Escuela Politécnica Nacional, Quito, 1985.
- BHAGAVAN, N. V. Bioquímica. Trad. por Dr. Wolfgang Meyessohn. Editorial Interamericana, México, 1987.

- BOSTOCK, T.; MONTAÑO, R.; MORA, Y. Galletas enriquecidas con proteína de pescado para la alimentación de niños en el Ecuador. Boletín Científico y Técnico del Instituto Nacional de Pesca. Vol VIII, N1 7. Guayaquil, 1985.
- CHEFTEL, J.; CHEFTEL, H. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Vol 1. España, 1976.
- DARIGOL. Los cereales para tu salud. Ediciones Cedel, Barcelona, 1981.
- ESCOBAR, A. y GARZON, B. Elaboración de yogurt con leche de vaca y leche de soya. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato, 1989.
- FAO. Raíces, Tubérculos, Plátanos y Bananas en la nutrición humana. Roma. 1991.
- GAIBOR, M. Desarrollo tecnológico para procesar trucha Arco Iris (*Salmo gairdneri*) de humedad intermedia. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato, 1995.
- GUTCHO, M. Prepared snack foods. London, Eng., Noyes Data Corporation. 1973.
- GUTCHO, M. Textures protein products. London, Eng., Noyes Data Corporation. 1977.
- GOULDING, I. Pruebas de aceptación de galletas elaboradas con pescados pelágicos. Boletín Científico y Técnico del Instituto Nacional de Pesca. Vol IX, N1 3. Guayaquil, 1988.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. Normas INEN: 519, 523. Determinación de proteína y grasa en harinas vegetales. Quito, 1980.
- LLAMA. Bioquímica de las frutas y vegetales. Editorial Pueblo y Educación. 1989.
- LEE, F. Basic Food Chemistry. 2ed. The AVI Publishing Company. Westport Connecticut, 1983.
- LUDORFF y MEYER. El pescado y las proteínas de la pesca. Editorial Acribia. Zaragoza, 1978.
- MATZ, S. Cereal Technology. The AVI Publishing Company. Westport Connecticut, 1970.
- MATZ, S. Cereal The chemistry and technology of cereals as food and feed. The AVI Publishing Company. Westport Connecticut, 1959.
- NAVARRETE, L.; NAVAS, G. Estudio de secado de yuca y aplicación de tecnología apropiada para la fabricación de "pan de yuca" en la región nororiental ecuatoriana. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato, 1980.
- ORGANIZACION DE LA NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. La pesca como factor de la economía alimentaria. Estudio Básico. N1 19.
- PEÑALOZA, M.; ROBALINO, M. Fermentación sólida de la soya para tempeh. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato, 1987.
- ROBINSON, C. Fundamentos de nutrición nacional. Compañía Editorial Continental. México, 1979.

SANTAMARIA, E.; SANCHEZ, E. Fortificación de la harina de trigo con soya para uso en panificación. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato, 1995.

SCADE, J. Cereales. Trad. Juan José García. Editorial Acribia. Zaragoza, 1975.

SNYDER, E.; SALTOS, D. Soybean utilization. The AVI Publishing Company. Westport Connecticut, 1987.

TAMAYO. Empleo de pulpa de pescado en la elaboración de alimentos no tradicionales. Boletín Científico y Técnico del Instituto Nacional de Pesca. Vol IX, N1 3. Guayaquil, 1988.

VASCONEZ, C. Texto de Química de los Alimentos. UTA - FCIAL, 1993.

VEGA, S. Proyecto de factibilidad para la instalación de una planta piscícola en la provincia de Cotopaxi. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato, 1993.

VOOD, C.; MONTAÑO, R.; CAMBA, N. Producción experimental de galletas enriquecidas con pescado pelágico barato. Boletín Científico y Técnico del Instituto Nacional de Pesca. Vol IX, N1 3. Guayaquil, 1988.

ANEXOS

TABLA 1.1: ANALISIS DE MATERIA PRIMA UTILIZADA PARA ELABORAR HOJUELAS, EN BASE SECA.

MUESTRAS	HUMEDAD (%)	PROTEINA (%)	GRASA (%)
Harina integral de trigo	13.65	6.92	0.023
Harina de yuca	12.05	1.10	0.010
Harina de soya	8.60	31.10	22.300
Trucha Arco Iris	78.90	61.60	0.478

TABLA 1.2: RESULTADOS DE LAS ECUACIONES SIMULTANEAS PARA DETERMINAR FORMULACIONES DE LOS TRATAMIENTOS.

TRATAMIENTO	SIMBOLO	DESCRIPCION	(%)
1	H1E1	Harina Integral de trigo Harina de Soya	54.18 45.82
2	H1E2	Harina Integral de trigo Trucha Arco Iris	79.74 20.26
3	H2E1	Harina de yuca Harina de soya	43.67 56.33
4	H2E2	Harina de yuca Trucha Arco Iris	72.07 27.93

TABLA 1.3: AJUSTE DE RESULTADOS PARA FORMULACIONES DE LOS TRATAMIENTOS CONSIDERANDO LA HUMEDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS.

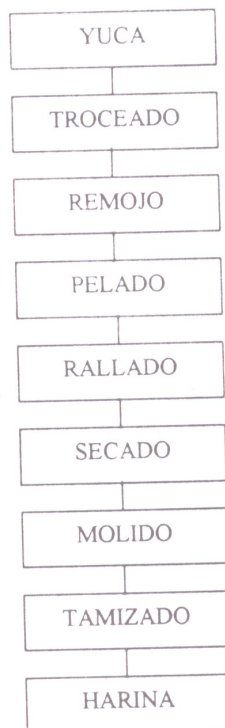
TRATAMIENTO	SIMBOLO	DESCRIPCION	(g)	(%)
1	H1E1	Harina Integral de trigo Harina de Soya	627.45 501.31	55.58 44.42
2	H1E2	Harina Integral de trigo Trucha Arco Iris	960.19 923.45	50.97 49.03
3	H2E1	Harina de yuca Harina de soya	496.53 616.30	44.62 55.38
4	H2E2	Harina de yuca Trucha Arco Iris	819.44 1323.70	38.23 61.77

TABLA 1.4: ANALISIS DE LOS MEJORES TRATAMIENTOS EN LA ELABORACION DE HOJUELAS ENRIQUECIDAS.

ANALISIS	MUESTRAS	
	HARINA DE YUCA + SOYA (TRATAMIENTO 3)	HARINA DE YUCA + PESCADO (TRATAMIENTO 4)
Humedad (%)	3.3	4.4
Proteína (%)	16.7	15.8
Grasa (%)	30.5	26.7
Coliformes (ufc/g)	< 10	< 10
Contaje total (ufc/g)	30	10

ANEXO 1

Flujograma para la preparación de harina de yuca



ANEXO 2

FORMULARIO DE CATACIÓN

EVALUACIÓN SENSORIAL DE HOJUELAS

Nombre:
 Fecha:
 Corrida:

Según su criterio, marque con una X la calificación para cada característica.

CODIGO DE MUESTRA					
T E X T U R A	Muy Suave				
	Apenas Suave				
	Moderado				
	Apenas Dura				
	Muy Dura				
C O L O R	Muy Claro				
	Apenas Claro				
	Moderado				
	Apenas Oscuro				
	Muy Oscuro				
R A N C I D E Z	Ninguno				
	Apenas				
	Moderado				
	Bastante Fuerte				
	Muy Fuerte				
P A R A O R	Ninguno				
	Apenas evidente				
	Moderado fuerte				
	Bastante fuerte				
	Muy fuerte				
A C E P T A C I O N	Muy Malo				
	Mal				
	Regular				
	Bueno				
	Muy Bueno				

DESARROLLO DE TECNOLOGIA EN EL SECADO DE LA OCA PARA UTILIZARLA COMO CONSERVAS ALIMENTICIAS

Jesús Eugenio*
Robinson Rivera*
César Vásconez**

RESUMEN

Las respuestas experimentales evaluadas al final de los ensayos de secado solar y secado artificial (túnel de secado) fueron: % de Humedad, ° Brix, Acidez (mg/100 gr. de ac. oxálico), % de Azúcares reductores y % de Almidón.

El secado se ha dividido: secado natural y secado artificial, el primero se refiere a la acción de secar mediante la energía del sol, aunque implique el uso de algún tipo de secador solar; el segundo se refiere al secado mediante el uso de energía secundaria.

INTRODUCCION

El remover la humedad de un producto alimenticio es uno de los métodos más antiguos de preservación de alimentos. Al reducir el contenido de agua de un alimentos a niveles muy bajos, la posibilidad de contaminación microbiológica es eliminada y el grado de otras reacciones de deterioro es reducido significativamente, en adición a la preservación, como la deshidratación reduce el peso y volumen de los productos en cantidades significativas dando así una mejor eficiencia en el transporte y almacenaje de los mismos.

La oca se caracteriza por su marcada rusticidad. En la actualidad prospera en terrenos inaparentes para otros cultivos, de tal manera que si se decide por una explotación racional, y a escala considerable, no competiría por terrenos de cultivo con otras especies cultivadas que ahora son económicamente rentables.

La oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) es después de la papa, el tubérculo que más se cultiva en los Andes, por su rendimiento y sabor agradable es uno de los elementos más apreciables en la alimentación andina. Su cultivo se extiende desde Venezuela hasta Argentina y Chile.

* Egresado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

** Doctor en Química y Farmacia, Profesor de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

OBJETIVOS

- Estudiar una tecnología apropiada para lograr la maduración y el secado de la Oca.,
- Conocer el proceso de maduración y secado de la oca tierna.
- Emplear tres procedimientos de secado en base a diferentes fuentes de calor.
- Estudiar la influencia del tiempo de exposición en la transformación del proceso de maduración.
- Estudiar el efecto de la temperatura en los tres sistemas de secado propuestos.
- Establecer relaciones matemáticas sobre los cambios físicos y químicos observados.
- Estudiar el efecto de las radiaciones solares sobre los cambios anotados en el proceso de endulzado tanto físicos como químicos y organolépticos.

MATERIALES Y METODO

MATERIALES

Materia prima

Ocas de las variedades Amarilla y Morada

Equipos Utilizados

- Equipo Mikrokjeldahl.
- Equipo Soxhlet.
- Estufa VWR 1360.
- Mufla THERMOLYNE 1500 FURMACE.
- Balanza METTLER Lp 16.
- Balanza METTLER HK 16.
- Báscula D-60 Not Legal For Trade Evanston, ILL. GOLOL USA.
- Espectrofotómetro BAUSH LOMB 1115161.
- Refractómetro MILTON ROY LR 45227, 120 V escala (0 - 60).
- pH metro digital ORION, lectura 0.01, elect. 1041-011-00.
- Cámaras para cromatografía de papel.
- Termómetros de mercurio: escalas de -20 °C a 150 °C.
- Baño maria Julabo EM D-7633, 220 V.
- Equipo de titulación: determinación de acidez.
- Secador solar de construcción nacional.
- Vasos de plástico de 100 ml. de capacidad, en un número de 16.

Reactivos

- Hidróxido de sodio 0.1 N. y al 50%.
- Acido sulfúrico concentrado y 0.1 N.
- Eter de petróleo.

- Oxido de selenio.
- Resorcinol.
- Estándares de azúcares (glucosa, fructosa y sacarosa) . Merck. D-6100. Germany
- Acido Pírico
- Fenoltaleína 1 %.
- Sulfato de cobre pentahidratado.
- Antrona.
- Meta bisulfito de sodio (200 ppm).
- n-Butanol

Análisis

- **Humedad** : se utilizó la balanza METTLER LP 16 con dispositivo determinador de humedad. Con 4 a 5 gr. de muestra a 105 °C por 30 minutos.
- **Cenizas**: según el método descrito por R. LEES. (1988)
- **Proteína**: según el método Microkjeldahl, descrito por R. LEES, (factor 5.70). (1988)
- **Grasa**: por el método Soxhlet. (1988)
- **Sólidos solubles**: (°Brix).
- **Acidez**: por neutralización con NaOH 0.1N, según el método descrito por R. Lees. (1988)
- **Azúcares reductores**: método de la Antrona, según el método descrito por David T. Plummer. (1988)
- **Almidón**: método de la Antrona, según el método descrito por David T. Plummer. (1988)
- **Cromatografía de papel**: según el método descrito por David T. Plummer.(1988)
- **pH**: de acuerdo al método descrito por la AOAC. (1988)

METODOLOGIA

Siguiendo el diagrama de flujo , se procedió a lavar el producto en una corriente de agua potable , luego se procedió a su selección.

El tubérculo así tratado se lo troceó en rodajas de 15 mm de espesor, usando una picadora manual, se utilizó también tubérculos enteros.

Para el primer ensayo se construyó un equipo apropiado (colector solar) que permita obtener las condiciones establecidas en el diseño experimental constantes en el plan de tesis aprobado. En cuanto al segundo ensayo se utilizó el túnel de secado existente en la Facultad .

Del producto así tratado se tomaron 3 libras y se colocaron en cada bandeja del equipo respectivo de deshidratación, en este caso el colector solar y el túnel de secado, en el caso del secado natural al producto se lo extendió en las bandejas y se lo colocó a temperatura ambiente, procediéndose a secar con las condiciones del diseño experimental respectivo, para el segundo ensayo se tomaron muestras para registrar la pérdida de peso a intervalos de tiempo de una hora, con el objeto de elaborar las respectivas curvas de secado, se tomaron datos de temperatura de bulbo seco y húmedo para realizar los cálculos respectivos, además se trabajó con una velocidad de aire de 2.5 m/seg. constante.

El producto debe alcanzar una humedad de $40\% \pm 2^{\circ}\text{C}$, antes de secarlo completamente ya que al llegar a esta humedad se puede alcanzar un valor máximo de azúcares reductores, el producto con esta humedad se lo utilizó para elaborar rodajas fritas, otra cantidad de producto se lo introduce a un secador de bandejas hasta una humedad final de 10%. Para la obtención de harina se molió el producto seco hasta obtener una granulometría de 60 mesh.

Para el primer ensayo no se pudo realizar las curvas de secado, debido a que las condiciones de secado no fueron constantes, es decir, velocidad de aire, temperatura de bulbo húmedo, temperatura de bulbo seco, el mismo que se debe a las condiciones climáticas que no son las mismas de un día a otro.

RESULTADOS Y DISCUSION

Materia Prima

En la tabla A.1 se encuentran reportados los análisis de composición química de los tubérculos de oca (variedad amarilla y morada). Observándose la ausencia total de grasa, y un valor bajo de proteína (N x 5.7), destacándose un alto valor de carbohidratos en las variedades mencionadas, y una energía calorífica de 67 Kcal/mol.

Los valores experimentales del % de humedad, grados Brix, Acidez, Azúcares reductores y Almidón tanto para el secado natural como artificial se encuentran reportados en las Tablas A.2 - A11.

En cuanto a la humedad podemos manifestar que es diferente de tubérculo a tubérculo cuyos valores se encuentran reportados en la tabla A.2 (primer ensayo), en la Tabla A.7 se reportan los datos del seguimiento de humedad (segundo ensayo).

En lo referente a los Sólidos solubles se encuentran en la Tabla A.3 y A.8 tanto para el primer ensayo como para el segundo ensayo. Observándose que a las 96 horas de secado los tratamientos que presentan un valor más alto de grados Brix son A2B1C2 con un valor promedio de 16°Brix y A2B2C2 con un valor promedio de 17.0°Brix , esta diferencia se debe a que el colector solar deja pasar las radiaciones infrarrojas, eliminando las ultravioletas, siendo esta energía la que estimula los cambios químicos. Esta eliminación de las radiaciones ultravioletas se debe que el vidrio es de tipo sódico cálcico en forma de sales de silicatos, las cuales son impermeables a las radiaciones de longitud de onda corta (ultravioletas) dejando pasar solamente las radiaciones de longitud de onda más larga entre las cuáles están las infrarrojas de energía calórica, siendo estos los cambios químicos las transformaciones de la fécula en azúcares mediante reacciones de oxidación, catalizadas por enzimas específicas del tipo de las oxidasas. Los mejores tratamientos para el segundo ensayo son: A1B2C2 con un valor promedio de 16.5°Brix y A2B2C2 con un valor de 17.5°Brix .

En la Tabla A.4 se encuentran reportados los valores de acidez (mg/100 gr de ác. oxálico) para el primer ensayo, se puede observar que a las 96 horas de secado el tratamiento que presenta un valor bajo de acidez es A2B1C2 con un valor promedio de 4.10 mg/100 gr, y en la tabla A.9 se reportan los valores de acidez para el segundo ensayo, observándose que a las 96 horas de secado el tratamiento que presenta un valor bajo es A1B1C1 con un valor promedio de 3.78 mg/100 gr. En forma general esta diferencia de valores se debe a que la maduración de los tubérculos presupone un descenso de la acidez por la acción del calor, la actividad enzimática determina la degradación del ácido oxálico en beneficio de los azúcares reductores.

Los valores de Azúcares reductores se encuentran reportados en la Tabla A.5 y A.10 tanto para el primer como para el segundo ensayo, observándose que los tratamientos que presentan el valor más alto a las 96 horas de secado es A2B1C2 con un valor promedio de 29.48 % y A2B2C2 con 30.13 % respectivamente. En forma general el porcentaje de azúcares reductores va incrementándose conforme pasa el tiempo de secado debido a que los tubérculos son sometidos a una exposición solar (primer ensayo) y a diferente temperatura (segundo ensayo), la misma que influye en el desdoblamiento del almidón en azúcares.

Valores de almidón durante el seguimiento de secado se encuentran tabulados en las tabla A.6 y A.11 tanto para el primer y segundo ensayo. A las 96 horas de secado se observa que los tratamientos que presentan mayor porcentaje de almidón son A2B1C2 con un valor de 26.59% y A2B2C2 con un valor promedio de 27.12%, respectivamente. En forma general la diferencia de valores en el porcentaje de almidón es debido a la reducción de humedad por secado, encontrándose en tubérculos como la patata y oca considerables cantidades de almidón. Esta incremento de almidón no se relaciona con ninguna reacción química ni síntesis de ningún tipo.

Al realizar la prueba de Tukey en base a los valores de Azúcares reductores (respuesta experimental planteada en el diseño experimental) se determinó como mejores tratamientos : A2B2C2, correspondiente a variedad morada, secado solar indirecto y tamaño de tubérculo en rodajas (primer ensayo), para el segundo ensayo el mejor tratamiento fue A2B2C1 correspondiente a variedad morada, temperatura de secado $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, tamaño de tubérculo entero.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez finalizado el presente estudio, se logró cumplir con el objetivo general planteado, consistente en estudiar una tecnología apropiada para lograr la maduración del tubérculo de Oca.

Con respecto a la materia prima, es conveniente trabajar con la variedad morada, ya que con esta variedad se logra bajar en forma más rápida la humedad; por lo que se obtiene un porcentaje más alto de Azúcares reductores.

Al analizar los tratamientos en base al porcentaje de azúcares reductores, observamos que influyen los factores: variedad, proceso, tamaño de tubérculo (primer ensayo).

La mejor variedad luego del análisis de los resultados aplicando el diseño experimental fue la variedad morada, con un secado solar indirecto y trabajando con el tubérculo en rodajas (15 mm), que corresponde al tratamiento A2B2C2 con un valor de azúcares reductores igual a 37.67%.

Este valor alto de azúcares en el colector se debería a que éste selecciona de alguna manera la radiación luminosa del sol, eliminando las radiaciones ultravioleta -abióticas y dejando pasar exclusivamente la radiación infrarroja. Esta acción es una especie de filtración de la radiación debido a que el vidrio de tipo sódico -cálcico detiene la radiación masiva y a la vez retiene el calor que no es irradiado, siendo ésta energía la que estimula los cambios químicos en las plantas o en las frutas, y la acción lo que se conoce con el nombre de "efecto invernadero".

En cuanto al secador construido se puede utilizar para productos agrícolas, ya que no requieren de altas temperaturas, y, por ello dicha energía puede ser utilizada con éxito en éste campo. Además como ya se ha dicho los secadores solares construidos son de bajo costo, y para su construcción se utilizó materiales (madera, pintura, vidrio, tol, malla metálica, etc.) disponibles en la localidad. El ángulo de inclinación para el secador de cabina es de alrededor de 10° con respecto a la horizontal, según se recomienda para latitudes geográficas cercanas a los 0° , esto con el fin de captar mejor la radiación solar, lo que permite además que el agua de la lluvia resbale con facilidad. De acuerdo a la captación de la radiación solar, el colector solar debe estar orientado en la posición Sur - Norte, desde fines de marzo hasta mediados de septiembre y en la posición Norte - Sur en los meses restantes. Esto se pudo notar claramente cuando el secador de cabina ubicado incorrectamente se produce sombra en el colector.

En general se puede decir que el secador solar cumplió en la mayor parte con los propósitos para los que fue construido.

En lo que se refiere al túnel de secado (segundo ensayo), de la misma manera a lo anterior, luego de los análisis de los resultados y aplicando el diseño experimental la mejor variedad fue la morada, con una temperatura de $30 \pm 2^\circ \text{C}$ y trabajando en este caso con tubérculos enteros, que corresponde al tratamiento A2B2C1 con un valor de azúcares reductores igual a 34.50%.

Este valor de azúcares reductores se encuentra o es parecido al reportado por Cornejo y Villacís. (7)

En cuanto a la acidez se obtuvo un valor comprendido en el rango de 6.00 a 9.00 mg/100 gr. (expresado en ácido oxálico), que se asemeja al reportado por Hodgkinson, 1977 con un valor de 7.9 mg/100 gr.

Se recomienda utilizar el Secado solar indirecto en lugar del secado solar directo ya que se puede evitar contaminaciones ambientales del producto. Se recomienda que se aprovechen de una mejor manera los tubérculos, ya que contribuyen una fuente importante de carbohidratos. Se recomienda para futuros estudios que la deshidratación del tubérculo se realice con la variedad morada.

En cuanto a la evaluación sensorial de acuerdo a la Tabla A.12, observamos que el tipo de harina (natural, artificial) utilizado en la elaboración del producto (flan) no influyen en las características textura, olor, sabor y aceptabilidad, el tipo de harina hace que el producto tenga mayor o menor acogida entre los catadores, no así con la característica color en que los catadores rechazan el producto.

En lo que se refiere al producto rodajas fritas (Tabla A.13), que el tipo de secado influye en la textura y olor, notándose que los catadores rechazan el producto en cuanto a las características mencionadas.

Por lo tanto se recomienda para el primer caso poner en menor cantidad la harina, y, en el segundo caso darle un mayor tiempo de fritura a temperatura baja. En forma general tuvo una aceptabilidad buena, lo cuál es un buen índice para nuestro objetivo, incentivando de esta manera posibilidades de mayores investigaciones.

BIBLIOGRAFIA

- ALVARO, M. Cultivos de raíces y Tubérculos Tropicales. Instituto Interamericano Ciencias Agrícolas de la OEA. Lima - Perú. 1972
- AMERINE, M.A., PANGBORN, R.M. y ROSSLER, E.B. Principles of Sensory Evaluation of Food. Academic Press. New York 1965.
- BRENNAN, J.G. Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos. Zaragoza- España. Ed. Acribia, 1970.
- CALVACHE, L. HIDALGO, C. Tesis de Grado. Construcción de Secadores Solares Aplicados a Frutas. (1985)
- CIRF/BPGR. Discusión de Producción y Protección Vegetal Organización para la Agricultura y Alimentación de las Naciones Unidas. 1.982
- EL COMERCIO. Archivo. Febrero 1995.
- CORNEJO, L y VILLACIS, J. Tesis de Grado. Obtención de Alcohol de Oca. (1993)
- CORTEZ, H. Avances de la Investigación en Oca. I Congreso Internacional de Cultivos Andinos. Ayacucho - Perú 1.977 pp. 227-240.
- CORTEZ, H. Obtención de Alcohol a partir de Tubérculos de Oca *Oxalis tuberosa*. III Congreso Internacional de Cultivos Andinos. La Paz - Bolivia. pp. 399
- CHEFTEL, J.C Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Tomo I. Editorial Acribia. Zaragoza - España. 1.976 pp. 227-238.
- DIVISION DE ESTADISTICAS AGROPECUARIAS. Octubre 1994. Quito - Ecuador.
- GAIBOR, N. Y ALDAZ, J. Tesis de Grado. Fermentación y Secado de tres variedades de Cacao cultivadas en el Ecuador. (1991)
- HART, F. y FISHER, R. Análisis Moderno de los Alimentos. 1 ra. ed. Editorial Acribia Zaragoza - España 1984.
- HODGE, W.N. Three Neglectid Andean tubers. J. pf the New York Botanical Garden. 1946
- IICA - OEA. II Congreso Internacional de Cultivos Andinos. Riobamba -Ecuador.
- KING, S. y HELIO, H. *Oxalis tuberosa* en México. VI Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos.
- KNEULE, F. El Secado. Ed. URMO, S.A. Espartero - Bilbao. 1966.
- LARREA, T. Tesis de Grado. Deshidratación de Ajo cultivada en la Provincia de Tungurahua. (1.977)

- LEES, R. *Análisis de los Alimentos: Métodos Analíticos de control de calidad* 2a. ed. Editorial Acribia. Zaragoza - España. Quito - Ecuador 1.988. pp. 232-237
- NAVARRETE, L. y NAVAS, G. Tesis de Grado. Estudio del Secado de Yuca y Aplicación de Tecnología apropiada para la fabricación de pan de Yuca en la Región nor - Oriental ecuatoriana. (1.980)
- OCÓN, J. y Tojo, G. *Problemas de Ingeniería Química, Operaciones Básicas*. Madrid, 1972.
- ORBEGOSO, G. Estudio de la Oca (*Oxalis tuberosa* mol.) con especial referencia de su estructura y variabilidad. Perú 1960.
- PALACIOS, D. Y GUAMAN, M. Tesis de Grado. Construcción de un Secadero y Operación en la Elaboración de Harina de Banano (1.990)
- PARDO, C. Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Curso sobre Utilización de harinas compuestas para la elaboración de pan y pastas. Bogotá (1975).
- PEARSON, D. *Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos*. Editorial- Acribia. Zaragoza - España.
- PLUMMER, D. *Bioquímica Práctica*. University of London. Ed. Prentice Hall. 1988. pp. 189-191
- ROBLES, E. Origen y Evaluación de la Oca, Ulluco y Mashua, Centro de informática para la Industria Agrícola. Lima-Perú. 1981.
- ROJAS, H. Estudio Técnico para la deshidratación de dos variedades de Oca. (*Oxalis tuberosa* mol). por flujo de aire caliente.
- STEVEN, R. y BASTIEN, H. VI Congreso Internacional sobre cultivos Andinos. Quito - Ecuador. 1988 pp. 232-237.
- TAPIA, M. Cultivo de la Oca, Ulluco y Mashua. Manual de Agricultura Andina La Paz - Bolivia. IICA. 1979.
- TERAN, N. , MURILLO, L. Tesis de Grado. Secador Solar para Cereales.
- VALLENAS, M. Actas del VII congreso Internacional sobre cultivos Andinos. La Paz - Bolivia. 1992.
- NATIONAL ACADEMY PRESS. *Lost Crops of the Incas..* Washington D.C. 1989. pp 83-91.
- YANG, H. *Requisites for Succesifal Fermentation Agricultural and Food Chemistry*, 1953.

TABLA 1: ANALISIS FISICO - QUIMICO EN TUBÉRCULOS DE OCA (DOS VARIEDADES)

VARIEDAD	AMARILLA (%)	MORADA (%)
Humedad	83.50	76.60
*Proteína	3.60	4.36
*Grasa	0.00	0.00
*Fibra	3.60	7.69
Ceniza	4.80	3.29
Carbohidratos (por diferencia)	88.00	84.66
Energía Calorífica	67 Kcal/mol	

*Valores expresados en Base seca (B.S.)

Fuente: Los Autores

TABLA 2: VALORES EXPERIMENTALES DE HUMEDAD (%)

T. (h)	A1B1C1		A1B1C2		A2B1C1		A2B1C2		A1B2C1		A1B2C2		A2B2C1		A2B2C2	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0	74.80	74.59	74.80	74.59	78.61	80.06	78.61	80.06	75.10	75.29	74.71	76.10	75.21	76.01	75.81	76.90
48	71.50	71.80	61.19	57.71	65.40	71.22	49.11	54.91	69.80	68.69	70.29	73.29	67.41	74.01	69.92	68.30
96	63.60	60.81	40.40	40.99	56.90	56.89	37.70	41.18	67.80	66.71	63.48	64.51	63.50	69.25	55.70	56.60
144	56.79	52.60			41.49	40.41			64.60	65.31	59.71	56.23	60.61	63.69	42.12	41.95
192	44.00	38.02							57.20	58.92	39.00	39.79	55.20	61.22		
240									54.20	50.11			49.01	59.69		
288									38.50	39.00			41.88	41.51		

TABLA 3: VALORES EXPERIMENTALES DE GRADOS BRIX

T. (h)	A1B1C1		A1B1C2		A2B1C1		A2B1C2		A1B2C1		A1B2C2		A2B2C1		A2B2C2	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	5.00	5.00	4.00	4.00	5.00	5.00
48	7.00	6.00	7.00	8.00	7.00	8.00	10.00	9.00	6.00	7.00	9.00	10.00	9.00	8.00	10.00	12.00
96	11.00	12.00	15.00	16.00	12.00	13.00	17.00	16.00	9.00	10.00	16.00	15.00	15.00	14.00	16.00	18.00
144	15.00	16.00			17.00	18.00			11.00	11.00	22.00	19.00	20.00	18.00	23.00	24.00
192	19.00	20.00							13.00	12.00	25.00	22.00	22.00	20.00		
240									15.00	15.00			23.00	23.00		
288									18.00	19.00						

TABLA 4: VALORES EXPERIMENTALES DE ACIDEZ (mg/100 gr. ac. Oxálico)

T. (h)	<u>A1B1C1</u>		<u>A1B1C2</u>		<u>A2B1C1</u>		<u>A2B1C2</u>		<u>A1B2C1</u>		<u>A1B2C2</u>		<u>A2B2C1</u>		<u>A2B2C2</u>	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0	7.56	7.56	8.19	7.88	8.19	8.82	8.19	8.19	6.30	6.30	6.93	6.93	6.93	7.56	6.93	7.56
48	6.30	6.30	7.56	7.25	6.30	6.93	6.93	6.93	5.04	5.67	5.04	5.04	5.67	6.30	5.04	6.30
96	5.04	4.41	6.93	6.62	5.04	3.78	4.41	3.78	4.41	4.41	3.78	3.78	5.67	6.30	4.41	5.04
144	4.41	3.78			3.78				3.78	3.15	3.15	3.15	5.67	5.67	3.78	3.78
192	3.15	3.15							3.15	3.15	3.15	2.52	5.04	5.04		
240									2.52	3.15			4.41	4.41		
288									2.52	2.52			3.15	3.78		

TABLA 5: VALORES EXPERIMENTALES DE AZUCARES REDUCTORES * (%)

T. (h)	<u>A1B1C1</u>		<u>A1B1C2</u>		<u>A2B1C1</u>		<u>A2B1C2</u>		<u>A1B2C1</u>		<u>A1B2C2</u>		<u>A2B2C1</u>		<u>A2B2C2</u>	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0	4.56	4.56	4.56	5.55	6.59	6.59	5.37	7.07	4.62	5.71	5.58	5.89	4.64	4.79	5.25	5.49
48	17.12	16.20	15.92	12.27	15.92	15.88	15.40	16.61	14.14	14.59	12.35	17.11	16.38	16.43	13.67	14.73
96	27.55	18.24	29.49	28.06	25.08	24.15	29.06	29.89	19.10	22.49	19.58	22.06	20.52	25.50	19.60	21.58
144	30.78	24.49			30.95	29.50			24.15	26.72	23.95	25.61	22.62	26.57	38.27	37.06
192	32.34	27.54							27.12	30.28	26.34	27.50	24.13	29.94		
240									30.00	27.54			28.73	31.90		
288									31.47	31.74			34.98	33.10		

*Valores expresados en Base seca (B.S.)

TABLA 6: VALORES EXPERIMENTALES DE ALMIDON * (%)

T. (h)	<u>A1B1C1</u>		<u>A1B1C2</u>		<u>A2B1C1</u>		<u>A2B1C2</u>		<u>A1B2C1</u>		<u>A1B2C2</u>		<u>A2B2C1</u>		<u>A2B2C2</u>	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0	4.10	4.10	4.10	5.00	5.93	5.93	4.83	6.36	4.16	5.14	5.02	5.30	4.18	4.31	5.25	5.49
48	15.41	14.58	17.55	11.05	14.33	14.29	13.86	14.95	12.73	13.13	11.12	15.40	14.75	14.79	13.67	14.73
96	24.80	16.42	26.54	25.25	22.57	21.74	26.15	26.53	17.19	20.24	17.62	19.85	18.47	22.95	19.60	21.58
144	27.70	22.04			27.86	26.55			21.74	24.05	21.56	23.05	20.36	23.91	34.44	33.35
192	29.10	24.79							24.41	27.25	23.71	24.75	21.72	26.95		
240									27.00	24.79			25.86	28.71		
288									28.32	28.57			31.48	29.79		

*Valores expresados en Base seca (B.S.)

TABLA 7: VALORES EXPERIMENTALES DE HUMEDAD (%)

T. (h)	<u>A1B1C1</u>		<u>A1B1C2</u>		<u>A2B1C1</u>		<u>A2B1C2</u>		<u>A1B2C1</u>		<u>A1B2C2</u>		<u>A2B2C1</u>		<u>A2B2C2</u>	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0	74.71	75.31	74.71	75.31	74.87	75.41	74.79	75.91	70.80	71.80	77.51	74.29	75.30	74.80	76.30	76.91
48	70.11	70.69	68.51	68.49	71.91	68.29	67.90	72.30	68.91	65.20	62.81	62.99	63.01	69.01	66.79	69.73
96	60.49	61.59	55.10	55.10	56.69	61.20	60.30	57.11	55.59	53.90	37.88	39.80	52.79	55.00	41.50	40.00
144	56.60	55.00	41.61	37.31	40.80	40.99	40.40	37.81	52.60	46.89			45.50	41.50		
192	35.00	39.50							41.51	40.70						

TABLA 8: VALORES EXPERIMENTALES DE GRADOS BRUX

T. (h)	<u>A1B1C1</u>		<u>A1B1C2</u>		<u>A2B1C1</u>		<u>A2B1C2</u>		<u>A1B2C1</u>		<u>A1B2C2</u>		<u>A2B2C1</u>		<u>A2B2C2</u>	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	5.00	5.00	4.00	4.00
48	7.00	7.00	9.00	10.00	9.00	9.00	9.00	9.00	13.00	9.00	12.00	13.00	8.00	10.00	10.00	11.00
96	14.00	13.00	15.00	16.00	15.00	15.00	13.00	15.00	15.00	11.00	15.00	18.00	13.00	15.00	17.00	18.00
144	16.00	15.00	21.00	23.00	19.00	18.00	2.00	19.00	17.00	15.00			21.00	20.00		
192	19.00	19.00							18.00	17.00						

TABLA 9: VALORES EXPERIMENTALES DE ACIDEZ (mg/100 gr. ac. Oxálico)

T. (h)	<u>A1B1C1</u>		<u>A1B1C2</u>		<u>A2B1C1</u>		<u>A2B1C2</u>		<u>A1B2C1</u>		<u>A1B2C2</u>		<u>A2B2C1</u>		<u>A2B2C2</u>	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0	5.04	5.04	6.93	6.93	6.30	6.93	6.93	5.04	8.19	8.19	7.56	8.19	8.19	8.82	7.56	8.19
48	4.41	4.41	6.30	5.67	5.04	5.67	5.67	4.41	6.30	6.30	6.30	5.67	5.67	6.30	6.30	6.30
96	3.78	3.78	5.04	5.04	3.78	4.41	5.04	3.78	5.04	5.67	5.04	3.78	5.04	5.04	3.78	5.04
144	3.15	3.15	4.41	4.41	3.15	3.78	3.15	2.52	4.41	4.41			2.52	3.15		
192	2.52	2.52							2.52	3.15						

TABLA 10: VALORES EXPERIMENTALES DE AZUCARES REDUCTORES* (%)

T. (h)	<u>A1B1C1</u>		<u>A1B1C2</u>		<u>A2B1C1</u>		<u>A2B1C2</u>		<u>A1B2C1</u>		<u>A1B2C2</u>		<u>A2B2C1</u>		<u>A2B2C2</u>	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0	4.55	5.71	4.55	5.71	4.57	5.73	6.70	5.85	3.05	4.08	6.27	4.47	4.65	3.53	4.85	8.48
48	14.28	16.65	16.48	14.50	18.39	18.38	16.17	19.89	12.77	8.79	15.67	17.48	13.19	14.75	18.52	19.26
96	17.24	19.50	23.18	19.04	25.88	26.83	23.35	23.38	16.09	16.65	25.87	25.88	27.24	24.91	30.96	29.30
144	24.91	26.71	25.87	23.37	17.90	28.93	26.14	25.84	21.96	20.35			35.23	33.77		
192	28.69	19.93							30.06	18.78						

*Valores expresados en Base Seca (B.S.)

TABLA 11: VALORES EXPERIMENTALES DE ALMIDON *(%)

T. (h)	<u>A1B1C1</u>		<u>A1B1C2</u>		<u>A2B1C1</u>		<u>A2B1C2</u>		<u>A1B2C1</u>		<u>A1B2C2</u>		<u>A2B2C1</u>		<u>A2B2C2</u>	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0	4.10	5.14	4.10	5.14	4.11	5.16	6.03	5.27	2.75	3.67	5.64	4.02	4.19	3.18	4.37	7.63
48	12.85	14.99	14.83	13.05	16.55	16.54	14.55	17.19	11.49	7.91	14.10	15.73	11.87	13.28	16.67	17.33
96	15.52	17.55	20.86	17.14	23.29	24.15	21.02	21.04	14.48	11.39	23.28	23.29	24.52	22.42	27.86	26.37
144	22.42	20.04	23.28	21.03	25.11	26.04	23.53	23.26	19.76	18.32			31.71	30.39		
192	25.82	26.94							27.05	25.90						

*Valores expresados en Base Seca (B.S.)

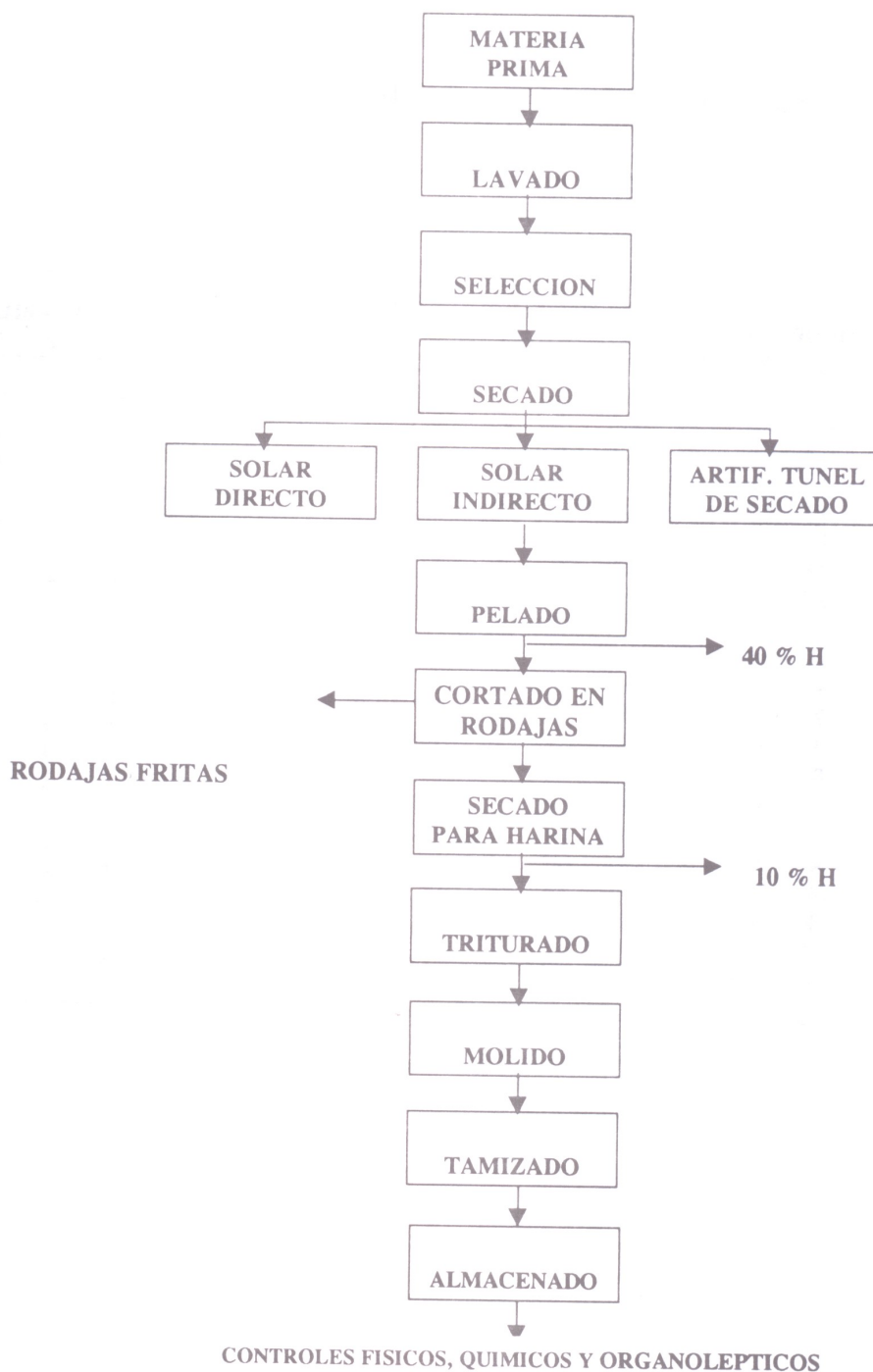
TABLA 12: EVALUACION SENSORIAL (FLAN)

T	P	COLOR			TEXTURA			OLOR			SABOR			ACEPTABIL.		
		R1	R2	X	R1	R2	X	R1	R2	X	R1	R2	X	R1	R2	X
1	1	5	5	5.0	1	1	1.0	5	5	5.0	5	5	5.0	5	5	5.0
1	2	5	5	5.0	2	2	2.0	5	5	5.0	5	5	5.0	5	5	5.0
1	3	4	5	4.5	3	3	3.0	4	4	4.0	4	5	4.5	4	5	4.5
1	4	5	5	5.0	2	4	3.0	4	4	4.0	4	5	4.5	2	5	3.5
1	5	5	-	5.0	1	-	1.0	4	-	4.0	4	-	4.0	5	-	5.0
1	6	5	5	5.0	2	2	2.0	4	4	4.0	5	5	5.0	3	5	4.0
1	7	3	4	3.5	1	2	1.5	3	4	3.5	3	4	3.5	4	4	4.0
1	8	4	5	4.5	2	2	2.0	4	4	4.0	3	3	3.0	4	4	4.0
1	9	4	4	4.0	2	2	2.0	3	3	3.0	3	4	3.5	4	4	4.0
1	10	4	4	4.0	5	4	4.5	4	3	3.5	5	3	4.0	5	4	4.5
2	1	4	4	4.0	1	2	1.5	5	3	4.0	4	4	4.0	4	3	3.5
2	2	4	4	4.0	1	2	1.5	4	3	3.5	3	3	3.0	4	4	4.0
2	3	3	3	3.0	2	4	3.0	4	3	3.5	3	3	3.0	3	3	3.0
2	4	5	5	5.0	2	2	2.0	4	4	4.0	5	5	5.0	3	5	4.0
2	5	4	-	4.0	2	-	2.0	5	-	5.0	2	-	2.0	2	-	2.0
2	6	4	4	4.0	2	3	2.5	4	4	4.0	5	5	5.0	5	5	5.0
2	7	3	3	3.0	1	2	1.5	3	4	3.5	4	4	4.0	5	5	5.0
2	8	3	2	2.5	4	1	2.5	3	4	3.5	4	4	4.0	4	4	4.0
2	9	3	3	3.0	1	1	1.0	4	4	4.0	4	4	4.0	4	4	4.0
2	10	3	3	3.0	2	2	2.0	3	3	3.0	4	4	4.0	4	3	3.5

TABLA 13: EVALUACION SENSORIAL (RODAJAS FRITAS)

T	P	COLOR			TEXTURA			OLOR			SABOR			ACEPTABIL.		
		R1	R2	X	R1	R2	X	R1	R2	X	R1	R2	X	R1	R2	X
1	1	3	4	3.5	3	4	3.5	3	3	3.0	3	4	3.5	2	3	2.5
1	2	2	4	3.0	2	2	2.0	2	2	2.0	4	5	4.5	4	5	4.5
1	3	3	4	3.5	3	3	3.0	2	3	2.5	3	3	3.0	4	4	4.0
1	4	2	3	2.5	4	3	3.5	3	4	3.5	2	4	3.0	4	4	4.0
1	5	1	2	1.5	3	3	3.0	3	4	3.5	4	4	4.0	1	2	1.5
1	6	5	2	3.5	4	4	4.0	4	4	4.0	4	2	3.0	5	2	3.5
1	7	4	3	3.5	5	4	4.5	4	3	3.5	4	4	4.0	5	4	4.5
1	8	5	5	5.0	2	4	3.0	4	4	4.0	4	4	4.0	5	3	4.0
1	9	3	-	3.0	4	-	4.0	3	-	3.0	4	-	4.0	2	-	2.0
1	10	4	-	4.0	5	-	5.0	4	-	4.0	4	-	4.0	3	-	3.0
2	1	4	2	3.0	2	3	2.5	3	3	3.0	4	4	4.0	3	-	3.0
2	2	4	3	3.5	2	2	2.0	2	2	2.0	5	3	4.0	5	3	4.0
2	3	5	3	4.0	5	4	4.5	2	2	2.0	3	3	3.0	3	4	3.5
2	4	5	3	4.0	2	3	2.5	3	3	3.0	3	4	3.5	3	3	3.0
2	5	5	4	4.5	1	2	1.5	3	5	4.0	4	4	4.0	4	2	3.0
2	6	5	4	4.5	3	2	2.5	2	3	2.5	5	4	4.5	5	3	4.0
2	7	4	4	4.0	2	4	3.0	5	3	4.0	4	4	4.0	4	4	4.0
2	8	3	4	3.5	3	2	2.5	3	4	3.5	5	4	4.5	3	4	3.5
2	9	4	-	4.0	4	-	4.0	4	-	4.0	4	-	4.0	3	-	3.0
2	10	2	-	2.0	3	-	3.0	4	-	4.0	4	-	4.0	3	-	3.0

**DIAGRAMA DE FLUJO PARA
LA OBTENCION DE HARINA DE OCA**



PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACION DE UNA PLANTA PROCESADORA DE TOMATE DE ARBOL Y BABACO: PRODUCCION DE NECTAR Y PRODUCTO EN ALMIBAR

Judith Constante*
Oswaldo Larrea**

RESUMEN

La problemática de los alimentos es cada vez un tema de mayor actualidad, la escasez que a nivel mundial se viene detectando, tiende a agudizarse con el crecimiento demográfico y el déficit de la producción agrícola; debido a diferentes factores, que constituyen las principales causas de ésta situación. La falta de una planificación en la producción y selección de los productos naturales en el Ecuador, han hecho difícil el desarrollo de una industria de alimentos coherente con la necesidad actual de la población.

Se ha visto imperiosa la necesidad de racionalizar la producción y cosechas con mejores sistemas de recolección, transporte, almacenamiento y comercialización; lo que, a más de propiciar un incremento en la producción agropecuaria, permitirá utilizando los medios adecuados (tecnologías) mantener los alimentos aptos para el consumo, por un tiempo lo más prolongado posible.

Estas y otras razones han impuesto la INDUSTRIALIZACION como uno de los principales hechos que fomenten la Agricultura, dignifiquen el nivel de vida y favorezcan la salud humana con alimentos útiles.

INTRODUCCION

Las condiciones ecológicas de la Provincia de Tungurahua, son plenamente favorables para la producción agrícola de frutas, legumbres y hortalizas, tanto para el consumo en fresco como para utilizarlas en conservería. Luego de un análisis preliminar de posibilidades de aprovechamiento de materias primas agrícolas existentes en la Provincia de Tungurahua se decide la utilización de tomate de árbol (*Cyphonandra betaceae*) y babaco (*Carica pentágona* H.) para la fabricación de néctar y tomate en almíbar; y, néctar y babaco en almíbar.

*Egresada de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

**Ingeniero en Alimentos, Profesor de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

En la actualidad, en la Provincia de Tungurahua la producción de babaco y tomate de árbol ha aumentado considerablemente así como se ha diseminado su cultivo, para 1993 la producción estimada es de 635,6 tm y 9983,41 tm, respectivamente, predominantemente en los cantones de Patate, Baños y Pelileo.

La no existencia de técnicas adecuadas para transformar estas materias primas ha sido un factor preponderante para que la producción no se aproveche debidamente, provocando pérdidas de una gran cantidad de frutas en épocas de mayor cosecha; razón por la que es necesario aplicar una tecnología apropiada que permita conservar a éstos frutos con sus mejores características fisicoquímicas y organolépticas durante un tiempo prolongado. Con el impulso del procesamiento industrial se fortalecería la agroindustria, creándose nuevas fuentes de trabajo, lo que influiría directamente en la economía de los sectores agrícola e industrial.

Los productos enlatados representan un medio de preservación de alimentos de singular importancia. Mediante esta forma de conservación de los alimentos, se pueden tener productos en cualquier época del año; además el producto ya procesado presenta facilidades para su transporte y manipulación; factores que han hecho de estos productos enlatados elementos imprescindibles de la vida diaria.

MERCADO

El presente estudio describe la posibilidad de instalar en el Cantón Pelileo una planta industrial en la que se procesará tomate de árbol y babaco, con sus productos, fruta en almíbar y néctar.

El estudio de mercado se realiza en base a los datos reportados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, con la finalidad de conocer la historia de producción de tomate de árbol y babaco a nivel nacional y en la provincia de Tungurahua así como también de productos manufacturados.

DEMANDA ACTUAL

Demanda actual a nivel nacional

Demanda actual del tomate de árbol

TABLA1: PRODUCCION DE TOMATE DE ARBOL A NIVEL NACIONAL

AÑO	PRODUCCION (tm)	SUPERFICIE (ha)
1989	7380.62	770
1990	13462.10	970
1991	10885.12	1020
1992	18302.03	1330
1993	12834.28	1360
1994	10545.28	1370

Fuente: INEC

Elaboración: Judith Constante Pástor

Demanda actual de babaco

TABLA 2: PRODUCCION DE BABACO A NIVEL NACIONAL

AÑO	PRODUCCION (tm)	SUPERFICIE (ha)
1990	770.43	50
1991	510.85	43
1992	706.82	65
1993	724.86	90
1994	1059.37	100

Fuente: INEC.

Elaboración: Judith Constante Pástor

Demanda actual en Tungurahua

Demanda actual de tomate de árbol

TABLA 3: PRODUCCION DE TOMATE DE ARBOL EN TUNGURAHUA

AÑO	PRODUCCION (tm)	SUPERFICIE (ha)
1989	6056.29	530
1990	11466.85	780
1991	9329.72	720
1992	16971.80	1210
1993	9983.41	870
1994	9993.76	1130

Fuente: INEC.

Elaboración: Judith Constante Pástor

Demanda actual de babaco

TABLA 4: PRODUCCION DE BABACO EN TUNGURAHUA

AÑO	PRODUCCION (tm)	SUPERFICIE (ha)
1990	502.28	32
1991	474.85	30
1992	619.78	40
1993	635.60	41
1994	928.91	60

Fuente: INEC.

Elaboración: Judith Constante Pástor

Demanda actual de productos manufacturados a nivel nacional
TABLA 5: PRODUCCION ACTUAL DE PRODUCTOS MANUFACTURADOS.

AÑO	Compotas, mermeladas, jaleas de frutas (tm)	Frutas preparadas y conservadas (tm)
1989	2783.243	5431.681
1990	2981.190	5611.231
1991	3179.137	5790.780
1992	3377.084	5970.330
1993	3575.031	6149.880

Fuente: INEC, encuesta anual de manufactura y minería.

Fuente: Martínez, W.; Barona, M.

Elaboración: Judith Constante Pástor

DEMANDA FUTURA
Demanda futura a nivel nacional
Demanda futura de tomate de árbol
TABLA 6: ESTIMACION DE LA PRODUCCION FUTURA DE TOMATE DE ARBOL EN EL PAIS.

AÑO	PRODUCCION (tm)	SUPERFICIE (ha)
1996	12903.49	1666.05
1997	13312.79	1789.53
1998	13722.09	1913.02
1999	14131.39	2036.51
2000	14540.69	2160.00

Elaboración: Judith Constante Pástor

Demanda futura de babaco
TABLA 7: ESTIMACION DE LA PRODUCCION FUTURA DE BABACO EN EL PAIS.

AÑO	PRODUCCION (tm)	SUPERFICIE (ha)
1996	1071.1	198.8
1997	1150.3	227.4
1998	1229.5	256.0
1999	1308.7	284.6
2000	1387.9	313.2

Elaboración: Judith Constante Pástor

Demanda futura en Tungurahua
Demanda futura de tomate de árbol

TABLA 8: ESTIMACION DE LA PRODUCCION FUTURA DE TOMATE DE ARBOL EN TUNGURAHUA.

AÑO	PRODUCCION (tm)	SUPERFICIE (ha)
1996	11408.14	1254.77
1997	11853.33	1352.33
1998	12296.51	1449.88
1999	12740.12	1547.44
2000	13184.30	1645.00

Elaboración: Judith Constante Pástor

Demanda futura de babaco

TABLA 9: ESTIMACION DE LA PRODUCCION FUTURA DE BABCO EN TUNGURAHUA.

AÑO	PRODUCCION (tm)	SUPERFICIE (ha)
1996	1037.8	67.4
1997	1139.2	74.1
1998	1240.6	80.8
1999	1342.0	87.5
2000	1443.5	94.2

Elaboración: Judith Constante Pástor

Demanda Futura de productos manufacturados

TABLA 10: ESTIMACION DE LA PRODUCCION FUTURA DE PRODUCTOS MANUFACTURADOS.

AÑO	PRODUCCION (tm)	SUPERFICIE (ha)
1996	4168.872	6688.529
1997	4366.819	6868.078
1998	4564.766	7047.628
1999	4762.713	7227.178
2000	4960.660	7406.728

Elaboración: Judith Constante Pástor

INGENIERIA

En la preparación de alimentos para el enlatado se emplean numerosos procesos, tales como selección, lavado, escaldado, etc. El proceso de enlatado aséptico necesita técnicas y equipos especiales, pudiendo esquematizarse las siguientes operaciones básicas referidas a un procedimiento de enlatado convencional: preparación del alimento, enlatado, evacuación, sellado, tratamiento térmico, enfriamiento, almacenamiento.

PROCESO DE PRODUCCION

Proceso de producción de tomate en almíbar

Padilla y Alvarez, así como Cazar y Coronel; desarrollaron el siguiente proceso de producción para tomate de árbol en almíbar, cuya secuencia es:

Clasificación.- Antes del procesamiento es necesario separar frutas verdes, muy maduras y demasiado pequeñas con el fin de obtener un producto uniforme y de óptima calidad. Especial cuidado debe tenerse con la ausencia de defectos, especialmente ciertos endurecimientos o puntos negros que aparecen en la corteza, que significan que la fruta está dura y será difícil de pelar.

Lavado.- Operación fácil, ya que la corteza es muy lisa, el método utilizado es el de inmersión en agua corriente, agitación manual y escurrimiento.

Pelado.- En la operación de sancochado; la fruta se sumerge en agua hirviendo por 180 segundos y luego se procede a un enfriamiento brusco en agua fría. Con esto se afloja la corteza, facilitando la operación de pelado.

Cortado.- La fruta se corta a aproximadamente 1cm de la base, para eliminar la parte carnosa y agria de este extremo; con un cuchillo de punta aguda se corta longitudinalmente la corteza, empezando por la base. Entonces con la yema de los dedos se separa la corteza, halando lateralmente y hacia afuera. Se corta la fruta en mitades y finalmente se quitan las semillas con una cuchara o instrumento curvo.

Escaldado.- El escaldado o "blanching", contribuye a eliminar el sabor astringente, se escalda la fruta en agua hirviendo durante 180 segundos. Se observa que el color de la fruta se aclara y se uniformiza, adquiriendo un color amarillento. Además la fruta en estas condiciones no pierde forma ni consistencia.

Llenado.- El procesamiento más conveniente consiste en colocar las mitades con la cara cóncava hacia arriba, para evitar la retención de aire. Se utilizarán envases de hojalata sanitaria # 2. Se utiliza un jarabe de concentración 40°Brix. El espacio libre superior tiene un promedio de 7mm.

Exhausting.- El proceso se realiza colocando el envase lleno en la cinta transportadora por un tiempo de 5 min.; con este tiempo no se ablanda el producto, se consigue una buena eliminación de aire y no hay sobrecocción con el subsiguiente proceso de esterilización. Luego se procede al sellado.

Esterilización.- El producto será sometido a una temperatura de 110°C por 8-10 min. en el autoclave. Los envases se enfriarán por inmersión en agua fría evitándose la sobrecocción del producto.

Proceso de producción de néctar de tomate de árbol

Padilla y Alvarez, desarrollan el siguiente proceso para producción de néctar de tomate de árbol: Para la fabricación de néctar se aplicará un procedimiento similar al descrito anteriormente, con la diferencia de que una vez pelada la fruta será necesario pulpataarla para extraer el zumo y posteriormente tamizarlo.

El néctar elaborado es el producto obtenido de la mezcla del zumo de fruta, agua y azúcar en una proporción de 40 - 50 - 10 % respectivamente; para luego ser sometido a un proceso de pasteurización.

Al igual que con el almíbar de tomate de árbol se procedió con el néctar en el envasado, exhausting, sellado y almacenamiento.

Proceso de producción de babaco en almíbar

Coka y Llerena, desarrollan el siguiente proceso de producción:

Clasificación.- Se selecciona fruta de primera calidad, libre de magulladuras y que tenga alrededor del 40 - 60 % de coloración amarilla en su superficie.

Lavado.- Se realiza manualmente utilizando chorros de agua fría bajo ligera presión, ayudándose con frotación individual de la fruta con un cepillo.

Pelado y Cortado.- Se procede a pelar el fruto utilizando cuchillos de acero inoxidable. Se corta longitudinalmente, el fruto y luego en cubitos de aproximadamente 2 cm de lado.

Blanqueo.- Se aplicará un precocido de la fruta troceada utilizando agua en ebullición por 1 - 3 minutos.

Preparación del jarabe.- El jarabe se preparará haciendo hervir una mezcla de agua potable, azúcar y ácido cítrico aproximadamente por 5 minutos hasta una concentración de 40 °Brix.

Llenado.- Esta operación se efectuará en dos etapas: la primera corresponderá al llenado de los trozos, y la segunda a la adición de jarabe caliente, tratando de mantener un espacio libre de 5 mm entre la superficie del líquido y el borde del cuerpo de la lata.

Exhausting.- Se realiza manteniendo los envases tapados pero sin sellar en atmósfera de vapor durante 5 minutos para luego proceder al sellado.

Esterilización.- Para este producto una vez que las latas están en el autoclave se da un tratamiento de 8 - 10 minutos a 110°C.

Proceso de producción de néctar de babaco.

Coka y Llerena, desarrollan el siguiente proceso de producción:

Se realizan las operaciones preliminares usuales en todo proceso de elaboración de enlatados, vale decir: selección, lavado, separación de la corteza. Para este producto se trabajará con babaco cuya corteza sea predominantemente amarilla y luego de pelada será pulpataada para desintegrar la fruta y obtener el zumo.

Mezcla y dosificación.- El néctar elaborado es un producto obtenido de la mezcla de zumo de fruta, agua, azúcar, ácido cítrico en las siguientes proporciones: zumo 40%, azúcar 10%, agua 50%, a este 100% de mezcla se sumará 0,1% de ácido cítrico.

Pasteurización.- El néctar elaborado se lleva a ebullición por un tiempo de 5 minutos, agitando continuamente.

Envasado.- El néctar elaborado se coloca en los envases previamente esterilizados, en forma manual y rápidamente dejando un espacio de cabeza de aproximadamente 5 mm.

Exhausting.- Los envases tapados se colocan en la cinta transportadora del exhausting para efectuar el evacuado con vapor por un tiempo de 5 minutos.

Sellado.- El sellado de los envases se realiza en una selladora semiautomática. Luego las latas se invierten y se dejan en esta posición para obtener la completa esterilización de la tapa.

MAQUINARIA Y EQUIPO

Una vez establecido el proceso y los volúmenes de producción de tomate de árbol y babaco en almíbar así como tomate de árbol y babaco como néctar; se determinó las características del equipo y maquinaria necesarios.

DISTRIBUCION Y DISEÑO

Se determinó las necesidades de espacio para cada una de las operaciones y procesos empleados. El área de producción es de una sola planta, para facilitar la circulación de los materiales en proceso; se ha escogido la línea de producción en "U".

En la determinación de las superficies de trabajo, se consideró el espacio requerido por los equipos, materiales, circulación de personal y mantenimiento.

TABLA 11: ESPACIO FISICO DE LA PLANTA.

SUPERFICIE DESTINADA PARA	AREA (m ²)
Proceso	816.0
Bodegas	486.0
Administración	249.0
Total	1551.0

En el área de proceso se efectúan las operaciones de pesaje, recepción, lavado, pelado, cocción, llenado, exhausting, sellado, esterilización, etiquetado, embalaje, etc. El área circundante a los tanques de lavado, tienen un desnivel de 10 cm para evitar que áreas adyacentes se mojen. Se incluyen las áreas destinadas para laboratorio, taller electro - mecánico, caldero, vestidores, baños.

En el área de bodegas consta las destinadas para materia prima, producto terminado y materiales.

El área de administración incluye: la totalidad del segundo piso, el área dispuesta para Jefe de Producción, Bodeguero, Casa de Guardián, Guardianía.

La distribución general de la planta industrial es la siguiente:

Nave industrial y guardianía	1551 m ²
Area total	3128 m ²

LOCALIZACION GEOGRAFICA

El proyecto está orientado a la materia prima y al realizar un análisis de los sectores productores de tomate de árbol y babaco en la Provincia de Tungurahua se encontró que en las siguientes zonas del Cantón Pelileo existe un mayor porcentaje de producción: Inapí, Artezón, Gamboa, La Clementina, Pelileo Grande, Ambabauquí, Yataquí, El Obraje, Huambaló, Cotaló, Guasimpamba, Chiquicha; así como también en la mayoría de parroquias del Cantón Patate.

El sector que presta mejores posibilidades por su importancia agrícola - comercial, por sus servicios básicos indispensables como son: luz eléctrica, agua potable, agua de vertiente en gran cantidad, alcantarillado, teléfono, vías de acceso, suministros importantes para el desarrollo de la industria, es **Inapí**. Además se debe añadir que en el sector existe mano de obra que conoce de técnicas de cultivo y manipulación de las materias primas.

El producto convenientemente envasado, no ocasionará problemas al ser transportado hacia los centros de consumo, la planta está ubicada a 20 minutos de Ambato y cerca de las principales ciudades comerciales como Quito y Guayaquil.

ESTUDIO ECONOMICO

La factibilidad y ejecución del Proyecto está determinada en base a la siguiente evaluación:

INVERSIONES

A. INVERSIÓN FIJA

Terreno y construcciones	(Anexo A-1)	382'780.000
Maquinaria y equipo	(Anexo A-2)	142'084.800
Otros activos	(Anexo A-3)	87'384.134
		Suman: 612'248.934
Imprevistos de la inversión fija (5%):		30'612.447
		Suman: 642'861.381

B. CAPITAL DE OPERACIÓN

Materiales directos	34'089.375
Mano de obra directa	4'771.660
Carga fabril	73'686.656
Gastos de ventas	1'733.600
Gastos de administración	5'260.666

Suman: 119'541.957

Inversión total: 762'403.338

ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS

	Sucres	%
- Ventas netas	2.679'125.000	100,00
- Costos de fabricación	1.759'644.792	65,68
Utilidad bruta en ventas	919'480.208	34,32
- Gastos en ventas	20'803.200	0,78
Utilidad neta en ventas	898'677.008	33,54
- Gastos de administración y generales	63'127.995	2,36
Utilidad neta en operación	835'549.013	31,19
- Gastos financieros	127'400.000	4,76
Utilidad neta en operaciones antes del impuesto a la renta	708'149.013	26,43
- 15% pago a trabajadores	106'222.352	3,96
Utilidad neta antes del impuesto	601'926.661	22,47
- Impuestos a la utilidad (25%)	150'481.665	5,62
Utilidad neta	451'444.996	16,85

PUNTO DE EQUILIBRIO: COSTOS FIJOS Y VARIABLES

	Costo fijo (sucres)	Costo variable (sucres)
Materiales directos		818'145.000
Mano de obra directa	57'259.920	
Materiales indirectos		706'753.000
Depreciación	40'273.392	
Suministros	5'875.691	52'881.219
Reparación y mantenimiento		
Seguros	3'185.772	7'433.468
Imprevistos	5'077.469	
Gastos de ventas	21'053.330	21'053.330
Gastos de administración	11'203.200	9'600.000
Gastos de financiamiento	63'127.995	
	127'400.000	
	334'456.769	1.615'866.017
Total:		1.950'322.786

Punto de equilibrio

$$PE = \frac{\text{Costo Fijo}}{1 - \frac{\text{Costo Variable}}{\text{Ingreso Total}}}$$

$$PE = \frac{334'456.769}{1 - \frac{1.615'866.017}{2.679'125.000}}$$

$$PE = 842'740.579$$

$$\%PE = \frac{842'740.579}{2.679'125.000} * 100 = 31.46$$

EVALUACIÓN
Rentabilidad sobre la inversión

$$ROI = \frac{BAII}{\text{Inversion Total}} * 100$$

$$ROI = \frac{578'844.996}{762'403.338} * 100$$

$$ROI = 75.92\%$$

Rentabilidad sobre capital propio

$$RF = \frac{\text{Beneficio Neto}}{\text{Recursos Propios}} * 100$$

$$RF = \frac{451'444.996}{412'403.338} * 100$$

$$RF = 109.47\%$$

Período de retorno de inversión

$$PRI = \frac{\text{Desembolso inicial}}{\text{Cash-flow}}$$

$$PRI = \frac{762'403.338}{451'444.996}$$

$$PRI = 1,68 \text{ años o } 20,16 \text{ meses}$$

Rentabilidad del proyecto

$$R = \frac{\text{Beneficio neto}}{\text{Inversion Total}} * 100$$

$$R = \frac{451'444.996}{762'403.338} * 100$$

$$R = 59.21\%$$

Rentabilidad sobre ventas

$$RV = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Ventas netas}} * 100$$

$$RV = \frac{451'444.996}{2.679'125.000} * 100$$

$$RV = 16.85\%$$

CONCLUSIONES

- El estudio económico demuestra la factibilidad del presente proyecto, los indicadores económicos preveen rentabilidades satisfactorias. Se reporta una rentabilidad del Proyecto con respecto a la inversión total del 59,21%, valor que es mayor a la rentabilidad que ofrece la banca privada, teniendo en consideración diferentes alternativas de inversión.
- Al ubicar la planta en el sector de Inapí del Cantón Pelileo, se incrementará el cultivo del tomate de árbol y babaco con los Cantones de: Patate, Baños, Pelileo, asegurándose de esta manera el abastecimiento de materia prima. Sin embargo se debe indicar a pesar de no existir una planta de procesamiento de las frutas consideradas en el proyecto, existe en la actualidad una alta producción de éstas con las bajas consiguientes en sus costos unitarios.
- La industrialización de estas frutas disminuirán las pérdidas post - cosechas de las mismas.
- El punto de equilibrio del estudio económico, resulta muy atractivo, siendo éste del 31,46%.
- Este estudio ha demostrado la viabilidad técnica y económica de llevar a la práctica la ejecución de este proyecto.

BIBLIOGRAFIA

- ALVARADO,J. Apuntes de procesos de alimentos. Ambato. 1994.
- CAICEDO,E. Estudio de la conservación de duraznos por medio de enlatados. Tesis de grado. UTA. 1978.
- CALLE,J. PAREDES,J. Proyecto de factibilidad para la instalación de una planta procesadora de frutas para instalarse en la Provincia de Tungurahua. Tesis de grado. UTA. 1978.
- CARVAJAL,F. PEÑAHERRERA,V. Adaptación de la tecnología de secado osmótico y proyecto de factibilidad para la instalación de una planta deshidratadora de frutas en la Provincia de Tungurahua. Tesis de grado. UTA. 1994.
- CAZAR,J. CORONEL,M. Enlatado de tomate de árbol. *Revista de información científico - técnica*. EPN. 1968.
- CHOI, OKOS. Effects of temperature and composition on thermal propieties of food. 1981
- COKA,E. LLERENA,N. Optimización de la tecnología para procesar babaco en almíbar enlatado y néctar de babaco en fundas termopocesables. Tesis de grado. UTA. 1988.
- Cultivos de exportación no tradicionales. Desde el Surco. Ecuador. 1995.
- DE SOROA,J. Industrias transformadoras de frutas y hortalizas. Ed. Dossat. España. 1970.
- DESROSIER,N. Conservación de alimentos. Ed. Continental. México. 1976.
- DUCKWORTH. Frutas y verduras. Ed. Acribia. España. 1968.
- ENRIQUEZ, H. Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales. Ed. Limusa. México. 1981.
- FABARA,J. BERMEO,N. Manual del cultivo del babaco. Ed. Impreseñal. Quito. 1985.
- FABARA,J. El tomate de árbol. Poligrafiado. UTA. 1986.
- FAO. Codex Alimentarius. Normas de codex para frutas y hortalizas elaboradas y hongos comestibles. Vol. 11. 1982.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. El cultivo del tomate de árbol.
- FERNÁNDEZ,O. MORENO,I. Evaluación de pérdidas post - cosecha de tomate de árbol y mora e inventario de embalajes utilizados. Tesis de grado. UTA. 1985.
- FONT,Q. Diccionario de Botánica. Ed. Labor. Barcelona. 1973.

- FORMOSO,A. Procedimientos industriales al alcance de todos. España. 1975.
- HEILBORN,C. Fruticultura. Ed. Mundi Prensa. España. 1967.
- INEC. Sistema Estadístico Agropecuario Nacional. Encuesta de superficie y producción por muestreo de áreas - Encuesta anual de manufactura y minería.
- INEC. Encuesta anual de condiciones de vida - población.
- INEN. Conservas vegetales, definiciones. Norma ecuatoriana 377. 1978.
- LÓPEZ,A. A complete course in canning and related processes. Book II. 1987.
- LORENZO,V MALVENDA,P. Conservación de frutas y hortalizas, procedimientos a pequeña escala. Ed. Acribia. España. 1976.
- MARTINEZ, W. BARONA, M. Proyecto de factibilidad para la instalación de una planta procesadora de frutas y hortalizas en la Provincia de Tungurahua. UTA, 1992.
- MATA,A. VELASTEGUI,F. Evaluación de pérdidas post - cosecha de babaco y mandarina e inventario de embalajes utilizados. Tesis de grado. UTA. 1985.
- MICIP. Conformación de empresas. 1996.
- MONGE,P, MONGE,R. Propagación por estacas de babaco (*Carica pentágona H.*). Tesis de grado. UTA. 1989.
- MONGE,R. Entrevista personal Inapí.
- MORENO,C. Determinación del calor específico en frutas ecuatorianas en función del contenido de humedad. Tesis de grado. UTA. 1983.
- ORTIZ,J. Proyecto de factibilidad para la instalación de una planta productora de pasas. Tesis de grado. UTA. 1993.
- PADILLA,W. ALVAREZ,S. Estudio de la tecnología del tomate de árbol (*Cyphonandra betácea*) en almíbar y como néctar. Tesis de grado. UTA. 1988.
- PERRY, J. Manual del Ingeniero Químico. Ed. McGraw Hill. USA, 1985.
- REVERTE. Pequeñas fábricas de conservas. España.
- SCHAUM,D. Física general. Ed. Carvajal. Colombia. 1977.
- SALTOS,A. Elaboración de conservas de tomate de árbol en mitades y néctar. Boletín de difusión técnica. 1987.
- Tabla de composición de los Alimentos Ecuatorianos. Instituto Nacional de Nutrición. Ecuador. 1965.

TAMARO, A. Tratado de fruticultura. Ed. Gali. España. 1974.

TORRES, P. Gestión para una auditoría energética industrial. Tesis de grado. ESPOCH. 1991.

VEGA, De Rojas R. El babaco una fruta exótica. Poligrafiado. UTA. 1988.

WESTINGHOUSE. Manual de alumbrado. Ed. Ibérica. 1962.

EXTRACCION Y CARACTERIZACION DE ACEITE DE SEMILLAS DE ZAMBO (*Cucurbita Pepo*)

Raúl Chipantiza*
Marco Gutiérrez*
Guillermo Poveda**

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con la finalidad de aprovechar las semillas de zambo consideradas como desecho en la extracción y caracterización del aceite por el alto contenido del mismo.

Se analizó la composición proximal de las semillas de zambo (*Cucurbita pepo*), luego de descascarar. Las semillas de zambo se someten a diferentes pretratamientos antes de la extracción con la utilización de solvente y por prensado, consistentes en: lavado, descascarado, cocción (5,10,15 minutos), trituración (tamaño de partícula 0.425 mm), estandarización (12,15,20% de humedad), extracción (por solvente mixto, y prensado), filtración, envasado. Las respuestas evaluadas en el aceite fueron: rendimiento, y porcentaje de ácidos grasos libres.

El mejor tratamiento (A1B1C1) determinado en base a las respuestas experimentales se consigue, al dar a las semillas una cocción de 5 minutos, una humedad en la harina del 12% y extracción por medio de solvente mixto, obteniéndose un rendimiento de extracción de 35.2%. En el aceite del mejor tratamiento se realizaron los análisis físicos, químicos y organolépticos, se establece el contenido de ácidos grasos encontrándose los siguientes: ácido mirístico, ácido palmítico, ácido esteárico, ácido oleico y ácido linoléico, acidez 0.451%, índice de acidez 1.227%, índice de yodo 124.618%, índice de saponificación 177.613%, materia insaponificable 0.642%, índice de peróxidos 10.10, índice de refracción 1.4739, densidad relativa 0.924, color amarillo ocre, olor característico, sin sabor, transparencia obscuro.

INTRODUCCION

El zambo (*Cucurbita pepo*) pertenece a la familia de las cucurbitáceas, incluye plantas que son importantes como las hortalizas; el zambo es una variedad de calabaza que se utiliza para la elaboración de sopas y en estado maduro para la elaboración de dulces, mermeladas, mientras que las semillas constituyen parte de desecho.

* Egresado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

** Ingeniero en Alimentos, Profesor de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Considerando la creciente demanda existente de aceites vegetales, ha llevado a realizar el estudio de dos métodos de extracción directa de aceite en las semillas de zambo (*Cucurbita pepo*). La poca información técnica disponible sobre las variedades, y el desconocimiento del agricultor a cerca de las bondades económicas y nutritivas del calabacín (zambo), hace que su cultivo no se haya incrementado y por consiguiente su industrialización. Por esta razón queda mucho por realizar para aprovechar todo el potencial que las cucurbitáceas ofrecen, para la alimentación humana, aplicaciones industriales e incluso decorativas. Con el fomento del cultivo y su industrialización; el presente estudio pretende aprovechar las semillas en la extracción y caracterización del aceite (4).

MATERIALES Y METODOS

En la realización del presente trabajo se establece la mejor alternativa tecnológica para obtener un aceite con buenas características de calidad y mayor rendimiento. Se aplicó un diseño experimental de A x B x C, con dos replicas, en los tratamientos que sean significativos, se aplicó la prueba de Tuckey con un alfa de 0,05.

Se estudió el efecto que causan las variables propuestas como son:

- Métodos de extracción.
- Tiempo de cocción.
- Porcentaje de humedad.

Sobre el rendimiento de aceite y el porcentaje de ácidos grasos libres en el aceite de las semillas de zambo (*Cucurbita pepo*).

<u>Factores.</u>	<u>Niveles</u>
- Métodos de Extracción	(A) solvente mixto y prensa
- Tiempo de cocción	(B) 5, 10, y 15 minutos
- Humedad	(C) 12, 15, 20%

MATERIALES.

Materia Prima

Para la realización de la presente investigación se utilizó semillas de zambo (*Cucurbita pepo*), maduras y secas, en una cantidad de 300 g, por tratamiento para el caso de extracción por prensa, y 100 g por tratamiento para el caso de extracción por solvente mixto, recolectadas en diferentes sectores del cantón Pelileo y luego descascaradas manualmente.

Equipos y Reactivos Utilizados

Los análisis se realizaron por duplicado, utilizando los equipos y materiales existentes en los laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, y del Instituto de Investigaciones Tecnológicas e Industriales (I.I.T.I.).

Equipos

- Aparato digestor Microkeldahl LABCONCO
- Balanza analítica Mettler H315 sensibilidad 0,1mg
- Balanza digital Mettler LP16 con dispositivo, determinador de humedad.
- Baño maría JULABO 12 B
- Cocineta eléctrica HACEB
- Cromatógrafo de gases Varían Aerograph serie 2800
- Estufa VWR 1360
- Equipo Soxhlet E. CORNING 24/40
- Equipo de destilación simple E. CORNIG 24/40
- Equipo de titulación completo
- Equipo Goldfish LABCONCO.
- Molino manual CORONA
- Mufla Thermolyne 1500 FURNANCE F-BT4
- Prensa hidráulica modelo CARBER TIPO B
- Refractómetro Abbe
- Tamizador BICO INC.
- Vernier
- Material de vidrio
- Picnómetros
- Termómetros.

Reactivos

- Acetona
- Acido acético
- Acido oxálico
- Acido clorhídrico
- Acido sulfúrico
- Alcohol etílico
- Almidón, reactivo
- Eter dietílico
- Hexano
- Hidróxido de sodio
- Hidróxido de potasio
- Indicadores
- Sulfato de sodio anhídrido
- Tetracloruro de carbono
- Tiosulfato de sodio
- Yoduro de potasio
- Reactivo de Wijs
- Agua destilada
- Vaselina.

Metodología.

La extracción del aceite, se realizó de acuerdo al diagrama de flujo A-1.

Limpieza

Luego de recolectadas las semillas secas, cavaron en agua, con la finalidad de eliminar las impurezas o residuos de pulpa que quedan adheridos a las semillas.

Descascarado.

Se realizó un descascarado manual, quedando las semillas listas para los diferentes tiempos de cocción.

Cocción

Se da una cocción con tres tiempos diferentes los mismos que son: 5, 10, y 15 minutos a una temperatura de ebullición (92°C), ya que esto produce la desnaturalización de las proteínas con la consiguiente rotura de la emulsión y por tanto la separación del aceite de la masa en la semilla.

Trituración

Para la trituración se utilizó un molino manual, en el que inicialmente se calibró con un vernier para tener un mismo tamaño representativo de partícula en todos los tratamientos de extracción realizados. El tamaño de partícula representativo, luego de realizado la granulometría fue de 0,425 mm, tamiz número +40; que correspondió a un porcentaje de retención de 90,6 %.

Acondicionamiento

Finalmente se realizó el ajuste de humedad a las condiciones de trabajo establecidas: $12\% \pm 1\%$; $15\% \pm 1\%$; $20\% \pm 1\%$, cuando la humedad se encontró en un nivel bajo se añadió agua con el fin de alcanzar el porcentaje deseado, en otros casos se secó con el mismo objeto de regular la humedad.

Extracción

Extracción con solvente

Para la extracción por este método se utilizó solvente mixto (hexano etanol 4:1), de acuerdo a la recomendado por Guerrero y Sánchez (1992); por cuanto, esta relación de mezcla es la ideal para obtener un mayor rendimiento. Se utilizó un equipo Soxhlet, en el cual se procedió a colocar una muestra de 100 gr en una funda de tela (lienzo) la misma que se introdujo en el equipo. Se añadió el solvente (mixto) en una relación 2:1 con respecto a la muestra, y se empezó la extracción por medio del calentamiento hasta obtener la temperatura de ebullición del solvente mixto manteniendo así por un tiempo de 1H45 minutos.

Recuperación del solvente

Una vez que a terminado el tiempo de extracción se procedió a separar el solvente mixto del aceite extraído, por medio de una destilación simple obteniendo como residuo el aceite y como producto evaporizado el solvente mixto que luego se utilizó en posteriores extracciones.

Envasado

Luego de separar totalmente el solvente por evaporación en baño maría, se procedió a establecer el rendimiento, y envasar las muestras en frascos de vidrio obscuro, las mismas que quedan listas para los análisis físicos y químicos.

Extracción con la prensa

Sometida las semillas de zambo a los diferentes tratamientos de acondicionamiento, se pesa porciones de 300 g en fundas de tela (jeans sin color) para luego darle un prensado, a una presión máxima de 13,82 kgf/cm², en esta operación el aceite fluye por los orificios de la cámara, conforme se va incrementando la presión, y es recogido en la bandeja del equipo.

Filtración

En esta operación se utilizó una tela de lienzo para separar por gravedad el aceite de torta o residuo.

Envasado

Luego de la filtración, se estableció el rendimiento. Las muestras de los diferentes tratamientos son guardados en frascos de vidrio oscuro a temperatura ambiente de 18 a 21°C, hasta realizar los análisis del aceite.

Análisis

En la materia prima es decir en las semillas de zambo (Cucurbita pepo) se realizaron los siguientes análisis:

- Humedad, se determinó en la Balanza Mettler Lp16 con dispositivo determinador de humedad, con 4 a 5 g de muestra a 105°C por 30 minutos (según el catálogo de la balanza).
- Cenizas, según el método descrito por R. Lees.(1988).
- Proteína, por Microkjeldahl, (A.O.A.C), 14.068 1980; multiplicado el contenido de nitrógeno por 6,25.
- Contenido de grasa, (A.O.A.C.), 14,067 (7,056) 1980.

En el aceite se realizaron los siguientes análisis:

- Acidez, según Norma INEN 38 1973
- Índice de Acidez, según Norma INEN 38 1973
- Índice de refracción, según norma INEN 42 1973
- Índice de Yodo, según Norma INEN 37 1973
- Índice de Saponificación, según Norma INEN 40 1973
- Materia Insaponificable, según Norma INEN 41 1973
- Índice de Peróxidos, según Norma INEN 277 1978
- Densidad Relativa, según Norma INEN 35 1973
- Contenido de ácidos grasos, por Cromatografía de Gases, de los esteres metílicos.

- Pruebas sensoriales (color, olor, sabor y transparencia), utilizando la escala hedónica.

Para la determinación del análisis sensorial se realizó mediante la elaboración de una escala hedónica de 1 a 5 puntos, en comparación con el aceite comercial de maíz (maizsol), en la cual se evaluaron 4 características de calidad mencionadas anteriormente utilizando como instrumento de medida 6 alumnos de la Facultad. (30)

En la realización del análisis sensorial se hizo necesario tener la información total de la composición de los ácidos grasos presentes en el aceite de las semillas de zambo, con la finalidad de comparar con el aceite comercial el mismo que se aproxima al aceite de maíz.

Se debe mencionar también que el aceite obtenido es crudo por lo que se tuvo que realizar un blanqueo o decoloración ya que presenta un color oscuro, que no permitía realizar una comparación con el aceite comercial que es de color amarillo claro.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Composición Química Proximal de las semillas de zambo

La composición química proximal de las semillas previamente descascaradas se encuentra muy próximos a los valores reportados por bibliografía como se puede observar en la Tabla-1.

Determinación del rendimiento en la extracción

En la Tabla-2, correspondiente al rendimiento de aceite en peso de semillas de zambo (*Cucurbita pepo*), luego del proceso de extracción, tratamiento térmico, y porcentaje de humedad, se observa un rendimiento de aceite para los diferentes tratamientos que fluctúa entre 7,05 % a 35,20 %. Este rango de variación se debe a la influencia de los factores en estudio y sus interacciones, en especial a la humedad de la harina, y el método de extracción. Al realizar el análisis de varianza Tabla C-1, se observa que existe diferencia altamente significativa para los factores: A, B, C, y las interacciones AB, AC, mientras que para las interacciones BC y ABC existe una diferencia significativa para un alfa 0.05.

Realizando la prueba de Tukey para los valores significativos, en el factor B, se observa que el tiempo de cocción para obtener el mayor rendimiento es indiferente.

En cuanto a la interacción AB, se observa que los mejores tratamientos son: A1B1, A1B2, A1B3, por lo que nuevamente se puede apreciar que el tiempo de cocción no influye en el rendimiento de aceite; pero sí el método de extracción.

En cuanto al factor C, se nota claramente que el porcentaje de humedad es un factor decisivo en el rendimiento de la extracción del aceite. A contenidos bajos de humedad, 1 a 2 %, se dificulta la extracción de aceite por cuanto se da un fenómeno de impermeabilización de la película que retiene el aceite, que cuando se tiene humedades más altas por ejemplo 10 %, ya que la humedad permite la formación de una película de agua, que envolviendo las partes superficiales de las partículas que componen la semilla ayuda al proceso de difusión del aceite; por otra parte el contenido alto de humedad puede encontrarse en un estado de unión impidiendo la eficaz extracción del aceite.

El contenido óptimo de humedad para obtener buenos rendimientos varía de acuerdo a las diferentes materias primas utilizadas como fuente de aceite. En la investigación realizada el contenido de humedad adecuado para obtener el mayor rendimiento es de $12 \% \pm 1 \%$.

En lo que tiene que ver a la interacción AC, se observa que el mejor tratamiento para obtener el mayor rendimiento, es A1C1.

De igual forma BC, se observa que los mejores tratamientos corresponden a las interacciones B1C1; B2C1; B3C1, se puede manifestar el tiempo de cocción no influye en el rendimiento del aceite, sino solo en el porcentaje de humedad, en lo que se refiere a la cocción es necesario para ablandar las semillas, desnaturaliza las proteínas facilitando la extracción del aceite. ver Figuras 3 y 4.

En cambio en la interacción ABC, se observa que los mayores rendimientos se tiene con los tratamientos A1B1C1; A1B2C1; A1B3C1, ya que entre estos no existe diferencia significativa entre sí, es decir la extracción con solvente es mejor que la de prensa.

En la interacción ABC, se nota que los mejores tratamientos son: A1B1C1 A1B3C2 y A2B1C1, correspondiendo este ultimo a la extracción con prensa, por lo que en la extracción del aceite de las semillas de zambo el factor B (tiempo de cocción) es indiferente, mientras que el factor C (porcentaje de humedad) es el factor más importante a considerar.

Del análisis de varianza realizado y considerando que se requiere el mayor porcentaje de extracción se obtiene como mejores tratamientos a las interacciones A1B1C1, A1B2C1 Y A1B3C1. Pero analizando el factor B (tiempo de cocción), el mejor tratamiento resulta ser la interacción A1B1C1 para el caso de extracción por solvente.

Mientras que para el caso de extracción por prensa se tiene como mejor tratamiento al A2B1C1.

En cuanto al porcentaje de aceite residual en la torta resulta ser inversamente proporcional al porcentaje de extracción, es decir mientras mayor sea la extracción el contenido de aceite en la torta es menor.

Ácidos grasos libres

En la Tabla-3 se reportan los valores de ácidos grasos libres para los diferentes tratamientos dando valores de 0.45 % a 0.85 %.

La determinación de los ácidos grasos libres se realizó en base al ácido oleico, por cuanto es uno de los más predominantes en el aceite de las semillas de zambo.

Realizando el análisis de varianza, para los datos de ácidos grasos libres se obtiene alta significancia en cuanto se refiere al factor C (porcentaje de humedad), por lo que se puede decir que tanto el factor A (extracción), como el factor B (tiempo de cocción), no influyen, en el porcentaje de ácidos grasos libres del aceite. Este rango de variación de ácidos grasos libres se debe a la influencia de la humedad, obteniéndose los valores más altos en los tratamientos con mayor porcentaje de humedad, debido a que la humedad favorece la hidrólisis de los glicéridos.

En cuanto al mejor tratamiento se determina que es el A1B1C1 por cuanto se obtiene el menor porcentaje de ácidos grasos libres en el aceite extraído.

Características físicas y químicas de identificación y calidad del aceite en el mejor tratamiento

Una vez determinado el mejor tratamiento en base al rendimiento y porcentaje de ácidos grasos libres en la extracción de aceite, se realizaron los análisis físico-químicos.

Los valores de las propiedades físico-químicas del aceite obtenido se encuentran muy próximos a los valores reportados en bibliografía para los diferentes aceites de semillas, se tienen los siguientes valores acidez 0,45 %, índice de acidez 1.227, índice de yodo 124.6, índice de saponificación 177.6, materia insaponificable 0.64 %, índice de peróxidos 10.10, índice de refracción 1.4739, densidad relativa 0.924.

Composición de ácidos grasos

La determinación de la composición de los ácidos grasos en el aceite de las semillas de zambo (*Cucurbita pepo*), se realizó mediante cromatografía de gases de los ésteres metílicos de ácidos grasos. Para la cuantificación del porcentaje de ácidos grasos se utilizó el método de normalización de áreas, mediante un estándar externo.

Los ácidos grasos encontrados en el aceite son el ácido mirístico, ácido palmítico, ácido esteárico, ácido oleico, y ácido linoléico, correspondiendo estos dos últimos ácidos grasos insaturados con un porcentaje de 84 %, qué demuestra que la relación ácidos grasos insaturados – saturados, es alta por lo que el aceite es de buena calidad y comestible ya que se necesita para la alimentación una gran proporción de ácidos grasos insaturados para evitar problemas de salud como enfermedades cardiovasculares.

Análisis sensorial

Para realizar el análisis sensorial se comparó, la composición de ácidos grasos del aceite obtenido con los datos reportados para varios aceites comerciales obteniéndose que la composición más parecida que es la del aceite de maíz (Maizsol)

En el análisis sensorial se evaluaron cuatro características de calidad con 5 alternativas cada una en el aceite del mejor tratamiento, realizando el análisis estadístico se encontró que existe diferencia significativa para el color, olor y transparencia, mientras que para el sabor no existe diferencia significativa por lo que el sabor es aceptado por los catadores. Debido a la frecuencia de las respuestas se tiene que el aceite obtenido resulta ser de color amarillo ocre, olor característico, sin sabor y transparencia oscura.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Debido a la cantidad de aceite que contienen las semillas de zambo, es necesario fomentar la industrialización de esta cucurbitácea en estado de madurez para la elaboración de postres, dulces y mermeladas, para obtener mayor cantidad de semillas como sub-producto y utilizarlas para la extracción de aceite. La harina residual utilizarla en la elaboración de balanceados, de esta manera se aprovecha toda la cucurbitácea.

- Eligiendo adecuadamente las condiciones operativas se tiene que el método de extracción con mezclas de solventes (hexano- etanol relación 4:1), tiempo de cocción de 5 minutos y humedad del 12%, y un tamaño de partícula representativo de 0.425 mm, y un tiempo de extracción de 1H45 minutos, que es adecuado, por cuanto se obtiene la mayor extracción de aceite (35.20%), y un aceite residual en la torta de 5.11%, este porcentaje es relativamente alto; para bajar este valor se debe realizar nuevas extracciones con solvente puro, o en caso contrario incrementar el tiempo de extracción a 2H45 con el que se obtiene un rendimiento de 38.5%, y un aceite residual de 1.1%; pero al realizar nuevas extracciones o incrementar el tiempo de extracción implica un aumento en los costos de producción.
- El porcentaje de humedad es el factor que realmente influye en la extracción del aceite de las semillas de zambo, en una proporción inversa en el rendimiento, como el porcentaje de ácidos grasos libres del aceite obtenido. Por otra parte la cocción es indiferente en el rendimiento y en el porcentaje en forma directa; por otra parte la cocción es indiferente en el rendimiento y calidad del aceite por lo que perfectamente se puede realizar por corto tiempo, en nuestro caso se estableció 5 minutos.
- Al determinar la composición de ácidos grasos en el aceite de las semillas de zambo se encontraron a los siguientes: mirístico, palmítico, esteárico, sobresaliendo en mayor porcentaje (84%), los ácidos insaturados como son el oleico y linoléico, siendo estos ácidos grasos esenciales en la alimentación, por lo que el aceite obtenido es de calidad.
- Se recomienda trabajar con una semilla que contenga un 12% de humedad ya que de los resultados obtenidos, estos reportan el mayor rendimiento en la extracción.
- Del estudio económico realizado se concluye que el valor del aceite crudo obtenido es relativamente costoso, aplicando el método de extracción con solvente mixto, esto se debe al costo de los equipos y solventes utilizados, ya que para cada extracción realizada se debe ajustar el volumen de la mezcla para una próxima extracción, ya que la recuperación no es completa, por cuanto existen pérdidas por evaporación, en el estudio de costos realizado para el cálculo del punto de equilibrio se establece un precio de comercialización de 6.500 sucres dando una utilidad del 15.4% que es un valor inferior al de comercialización del aceite de maíz, ya que lo obtenido se trata de un aceite crudo dando un punto de equilibrio de 63.2% que relativamente es alto.
- Del análisis adicional de costos de producción realizado por el método de extracción de prensa, se puede concluir con relación a los costos de producción que estos bajan en un 55.7 % lo único desfavorable en la extracción con prensa, o en su lugar con spellers es que la harina residual solo puede ser utilizada en la elaboración de balanceado para animales, por la alta temperatura que se alcanza en el interior de la prensa, por lo que se desnaturalizan las proteínas, en cuanto al punto de equilibrio obtenido se tiene un valor de 38.4%, con una utilidad de 75.6% que realmente es atractivo para la inversión en la extracción de aceite de semillas de zambo.
- Por lo que se recomienda realizar la extracción utilizando un spellers manteniendo las otras dos condiciones constantes, es decir 5 minutos de cocción y 12 % de humedad.
- Para la realización de estudios de esta naturaleza se recomienda la adquisición de un spellers de baja capacidad para la utilización en el laboratorio, y seguir realizando estudios de nuevas fuentes de aceite comestible, ya que se trata de un producto de consumo indispensable.

BIBLIOGRAFIA

- ABBATE. V. La Concimazione Carbonica in Serra. Primi Risultati di reserche sperimentali condit in Sicilia. Editorial culture pretete. 1982 pp 25, 33
- ALVARADO, J. Propiedades Físicas de Aceite de Pulpa y de Almendra de Palma Africana a diferentes Temperaturas. Ambato-Ecuador 1995 p.15
- ALTAMIRANO C, SALAZAR M. Extracción y Caracterización de Aceite de Semillas de Zapallo. Tesis Fcial, Ambato, Ecuador, uta 1987 pp 3, 22-23, 160.
- ALVAREZ., SANDOVAL, G. Niveles de NPK para Fertilización de Calabaza. Tesis Ingeniero Agrónomo, Ambato, Ecuador, UTA 1974 pp. 1,4-5-6.
- ANDERSEN A. Refinación de Aceites y Grasas Comestibles Editado en Inglés por P.N. Williams, Traducción de la Segunda Edición. Editorial Campana Continental s.a. 1965 pp. 57-58, 185-188.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST WASHINGTON, D.C. Official Methods of Analysis of the A.O.A.C. 12 ava Edición Editorial Hormitz Whashington d.c. 1980 pp. 1094.
- ARRECIS MORALES D. Determinacion de las Principales Propiedades Fisicas y Químicas del Aceite de Semillas de Almendro. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Sur. Consur 1992 Pp. 5-6, 11-12-13.
- BAILEY ANTON B. Aceites y Grasas Industriales. Traducido por Luis Mora Cartaya, Barcelona, Reverte, 1961. Pp. 10-11-12-13.
- BERNARDINI, E. Tecnología de Grasas y Aceites, Editorial Alhambra, Primera Edición, España 1986 pp 52-59, 120-139.
- BIANCHINI, F. Frutos de la Tierra, Atlas de las Plantas Alimenticias, Editorial Aedos, 1984 pp 106-114.
- CAMPOS-ARTEAGA Acondicionamiento de Semillas de Palma Africana Para la Extracción de Aceite, Tesis FICIAL, Ambato-Ecuador UTA 1996 pp 98, 99, 100.
- CEPEDA R, ROMERO I. Extracción y Caracterización del Mani de Arbol. Tesis Fcial. Ambato, Ecuador, uta 1993 pp. 45-46
- COSITOR G, DE AMBROSI R. Diccionario Enciclopédico Ilustrado Oriente. Editorial Oriente 1994. Pp. 38, 269.
- CHEFTEL J. Y BESANCON P. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Traducido del Frances por Francisco López. Editorial Acribia 1883. Volumen dos. pp. 215,222.
- DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA Semillas, Editorial Continental S.A. 1969, pp 19-25, 237-555.

- DESROSIER, N. W. Elementos de Tecnología de los Alimentos, Editorial continental S.A., México 1989 pp 15-29, 523-545.
- DEUTSCHE, EINHEITSMETHODEN ZUR UNTERSUCHUNG VON FETTEN Padrao Alema para Análise de Gorduras, E Outros Lípidos.
- EARLE R. Ingeniería de los Alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza España 1967. pp. 213-214, 211-212.
- ERICKSON, D. R. Manual de Procesamiento y Utilización del Aceite de Soya, Asociación Americana de Soya, México D. F. pp 199-209.
- EL-GHARBAWI, M. I. Some Chemical, Physical Characteristics of Nakee Pumpkin seed Oil, The libyan journal of Agriculture 1977, pp 199-203
- FERSINI A. Horticultura Practica. Segunda Edición, Editorial Diana, México 1976. pp. 230-231
- FIESTER, L. Y FIESER, M. Química Orgánica Superior, Tratados por manuales Grijalbo. Traducido por Dr. Francisco Giral, Ediciones Grijalbo, S.A. México D.F. 1966 pp 26-29.
- GUERRERO X, SÁNCHEZ M. Extracción del Aceite de las Semillas de Girasol, Tesis Fcial, Ambato, Ecuador, UTA 1992. pp 20-21, 27.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION (INEN), GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES. NORMAS: 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 473, 519, 520, 523.
- KIRK, R.E, Y OTHMER . Tecnología Química I-16 Editorial Beistrin Cuarta Edición, Volumen I, 1970 p. 243
- KIRSCHENBAUER H.G. Grasas y Aceites, Química Tecnología. Traducido por Pablo Gurza. México Continental 1964 pp.31,33-34, 144-145.
- LAROUSSE R. Gran Enciclopedia. Tomo Primero. Editorial Planeta S.A. Barcelona. 1980. P. 384.
- LEES R. Análisis de los Alimentos, Métodos Analíticos y de Control de Calidad. Segunda Edición Española. Editorial Acribia 1974. Pp. 145-146-147.
- LEÑADO, F. Hortalizas de Fruto, Como, Donde, Cuando, Manual de Cultivo moderno. Editorial de vechi s.a. Barcelona 1978. pp. 146-147
- MACKEY, A. Evaluación Sensorial de los Alimentos, Ediciones Ciepe, Venezuela 1984. p 130
- MAROTO BORRERO, S. Horticultura Herbacea Especial. Editorial Mundi Prensa, Madrid, 1983. Pp. 434-435-436-437-438, 440-441-442-443-444.
- MEHLENBACHER V.C. Análisis de Grasas y Aceites. Enciclopedia de la Química Industrial Tomo 6, Traducido por José Ramón Iasa, Urmo S.A. De Ediciones, España, 1979. p. 625.
- PAVIA, D. L. Química Orgánica Experimental, Productos Naturales, Compuestos de Interés Farmacológico e Industrial, Traducido por M. Rull y F. Fabra, Barcelona, Universitaria 1978 pp 97-99.

- PRIMO YUFERA E, Y CARRASCO DORRIEN, Productos para el campo y Propiedades de los Alimentos. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos Tomo III Editorial Alhambra, Valencia, España 1981. p. 160.
- POTAPOV Y TATARINCHIK S. Química Orgánica. Traducido al Español por Neimi Sosa. Editorial Mir. 1979. pp. 292-293-294-295-296, 466, 475.
- RAPOPORT ZVI PHD. Hanbrook of Tables for Organic Compound Identification. Tercera Edición Erc. Rublished by the Chemical Rubber Co.
- REVUELTA GONZALES, L. Bromatología y Alimentación Animal, Colección Agrícola, Barcelona, Salvat 1963 pp 546-548.
- ROBLES R. Producción de Oleaginosas y Textiles Segunda Edición Editorial Limusa 1985 pp. 325, 327-328.
- SAURY, A. Aceites Vegetales Comestibles, Ediciones Cedel 1981 pp 69-71
- SALTOS, A. Diseño Experimental, Editorial Pio X, Ambato-Ecuador 1982 p 118.
- SMITTLE D. Y WILLIANSON R. Effect of Soil Compaction and Nitrogen Source on Growth and Yield of Squash. Editorial y American 1977. pp. 535, 537.
- TOAZA GUAMANQUISPE M. Evaluación de Seis Variedades de Calabaza en dos Densidades de Siembra. Tesis Ingeniero Agrónomo, Ambato, Ecuador, UTA 1988. pp. 1-8
- TRILLAS, R. Manual para Evaluación Agropecuaria Cucurbitácea Sep. España, 1975 pp. 9-10, 23.
- VALLEJO L. Tabla de Composición de Alimentos Ecuatoriano, Quito 1985.

ANEXOS

DIAGRAMA DE FLUJO A-1

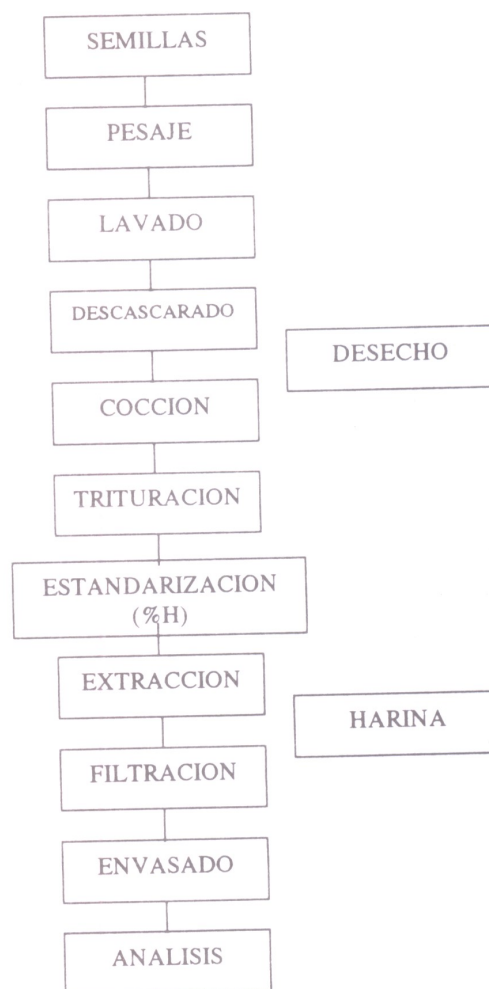


TABLA 1:

DETERMINACION (b.s.)	PROMEDIO EXPERIMENTAL (%)	PROMEDIO VALLEJO (%)	PROMEDIO EL- GHARBAWI (%)
Grasa	42.19	53.1	38.65
Proteína	29.85	29.2	29.94
Cenizas	5.56	5.0	5.47
Humedad	5.18	6.0	6.03
Hidratos de carbono	17.22	6.7	19.91

Fuente: Fase Experimental, Vallejo (1985), EL-Gharbawi (1977)

TABLA 2: RENDIMIENTO

TRATAMIENTO	R1	R2	X MEDIA
A1B1C1	35.0	35.4	35.20
A1B1C2	20.5	20.1	20.30
A1B1C3	19.3	18.6	18.95
A1B2C1	30.2	36.6	33.40
A1B2C2	21.0	19.5	20.25
A1B2C3	19.0	17.5	18.25
A1B3C1	32.1	29.8	30.95
A1B3C2	29.9	27.1	28.50
A1B3C3	16.1	16.7	16.40
A2B1C1	21.33	23.21	22.27
A2B1C2	20.0	19.30	19.65
A2B1C3	14.30	16.70	15.50
A2B2C1	17.83	15.50	16.16
A2B2C2	10.50	12.30	11.40
A2B2C3	4.30	9.80	7.05
A2B3C1	19.26	15.90	17.58
A2B3C2	17.10	14.30	15.70
A2B3C3	12.50	13.80	13.15

Fuente: Fase Experimental

TABLA 3: ACIDOS GRASOS LIBRES (%)

TRATAMIENTO	R1	R2	X MEDIA
A1B1C1	0.395	0.507	0.451
A1B1C2	0.677	0.766	0.677
A1B1C3	0.789	0.733	0.765
A1B2C1	0.507	0.507	0.507
A1B2C2	0.732	0.620	0.676
A1B2C3	0.902	0.564	0.733
A1B3C1	0.507	0.620	0.564
A1B3C2	0.846	0.507	0.677
A1B3C3	0.789	0.703	0.761
A2B1C1	0.564	0.620	0.592
A2B1C2	0.507	0.846	0.676
A2B1C3	0.789	0.789	0.789
A2B2C1	0.451	0.677	0.564
A2B2C2	0.620	0.733	0.676
A2B2C3	0.677	0.902	0.789
A2B3C1	0.507	0.733	0.620
A2B3C2	0.620	0.840	0.733
A2B3C3	0.733	0.959	0.846

Fuente: Fase Experimental

TABLA C-1 ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS DATOS DE RENDIMIENTO EN EL ACEITE EXTRAÍDO DE LAS SEMILLAS DE ZAMBO (*Curcubita Pepo*)

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	RAZÓN DE VARIANZA
REPLICA	1	0.099	0.099	0.0261
FACTOR A	1	769.970	769.970	202.6520**
FACTOR B	2	104.713	52.356	13.7799**
AB	2	66.341	33.171	8.7304**
FACTOR C	2	752.994	376.497	99.0922**
AC	2	120.305	60.152	15.8318**
BC	4	64.066	16.017	4.2155*
ABC	4	60.250	15.062	3.9643*
ERROR	17	64.591	3.799	
TOTAL	35	2003.328		

 ** Significativo a $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$

 * Significativo a $\alpha = 0.01$

Factor A = tipo de extracción

Factor B = tiempo de cocción

Factor C = porcentaje de humedad

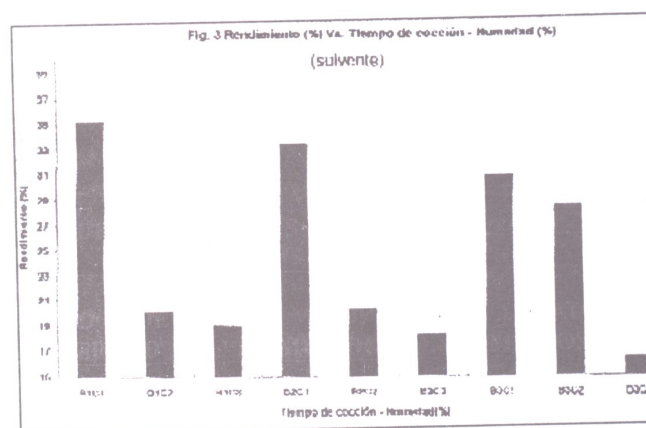
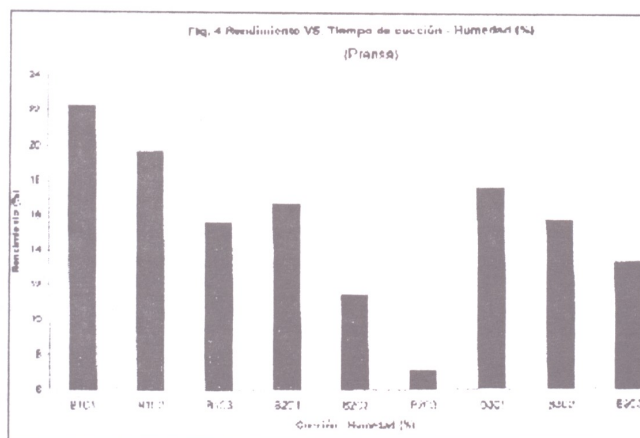
FIGURA 3: RENDIMIENTO (%) VS. TIEMPO DE COCCIÓN - HUMEDAD (%). (SOLVENTE)


FIGURA 4: RENDIMIENTO VS. TIEMPO DE COCCIÓN - HUMEDAD (%). (PRENSA)



ESTUDIO DEL PROCESO DE MACERACIÓN EN LA FABRICACIÓN DE CERVEZA TIPO SUAVE A PARTIR DE MALTA NACIONAL

Jorge Cabrera*
Fernando Navarro*
Angel Ulloa**

RESUMEN

El estudio plantea como objetivo encontrar el mejor tratamiento de maceración, entre las tres (3) condiciones ensayadas de maceración para una malta nacional, variedad Clipper, y la posterior elaboración de cerveza tipo suave como producto final.

La materia prima fue caracterizada mediante un análisis proximal que comprendió: humedad, almidón, ceniza, sólidos solubles, proteína y poder diastásico.

En la investigación se aplicó un diseño experimental a.b.c que comprende los siguientes factores y niveles:

- A. Tipo de molienda: a_0 molienda seca, a_1 molienda húmeda
- B. Tratamientos de maceración: b_0 tratamiento testigo, b_1 tratamiento 1 (+5 min.), b_2 tratamiento 2 (-5 min.)
- C. Temperaturas de reposos o descansos: c_0 reposo 1 (50°C), c_1 reposo 2 (65°C), c_2 reposo 3 (71°C), c_3 reposo 4 (76°C).

Como respuesta experimental se evaluó la dextrinización y la producción final de maltosa en el mosto. Con el mejor tratamiento determinado en base al análisis estadístico de las respuestas experimentales y con los dos subsiguientes tratamientos se procedió a elaborar cerveza tipo suave como producto final.

Como los mejores tratamientos de sacarificación se determinaron las siguientes combinaciones:

PRIMERA CONDICION DE MACERACION:

- A. Tipo de molienda: a_0 = molienda en base seca.
- B. Tratamiento de maceración b_1 = tratamiento 1 (+5 min.)
- C. Temperaturas de reposos o descansos $c_0=50^\circ\text{C}$, $c_1=65^\circ\text{C}$, $c_2=71^\circ\text{C}$, $c_3=76^\circ\text{C}$.

* Egresado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

** Ingeniero en Alimentos, Profesor de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

SEGUNDA CONDICION DE MACERACION:

- A. Tipo de molienda: a_0 = molienda en base seca
- B. Tratamiento de maceración b_0 = tratamiento O (testigo)
- C. Temperaturas de reposos o descansos $c_0=50^{\circ}\text{C}$, $c_1=65^{\circ}\text{C}$, $c_2=71^{\circ}\text{C}$, $c_3=76^{\circ}\text{C}$.

TERCERA CONDICION DE MACERACION:

- A. Tipo de molienda: a_1 = molienda en base húmeda
- B. Tratamiento de maceración b_1 = tratamiento I (+5 min.)
- C. Temperaturas de reposos o descansos $c_0=50^{\circ}\text{C}$, $c_1=65^{\circ}\text{C}$, $c_2=71^{\circ}\text{C}$, $c_3=76^{\circ}\text{C}$.

Se elaboró cerveza en base a los tres mejores tratamientos, de acuerdo a la mayor producción de maltosa y a una adecuada producción de dextrinas en el mosto, y luego se sometió a caracterización físico química y evaluación sensorial con una cerveza a fin.

La comparación de resultados físico químicos así como sensoriales con una muestra de cerveza comercial permite concluir que aplicando el tratamiento $a_0b_1c_0..c_3$ (primera condición de maceración), se obtuvo un producto de buena calidad utilizando malta nacional (variedad de cebada CLIPPER).

INTRODUCCION

Se llama cerveza al producto que se obtiene por fermentación de una infusión de cereales, especialmente cebada, sometidos previamente a un proceso enzimático antes de la sacarificación. En realidad, esta bebida es el producto alcohólico que se obtiene por fermentación de una infusión de harina de cebada después que ha sufrido un proceso germinativo, punto en el cual este cereal toma el nombre de malta.

La cerveza es una de las bebidas más antiguas empleadas por la humanidad. Primitivamente era la mujer la encargada de la preparación y solo cuando se convirtió en industria pasó a la jurisdicción del hombre.(3)

En la actualidad es una bebida de amplio consumo debido a el bajo contenido alcohólico, su carácter refrescante, y su precio relativamente bajo. También se la puede considerar como fuente alimenticia ya que posee un valor nutritivo apreciable. Se dice que la cerveza proviene de un mosto aromatizado con lúpulo al cual se le ha inoculado la levadura,(1).

Villavecchia, (1989) indica que además del agua, alcohol, anhídrido carbónico, contiene una cantidad notable de sustancias disueltas, comprendidas bajo el nombre colectivo de sustancias extractivas, principalmente azúcares (maltosa), dextrinas, albuminoides, sustancias procedentes del lúpulo, glicerina, ácido succínico, sales orgánicas e inorgánicas varias como cobre, magnesio, fosfatos, zinc, cloruros entre otros.

Se trata de una bebida de elevado poder energético, de bajo contenido alcohólico que debido a la mayor o menor presencia de ciertos componentes citados anteriormente influyen sobre cualidades, tales como aroma, bouquet (vegetal o especias), sabor amargo (sabor a lúpulo), formación de espuma, color, que son atributos de la calidad de la cerveza; apreciados de diferente forma por los consumidores.

MATERIALES Y METODO

MATERIALES

Se empleó malta nacional (15 Kg), de variedad Clipper (Hordeum vulgare) adquirida en Maltería La Victoria, Quito. Además se adquirió por importación el Lúpulo (20 oz) desde Washington D.C. (USA) de la casa Jhon I. Hass, INC. y la levadura de fermentación baja (Saccharomyces carlsbergensis) en forma liofilizada (2 sobres de 10 g), de la casa WIESBY Biofermentation. Niebull. Alemania.

EQUIPOS Y REACTIVOS.

Equipos

- Equipo de maceración MIG 6000 (INIAP)
- Equipo de fermentación MICROFERM FERMENTOR
- Refractómetro ABBE
- Equipo para determinar azúcares reductores
- Cocinetas
- Molino EBC. Mill (INIAP).
- Estufa THELCO MODEL 19
- Brixómetro 0-30 °Bx
- pH metro HANNA
- Filtro Prensa FILTROX - WERK CH9001 St
- Balanza analítica Mettler H 315
- Determinador de humedad BRABENDER
- Digestor y destilador MICRO KJELDAL
- Baño termostático JULABO EM 128
- Autoclave
- Equipo completo de destilación
- Otros extras

Reactivos

- Tiosulfato de Sodio 0.05 N
- Solución de yodo 1/10 N.
- Alcohol neutro 96 %.
- Licor de Fehling A.
- Licor de Fehling B.

- H₂SO₄ 1/10 N.
- NaOH 1/10 N, 1/4 N.
- Ácido Acético Glacial.
- Solución alcalina de ferricianuro Potásico 0.05 N.
- HCl Concentrado.
- Solución de Fenolftaleína.
- Hexano.
- Acetato básico de plomo.
- Ácido cítrico.
- Solución acuosa de Azul de metileno (1%).
- Eter neutro.

METODOLOGÍA

Caracterización de la Materia Prima, Malta.

La materia prima, malta, se sometió a los siguientes análisis de caracterización: humedad, almidón, ceniza, proteína, poder diastásico, sólidos solubles. Tabla 6.

Molienda

La molienda se efectuó de acuerdo al diseño experimental siguiendo dos métodos: molienda seca, a_0 , y molienda húmeda, a_1 ; según el método citado por J. S. Hough (1990).

Para el primer caso se somete a la malta sin ningún tratamiento previo, a molturación directa, empleando un molino de martillos eléctrico, marca EBC. Mill, (INIAP), con un tamiz con diámetro de malla de 0.3 mm, que permite alcanzar una granulometría adecuada para maltas cerveceras. En cambio, para la molienda húmeda se procedió a una humidificación previa a la malta, utilizando agua a una temperatura de 50 °C, en una relación agua - malta 3:1 por un tiempo de 15 minutos. Esto permite elevar la humedad del grano hasta valores del orden de 28-30 %. Una vez alcanzada esta humedad, se procede a la molienda empleando un molino de discos manual, marca Corona. En este caso el tamaño de partícula resultante es aproximadamente de 1.5 - 1.8 mm.

Maceración o Sacarificación

EXTRACCIÓN POR INFUSIÓN.

Este método de sacarificación, fue escogido principalmente por las cualidades operacionales del equipo macerador utilizado, el cual eleva y mantiene la temperatura de todo el mosto en conjunto prescindiendo de aplicar el método de decocción. A continuación detallamos la parte operacional del presente trabajo.

El grano (malta) una vez triturada fue sometida a tres niveles de sacarificación, b_0 , b_1 , b_2 , usando temperaturas y tiempos de descanso como se indica en el Tabla 6.

La maceración se efectuó en un macerador electrónico marca MIG 6000, el cual nos fue facilitado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

El equipo permite elevar la temperatura del mosto y mantenerla por diferentes tiempos de reposo previamente programados, de acuerdo al diseño experimental empleado que fue del tipo a.b.c con tres repeticiones.

Con los niveles de molienda a_0 , y a_1 , se inicia el proceso de maceración del nivel b_0 ; al formar un empaste, humedeciendo estas sémolas (malta molida), por la aspersión de agua caliente a una temperatura de 50 °C. Dando paso a la activación proteolítica, pues a medida que las partículas del endospermo se van hidratando los enzimas renuevan su ataque a las reservas nutritivas de la malta, parcialmente degradada y altamente vulnerable a la acción de las proteasas, permitiéndose esta acción por un lapso de 10 minutos.

La maceración continúa incrementando la temperatura a 65 °C en un tiempo de 5 minutos, seguido de un reposo a dicha temperatura por 15 minutos, dando oportunidad para que las alfa y las beta amilasas actúen coordinadamente, degradando la amilosa y la amilopectina liberando azúcares fermentescibles y dextrinas no fermentescibles. Debe indicarse que a esta temperatura trabaja de mejor forma la beta amilasa, pues su temperatura optima está en 65 °C.

Terminada esta segunda fase de la maceración se continúa con una tercera, que consiste en incrementar la temperatura hasta 71 °C en un tiempo de 5 minutos y su mantenimiento (descanso) a esta temperatura por espacio de 20 minutos, lo que hace posible la acción de la alfa amilasa.

Este ataque enzimático conduce a la progresiva solubilización de los compuestos contenidos en las partículas de malta, a fin de dejar sólo un pequeño resto de materias no degradables.

Luego se procede a elevar la temperatura desde 71 °C hasta 76 °C en un tiempo de un minuto, manteniendo a esta última (76°C), por 20 minutos con lo que se inactivan los enzimas.

Finalmente el mosto se enfría hasta 20 °C en un tiempo de 15 minutos y luego se lo separa, del bagazo, por filtración, empleando papel filtro Watman número 3.

Además se ensayaron 2 niveles de maceración paralelos, en los cuales se variaron los tiempos de reposo o descanso con el incremento de tiempo positivo de más 5 minutos y, que corresponde al nivel de maceración b_1 , y un decremento de tiempo de igual magnitud correspondiente al nivel de maceración b_2 .

EBULLICIÓN DEL MOSTO CON LÚPULO

Terminada la filtración se adicionó el lúpulo en una cantidad aproximada de 3.0-3.5 g/lit del mosto, y luego se procedió a elevar la temperatura hasta ebullición (92 °C) por un tiempo de 2 horas, consiguiendo eliminar alrededor de 6%-7% de agua, y creando un mosto estéril y apto para la posterior fermentación.

ENFRIAMIENTO DEL MOSTO

Se redujo la temperatura del mosto desde aproximadamente 92 °C hasta 10-12 °C usando el sistema de baño María con agua fría, con la finalidad de alcanzar una temperatura adecuada para la acción de la levadura (*Saccharomyces carlsbergensis*).

FERMENTACIÓN.

Los mostos una vez enfriados fueron inoculados con la levadura en una cantidad del 1% p/v, luego se procedió a agitarlos vigorosamente con la finalidad de airearlos adecuadamente. La fermentación de los mostos se llevó a cabo a la temperatura de $17\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, controlando lo mejor posible la misma, para lo cual se mantuvo el tanque de fermentación inmerso en agua a tal temperatura, por alrededor de cinco a siete (5 - 7) días, hasta que la fermentación tumultuosa cese; pues ésta se caracteriza por la formación de grandes cantidades de espuma debido a la eliminación intensa de CO_2 del mosto. Una vez finalizada la misma, se separó la levadura del medio fermentado (cerveza verde) sometiendo primero a una decantación y posteriormente a una doble filtración empleando un lienzo y papel filtro Watman número tres respectivamente.

Para controlar de mejor manera este proceso tan importante en la elaboración de cerveza, se hizo un seguimiento diario controlando parámetros como son: temperatura, pH, °Brix, I.R., acidez de los mostos en fermentación.

MADURACIÓN

Al inicio de la maduración, que en sí es una fermentación secundaria, la cerveza debe estar previamente excenta de la mayor parte de levadura sedimentada. El tiempo de maduración de la cerveza fue de alrededor de 15-17 días, a la temperatura de $4\text{--}6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (empleando un refrigerador) a fin de obtener una buena clarificación y maduración.

FILTRACIÓN FINAL

Esta se llevó a cabo utilizando de un filtro prensa compuesto por 15 placas, construido en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Central de la ciudad de Quito, hasta obtener una buena clarificación en el producto.

PASTEURIZACIÓN.

El producto se pasteurizó con el empleo de un baño termostatzado a temperatura de $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un tiempo de 30 minutos. Luego de lo cual se procedió a la conservación a temperatura de refrigeración, de $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ aproximadamente

GASIFICACIÓN

Este paso muy importante, otorga características muy propias a las bebidas gasificadas, se pudo lograr este objetivo gracias a la colaboración del Señor Jorge Boada, propietario del Toro Cerveceros, quien nos facilitó un dispensador de CO_2 que permitió inyectar la cantidad adecuada del gas, que está comprendida entre 0.2-0.4%; este equipo dispone de un tanque de acero inoxidable que permite mantener la cerveza en reposo y refrigeración ($4\text{--}6\text{ }^{\circ}\text{C}$). Antes de inyectar CO_2 ésta reposó 12 horas, para no tener problemas con el dispensador según lo aconsejó la técnica. Esta operación se la llevó a cabo en el Laboratorio de Procesamiento de Alimentos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

RESULTADOS Y DISCUSION

RESULTADOS DE LA METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

MOLIENDA

El grano de malta al ser sometido a la molienda seca (ao), se tiene que un 88.1 % alcanza un tamaño de partícula entre 1.00 y 1.40 mm; el 10.40 % tiene un diámetro menor de 1.00 mm (granos finos) y un 6 % aproximadamente de granos tiene diámetro medio de 2.36 mm. Según los valores anteriores, el mayor porcentaje, (88.1 %), corresponde a la granulometría esperada para este caso, ya que el molino empleado es específico para malta.

En la molienda húmeda, a₁, (humedad del grano, 28%), efectuada utilizando un molino manual de discos proporcionó una distribución de partículas que para este caso un 9 % corresponde a un tamaño de partícula superior a 4.75 mm de diámetro; esta fracción esta conformada en su totalidad por la cascarilla de la malta que ha sido desprendida del grano húmedo. Un 53 % del grano posee diámetro entre 1.00 y 1.40 mm (88.10 % en la molienda seca); un 38 % con tamaño aproximado de 2.36 mm. En este caso se tiene una fracción mayor de granos gruesos 38 %, (6 % en molienda seca); pero permite desprender la cascarilla casi completamente del grano durante la tritución, favoreciendo así la posterior filtración del mosto.

Según Lamich (1959), el molido grueso afecta al braceado por infusión, más que al de decocciones parciales. No obstante una diferencia de 0.3 a 0.5 milímetros es común en la molienda. Para nuestro caso, tanto en la molienda seca como en la húmeda, los mayores porcentajes 88.1 % y 50 % respectivamente tienen una diferencia de tamaño de 0.4 milímetros entre sí.

MACERACION O SACARIFICACIÓN

ACIDEZ

En el braceado aumenta, en conjunto, la acidez del mosto, ya que se forman fosfatos derivados de la fitina, ácidos nucleicos y aminoácidos, derivados de taninos de la piel del grano de carácter ácido.

BRIX

El incremento se debe a que durante la maceración (descansos Co, C1, C2, C3) la alfa amilasa, es decir la amilasa dextrinógena, actúa primeramente con toda intensidad en co y c1 en las condiciones empleadas, pues el macerado contiene al principio una cantidad predominante de dextrinas y sólo muy poca maltosa. La materia fermentescible (maltosa bruta) es generada en abundancia en c2 actuando enérgicamente la beta amilasa la cual produce abundante maltosa partiendo de las dextrinas producidas por la amilasa dextrinógena.

Gracias a estas dos enzimas se logra la licuación del engrudo formado por las diferentes condiciones de maceración logrando desintegrar aproximadamente hasta la mitad de su tamaño las grandes moléculas de almidón de alto peso molecular. Es conveniente no producir mostos de elevado contenido en sólidos solubles, ya que un adecuado mosto para cerveza debe considerar un adecuado desdoblamiento del almidón en maltosa y dextrina, el mismo que no debe ser ni excesivo ni deficiente ya que debe dejarse ciertas cantidades de dextrina infermentescible para las levaduras cultivadas de fermentación.

pH

En el desdoblamiento del almidón y la consecuente producción de azúcares gracias a la acción de los enzimas el mosto sufre un aumento del potencial hidrógeno, siendo más notorio en la condición de maceración b1 el mismo que alcanza una adecuada producción de azúcares reductores principalmente maltosa.

ÍNDICE DE REFRACCIÓN (I.R.)

Refiriéndonos al índice de refracción, se conoce, que este parámetro se relaciona directamente con el contenido de °Brix, por lo tanto la variación es similar a la que se obtiene con los sólidos solubles; esto es, a medida que transcurre el proceso de maceración, existe un incremento de °Brix; y de la misma manera se incrementa el valor del índice de refracción.

ALMIDÓN

En la maceración las transformaciones enzimáticas son de gran importancia en la licuefacción de los almidones para dar paso a la sacarificación del macerado, el desdoblamiento del almidón gracias a los enzimas produce los azúcares fermentescibles, lo cual debe comprobarse con la reacción al Iodo presentándose positivo hasta los primeros quince minutos de iniciada la maceración, luego de este lapso la reacción debe ser negativa, es decir, no debe presentar reacción ni del almidón ni de la dextrina.

RESULTADO DE LAS RESPUESTAS EXPERIMENTALES

MALTOSA

Al analizar la Tabla 3 de Análisis de varianza ($P = 0.05$ y $P = 0.01$) se puede concluir lo siguiente:

1. El tipo de molienda aplicada a la malta para sacarificarla tiene influencia significativa, ya que la razón de varianza: 118.1641 supera ampliamente al F: 4.05 ($P=0.05\%$) y 7.21 ($P=0.01\%$), sobre la producción de maltosa en el mosto final; lográndose mayores valores con una molienda seca a_0 . En cuanto al factor B se obtiene para la condición b_0 de maceración valores de 10.74 % frente a 5.04 % con la molienda húmeda (a_1). Así también en la condición de maceración del mosto b_1 , se produce 12.35 % de maltosa en el nivel a_0 (molienda seca); mientras que en a_1 (molienda húmeda) el valor llega a 10.73 %. Finalmente, en la condición b_2 de maceración, sucede lo contrario, ya que en el nivel a_1 (molienda húmeda) se llega a valores de maltosa de 8.13 % y de 7.19 % en la molienda seca (a_0) observándose que en este último caso la diferencia entre los tipos de molienda aplicados no son de gran magnitud como sí sucede en las otras dos condiciones de maceración b_0 y b_1 .

2. La condición de maceración influye significativamente sobre el desdoblamiento del almidón hasta maltosa, observándose que se obtiene mejores resultados si se permite una acción enzimática por un tiempo adicional de 5 minutos en los descansos, (condición b_1), en comparación con el proceso de maceración testigo (condición b_0). En conclusión la condición de maceración b_1 produce mayor azúcar reductor en relación a las otras dos condiciones ensayadas: b_0 , b_2 . Numéricamente, la razón de varianza para este caso es de 71.89 frente al estadístico $F(P=0.05\%) = 3.20$.
3. El efecto que mayor significancia tiene, es el valor creciente de maltosa a lo largo de los diferentes descansos $c_0 \dots c_3$, notándose que al finalizar el macerado con la temperatura de inactivación enzimática (76°C), la producción de maltosa llega a valores del orden de 12.35 g/100 cc de mosto, como valor máximo en el tratamiento $a_0b_1c_3$; y un valor mínimo de 5.04 g/100 cc de mosto en el tratamiento $a_1b_0c_3$. se tiene una razón de varianza de 900.84 para un valor $F(P=0.05\%) = 2.81$, es decir existe una diferencia altamente significativa.
4. El efecto combinado de la molienda y las diferentes condiciones de maceración, también son significativos, notándose que la mejor combinación es la que corresponde a molienda seca y condición b_1 de maceración, a_0b_1 . Pues la razón de varianza para este caso es de 30.51 y el valor $F(0.05\%)$ es de 3.20.
5. La molienda relacionada con los descansos (combinación AC), tiene influencia significativa (razón de varianza = 53.33 y $F(P=0.05\%) = 2.81$) sobre la producción de maltosa en el mosto, dando valores más altos al final de la sacarificación partiendo de una malta triturada seca (tratamiento $a_0b_1c_3$). De igual manera al interrelacionar el factor B, condiciones de maceración, con el factor C, tiempos de descanso, se determina que la condición b_1 es la adecuada para producir más cantidad del azúcar al final del proceso, es decir en el nivel c_3 . De la tabla de análisis de varianza se tiene que la interacción BC posee una razón de varianza del 27.50 y el $F(0.05\%)$ respectivo es de 2.30.
6. Al interrelacionar los tres factores en estudio, A, B, C; vemos que influyen significativamente entre sí, razón de varianza = 22.9963 siendo el $F(0.05\%)$ para este caso de 2.30. Concluyéndose que el tratamiento que mayor producción de maltosa produce es $a_0b_1c_3$.

DEXTRINA

De acuerdo al análisis de varianza ($P = 0.05$ y $P = 0.01$) de la Tabla 7 se puede decir que:

1. El factor molienda (A) es significativo en el proceso de dextrinización; puesto que la razón de varianza de este factor (86.27) supera ampliamente el valor de F reportado (4.05). Dando mejores resultados en la maceración si se aplica una molienda seca a_0 a la malta. Así mismo, los niveles de la maceración si se aplica una molienda seca a_0 a la malta. Así mismo, los niveles de la condición de maceración (factor B), ensayados son significativos, los niveles b_0 y b_1 aparentemente semejantes entre sí pero diferentes a su vez de la condición b_2 (Tabla 5). El nivel b_1 resulta ser la mejor condición de sacarificación por su valor bajo en dextrina y por la alta producción de maltosa; pues, la dextrina está en el orden de 3.37 gr./100 cc de mosto al final del proceso, nivel c_3 .
2. La dextrinización se va dando a lo largo del proceso de maceración, especialmente en los descansos del mosto a las diferentes temperaturas, entonces éstos tienen una influencia significativa. En la Tabla 4 los valores de razón de varianza = 865.81 y $F = 2.81$, es indicativo que existen diferencias altamente significativa entre los diferentes niveles de estudio del factor C, lográndose valores adecuados en el nivel c_3 , (76°C).

3. El efecto combinado: factor A (molienda) y factor B (condiciones de maceración), son significativos entre sí observándose que el tratamiento a_0b_1 ofrece una dextrinización adecuada a lo largo del proceso, (3.3711 g dextrina/100 cc de mosto).
4. Al relacionar el factor A (molienda), en sus niveles a_0 y a_1 , con el factor C, en sus niveles c_0 , c_1 , c_2 , c_3 (descansos del mosto a las diferentes temperaturas), sobre la variable producción de dextrinas, se puede observar que existe influencia significativa, dando una razón de varianza para la combinación de estos factores de 48.55, frente a un valor de $F(0.05)$ calculado igual a 2.81, ver Tabla 4. El tratamiento que da mayores valores al final de la sacarificación si partimos de una molturación seca del grano de malta, a_0 , es a_0c_3 . Así también el factor B relacionado con las etapas de descansos (factor C), son significativos, determinándose que el mejor tratamiento es b_1c_3 .
5. La interacción entre los tres factores en estudio, A, B, C; es significativa, pues se obtiene como razón de varianza un valor de 17.78 frente al valor de $F(0.05)$ calculado de 2.3; lo que permite adicionalmente concluir que la combinación que mejor dextrinización ofrece es $a_0b_1c_3$ con un valor de dextrina de 3.37g dextrina/100 cc de mosto tratamiento que corresponde a: molienda seca y condición de maceración con incremento de más 5 minutos en los descansos respecto al nivel b_0 .

EVALUACION DE LA FERMENTACION.

Los parámetros controlados: temperatura, pH, grados Brix, índice de refracción, acidez del mosto en el proceso fermentativo de los tres mejores tratamientos de maceración ensayados. Al analizar separadamente cada parámetro se puede ver que; la temperatura se ha logrado mantener aproximadamente constante entre 17 y 18 °C a lo largo de todo el proceso. Para el primer mejor tratamiento de maceración ($a_0b_1c_0$) el valor del pH inicial (5.2) decrece al final de la fermentación (día 6) hasta valores de 4.1; mientras que para el segundo mejor tratamiento ($a_1b_1c_0$) desde un valor inicial de 5.3 se llega al final a 4.0; finalmente para el tercer mejor tratamiento ($a_0b_0c_0$) desde 5.7 se culmina en un valor de pH = 4.2, este parámetro no tiene mayor variación entre los tratamientos de maceración ensayados. Al final de la maceración, el primer mejor tratamiento tiene una acidez expresada en porcentaje de ácido láctico de 0.0887% frente a 0.0802% y 0.0780% en el segundo y tercer mejor tratamiento respectivamente, el menor valor de acidez deriva de una deficiente fermentación ya que en el proceso se desdobra menor cantidad de azúcares fermentescibles; así que para el primer mejor tratamiento de maceración se desdobra 9.1°Bx, para el segundo mejor tratamiento 6.8°Brix y para el tercer mejor tratamiento 4.7°Brix.

Sin embargo los azúcares presentes en los mostos sufren una transformación por acción de la levadura hasta alcohol y anhídrido carbónico.

EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA CERVEZA

La cerveza como producto final es también sometida a una valoración comparándola con una cerveza comercial, Pilsener. Los parámetros sujetos a medición; v.g. el pH es semejante en todos los tipos de cerveza; la densidad, (1.00898), de la cerveza Pilsener supera en 98 diez milésimas al valor determinado en la cerveza elaborada experimentalmente para el primer mejor tratamiento (1.00800); en 43 diez milésimas al segundo (1.00843); y, en cambio el tercer tratamiento supera a la densidad de la cerveza comercial en 152 milésimas (1.01050). Villavecchia (1987) indica valores de densidad entre 1.0070-1.0200.

Los ° Brix alcanzan 5.8 en la cerveza Pilsener, mientras que valores de 4.9, 5.1 y 5.6 en la bebida experimental del primero, segundo y tercer mejor tratamiento. El valor más bajo en grados Brix se refleja directamente en el mayor contenido de alcohol. El producto del primer mejor tratamiento es más alcohólico que aquella tomada como comparación, que se encuentra dentro del grado alcohólico aceptado para cerveza suave.

La acidez (% Ac. láctico) está en el promedio de 0.083 frente a 0.173 de la Pilsener. VILLAVECCHIA reporta valores de 0.1-0.3 % de ácido láctico para cervezas.

El valor del extracto original es semejante para el caso del primer mejor tratamiento y la Pilsener, 2.84 contra 2.45; mientras que los restantes dos tratamientos superan significativamente con respecto a la cerveza tomada como comparación. En la determinación del grado sacarométrico, que se define como la cantidad de extracto que estaba contenido en el mosto del cual la cerveza proviene (17) tenemos un valor de 8.7592 para la primera condición de maceración, 9.2862 para la segunda y, 8.6698 para el tercer ensayo comparado con 7.9396 de la cerveza Pilsener. Concluyendo que el producto obtenido a base del primer mejor tratamiento es el más semejante respecto a este parámetro a una cerveza comercial.

El grado de atenuación, definido como el porcentaje de extracto primitivo del mosto, que ha sufrido fermentación para el caso de las cervezas experimentales es de 67.58%, 61.40% y 52.45% para los tratamientos a prueba y de 69.14%; para la Pilsener, deduciendo de estos valores que el segundo y tercer tratamiento son pobres en extracto mas no así el primero.

De acuerdo a las características físico químicas evaluadas se puede concluir que la cerveza fabricada con el primer mejor tratamiento presenta valores muy semejantes a una cerveza comercial, en este caso la cerveza Pilsener, concluyendo que el producto es apto para el consumidor.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base al estudio se determinó que el proceso de maceración de la malta para la elaboración de cerveza comprende principalmente la transformación del almidón contenido en el grano a azúcares fermentescibles, maltosa y crear además las condiciones adecuadas para dar paso a la dextrinización necesarias para crear un medio adecuado para la acción de las levaduras en el proceso fermentativo y finalmente obtener una cerveza de calidad.

La molienda influye decididamente en el proceso de maceración, ya que la trituration del endospermo facilita la extracción de sustancias nutritivas que contiene la malta transformándolos especialmente en dextrinas y maltosa. De acuerdo a los resultados experimentales, se deduce que la mouturación seca, a₀, permite alcanzar mejores resultados en cuanto a la producción de estas sustancias ya que de las tres cervezas elaboradas, dos parten de una molida seca del grano de malta.

En relación a la variación en los tiempos de descansos del mosto a las diferentes temperaturas de maceración, se observa que un incremento de 5 minutos, da lugar a una mayor actividad enzimática con el consecuente aumento en la producción de maltosa y una mejor dextrinización en el grano de malta nacional tipo Clipper (variedad cervecera).

Según lo expuesto, de los tres mejores tratamientos de maceración ensayados, la condicione más favorable para lograr un proceso de sacarificación adecuado a la malta nacional variedad Clipper es: la primera condición de maceración.

Al caracterizar las cervezas elaboradas (con los 3 mejores tratamientos) partiendo de malta nacional y compararlas con la cerveza comercial Pilsener, se observa que tales parámetros son concordantes o no difieren mayormente para el caso del producto obtenido por la condición de maceración $a_0b_1c_0 \dots c_3$; por lo que, se puede concluir que esta cerveza se halla dentro de las condiciones establecidas de calidad para el producto.

En lo referente al grado alcohólico, se observa que el producto obtenido por el tratamiento anterior posee un valor de 3.78% v/v frente a un 2.79% v/v de la cerveza Pilsener, deduciéndose que ésta condición de sacarificación aplicada al mosto es adecuada, y que la mayoría de azúcares fermentescibles producidos al final del proceso se han transformado en alcohol.

Un desdoblamiento intenso de las proteínas totales influye sobre el sabor y la espumabilidad de la cerveza, pues los productos de desdoblamiento elevados retienen mejor el anhídrido carbónico.

En base de este estudio se recomienda que el desdoblamiento de las proteínas y almidón no debe ser ni demasiado pequeño ni demasiado grande, ya que si se quiere obtener una buena cerveza, si la cantidad de productos de desdoblamiento de bajo peso molecular es demasiado pequeño la levadura dispone de poco alimento, de modo que la fermentación decae en las cubas demasiado pronto.

La malta nacional variedad Clipper presentó problemas de filtración y clarificación, los cuales se vieron reflejados en el producto final el cual lastimosamente no pudo ser filtrado adecuadamente.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, U. ; Aquarone, E. y Borzani, W. Tecnología das Fermentacoes. Ed. Edgar Blucher Ltda. Brasil. 1975. pp. 52-65 v1.

AQUARONE, G.; Almeida, U, y Borzani, W. Alimentos e Bebidas Producidos por Fermentacao. Ed. Edgar Blucher Ltda. Brasil. 1975. pp. 173-202.

BRODERICK, Harol: Industria Cervecera, Cap.1, pag.2 Ed. Board, Wisconsin, 1977.

BRUÑO, G.M. Curso de Química. Séptima Ed. pp. 509-511. París. 1978

COMPENDIO DE MÉTODOS DE ANÁLISIS DE MALTA Y CERVEZA (-).

FERRAN LAMICH, José. CEBADA VARIEDADES CERVECERAS Y CERVEZA. Ed. Aedos. Barcelona - España. 1959.pp.171-187.

- FIGUEROA CARDENAS, Juan de Dios. Métodos Para Evaluar La Calidad maltera en Cebadas. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México D.F. 1985.
- GANDARIAS, J. Bioquímica. Ed. Universitaria. Barcelona .España. 1980. p. 131
- GARASSINI, Luis. A. Microbiología Agraria. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay 1967. pp. 507-512
- HAEHN, Hugo. BIOQUÍMICA DE LAS FERMENTACIONES. Ed. Aguilar. Madrid 1956. pp. 385-455.
- HOUGH, J.S. Biotecnología de la Cerveza y de la Malta, Cap 1, Ed Acribia S.A.Zaragoza- España.1990
- Kruger, Eckhard: Ley de la pureza, Tageszeitung fur Braverei, artículo, Berlín RFA, 1983.
- Nalco Chemical Company: Manual de Agua, Tomo I, Capítulo 2, pag 7, Ed. Mc Graw -Hill, México
- SALTOS, H. Estadística de Inferencia. Ed. Pío XII. Ambato, Ecuador. 1986.
- SALTOS, H. Diseño Experimental. Ed. Pío XII. Ambato, Ecuador 1993.
- Ullman, Fritz. Enciclopedia Química Industrial, tomo X, pag. 442, Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1970
- VILLAVECCHIA, Víctor. Tratado de Química Analítica Aplicada. 1987. Tomo I, II. Cap. I, III. Ed. Gustavo Gili S.A. Barcelona - España.
- WEBB, F. Ingeniería Bioquímica. Ed. Acribia. Zaragoza. España. 1976.
- WEST, Dwight. Chemists Brewing. Editorial Board U.S.A. 1958.
- YORGENSEN, Alfred. Microbiología de las Fermentaciones Industriales. Cap I. Ed. Acribia. Zaragoza. España. 1959

TABLA 1: TEMPERATURAS, TIEMPOS DE CALENTAMIENTO, Y TIEMPOS DE DESCANSO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS DE MACERACIÓN DE LA MALTA.

TRATAMIENTO	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO REQUERIDO PARA ELEVAR LA TEMP. (min)	TIEMPO DE DESCANSO (min)	ACTIVACION ENZIMATICA	OBJETIVO
a0b0c0	50	1	10	Proteasa	Activación Proteolítica
a0b0c1	65	5	15	Beta Amilasa	Formación de
a0b0c2	71	5	20	Alfa Amilasa	Maltosa
a0b0c3	76	1	20	Inactivación	Inactivación Enzimática
a0b1c0	50	1	15	Proteasa	Activación Proteolítica
a0b1c1	65	5	20	Beta Amilasa	Formación de
a0b1c2	71	5	25	Alfa Amilasa	Maltosa
a0b1c3	76	1	25	Inactivación	Inactivación Enzimática
a0b2c0	50	1	5	Proteasa	Activación Proteolítica
a0b2c1	65	5	10	Beta Amilasa	Formación de
a0b2c2	71	5	15	Alfa Amilasa	Maltosa
a0b2c3	76	1	15	Inactivación	Inactivación Enzimática
a1b0c0	50	1	10	Proteasa	Activación Proteolítica
a1b0c1	65	5	15	Beta Amilasa	Formación de
a1b0c2	71	5	20	Alfa Amilasa	Maltosa
a1b0c3	76	1	20	Inactivación	Inactivación Enzimática
a1b1c0	50	1	15	Proteasa	Activación Proteolítica
a1b1c1	65	5	20	Beta Amilasa	Formación de
a1b1c2	71	5	25	Alfa Amilasa	Maltosa
a1b1c3	76	1	25	Inactivación	Inactivación Enzimática
a1b2c0	50	1	5	Proteasa	Activación Proteolítica
a1b2c1	65	5	10	Beta Amilasa	Formación de
a1b2c2	71	5	15	Alfa Amilasa	Maltosa
a1b2c3	76	1	15	Inactivación	Inactivación Enzimática

TABLA 2: ORDENAMIENTO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES.

TRATAMIENTO	MOLIENDA	MACERACION	DESCANSO
a0b0c0	Base seca	Testigo	Reposo 1 (50°C)
a0b0c1	Base seca	Testigo	Reposo 2 (65°C)
a0b0c2	Base seca	Testigo	Reposo 3 (71°C)
a0b0c3	Base seca	Testigo	Reposo 4 (76°C)
a0b1c0	Base seca	+5 min	Reposo 1 (50°C)
a0b1c1	Base seca	+5 min	Reposo 2 (65°C)
a0b1c2	Base seca	+5 min	Reposo 3 (71°C)
a0b1c3	Base seca	+5 min	Reposo 4 (76°C)
a0b2c0	Base seca	-5 min	Reposo 1 (50°C)
a0b2c1	Base seca	-5 min	Reposo 2 (65°C)
a0b2c2	Base seca	-5 min	Reposo 3 (71°C)
a0b2c3	Base seca	-5 min	Reposo 4 (76°C)
a1b0c0	Base húmeda	testigo	Reposo 1 (50°C)
a1b0c1	Base húmeda	testigo	Reposo 2 (65°C)
a1b0c2	Base húmeda	testigo	Reposo 3 (71°C)
a1b0c3	Base húmeda	testigo	Reposo 4 (76°C)
a1b1c0	Base húmeda	+5 min	Reposo 1 (50°C)
a1b1c1	Base húmeda	+5 min	Reposo 2 (65°C)
a1b1c2	Base húmeda	+5 min	Reposo 3 (71°C)
a1b1c3	Base húmeda	+5 min	Reposo 4 (76°C)
a1b2c0	Base húmeda	-5 min	Reposo 1 (50°C)
a1b2c1	Base húmeda	-5 min	Reposo 2 (65°C)
a1b2c2	Base húmeda	-5 min	Reposo 3 (71°C)
a1b2c3	Base húmeda	-5 min	Reposo 4 (76°C)

TABLA 3: ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS VALORES DE MALTOSA EN EL MOSTO.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	RAZÓN DE VARIANZA	VALORES DE "F"	
					0.05	0.01
Réplica	2	0.577	0.288	1.44445	3.20	5.10
Factor A	1	23.589	23.589	118.1641	4.05	7.21
Factor B	2	28.704	14.352	71.8920	3.20	5.10
AB	2	12.183	6.091	30.5130	3.20	5.10
Factor C	3	539.512	179.837	900.8498	2.81	4.24
AC	3	31.940	10.647	53.3323	2.81	4.24
BC	6	32.936	5.489	27.4974	2.30	3.22
ABC	6	27.545	4.591	22.9963	2.30	3.22
Error	46	9.183	0.200			
Total	71	706.168				

TABLA 4: ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS VALORES DE DEXTRINA EN EL MOSTO.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	RAZÓN DE VARIANZA	VALORES DE "F"	
					0.05	0.01
Réplica	2	0.908	0.454	0.8499	3.20	5.10
Factor A	1	46.078	46.078	86.2793	4.05	7.21
Factor B	2	212.855	106.427	199.2824	3.20	5.10
AB	2	11.307	5.654	10.5863	3.20	5.10
Factor C	3	1387.178	462.393	865.8175	2.81	4.24
AC	3	77.786	25.929	48.5504	2.81	4.24
BC	6	124.383	20.730	38.8172	2.30	3.22
ABC	6	56.974	9.496	17.7803	2.30	3.22
Error	46	24.566	0.534			
Total	71	1942.034				

TABLA 5: COMPARACIÓN ENTRE NIVELES DE EFECTOS PRINCIPALES QUE TIENEN SIGNIFICANCIA. PARA ALFA 0.05.

FACTOR	NIVEL	PROMEDIO
Molienda (A)	a0	11.071
	a1	9.471
Tratamiento (B)	b0	11.550
	b1	11.420
	b2	7.841
AB	a0b0	12.150
	a0b1	11.870
	a1b1	10.980
	a1b0	10.950
	a0b2	9.193
	a1b2	6.488
Descansos (C)	c0	16.030
	c1	12.150
	c2	8.830
	c3	4.081
AC	a0c0	18.410
	a1c0	13.650
	a0c1	13.230
	a1c1	11.060
	a1c2	8.993
	a0c2	8.668
	a1c3	4.182
	a0c3	3.979

Continuación

FACTOR	NIVEL	PROMEDIO	
BC	b1c0	18.050	A
	b0c0	16.480	B
	b1c1	14.880	C
	b2c0	13.570	D
	b0c1	11.330	E
	b0c2	10.770	EF
	b2c1	10.230	F
	b1c2	9.998	F
	b0c3	7.629	G
	b2c2	5.725	H
	b1c3	2.775	I
	b2c3	1.839	J
ABC	a0b0c0	19.560	A
	a0b1c0	19.100	A
	a1b1c0	16.990	B
	a0b2c0	16.580	B
	a0b1c1	15.020	C
	a1b1c1	14.740	C
	a1b0c0	13.400	D
	a0b2c1	13.280	D
	a0b0c1	11.380	E
	a1b0c1	11.270	E
	a0b0c2	11.260	E
	a1b2c0	10.560	EF
	a1b0c2	10.280	EF
	a1b1c2	10.020	FG
	a0b1c2	9.974	FG
	a1b0c3	8.842	G
	a1b2c1	7.189	H
	a1b2c2	6.678	H
	a0b0c3	6.417	H
	a0b2c2	4.771	I
	a0b1c3	3.371	J
	a1b1c3	2.178	JK
	a0b2c3	2.150	K
	a1b2c3	1.527	K

TABLA 6: CARACTERIZACIÓN DE MALTA NACIONAL, VARIEDAD "CLIPPER" Y SU COMPARACIÓN CON MALTA DE DOS CARRERAS.

ANÁLISIS		MALTA	
Humedad	(%)	7.97	3.5
Almidón	(%)	68.33	58.0
Cenizas	(%)	1.60	2.5
Proteína	(%)	7.80	10.0
Sólidos Solubles	(%)	1.80	***
Poder Diastásico	(°L)*	126.00	104-254

(*) Grados Lintner

(1) Datos experimentales

(2) Según Ferrán Lamich (1959)

(***) Ferrán Lamich (1959) reporta valores de 5.6 para cebada de dos carreras, no para malta.

TABLA 7: VALORES DE ACIDEZ (% DE ÁCIDO LÁCTICO) PROMEDIOS EN LAS DIFERENTES MOLIENDAS (a0, a1).

TRATAMIENTO	MEDIA	PROMEDIO	TRTAMIENTO	MEDIA	PROMEDIO
a0b0c0	0.0093	0.0076	a1b0c0	0.0081	0.0050
a0b1c0	0.0120		a1b1c0	0.0042	
a0b2c0	0.0015		a1b2c0	0.0027	
a0b0c1	0.0198	0.0163	a1b0c1	0.0135	0.0134
a0b1c1	0.0153		a1b1c1	0.0144	
a0b2c1	0.0138		a1b2c1	0.0123	
a0b0c2	0.0180	0.0189	a1b0c2	0.0192	0.0184
a0b1c2	0.0237		a1b1c2	0.0201	
a0b2c2	0.0151		a1b2c2	0.0159	
a0b0c3	0.0186	0.0209	a1b0c3	0.0207	0.0273
a0b1c3	0.0258		a1b1c3	0.0384	
a0b2c3	0.0183		a1b2c3	0.0228	

Fuente: Resultados experimentales

Universidad Técnica de Ambato
Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
Teléfono 849520 - Fax 849555
Casilla Postal 18-01-0334
E-mail UTA@ECUA.NET.EC
Ambato - Ecuador

Se acepta canje y donación de publicaciones
Valor s/. 20.000