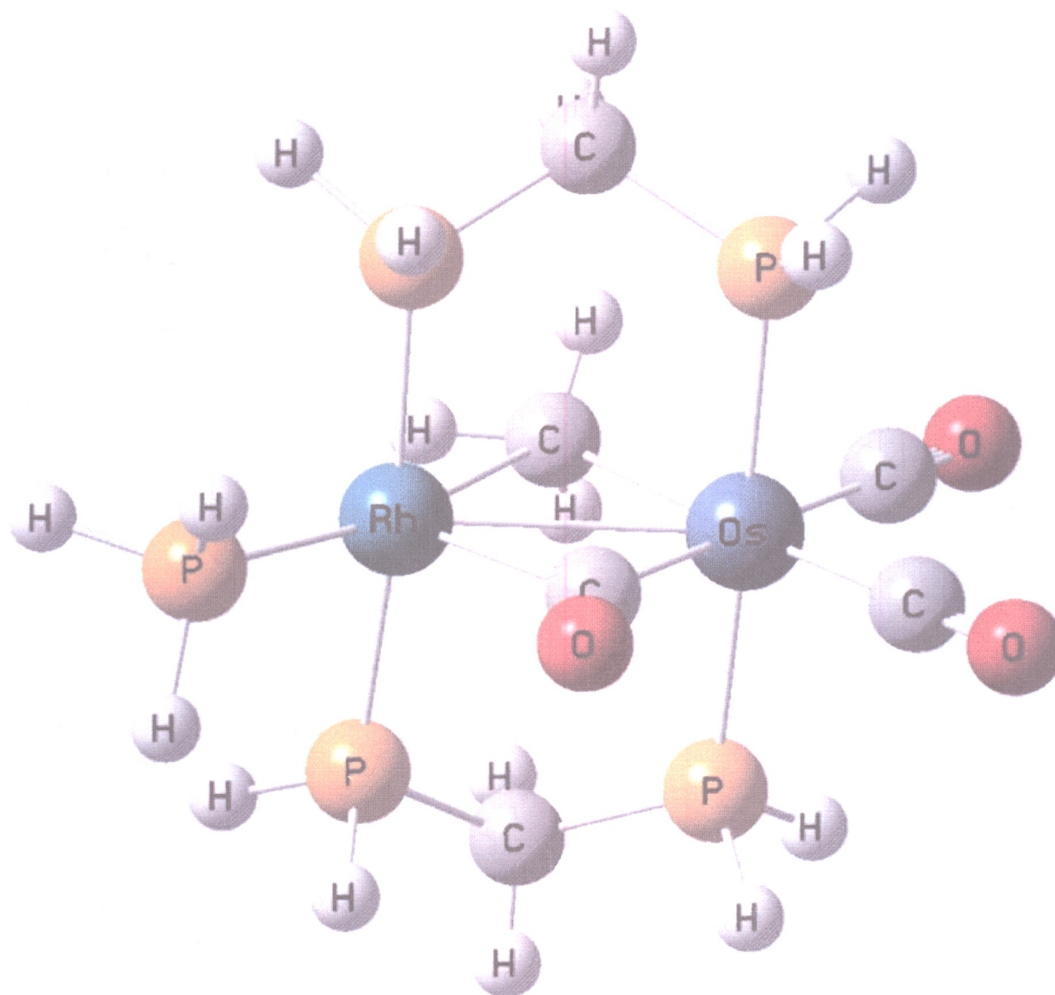


ALIMENTOS

CIENCIA E INGENIERIA



OCTUBRE - 2005

N° 14(2)

La Revista **ALIMENTOS CIENCIA E INGENIERÍA** es una publicación semestral 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 de cooperación mediante el intercambio científico y cultural.

Las contribuciones a la presente publicación son responsabilidad absoluta de los autores.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO

Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

UTA - FCIAL 2006

RECTOR: Ing. Luis Amoroso M. M. Sc.

VICERRECTOR

ACADEMICO: Dr. Galo Naranjo

VICERRECTOR

ADMINISTRATIVO: Dr. Remigio Medina

DECANO: Ing. Guillermo Poveda P. Msc.

SUBDECANO: Ing. Angel Ulloa U. Msc.

DISEÑO Y

DIAGRAMACION: Ing. Jorge Vélez G.

REPRODUCCION Y

ENCUADERNACION: Arturo Freire

ISSN 1390-2180

Impresión FCIAL- mayo/2006

EDITORIAL

INSTITUCIONALIZACIÓN DEL SISTEMA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA EN EL ECUADOR

Históricamente, en el Ecuador la investigación agropecuaria ha estado en manos del sector público, la cual ha tenido limitados lazos con los productores, la agroindustria y otros elementos de las cadenas agroproductivas. Esto ocurría fundamentalmente porque la agenda de investigación se creaba sobre la base del entusiasmo, vocación y capacidad de los científicos, sin que hubiera la adecuada participación de los beneficiarios y la necesaria evaluación de los mercados.

Por otro lado, la investigación privada se ha desarrollado lenta y esporádicamente en las últimas décadas, enfocando sus recursos casi de manera exclusiva a resolver problemas específicos. Las instituciones de investigación y las universidades ecuatorianas han tenido débiles vínculos con la red científica internacional. La insuficiente inversión en investigación agrícola en el Ecuador ha sido una causa importante de los bajos rendimientos que se registran en los principales cultivos y en la ganadería en comparación con los países vecinos.

Dentro de la estrategia de modernización del estado, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) creó el Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios, PROMSA, que trabajó en las áreas de investigación, transferencia y sanidad agropecuaria, con el financiamiento del Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo.

En 1999, comenzó a funcionar un fondo para financiar proyectos de investigación agrícola bajo la modalidad de competencia (Fondo Competitivo). Este fondo logró conformar un portafolio de 108 proyectos de investigación y 13

alianzas estratégicas internacionales con recursos del Banco Mundial.

Este sistema de innovación tecnológica ha permitido un buen aprovechamiento de la infraestructura y del cuerpo de científicos e instituciones, mejorando de esta manera la base científica agropecuaria. A la vez, han articulado los recursos de extensión con los de investigación, considerados elementos de un solo proceso de innovación tecnológica.

El sistema fortaleció los vínculos entre investigadores nacionales y del exterior, aprovechando la información científica generada en diferentes lugares para su validación en el país y, al mismo tiempo privilegió la participación de jóvenes científicos en los proyectos.

De esta manera, hemos cumplido con nuestra responsabilidad de rendir cuentas a la sociedad ecuatoriana y al sector rural en particular, que con este documento dispone de un inventario tecnológico agropecuario actualizado, del cual deberán partir nuevas investigaciones y generarse nuevos conocimientos para enfrentar con éxito la globalización y la inminente apertura de los mercados.

Es necesario sin embargo, continuar con los procesos iniciados para consolidar el establecimiento de un sistema de innovación tecnológica, que reoriente y canalice los recursos del sector público y privado hacia el mejoramiento de la productividad y competitividad de las cadenas agroalimentarias ecuatorianas.

INDICE

INCIDENCIA DE MICROONDAS Y TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO EN LA VIDA UTIL DE LA MORA DE CASTILLA (<i>RUBUS GLAUCUS BENTH</i>) IRRADIADA	1
"INFLUENCIA DEL TIEMPO DE ESCALDADO Y ADICIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO SOBRE LA CINÉTICA DE EMPARDEAMIENTO ENZIMÁTICO EN JUGO DE NARANJILLA"	17
DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LA MORA (<i>RUBUS GLAUCUS BENTH</i>)	33
UTILIZACIÓN DE LAS ENZIMAS A-AMILASA Y XILANASA CON ÁCIDO L-ASCÓRBICO COMO MEJORANTES DE LAS CUALIDADES PANARIAS EN LA HARINA DE TRIGO	46
CONSERVACION DE DURAZNOS EN MITADES (<i>PRUNUS PERSICAE VARIEDAD FORTUNA</i>) POR MEDIO DE FACTORES COMBINADOS	58
OBTENCIÓN DE UN POLISACÁRIDO DE LA HOJA DE TUNA (<i>OPUNTIA TUNA</i>) Y SU EMPLEO EN LA ELABORACIÓN DE MERMELADAS	70
ESTUDIO DE LA ABSORCION DE ACEITE EN LA FRITURA DE PAPAS (<i>SOLANUM TUBEROSUM</i>) DE LAS VARIEDADES CATALINA Y SEMICHOLA	83
PRESERVACIÓN DE BANANO <i>MUSA CAVENDISH</i> MEDIANTE DESHIDRATACION OSMOTICA Y SECADO	96

INCIDENCIA DE MICROONDAS Y TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO EN LA VIDA ÚTIL DE LA MORA DE CASTILLA (*Rubus glaucus Benth*) IRRADIADA

Ninfa Garófalo*
Ximena Pérez*
Mario Paredes**

RESUMEN

Esta investigación se enfocó en la incidencia de las microondas y las temperaturas de almacenamiento en la mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*), esta es una fruta muy apetecida tanto en el mercado nacional como en el internacional. Rica en minerales y vitaminas, la mora tiene un gran futuro como producto de exportación en forma congelada y fresca.

Uno de los objetivos planteados fue el determinar el tiempo de vida útil de la mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*), donde el tiempo de incidencia de las microondas, la temperatura de almacenamiento y el grado de madurez juegan un papel preponderante.

En un entorno social en continua evolución como el actual, el microondas para la industria alimentaria, es un modo eficaz y seguro de garantizar la conservación de los alimentos y de evitar la transmisión de enfermedades por vía alimentaria, eludiendo así los problemas sanitarios que alimentos en mal estado podrían causar a los que los ingieren

OBJETIVOS

Generales

- Determinar la incidencia de microondas en la mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*), con diferentes grados de madurez.
- Determinar el tiempo de vida útil de la mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) irradiada, almacenada a temperatura ambiente y temperatura de refrigeración.

Específicos

- Utilizar las microondas como medio de destrucción parcial de microorganismos en mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) con diferentes grados de madurez.
- Determinar el mejor tiempo de exposición a la irradiación por microondas para conseguir la destrucción del mayor número de microorganismos sin dañar las características naturales del producto.
- Estudiar la incidencia del grado de madurez en el tiempo de vida útil de las moras sometidas a irradiación.
- Utilizar el Método General para observar el comportamiento de los microorganismos encontrando los valores para determinar los tiempos de muerte térmica.
- Determinar el tiempo de vida útil de la mora irradiada con dos grados de madurez, mediante expresiones matemáticas.
- Evaluar el mejor tratamiento mediante el análisis sensorial.
- Realizar un estudio económico en el mejor tratamiento.

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

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

INTRODUCCION

La mora es una fruta muy apetecida tanto en el mercado nacional como en el internacional. Rica en minerales y vitaminas, la mora tiene un gran futuro como producto de exportación en forma congelada y fresca, una vez que puedan superar los problemas de transporte, ya que por su alta perecibilidad, requiere de especiales cuidados en la cosecha y transporte.

Productores agrícolas, fabricantes, distribuidores y consumidores se preparan para la llegada de una nueva (aunque algunos países ya la aplican desde hace más de 30 años) prestación de la ingeniería aplicada a los alimentos.

La utilización de las microondas. Consiste en la aplicación de radiaciones no ionizantes a frutas, verduras, carnes, pescados y alimentos precocinados, con el fin de esterilizarlos (extermina los microorganismos) y prolongar su conservación sin necesidad de frío. En un entorno social en continua evolución como el actual, el microondas para la industria alimentaria, es un modo eficaz y seguro de garantizar la conservación de los alimentos y de evitar la transmisión de enfermedades por vía alimentaria, eludiendo así los problemas sanitarios que alimentos en mal estado podrían causar en quienes los ingieren.

Por lo tanto una nueva opción es la utilización de las microondas por medio de la irradiación que es un tratamiento físico, por el que se aplica sobre el alimento una elevada cantidad de energía en forma de radiación no ionizante. Esto significa que se aplica sólo energía y no partículas. Es por ello que resulta muy difícil que los alimentos resulten radiactivos.

Por tal motivo en esta investigación se utiliza las microondas como un medio para la destrucción parcial de los microorganismos, con esto queremos reducir las pérdidas por deterioro de la materia prima, considerándola así a esta como una tecnología emergente.

Consiguiendo un producto alimenticio de calidad, protegiendo las características intrínsecas, el poder nutricional y propiedades organolépticas. Confiriéndole al producto final todos aquellos atributos que van a influir en esfera higiénica-sanitaria y el valor comercial.

MATERIALES Y METODOS

Materia Prima

La ejecución del presente trabajo se realiza utilizando mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*), proveniente del cantón Cevallos, barrio Santa Rosa en la provincia de Tungurahua.

Materiales

- Brixómetro ATAGO tipo N. 1 rango 0-32° Brix.
- pH metro Fisher Accument Model 230 A 0-14.
- PH metro DIGITAL CHECHER by HANNA.
- Balanza mecánica 60lb Dairy Pelouze Scale Co By 1/10lb Model D-60.
- Balanza analítica Scientech 210 x 0.0001g SA 210.
- Balanza Digital Hana KC-400 Máx.400g d=0.1g
- Incubador Memmert con termómetro incorporado 0-70°C
- Incubador Blue M 20-65°C Memory Ring Dial.
- Estufa Memmert con termómetro incorporado 0-240°C.
- Autoclave Electronic Pressure Steam Sterilizet Model N° 25X
- Cuenta Colonias DARKFIEL QUEBEC American Optical.
- Licuadora Oster
- Cocineta HACEB
- Termómetro Boeco Germany -10 a 50°C
- Cajas Petri PIREX
- Tubos de ensayo PIREX
- Jarra MASSON OSTER
- Baño María Modelo 100 FANEM LTDA. 28-56°C.
- Microondas SHARP Carousel(120V.60Hz)

- Equipo de titulación.
- Material de vidrio.
- Fundas plásticas herméticas para microondas y refrigeración Ziploc
- Refrigeradora SAMSUNG Modelo SR-118 44501-0245-21
- Utensilios varios.

Reactivos

- Solución Reguladora Estandar Buffer pH 4.01 color rosado 500ml Mallinckrodt Standard
- Solución Reguladora Estandar Buffer pH 7 color amarillo 500ml Mallinckrodt Standard
- Hidróxido de Sodio Fluka 500g
- Potato Dextrose Agar Baker Analyzed 500g
- Peptona Baker Analyzed 500g

Diseño Experimental

FACTORES	NIVELES
FACTOR A : Madurez*	a ₁ : 4 a ₂ : 6
FACTOR B : Tiempo de Exposición en el Microondas	b ₁ : 0 s b ₂ : 5 s b ₃ : 10 s b ₄ : 15 s
FACTOR C : Temperatura de Almacenamiento	c ₁ : (18°C, ±2) c ₂ : (5°C, ±2)

Respuestas Experimentales

- Brix
- Acidez
- pH
- Índice de madurez.
- Cálculo del valor de D.

Metodología

Metodología de todo el proceso

Se trabajó con mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*), la misma que fue cosechada, esta operación se lleva a cabo con la ayuda de guantes tipo pitón, esto quiere decir que son descubiertos en la parte de los dedos y su largo cubre todo el brazo, para protegerse de las espinas de la planta, transportada en las bandejas que se elaboraron para tal efecto, con una capacidad de 5Kg cada una, la misma que fue pesada en la balanza industrial proporcionada el laboratorio de Procesamiento de Frutas y Hortalizas de la Facultad.

La limpieza se realizó para eliminar cualquier material extraño al fruto en sí como son: pedúnculos, ramas, hojas, insectos piedra, etc. Como también la eliminación de moras en mal estado, demasiado verdes o muy blandas.

La selección se realizó separando las moras dependiendo de su grado de madurez (4 y 6) como se muestra en el Cuadro N°1*.

El lavado se lo realizó con el agua circulante necesaria, ya que, era de fácil evacuación debido al

* Índice de color para mora de castilla/Fuente Norma Técnica Colombiana(NTC),1999

diseño de las bandejas (base plástica perforada).

El secado se llevó a cabo con aire seco proveniente de secadoras eléctricas de cabello marca Oster, lo cual permitió la eliminación del exceso de humedad existente.

El pesado se realizó en una balanza analítica proporcionada por el laboratorio, colocando 200g por funda.

El enfundado se realiza con la mayor asepsia y con el mínimo de aire, en fundas de polietileno de alta densidad HD, con un espesor de 76.2 micras con 70% de barrera, transparente, permeabilidad relativamente baja al vapor de agua y alta a gases como el oxígeno y el CO₂, carece prácticamente de sabor y olor, es químicamente inerte, posee resistencia al desgarrar, de 200g con cierre hermético, específicas para microondas y refrigeración.

La irradiación se realiza mediante la exposición directa de la mora a radiaciones de microondas (microondas SHARP), con una potencia del equipo de 800w en diferentes tiempos (5,10,15 segundos) con el fin de disminuir la carga microbiana de las superficies de las moras como se muestra en el diseño experimental.

El almacenamiento se lo realizó a temperatura ambiente (18°C, ± 2) y de refrigeración (5°C, ± 2) en la refrigeradora marca SAMSUNG, tiempo en el cual se llevaron a cabo los análisis respectivos.

Métodos de análisis

Los análisis del proceso se efectuaron con la aplicación de los siguientes métodos:
Sólidos Solubles

Para este análisis se utilizó un brixómetro ATAGO tipo N.1 de acuerdo al método de Hart y Fisher 11-16 (1989)

pH

Este análisis se realizó según la referencia: Association of Official Analytical Chemists, método 11.036.

Acidez Total.

Se la realizó mediante la Norma INEN 381. CONSERVAS VEGETALES DETERMINACIÓN DE ACIDEZ TITULABLE METODO POTENCIOMETRICO DE REFERENCIA.

Determinación de Mohos y levaduras

Se efectuó en base al recuento de mohos y levaduras, utilizando placas para la determinación de estos microorganismos. Según la Norma INEN 386, (1978). Para la determinación de las colonias de mohos y levaduras se utilizó el Cuenta Colonias, DARKFIED QUÉBEC.

Análisis Sensorial.

Las pruebas sensoriales constituyeron los siguientes atributos color, olor, sabor, textura y aceptabilidad. Los resultados se estimaron con un panel de catadores cuyo número fue de 10 personas 5 hombres y 5 mujeres estudiantes semi-entrenados, se utilizó una escala hedónica de 1 a 5 para apreciar cada uno de los atributos mencionados. (Según el método de Watts, 1992)

RESULTADOS Y DISCUSION

Materia Prima

Se realizó la caracterización física de 10 muestras de mora en sus distintos estados de madurez según la NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4106 (NTC), 1999 (Cuadro N° 1), en la cual se tomó el peso de cada una, se midió el diámetro, el largo y los °Brix. De cada uno de los resultados se obtuvo los siguientes promedios: Para madurez 4 (Tabla N° 1): peso (g)= 3.88, largo (cm)= 2.18, diámetro (cm)= 1.93 y °Brix= 7.30. Mientras que para madurez 6 (Tabla N° 1): peso (g)= 4.52, largo (cm)= 2.13, diámetro (cm)= 2.02 y °Brix= 7.30, de acuerdo a estas dimensiones nuestra materia prima corresponde a la clase primera o especial según se muestra bibliográficamente en: www.angelfire.com/ingenieríaagícola/mora

RESPUESTA EXPERIMENTAL

Sólidos Solubles (°BRIX)

Nuestro producto al pertenecer al grupo de las frutas no climatéricas no ofrecen una base de maduración organoléptica rápida, maduran lentamente unidos a la planta de procedencia y su calidad como producto comestible no mejora tras la recolección. Producen poco etileno, si se almacena en presencia de etileno, este acentúa el proceso de senescencia, en el que se producen cambios de coloración (de verde a rojo). (Fenema, O 1982).

Al analizar este parámetro podemos ver que el mejor tratamiento a2b4c2 varió desde 10.2 a 8.4 esta disminución se debe a lo antes mencionado ya que esta fruta es no climatérica, por lo tanto la fruta no sigue madurando, al no ingresar O₂ durante el almacenamiento las células de las frutas gastan el azúcar anaeróticamente y el valor de Brix° empieza a bajar a pocos días después del respectivos tratamientos. En la Tabla N° 2 se muestran los resultados del Análisis de Varianza efectuados con los valores de grados brix donde se observa una significancia de 0.05, realizando las pruebas de TUKEY en la interacción AC y BC dándonos como resultado el valor más alto en la interacción A2C2 (A2: Estado de madurez 6, C2: Temperatura de Almacenamiento Refrigeración 5 °C ±2) y en la interacción B4C2 (B4: Tiempo de Exposición al Microondas 15 s, C2: Temperatura de Almacenamiento Refrigeración 5 °C ±2). determinando así como el mejor tratamiento a A2B4C2 donde el valor de Brix° se reduce paulatinamente, sin embargo sigue siendo el valor más alto con relación a los demás tratamientos.

Acidez

Los valores van disminuyendo lentamente en el transcurso del almacenamiento, esto en los tratamientos con refrigeración, en cambio en los tratamientos que están al ambiente, su disminución es más notoria (16 a 11g de ácido/100cm³ de producto en madurez 4; y de 21 a 17g de ácido/100cm³ de producto en madurez 6), y a que las moras luego de tres días empiezan a descomponerse con rapidez, por esta razón los datos decrecen significativamente.

Al realizar el Análisis de Varianza de éste parámetro los resultados que se obtuvieron establecen una significancia de 0.05 con respecto a los factores A (Estado de Madurez), B (Tiempo de Exposición al Microondas), C (Temperatura de Almacenamiento) y en las interacciones AB (Estado de Madurez - Tiempo de Exposición al Microondas), AC (Estado de Madurez - Temperatura de Almacenamiento), BC (Tiempo de Exposición al Microondas - Temperatura de Almacenamiento), ABC (Estado de Madurez - Tiempo de Exposición al Microondas - Temperatura de Almacenamiento). Según las pruebas de diferenciación se toma en cuenta o resume todo la interacción de ABC donde TUKEY nos demuestra claramente que el tratamiento A2B4C2 (Estado de Madurez 6 - Tiempo de Exposición al Microondas 15s - Temperatura de Almacenamiento Refrigeración 5 °C ±2), es el que nos marca una clara diferencia mostrándonos que el valor más alto de acidez (18.035g de ácido en 100cm³) se encuentra en este tratamiento, este valor alto demuestra que estas condiciones favorecen significativamente para mantener esta propiedad en la mora.

pH

Como ya sabemos conforme la acidez (cambios bioquímicos-transformación de azúcares) disminuye el pH, aumento que se puede observar en las Tablas 4 y 5. Los valores de la tabla 5 que corresponden a los tratamientos al ambiente los valores de pH aumentan bruscamente esto a causa de la senescencia de los frutos, en cambio los valores de los tratamientos en refrigeración se mantienen constantes con ligeros cambios; esto se debe a que la combinación de estos factores (tiempo de exposición al microondas y refrigeración) ayudan a mantener estas propiedades. El Análisis de Varianza nos indica la significancia que se presentan en los factores A (estado de madurez), B (tiempo de exposición al microondas), C (temperatura de almacenamiento), al realizar la prueba de diferenciación de TUKEY nos da como resultado que el factor B4 (tiempo de exposición al microondas 15s) no tiene influencia con los demás factores.

Índice de madurez

Una buena calidad de la fruta (azúcares, jugosidad y textura) en la mayoría de ocasiones va ligada a una buena conservación. Con la relación (Brix/pH) se obtiene así los datos de índice de madurez. Estos valores disminuyen ya que la mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) pertenece a frutos no climatéricos, sin embargo estos valores no disminuyen significativamente, dándonos un

valor para el mejor tratamiento A2B4C2 de 3.11 - 2.79. Que nos indica que las características internas de la muestra son aceptables. En el Análisis de Varianza es fácil darnos cuenta que este dato experimental no tiene ninguna influencia con relación a los tres factores como son: A (Estado de Madurez), B (Tiempo de Exposición al Microondas), C (Temperatura de Almacenamiento) ya que son constantes entre ellos.

Recuento Microbiano

Se realizó el recuento microbiano de mohos y levaduras efectuándose siembras periódicas a partir de los días: cero, uno, cuatro, siete y doce, constituyéndose este estudio en una de las respuestas experimentales de nuestro trabajo. En el reglamento sanitario de los alimentos está especificada la categoría de los productos hortícolas minimamente procesados siendo el límite para el recuento de mohos y levaduras de 10^5 ufc/g (López 1999), observando que el recuento de mohos y levaduras luego del tratamiento de microondas, la carga microbiana se reduce de un valor inicial de 1.3×10^5 ufc/g a un valor de 4×10^4 ufc/g, se nota que el recuento de mohos y levaduras de la mora irradiada está dentro de los límites específicos. Tenemos el Análisis de Varianza en el cual podemos ver claramente que existe una significancia entre el factor A (Estado de madurez), C (Temperatura de almacenamiento) y la interacción AB (Estado de madurez - tiempo de exposición al microondas). Con estos resultados el tratamiento que tiene las mejores condiciones según este análisis es la interacción A2B4C2, indicándonos que este es el mejor tratamiento, ya que, con estas condiciones se logra disminuir de una carga inicial de 1.3×10^4 ufc/g a una carga luego del tratamiento de 15s de 40×10^1 ufc/gr disminuyendo el riesgo de alteraciones por acción de los microorganismos.

Cinética de reacción

Para obtener el orden de la reacción que corresponde a este estudio se comparó entre los coeficientes de relación de las diferentes ordenes de reacción, obteniéndose así el valor de $r = 0.975$, para la ecuación de primer orden. Con esto se confirma lo expuesto en bibliografía que el crecimiento microbiano sigue un orden uno. En el Gráficos N° 6, se puede apreciar visualmente el comportamiento lineal del $\ln A$ (recuento microbiano) contra Tiempo de Almacenamiento (días) del mejor tratamiento. Los resultados experimentales se ajustaron de mejor manera para el modelo de la ecuación propuesta por (Labuza 1982):

$$\ln A = \ln A_0 + Kgt$$

Vida Útil

Se indica el tiempo de vida útil según la ecuación de Labuza 1982, quien mencionó el modelo de la ecuación de primer orden. Se aplicó este modelo de ecuación para comprobar los resultados que se obtuvieron experimentalmente y se encontró valores aceptables para este tipo de fruta dándonos un valor de 12.2 días, que al comparar este valor con bibliografía obtenido por el SENA y la Universidad Nacional de Colombia (1995), que es de 10 días. Podemos decir que mediante nuestra investigación se logró incrementar dos días manteniéndose características aceptables, esto comprueba que el tratamiento de microondas y temperatura de almacenamiento influye directamente en el tiempo de vida útil en forma positiva.

Análisis Sensorial

Del análisis estadístico efectuado a un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ resulta que para las variables color y acidez existe diferencia significativa entre catadores dando una apreciación positiva para la fruta. Para las variables sabor, textura y aceptabilidad no existe diferencia significativa. Analizando las variables el tratamiento más apreciado fue A2B4C2. Mientras que los tratamientos menos aceptados fueron en color A2B1C2, mientras que para acidez fue A2B2C2.

Análisis Económico en el mejor tratamiento

El estudio económico es la parte más importante, ya que en este capítulo se determina el estado de pérdidas y ganancias que se estimaría tener en caso de poner en práctica dicha investigación. Al realizar el análisis económico en el mejor tratamiento A2B4C2 (A2: Estado de Madurez 6, B4: Tiempo de Exposición al Microondas 15 seg, C2: Temperatura de Almacenamiento Refrigeración $5^\circ\text{C} \pm 2$), utilizando el balance de materiales, el precio de venta al público es de \$ 0.87 dólares por cada funda. El punto de equilibrio, obtenido mediante el análisis económico es de 35%

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Al determinar la incidencia de microondas en la mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*), con diferentes grados de madurez, se obtuvo como resultado que al exponer las microondas directamente en la fruta estas ayudan a fijar las características físicas tanto de color como textura, dándonos mejores resultados en el grado de madurez 6 ya que estas características permanecieron constantes durante todo el proceso.
- En la determinación de la vida útil de la mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) irradiada, almacenada a temperatura ambiente y temperatura de refrigeración con moras expuestas y no expuestas a las microondas, las microondas ayudaron a retardar la maduración de la fruta, la carga microbiana se reduce considerablemente. Estos dos factores influyen directamente en el incremento de la vida útil, se determinó un tiempo de vida útil de 12.2 días en el mejor tratamiento A2B4C2 que corresponde a una madurez 6, con un tiempo de exposición de irradiación con microondas de 15 s., en temperatura de refrigeración ($5^{\circ}\text{C}\pm 2$), basado en los estándares que rigen las industrias alimentarias que es el de no exceder el valor de $10\text{E}^6\text{ufc/g}$.
- Al utilizar las microondas como medio de destrucción de microorganismos en mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) con diferentes grados de madurez se determinó que reducen la carga microbiana, existiendo una relación directa entre el tiempo de exposición y la letalidad de los microorganismos.
- Se determinó que el mejor tratamiento de exposición a las microondas tiene un tiempo de exposición es de 15s.
- El grado de madurez es uno de los principales factores en este estudio al aplicar las microondas se ha comprobado que estas fijan las características de la fruta, resultando así que los frutos en maduración 6 incrementan su vida de anaquel, en la que los resultados en almacenamiento de refrigeración dan una coloración permanente e intacta hasta el final de la investigación.
- En el comportamiento de los microorganismos en esta investigación se puede ver que existe un decrecimiento, con estos valores se aplicaron ecuaciones para calcular el tiempo necesario para destruir en forma parcial los microorganismos siendo "D" este factor a potencia constante. El valor obtenido para madurez 6: $D=0.44$, en la que se destruye una cantidad de 1208384 ufc/g.
- La determinación de tiempos de conservación tuvo una base científica reportada por (Labuza 1982), quien mencionó el modelo de ecuación de primer orden. Al utilizar este modelo de ecuación para determinar los tiempos experimentales se encontraron valores aceptables para este tipo de fruta. Al final del almacenamiento el tratamiento que mayor tiempo de vida útil presentó fue el A2B4C2 correspondiente a la siguiente combinación: A; madurez 6, B; 15s de exposición, C; almacenamiento en refrigeración $5^{\circ}\text{C}\pm 2$, fue de 12.2 días.
- Al observar los resultados de evaluación sensorial mediante las variables color, sabor, acidez, textura y aceptabilidad se puede concluir que entre las variables que existe diferencia significativa son color, acidez el resto de variables no presenta diferencia alguna por lo que la mora expuesta al microondas presenta buenas características y es apta para el consumo humano.
- Al realizar el estudio económico se pudo apreciar que la rentabilidad obtenida, en una planta procesadora de mora irradiada es elevada (35.00% punto de equilibrio), el precio de venta al público por funda es de \$ 0.87 dólares.

RECOMENDACIONES

- Incentivar y dar a conocer al pequeño productor de la zona de Cevallos un nuevo método de

conservación de mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*), como es la aplicación de las microondas, para adjuntar su producción y procesar la materia prima y así puedan obtener mayores réditos económicos con miras a una futura exportación ya que esta fruta en fresco es muy apetecida en el mercado extranjero.

- Como consecuencia de este estudio se explica la gran importancia que merece el sector productivo de la zona de Cevallos donde es posible el cultivo de mora siendo un producto tipo fresco muy apetecido y codiciado tanto a nivel nacional como internacional para ser comercializado en fruta, pulpa o jugo concentrado.
- Los resultados físicos-químicos, físicos microbiológicos y sensoriales reflejan la estabilidad en el tiempo que adquieren los productos, por tanto conviene que a futuro se discutan mejor los aspectos de rentabilidad, aprovechamiento y disponibilidad que ofrece la aplicación del método.
- Se recomienda que este tipo de investigaciones se la realice con otro tipo de productos perecederos y productos que tengan un alto contenido de microorganismos, ya que al mejorar la técnica se estará obteniendo un nuevo método de conservación útil para todo el sector alimenticio por ser rápida y de fácil aplicación
- Se recomendaría también a futuro profundizar los estudios concernientes a obtención, manejo y almacenamiento de productos expuestos al microondas, tomando en cuenta que los en fresco hoy en día adquieren una elevada demanda por parte del consumidor.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ABEDRABBO, S., EGAS, P. 2000. "Estudio de la influencia de temperaturas de refrigeración y ambiental en tratamientos post-cosecha del babaco de exportación (Carica Pertora U). Tesis de grado. FCIAL – UTA. Ambato – Ecuador Pp 26-28, 55-69, 78,80-93.
2. AGUIRRE, R. Y ESPINOZA, A. 2002. "Determinación del tiempo de vida útil de la arveja fresca (*Pisum sativum*) minimamente procesada y refrigerada". Tesis de grado. FCIAL. Ambato-Ecuador. Pp 51-52
3. ALVARADO, J.D 1996. "Principios de ingeniería aplicados a los alimentos". Capítulos III y VIII. Ambato-Ecuador. Artes Gráficas de radiocomunicaciones.
4. ARAUJO, A. Y CALAHORRANO, L. 2002. "Predicción del tiempo de conservación en el almacenamiento post-cosecha de la fresa (*Fragaria vasca*)". Tesis de grado. FCIAL Ambato-Ecuador
5. AOAC. 1990. "Official methods of analysis". Association of official analytical chemist. 15th Ed.
6. BELITZ, D. 1988. "Química de los alimentos" 2da Edc. Zaragoza-España. Edt. Acribia, S.A
7. BERNAL, G. Y NAVARRETE, J. 2003. "Vida de anaquel y evaluación sensorial en tortillas de maíz elaboradas con un conservador y un mejorador. Tesis de grado. FCIAL: Ambato-Ecuador. Pp 30-33, 43-44
8. BRENNAN, J.B. Butters. N. D. Cowell. A.E.V. Lilly. 1970. "Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos". Traducido de Elsevier Publishing Company, Ltd. Zaragoza-España. Ed. Acribia. pp 172-175, 239 –249.
9. BOLETÍN INFORMATIVO N°62. 1967 "EL CULTIVO DE LA MORA DE CASTILLA" COLOMBIA
10. CARRILLO, C Y MORALES, L. 1999. "Desarrollo de un plan de análisis de riesgos y puntos críticos de control (ARPCC) en las etapas de manejo postcosecha de frutas y verduras en una planta industrial. Tesis de grado. FCIAL. Ambato-Ecuador Pp 4-5.
11. CASTRO, A. MORA, M. 2003. "Modificación del almidón de maíz mediante tratamiento con radiación electromagnética". Tesis de grado. FCIAL. Ambato – Ecuador. pp 27 – 37.
12. CODEX ALIMENTARIUS VOLUMEN XV, Roma 1984.
13. COLLINS Y LYNE. 1989. "Métodos microbiológicos". Zaragoza-España. Edt. Acribia. Pp. 153.
14. COPSON, D. 1975. "Microwe Heating". The AVI publishing company, Inc, Connecticut, USA. Pp 240
15. CHEFTEL, J.C Henri Chefte, Pierre Besancon. 1983. "Introducción de la bioquímica y la tecnología de los alimentos". Vol. II. Ed. Acribia. Zaragoza – España. Pp 270-284.
16. DEPARTAMENTO AGROINDUSTRIAL. 1990. "Manejo postcosecha de frutas y hortalizas para congelación y otros procesos". Fundación Chile p.12.
17. ECUADOR. 1965. "Instituto nacional de nutrición" Quito-Ecuador. Tabla composición de alimentos.
18. FAO 1960. "II Mesa redonda de la red latinoamericana de industria de frutas tropicales". Bogotá-Colombia.
19. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. 1994. "El cultivo de mora de castilla" Octava Edc. Edt. Linotipia. Pp 10-60

20. FENNEMA, O.R. 1985. "Introducción a la ciencia de los alimentos".Edt. Reverté, S.A. Barcelona-España. Pp 140,385
21. FRAZIER, W.C. 2000." Microbiología de los Alimentos" , Primera reimpresión. Edt. Acribia S.A. Zaragoza – España . pp. 119 – 147.
22. GAMBOA, M. 2003. "Utilización de preparados enzimáticos en la producción de vino de mora (*Rubus glaucus* Benth). Tesis de grado. FCIAL. Ambato – Ecuador.pp 7-24.
23. GARCES, F. Y VON LIPPKE, D. 1994. "Elaboración de néctar de mora de Castilla (*Rubus glaucus*). Tesis de grado. FCIAL. Ambato-Ecuador. Pp 6-9
24. HART Y FISHER. 1989. "Análisis moderno de los alimentos". Zaragoza-España. Edt. Acribia. Pp 270-293
25. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, Proyecto Hortalizas, Frutas y Flores. Boletín Informativo N°62 el cultivo de la mora de Castilla. Colombia. Pp 3 -15.
26. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.1994. Durabilidad de los alimentos-métodos de estimación. Habana-Cuba.
27. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN INEN. 1978.Conservas vegetales . Quito-Ecuador.
28. JÖRGENSEN, A.. 1959 "Microbiología de las enfermedades industriales", Séptima Edición. Ed. Acribia. Zaragoza – España. Pp.150- 157.
29. LEÓN, J. "El cultivo de mora", Curso de tecnología de producción de tomate de árbol, uvilla, tuna, pitahaya, mora, frutilla y frambuesa para la exportación, Fundación Aliñambi, INIAP, 2000.
30. MOLINA, D. 1999 "ANÁLISIS DE COMPETITIVIDAD DE LA CADENA AGROALIMENTARIA DE LA MORA EN EL ECUADOR"
31. MUDGETT,R. 1986. Microwave properties and heating characteristics of foods. Food Tech.40.(6) 84-93.
32. ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. 1989. "La irradiación de los alimentos". Una técnica para conservar y preservar la inocuidad de los alimentos.
33. PROGRAMA NACIONAL DE CAPACITACION EN MANEJO POSCOSECHA DE FRUTAS Y HORTALIZAS. Convenio SENA-REINO UNIDO. Mora. Su cosecha y postcosecha en la cadena agroindustrial.
34. SALTO, H. 1993. "Diseño Experimental .(Aplicación de procesos tecnológicos)" Ambato-Ecuador. Edt. Pio XII. Pp.36-37-43-55-60-70.
35. SING, P. HELDMAN, D. 1998. "Introducción a la ingeniería de los alimentos" Capítulo IV y V.2da Edc. Edt. Acribia. Zaragoza-España
36. SHAFUIR, M. 2003. " Manual de conservación de los alimentos". Ed. Acribia,S:A. Zaragoza – España. Pp. 311-314, 413-424, 427-445, 727-779.
37. STROBEL, H. 1982. "instrumentación Química". Editorial Limuza. México D.F., México. Pp.254.
38. TECNOLÓGICA. Una publicación interdisciplinaria de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Centro de Investigación Científica y Tecnológica (CICYT). Abril 1987 .Vol.7. Número 2.

pp 79 – 85.

39. TERRANOVA, 1995. "Enciclopedia agropecuaria Terranova". Producción Agrícola. Tomo 2 y 5. Santa Fé de Bogota-Colombia.
40. TRUJILLO, A. 1985."Microbiología de los alimentos". Edt. Pueblo y Educación Ciudad de la Habana. Pp. 69-71.
41. UREÑA Y COL. 1999. "Evaluación sensorial de alimentos (aplicación didáctica)". Lima-Perú. Universidad Agraria de la Molina. Pp 3-5, 101-108
42. WATTS, B.M. y COL.1992 "Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos". Centro internacional de investigaciones para el desarrollo. Ottawa-Canada. Capítulo 4.
43. WILEY, R. 1997. "Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas". Ed. Acribia, S.A. Zaragoza – España . 1997. pp 65-66, 114-124, 131-132, 263-298.
44. ZAMORA, J. 1999 "Proyecto de factibilidad para la instalación de una planta modular procesadora de mora en las zonas rurales de la provincia de Tungurahua" . Tesis de grado . FCIAL – UTA. Ambato – Ecuador. Pp 10-27.
45. <http://www.agrocadenas.gov.co>
46. <http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/mora.htm>
47. <http://www.asenmac.com/radiación/radia1.htm>
48. <http://www.carrefour.es/microondas/tipos-funciones.htm>
49. www.citezen.org/cmep. e-mail: cmep@citezen.org. Contactos:202-546-4996.
50. <http://www.ecoportal.com.ar/defensorecologico>
51. <http://www.ecuarural.gov.ec>
52. <http://www.ecuanex.net.ec/iniap>
53. http://europa.eu.int/comm/food/fs/sfp/fi_index_en.html
54. <http://www.fao.org>
55. <http://www.fundacióngrupoeroski.es/web/es>
56. <http://www.geocities.com/radiación.htm>
57. <http://www.ideasana.com>
58. <http://www.ific.org/research/irradiationres.cfm>.
59. www.nutrinfo.com.ar
60. <http://www.proexant.org.ec>
61. <http://revista.consumer.es>
62. <http://www.revista.consumer.es/web/es/199990301/medioambiente>
63. <http://www.tercera.cl/diario/microondas.htm>

64. <http://www.um.es>

65. <http://www.sica.gov.ec>

Tabla N° 1.- Valores de la caracterización de la mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*), con madurez 4 y 6 de acuerdo a la Tabla del Índice de Color.

Madurez 4					Madurez 6				
N°	peso	largo(cm)	diam.(cm)	brix	N°	peso	largo(cm)	diam.(cm)	brix
1	4,10	2,30	1,83	7,80	1	3,70	2,15	1,94	9,00
2	3,40	2,05	1,81	6,50	2	5,50	2,23	2,10	11,00
3	2,80	1,93	1,80	7,00	3	5,60	2,15	2,30	10,00
4	4,40	1,94	2,40	8,60	4	3,30	2,08	1,87	9,80
5	4,80	2,44	2,03	7,80	5	4,80	2,28	2,30	11,40
6	3,60	2,22	1,90	6,00	6	5,30	2,30	2,10	9,60
7	3,80	1,94	1,85	7,30	7	3,90	1,94	2,13	11,40
8	4,00	2,30	1,90	7,90	8	5,50	2,30	2,11	9,00
9	3,40	2,11	1,82	6,50	9	5,90	2,27	2,24	10,00
10	3,90	2,20	1,92	7,40	10	4,10	1,95	1,93	10,00
11	4,00	2,31	1,87	7,40	11	3,90	2,06	1,83	9,80
12	3,60	1,93	1,95	8,30	12	4,10	2,07	2,04	10,80
13	3,80	2,60	1,93	7,20	13	5,60	2,45	2,20	9,40
14	5,30	2,34	2,23	7,30	14	3,70	1,99	1,93	10,00
15	3,40	2,14	1,82	6,60	15	3,00	1,80	1,39	8,80
Promed.	3,89	2,18	1,94	7,31	Promed.	4,53	2,13	2,03	10,00

TABLA N°2.-

Análisis de varianza para la variable Brix con mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) irradiada.

TABLA DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Valor K	Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Probabilidad
1	Replication	1	0.144	0.144	1.0664	0.3181
2	Factor A	1	1.688	1.688	12.4634	0.0030*
4	Factor B	3	1.205	0.402	2.9659	0.0657
6	AB	3	1.306	0.435	3.2136	0.0532
8	Factor C	1	23.376	23.376	172.5741	0.0000*
10	AC	1	2.448	2.448	18.0696	0.0007*
12	BC	3	1.358	0.453	3.3428	0.0477*
14	ABC	3	0.104	0.035	0.2559	
-15	Error	15	2.032	0.135		
Total31			33.661			

* Nivel de significancia alpha 0.05

Coefficient of Variation: 5.21%

Prueba de diferenciación estadística TUKEY para la variable BRUX (Sólidos Solubles)

Fuente	Orden Original	Orden por Rangos	Intervalos
Interaccion a*c			
Mean	1 = 6.256	Mean 4 = 8.425	A
Mean	2 = 7.412	Mean 2 = 7.412	B
Mean	3 = 6.163	Mean 1 = 6.256	C
Mean	4 = 8.425	Mean 3 = 6.163	C
Interacción b*c			
Mean	1 = 6.200	Mean 8 = 8.375	A
Mean	2 = 7.325	Mean 6 = 8.150	AB
Mean	3 = 6.225	Mean 4 = 7.825	AB

Mean 4 = 7.825	Mean 2 = 7.325	B
Mean 5 = 6.300	Mean 5 = 6.300	C
Mean 6 = 8.150	Mean 3 = 6.225	C
Mean 7 = 6.113	Mean 1 = 6.200	C
Mean 8 = 8.375	Mean 7 = 6.113	C

GRAFICOS

Gráfico N° 1. °Brix Vs Tiempo de almacenamiento de mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) irradiada.

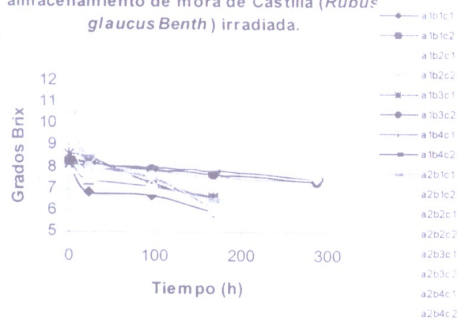


Gráfico N° 2. Acidez Vs Tiempo de almacenamiento de la mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) irradiada.

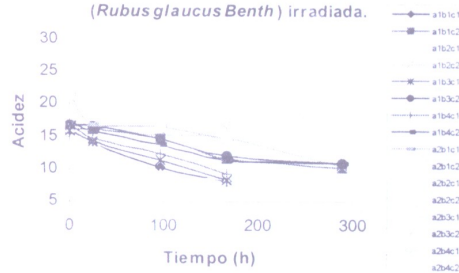


Gráfico N° 3. pH Vs Tiempo de almacenamiento de la mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) irradiada.

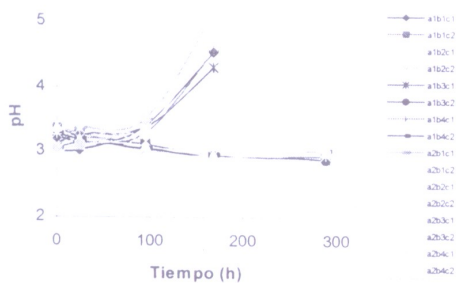


Gráfico N° 4. Índice de Madurez Vs Tiempo de almacenamiento de mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) irradiada.

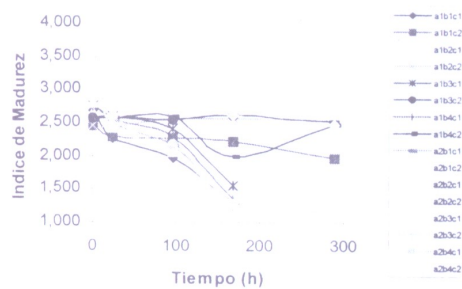


Gráfico N° 5. Unidades formadoras de colonias/ml Vs Tiempo de almacenamiento de mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) irradiada.

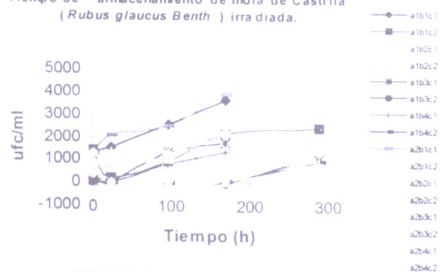


Gráfico N° 9. Cinética de Primer Orden en el mejor tratamiento A2B4C2 de mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) irradiada.

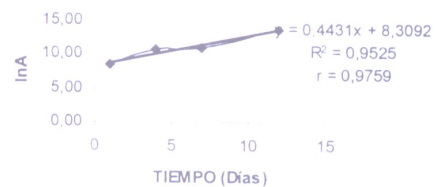


GRAFICO N° 14 Valores de "D" a potencia constante, para mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) irradiada en madurez 4 obtenidos experimentalmente

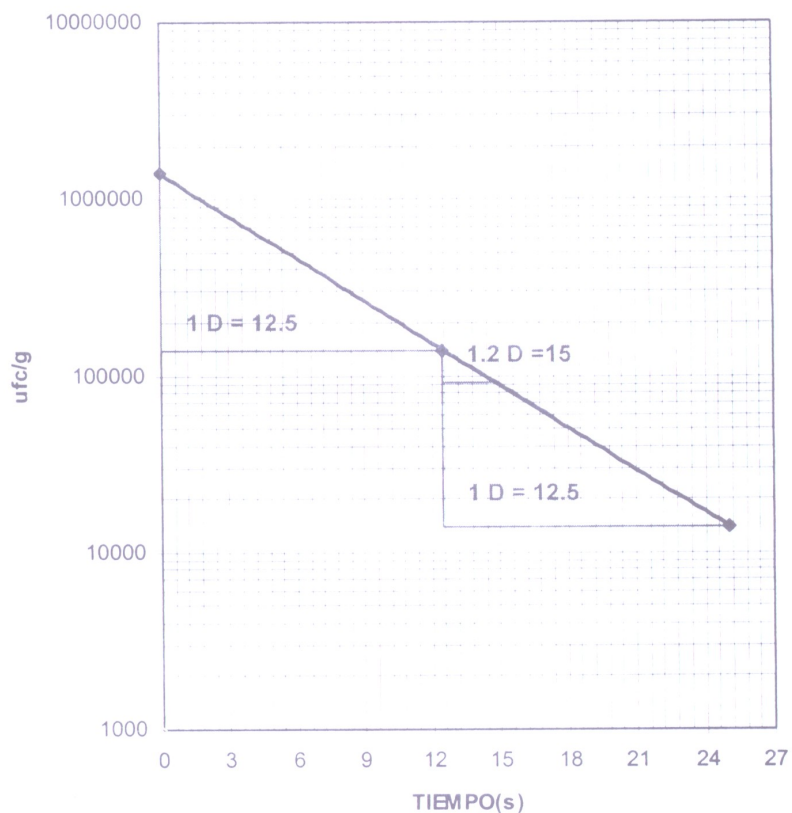
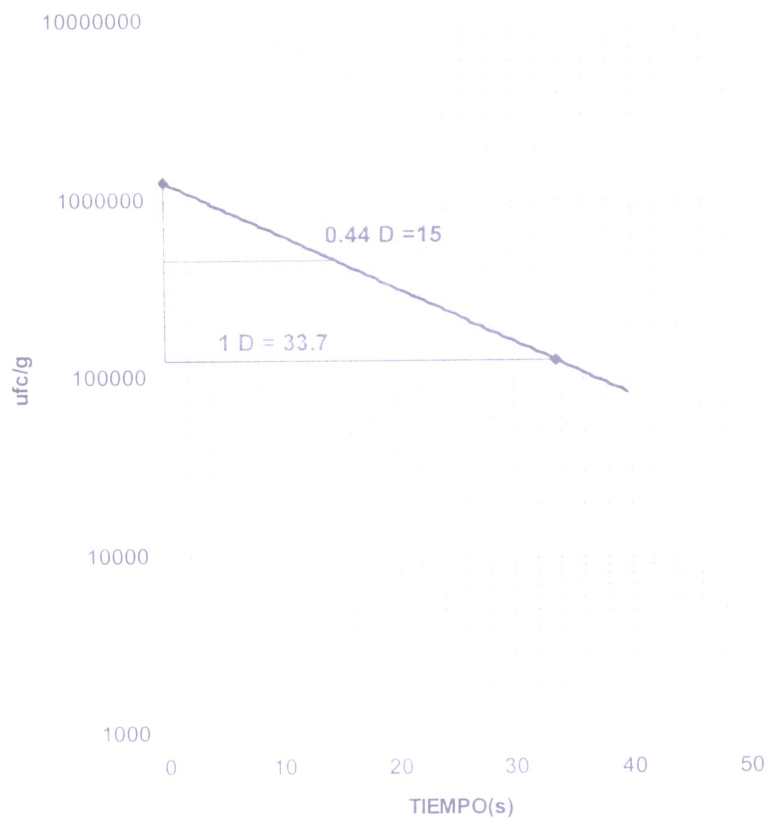


GRAFICO N° 16 Valores de "D" a potencia constante, para mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) irradiada en madurez 6, obtenidos experimentalmente



Cuadro 1.- Índice de color para mora de castilla
Fuente: Norma Técnica Colombiana 4106 (NTC),1999

"INFLUENCIA DEL TIEMPO DE ESCALDADO Y ADICIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO SOBRE LA CINÉTICA DE EMPARDEAMIENTO ENZIMÁTICO EN JUGO DE NARANJILLA"

Ma. Fernanda Villacís*
Lenín Garcés**

RESUMEN

El principal objetivo de este trabajo de investigación fue establecer la influencia del tiempo de escaldado de la fruta (0, 1 y 3 minutos), adición de ácido ascórbico (0%, 0.01%, 0.025% y 0.05%) sobre las ecuaciones cinéticas de empardeamiento de jugo de naranjilla a diferentes temperaturas de almacenamiento (10, 13, 20 y 30°C), evaluándose además propiedades físicas y químicas del jugo.

Las propiedades del jugo (°Brix, pH, acidez, densidad, viscosidad) son afectadas por la aplicación de los tratamientos en la elaboración del jugo de naranjilla.

La medida del empardeamiento se la realizó a partir de la determinación de las curvas de absorbancia vs. Tiempo en el jugo de naranjilla híbrido INIAP-Palora, aplicando el método señalado por Sapers y Douglas.

El empardeamiento enzimático sigue una cinética de primer orden para todos los tratamientos. Todos los niveles de los factores de este estudio, repercuten de forma significativa sobre la constante de velocidad de reacción.

De acuerdo al modelo matemático establecido, k disminuye con el aumento del tiempo de escaldado de la fruta y con la adición de ácido ascórbico y aumenta por cada °C adicional de temperatura en el jugo.

El mejor tratamiento (con menor velocidad de reacción de empardeamiento) es el jugo que se obtiene de naranjillas sometidas a 3 minutos de escaldado, con una adición de 0.05% de ácido ascórbico y mantenido a 10°C. Este tratamiento presenta una constante de velocidad de empardeamiento 15 veces menor a la obtenida sin tratamiento de escaldado de la fruta y sin adición de ácido ascórbico a 13°C.

Los valores obtenidos serán útiles en el desarrollo, dentro de la agroindustria, de una tecnología para el jugo de naranjilla con mejores características de calidad, contribuyendo sobre todo al crecimiento del sector rural.

INTRODUCCIÓN

La naranjilla (*Solanum quitoense*) es una especie de la familia de las solanáceas, nativa del Ecuador y el sur de Colombia. En Ecuador, el fruto es también conocido como *naranjilla de Quito* o "*nuqui*", en Perú se le denomina *naranjita de Quito*, asignándole los Incas el nombre "*lulum*", el cual en México se cambia por "*lulun*"; en Colombia se le llama *lulo*, *naranjilla* o *toronja* (Morton, 1987)⁽²⁷⁾. Algunos escritores la han descrito como "la fruta dorada de los Andes" y "el néctar de los dioses"⁽²⁸⁾.

El principal mercado de la naranjilla ecuatoriana es Estados Unidos, sin lugar a dudas, por la

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

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

demanda de los compatriotas, requiriéndose un esfuerzo promocional para captar otros mercados, como Europa y Asia.

Es una fruta rica en minerales y vitamina C, con excelentes cualidades para la preparación, principalmente, de jugos y refrescos, a los que tienen cualidades extraordinarias: buen sabor, aroma exótico, frescura, riqueza en vitamina C (Dávila, 1982)⁽¹⁰⁾. Pero, esta alternativa de industrialización de la naranjilla también presenta problemas, debido a la facilidad de empardeamiento que presenta el jugo.

Este empardeamiento se presenta por transformaciones enzimáticas, causado por polifenoloxidasas, de compuestos fenólicos. Es un proceso de oxidación y es la causa principal de los cambios de color del jugo, que en un principio es de color verde característico hasta colores café oscuro y marrón, causa además cambios de sabor y pérdida del valor nutritivo observados en los jugos (Coronel, 1970)⁽⁹⁾.

La naranjilla, ha motivado la realización de estudios en los que se ha evaluado: las propiedades físicas del fruto, pulpa y jugo (Alvarado, J. de Dios, 1996)⁽¹⁾, de variedades INIAP-Palora (Alvarado, J. 1999)⁽³⁾, Híbrido – Puyo (Alvarado, J. de Dios, 2000)⁽²⁾, comportamiento post-cosecha y tiempo de almacenamiento (Enríquez, M. 2000)⁽¹¹⁾; estudios sobre su procesamiento e industrialización (Dávila, J. 1982; Velástegui, D. 1988)⁽³⁹⁾.

Sobre el jugo de naranjilla se ha evaluado la temperatura y tiempo de calentamiento del jugo de naranjilla para la inactivación de las polifenoloxidasas (Coronel, M. 1970)⁽⁹⁾, sin embargo este tipo de método de preservación, produce cambios en las propiedades organolépticas del jugo. Pero, es imperativo investigar en la producción de jugo o pulpa de naranjilla con características de calidad estable, establecer condiciones en las cuales estos productos mantengan características agradables al consumidor, sobre todo en lo referente al fenómeno de empardeamiento enzimático.

MATERIALES Y METODOS

Localización del ensayo

La medición de las curvas cinéticas de empardeamiento enzimático en el jugo de naranjilla se realizó en los laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería de Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato. El análisis proximal se realizó en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Materia prima y proceso de elaboración

Se trabajó con Naranjilla híbrido INIAP-Palora.

Luego de la recepción de la materia prima, se seleccionaron las frutas frescas, sanas y de tamaño uniforme. A las frutas seleccionadas se las lavó y a aquellas que debían ser sometidas a escaldado, se las sumergió en agua hirviendo por 1 ó 3 minutos. De las frutas peladas se procedió a obtener el jugo por medio de un extractor de jugos. Se filtró y termostatózó a la temperatura determinada adicionándose la cantidad de ácido ascórbico requerida según el tratamiento.

Diseño Experimental

Respuestas Experimentales:

Curvas Absorbancia vs. Tiempo (constante de velocidad de reacción), Brix, pH, Acidez, Densidad, Viscosidad

El presente estudio respondió a un diseño experimental AxBxC (3x4x4) con una réplica. Los factores y niveles son:

FACTORES

A. Tiempo de Escaldado

NIVELES

a₀: 0 minutos

a₁: 1 minuto

a₂: 3 minutos

B. Concentración de Ácido Ascórbico

b_0 : 0%
 b_1 : 0.01%
 b_2 : 0.025%
 b_3 : 0.05%

C. Temperatura

c_0 : 10°C
 c_1 : 13°C
 c_2 : 20°C
 c_3 : 30°C

Hipótesis:

Para realizar la evaluación de este diseño experimental se considerará las siguientes hipótesis:

Hipótesis Nulas (H_0):

H_{01} : El tiempo de escaldado de la naranjilla no influye sobre la velocidad de empardeamiento del jugo de naranjilla

H_{02} : La adición de ácido ascórbico no influye sobre la velocidad de empardeamiento enzimático en el jugo de naranjilla

H_{03} : la temperatura del jugo no influye sobre la velocidad de empardeamiento enzimático en el jugo de naranjilla

Hipótesis Alternativa (H_1):

Al menos un tratamiento presenta velocidad de empardeamiento diferente.

Métodos de Análisis

Método para determinar Parámetros cinéticos

Según el método de Sapers, G. y Douglas, F. (1987)⁽³⁶⁾, obteniendo lectura de absorbancia a 420 nm a 0, 5, 10, 15, 30, 45, 75, 90 minutos, en los tratamientos $a_0b_0c_0$, $a_0b_0c_1$, $a_0b_0c_2$, $a_0b_0c_3$. y a 0, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 300 minutos en cada uno de los tratamientos restantes. De las curvas Absorbancia vs. Tiempo, se obtendrá las constantes de velocidad y orden de reacción

Método para determinar °Brix

Empleando un refractómetro manual, según Norma INEN 380

Método para determinar pH

Mediante el uso de un pHmetro digital, según la Norma INEN 389

Método para determinar Acidez titulable

Según Norma INEN 381 (expresada como porcentaje (%) de ácido cítrico)

Método para determinar Densidad

Se lo determina con el uso de picnómetros

Método para determinar Viscosidad

Se utiliza un viscosímetro tipo Ostwald y agua destilada como referencia

Método para determinar Ácido Ascórbico

Se determina únicamente en el mejor tratamiento, se lo realiza por refractometría

RESULTADOS Y DISCUSIONES

ORDEN DE CINÉTICA DE REACCIÓN

El análisis de las 96 curvas ajustadas a la linealización de la curva de primer orden con un r^2 promedio de 0.91 permite señalar que el comportamiento de la absorbancia en jugo de naranjilla a través del tiempo es explicado con una cinética de primer orden.

Esto es corroborado por el análisis de las probabilidades para la regresión del modelo linealizado de la ecuación de primer orden. Como la probabilidad para aceptar la hipótesis nula $A_0=0$, en todos los casos es mucho menor a 0.05, se rechaza esta hipótesis y se acepta la hipótesis alternativa que $A_0 \neq 0$, es decir que la absorbancia del jugo a tiempo cero es diferente de cero. Además, el valor de la probabilidad para aceptar la hipótesis nula: $k = 0$, con la que no existiría regresión lineal, es en todos los casos menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa ($k \neq 0$), lo que indica que la relación entre el tiempo transcurrido y la absorbancia es significativa. Además mediante el modelo lineal puede explicarse una parte significativa de la variabilidad de la absorbancia.

Los parámetros promedio del modelo cinético son presentados en la Tabla 1, para cada uno de los tratamientos.

La fig 1, permite apreciar la diferencia que presentan las curvas cinéticas de empardeamiento de jugo de naranjilla sin ningún tratamiento en la fruta y en el jugo, a diferentes temperaturas, con las curvas cinéticas de los mejores tratamientos

CONSTANTE DE VELOCIDAD DE REACCIÓN (k) [1/min]

El Análisis de Varianza para k en una cinética de primer orden a un nivel de significación de 0.05, presenta significancia en todos los factores e interacciones.

El valor de k presenta un decrecimiento conforme aumenta el tiempo de escaldado y el % de adición de ácido ascórbico y disminuye la temperatura. Para Fennema⁽¹⁵⁾, la aplicación de calor a una alta temperatura por una adecuada cantidad de tiempo inactivará la fenolasa, Whitaker⁽⁴⁰⁾, señala que el ácido ascórbico previene el empardeamiento por su acción reductora y que k disminuye conforme lo hace la temperatura debido a que a menor temperatura existe una menor actividad enzimática.

Dado que k es la resultante del efecto conjunto de los diferentes niveles del tiempo de escaldado, % de adición de ácido ascórbico y temperatura, la Figura 2, muestra los valores promedio de k de los 48 tratamientos, en la que los planos correspondientes demuestran que a 0 y 1 minutos de tiempo de escaldado, el efecto de la temperatura es mayor a menor concentración de ácido ascórbico añadido, esto se debe a que la mayoría de las enzimas están intactas sin tratamiento de inhibición. En cambio con una de adición de 0.025% y 0.05% de ácido ascórbico el efecto de la temperatura es menor, aún cuando se presenta un ascenso significativo entre 13 °C y 20°C.

Los tratamientos que poseen 3 minutos de tiempo de escaldado presentan los valores menores de k. En este plano se puede apreciar que la temperatura juega un rol menos marcado que en los dos anteriores, pero significativo sobre todo en los tratamientos que no poseen adición de ácido ascórbico. El menor valor es el obtenido con 0.05% AAA y 10 °C, que está muy próximo al que posee 0.025% AAA y 10°C.

La constante de velocidad de reacción con 0 minutos de tiempo de escaldado de la fruta y sin adición de ácido ascórbico en el jugo a 13°C ($a_0b_0c_1$) es de $5.866 \cdot 10^{-3} + 1.808 \cdot 10^{-3}$ [1/min] y la constante de velocidad para el mejor tratamiento (3 minutos de tiempo de escaldado, 0.05% de adición de ácido ascórbico y 10°C, $a_2b_3c_0$) es de $0.383 \cdot 10^{-3} + 0.104 \cdot 10^{-3}$ [1/min].

Se puede decir que con los tratamientos de inhibición del empardeamiento se obtiene una velocidad de reacción 15 veces menor a la que sin escaldado de la fruta y sin tratamiento del jugo se obtendría en la ciudad de Ambato.

Modelo Matemático

Se ha hipotetizado la siguiente función para estimar la influencia del tiempo de escaldado de la fruta, la adición de ácido ascórbico y la temperatura sobre la constante de velocidad de reacción de empardeamiento en jugo de naranjilla:

$$k = \alpha + \beta_1(TE) + \beta_2(\%AAA) + \beta_3(T)$$

donde TE es el tiempo de escaldado en minutos, %AAA es el porcentaje de adición de ácido ascórbico, T la temperatura del jugo en °centígrados, $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ los estimadores de la regresión.

El análisis de la regresión múltiple fue realizado en EXCEL, del análisis de cada una de las pruebas de hipótesis se puede decir:

Prueba 1. Ho: $\beta_1 = 0$ $H_1: \beta_1 \neq 0$

La hipótesis nula postula que si se mantuviesen constantes el %AAA y la T, el tiempo de escaldado no explica la variación de la constante de velocidad de reacción. La regla de decisión se formula: rechazar Ho si $|b_1/S_{b1}| \geq |t_{44,0.05}|$ en $\alpha = 5\%$. Como la probabilidad es igual a $1.102 \cdot 10^{-5}$, se rechaza Ho, y se acepta H_1 . Entonces, el tiempo de escaldado de la naranjilla sí produce una variación en la constante de velocidad de reacción de empardeamiento en el jugo de esta fruta, manteniendo constantes las demás variables.

Prueba 2. Ho: $\beta_2 = 0$ $H_1: \beta_2 \neq 0$

La regla de decisión se formula: rechazar Ho si $|b_2/S_{b2}| \geq |t_{44,0.05}|$ en $\alpha = 5\%$. Al ser el valor de la probabilidad $1.87 \cdot 10^{-7}$, se rechaza Ho, aceptándose entonces que el % de Adición de ácido ascórbico sí produce una variación en la constante de velocidad de reacción en jugo de naranjilla, manteniéndose constantes las demás variables.

Prueba 2. Ho: $\beta_3 = 0$ $H_1: \beta_3 \neq 0$

La regla de decisión se formula: rechazar Ho si $|b_3/S_{b3}| \geq |t_{44,0.05}|$ en $\alpha = 5\%$. Como $|2.38 \cdot 10^{-4} / 2.2 \cdot 10^{-5}| = 10.8$ y el valor de la probabilidad es $5.86 \cdot 10^{-14}$, se rechaza Ho a niveles de significación menores que 5%, entonces la temperatura sí produce variación en la constante de velocidad de reacción de empardeamiento manteniendo constantes las demás variables.

Prueba global sobre el modelo: Ho: $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$.

Esta hipótesis nula postula que el tiempo de escaldado, el % de adición de ácido ascórbico y temperatura, no explican el comportamiento de la constante de velocidad de reacción.

La hipótesis alternativa H_1 : al menos un $\beta_i \neq 0$, para $i = 1, 2, 3$, y la regla de decisión se formula: Rechazar Ho si el valor de $F = (SCR/k)/(SCE/n-k-1) \geq F_{3,44}$, con 5% de nivel de significación. Como $59.805 \geq 1.45 \cdot 10^{-15}$, se rechaza Ho a nivel de significación menor que el 5%. Ello permite decir que el modelo de regresión es globalmente significativo.

En consecuencia, la función de la constante de velocidad de reacción resultante es:

$$k = 7.114 \cdot 10^{-4} - 6.730 \cdot 10^{-4}(TE) - 5.549 \cdot 10^{-2}(\%AAA) + 2.377 \cdot 10^{-4}(T)$$

$$r^2 = 0.80$$

El signo negativo de los coeficientes de TE y %AAA, comprueban que conforme los valores de estas variables se incrementan, producen una disminución de la constante de velocidad de empardeamiento, mientras que el signo positivo de T demuestra la relación directa que existe entre la temperatura del jugo y su constante de velocidad de empardeamiento.

ABSORBANCIA INICIAL

El análisis de varianza, indica que los niveles de los factores estudiados tienen efecto significativo sobre esta respuesta.

Valores intermedios de tiempo de escaldado en la fruta tienen efectos negativos sobre el jugo; pues este tratamiento provoca que la temperatura en la fruta no sea suficiente como para que las enzimas se desnaturalicen, provocando entonces un mayor efecto de empardeamiento inicial por encontrarse la fruta con una temperatura más óptima para la actividad enzimática, produciendo un valor elevado de A_0 , efecto que es compensado con la adición de ácido ascórbico que produce

una clarificación del jugo. Es decir, el valor de A_o más alto es el que se obtiene con 0 minutos de tiempo de escaldado, 0% adición de ácido ascórbico y 30°C, seguido por el tratamiento en el que a la fruta se la sometió a 1 minuto de tiempo de escaldado, 0.01% de Ad. Ác. Ascórbico y 30°C, mientras los valores más bajos son a 0 minutos de tiempo de escaldado, 10°C y 0.05% de adición de ácido ascórbico, lo que se presenta gráficamente en la Figura 3.

El valor más bajo de A_o obtenido es el que se obtiene de jugo de naranjilla cuya fruta no fue sometida a tratamiento de escaldado, con 0.05% de adición de ácido ascórbico y mantenido a 10°C, esto se debe a que al no ser sometida la fruta a escaldado no sufre reacciones de posible empardeamiento no enzimático y enzimático por efecto del calor sobre la fruta, además como es el tratamiento en el que se adiciona mayor cantidad de ácido ascórbico, el posible empardeamiento suscitado en los primeros instantes es inhibido por la acción del ácido ascórbico y la temperatura baja.

ENERGÍA DE ACTIVACIÓN

En la Figura 4 está representado el efecto del tiempo de escaldado y % de adición de ácido ascórbico sobre la E_a . Es evidente que conforme la adición de ácido ascórbico es mayor, la energía de activación aumenta considerablemente, debido a la acción inhibidora de este compuesto. El tiempo de escaldado ejerce una mayor influencia sobre la energía de activación a niveles bajos de adición de Ac. Ascórbico, necesitando la reacción una mayor E_a a mayor tiempo de escaldado.

°BRIX

Luego de realizadas las pruebas de Tukey, se determina un valor de ° Brix de 7.5 ± 0.1 para el jugo de naranjilla cuya fruta ha sido sometida a tres minutos de tiempo de escaldado.

En cambio al someter a la naranjilla a 1 minuto de escaldado no se produce un cambio significativo a un nivel de 0.95, que comparado con el jugo obtenido con naranjillas con 0 minutos de tratamiento de escaldado, da un valor entre 7.3 y 7.1 ± 0.1 .

El efecto significativo ($\alpha = 0.05$) para las interacciones AB, BC y ABC demuestra que, los cambios en los tiempos de escaldado inciden sobre el efecto de que las diferentes concentraciones de ácido ascórbico añadido poseen sobre los °Brix para cada tratamiento; de igual modo las diferentes concentraciones de ácido ascórbico añadido inciden en el efecto que la temperatura tiene sobre los °Brix.

pH

Del Análisis de Varianza se establece que no existe diferencia para el jugo obtenido a partir de frutas con 0, 1 y 3 minutos de escaldado. Del mismo modo la temperatura de almacenamiento no produce diferencias significativas en los valores de pH del jugo.

En el caso de la Adición de ácido ascórbico, existe diferencia significativa entre los valores promedios de cada nivel, pero ésta no es muy determinante puesto que, al realizar la prueba de Tukey y DMS, estos valores son estadísticamente iguales.

El promedio total de pH es 3.1 con un coeficiente de variación de 1.44%.

ACIDEZ (% de Ácido Ascórbico)

En el Análisis de Varianza del diseño, se aprecia que producen un efecto significativo sobre los valores de acidez del jugo de naranjilla híbrido INIAP-Palora, el tiempo de escaldado, la adición de ácido ascórbico y sus interacciones.

Las pruebas de Tukey determinan que la acidez disminuye con el tiempo de escaldado, la adición de ácido ascórbico en el jugo, en 0%, 0.01% y 0.025% produce un valor de acidez estadísticamente igual, siendo mayor el valor de acidez del jugo con una adición de 0.05%, que tiene un valor de $2.51\% \pm 0.04\%$.

DENSIDAD

De acuerdo al Análisis de Varianza, la densidad disminuye con la Temperatura y aumenta con el

tiempo de escaldado.

Los valores promedio de densidad son $1029.2 \pm 0.9 \text{ Kg/m}^3$, $1027.6 \pm 1 \text{ Kg/m}^3$, $1027.4 \pm 0.9 \text{ Kg/m}^3$, para jugo obtenido con frutas sometidas a 0, 1 y 3 minutos de tiempo de escaldado respectivamente. Es necesario indicar que no existe diferencia significativa entre los promedios de densidad de las muestras a 0 y 1 minuto. La densidad promedio del jugo de naranjilla a 10, 13, 20 y 30°C, es $1031.2 \pm 0.6 \text{ Kg/m}^3$, $1029.6 \pm 0.4 \text{ Kg/m}^3$, $1027.1 \pm 0.7 \text{ Kg/m}^3$ y $1024.3 \pm 0.8 \text{ Kg/m}^3$.

Las pruebas de Tukey determinan que los promedios de los cuatro niveles de % de adición de ácido ascórbico son iguales estadísticamente.

La interacción AB comprueba la influencia mayor del tiempo de escaldado sobre la densidad del jugo de naranjilla.

La interacción de los factores AC, muestra que existe mayor densidad en el jugo obtenido de frutas con un tiempo de escaldado de 3 minutos y a 10 °C: $1032.3 \pm 0.3 \text{ Kg/m}^3$ y la menor densidad con jugo de frutas sometidas a 0 ó 1 minuto de tiempo de escaldado a 30°C: $1023.6 \pm 0.7 \text{ Kg/m}^3$.

Los valores para el jugo de naranjilla híbrido INIAP-Palora que no ha sido sometida a tratamiento de escaldado son muy similares a los presentados por Alvarado, J y Muñoz, S.(1999) para naranjilla de la misma variedad y Alvarado, J. (2001) para jugo de naranjilla híbrido Puyo.

COEFICIENTE VOLUMÉTRICO DE EXPANSIÓN TÉRMICA⁴

Con los valores promedio de la densidad del jugo a cada tiempo de escaldado de la fruta, se obtiene el gráfico 1/d en función de la Temperatura (°C), a partir del que se calcula el coeficiente volumétrico de expansión térmica.

El coeficiente de expansión térmica obtenido para el jugo de naranjilla sin tratamiento de escaldado, entre 10 y 30 °C, corresponde a un valor de $3.64 \cdot 10^{-4} \text{ (1/°K)}$, este valor es muy próximo al valor promedio de $3.6 \cdot 10^{-4} \text{ (1/°K)}$, reportado por Alvarado J, y Muñoz, S. para jugo de naranjilla de la misma variedad entre este mismo rango de temperatura.

VISCOSIDAD

En el Análisis de Varianza para viscosidad de jugo de naranjilla, se aprecia que existe significancia a un nivel de significación de 0.05%, para el tiempo de escaldado, la temperatura del jugo y en menor impacto el % de Adición de ácido ascórbico al jugo de naranjilla.

El tiempo de escaldado de la fruta produce un efecto de incremento de la viscosidad del jugo, es así que con tres minutos de escaldado la viscosidad es igual a un valor de $9.48 \pm 0.69 \text{ mPa.s}$, mientras que con 1 y 0 minutos no existe diferencia significativa entre ellos y poseen valores menores de viscosidad que fluctúa entre $3.73 \pm 0.15 \text{ mPa.s}$ y $3.63 \pm 0.15 \text{ mPa.s}$, como se reporta en la Tabla 80 y Figura 36.

La temperatura, al igual que en otros jugos, tiene una relación inversa con la viscosidad, el valor de la viscosidad del jugo a 10°C es $6.7 \pm 2.48 \text{ mPa.s}$, mismo que desciende a un valor de $4.27 \pm 1.15 \text{ mPa.s}$ a los 30°C.

La interacción del tiempo de escaldado y la temperatura da una idea más clara del efecto de estos factores sobre la viscosidad, así el valor de la viscosidad del jugo de naranjilla sin escaldar a 10°C tiene un valor de $4.12 \pm 0.47 \text{ mPa.s}$, que es menor al valor de la viscosidad de jugo de naranjilla con 3 minutos de escaldado a 30°C, $7.00 \pm 0.09 \text{ mPa.s}$.

En la interacción BC se aprecia que es la temperatura del jugo, la que influye mayoritariamente sobre la viscosidad más que la adición de ácido ascórbico.

La interacción de los tres factores de estudio, indica que la viscosidad más baja corresponde a los tratamientos a 30°C con 0 minutos de tiempo de escaldado y las más altas del jugo con frutas sometidas a tres minutos de escaldado a 10 °C.

ANÁLISIS PROXIMAL

El tratamiento de escaldado produce un incremento en el contenido de sólidos totales del jugo en casi un punto porcentual, debido a que el proceso de cocción de la fruta permite una mayor incorporación de los componentes de la fruta (sobretudo los adyacentes a la cáscara) al jugo. Los sólidos solubles se incrementan con la aplicación del escaldado.

El contenido de ácido ascórbico en el jugo de naranjilla varía de 16 mg/100gr a 65 mg/100gr, debido a la adición de 0.05% que se realiza en el mejor tratamiento.

El contenido de compuestos menores como proteína y grasa no tiene una variación importante con la aplicación del tratamiento.

CONCLUSIONES

- La influencia del tiempo de escaldado y del % de adición de ácido ascórbico en la cinética de empardeamiento enzimático de jugo de naranjilla a 4 temperaturas se estableció del análisis de los valores de los parámetros cinéticos: orden de reacción (n) y constante de velocidad de reacción (k). El 93% de los tratamientos mantienen un orden de reacción, n, igual a 1, con lo que se puede concluir que el empardeamiento enzimático en jugo de naranjilla sigue una cinética de primer orden. La constante de velocidad de reacción es, afectada de forma significativa por todos los niveles de los factores de este estudio.

De acuerdo al modelo matemático establecido, k disminuye $6.73 \cdot 10^{-4}$ [1/min] por cada minuto de tiempo de escaldado adicional; disminuye $5.549 \cdot 10^{-2}$ [1/min] por cada punto porcentual de adición de ácido ascórbico y aumenta $2.377 \cdot 10^{-4}$ por cada °C adicional de temperatura en el jugo.

El efecto del incremento de la A_0 producido por el tiempo de escaldado es compensado por la adición de ácido ascórbico, una mayor temperatura del jugo acelera la actividad enzimática con lo que el valor de A_0 se incrementa.

Por consiguiente, la obtención de un jugo de naranjilla con frutas sometidas a 3 minutos de tiempo de escaldado, con una adición de 0.05% de ácido ascórbico y mantenido a 10°C, permitirá una menor velocidad de empardeamiento, con grandes ventajas en la industria de procesamiento de naranjilla al controlar uno de sus principales problemas: el empardeamiento.

- Del análisis de las propiedades físicas determinadas en el jugo de naranjilla obtenido a tres diferentes tiempos de escaldado de la fruta (0, 1 y 3 minutos), 4 diferentes % de adición de ácido ascórbico (0%, 0.01%, 0.025%, 0.05%), y 4 temperaturas de conservación (10°C, 13°C, 20°C y 30°C), se concluye que el pH no es afectado significativamente por estos factores, siendo el valor promedio de 3.1, los °Brix del jugo se incrementan si lo hace el tiempo de escaldado. La adición de ácido ascórbico en porcentaje mayor que 0.05% produce un incremento significativo de la acidez del jugo, mientras que un mayor tiempo de escaldado produce una disminución de la acidez. La densidad y viscosidad del jugo varían directamente con el tiempo de escaldado de la naranjilla e inversamente con la temperatura del jugo.

El jugo con 0 minutos de escaldado y 0% de adición de ácido ascórbico muestra un mayor porcentaje de humedad y menor concentración de ácido ascórbico que el jugo con 3 minutos de tiempo de escaldado y 0.05% de adición de ácido ascórbico.

- El método aplicado en esta investigación, que es originariamente reportado por Sapers, G. y Douglas, F. (1987)³⁵, ha permitido establecer curvas de absorbancia vs tiempo para cada uno de los tratamientos aplicados en el jugo.

A partir de estas curvas se puede apreciar la evolución del empardeamiento en el tiempo y los efectos de los niveles de los factores sobre estas curvas, esto es notorio en la figura 13, donde las curvas de los tratamientos con los niveles más bajos de tiempo de escaldado y % de adición de ácido ascórbico presentan curvas donde aumenta rápidamente la absorbancia en

función del tiempo en las cuatro temperaturas, mientras que con los niveles más altos de tiempo de escaldado y %AAA es mínima la variación de la absorbancia a 10°C.

- El análisis estadístico de los modelos cinéticos aplicados, de la mano con el coeficiente de determinación y del análisis de probabilidades respectivo para cada uno de los parámetros, permitió establecer los modelos cinéticos que explican el comportamiento enzimático en jugo de naranjilla; calculándose: la Absorbancia inicial, la constante de velocidad de empardeamiento y su intervalo de confianza para cada tratamiento se resumen en la Tabla 52.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALVARADO, Juan de Dios. 1996. Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos. Impreso por Radio Comunicaciones. Quito. 524 pág.
2. ALVARADO Juan de Dios. 2001. Propiedades Físicas del Fruto, Pulpa y Jugo de la Naranja. En: Métodos para medir Propiedades físicas en industrias de alimentos. Alvarado, J. de Dios y Aguilera, J. (Edits). Edit. Acribia. España. Pág.:115-125.
3. ALVARADO, J. y MUÑOZ, S. 1999. Índice de Madurez y Determinación de Propiedades Físicas del Fruto, Pulpa y Jugo de Naranja híbrido INIAP-Palora. Tesis de Grado. Ambato – Ecuador.
4. BADUI, Salvador. 1999. Química de los Alimentos. Edit. Pearson, 3° edic., México, 648 pp
5. BRAVERMAN, J., 1980. Introducción a la Bioquímica de los Alimentos. Ed. El Manual Moderno. México.
6. CANEDA, R. 1978. Cinética Química. OEA. España. 103 pp
7. CHEFTEL, J. C. y CHEFTEL, H. 1976. introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Vol. 1. Edit. Acribia. España.
8. CHRISTENSEN, H. y PALMER, G. 1980. Cinética Enzimática. Edit. Reverté. España. 160 pp
9. CORONEL, M. 1970. Inactivación de las Polifenoloxidasas en el Jugo de Naranja (*Solanum quitoense*). Revista de Información Técnico-científica. Vol II. EPN. Ecuador. Pág 29-31.
10. DÁVILA, J. 1982. Industrialización de la Naranja. Revista de Información Tecnológica Científica. Vol. VII. N° 1. Ecuador
11. ENRIQUEZ, M. y RUMIPAMBA, A. 2000. Estudios de Comportamiento Poscosecha de naranja (*Solanum quitoense*), variedad paloreña, para estimar su tiempo de conservación. Tesis de Grado. Ambato – Ecuador
12. ESCOBAR, M. y LARA, F. 2000. Control de Pardeamiento Enzimático en Dos Variedades de Papa (*Solanum tuberosum*) con el Uso de Inhibidores. Tesis de Grado. Ambato – Ecuador.
13. ESKIN, N., HENDERSON, H., TOWNSEND, R. 1971. Biochemistry of Foods. Academic Press. New York. Pág. 69-103.
14. FELLOWS, P. 1994. Tecnología del Procesado de los Alimentos : Principios y prácticas. Edit. Acribia. España. Pág.: 199-207.
15. FENNEMA, Owen. 1985. Introducción a la Ciencia de los Alimentos. Tomo 1. Ed. Reverté. España. Pp 344-347.
16. FIALLOS, José. 2000. Naranja "INIAP-Palora", Híbrido Interespecífico de Alto Rendimiento. INIAP. Boletín Divulgativo No. 276. 11 pág.
17. HILL, C. y GRIEGER-BLOCK, R. 1980. Kinetic data: generation, interpretation, and use. Food Technology 34(2): 56-66
18. LOZANO, P. BARRETT, R., WROLSTAD, R., y DURST, R. 1993. Enzymatic browning inhibited in fresh and dried apple rings by pineapple juice. J. of Food Sci. 58(2): 399-404.
19. MORTON, J. 1987. Naranja. In: Fruits of warm climates. (Julia Morton, edit). P.425-428
20. Nacional Research Council. 1989. Lost crops of the Incas: Little know plants of the Andes with

- promise for world wide cultivation. NationalAcademy Press. Washington DC. Pág.: 267-275.
21. Normas INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Quito – Ecuador
22. PAREDES, A., RAMOS, G. 2002. Efecto del pH sobre el tratamiento térmico de la Enzima Polifenoloxidasa en jugo de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*). Tesis de Grado. Ambato – Ecuador.
23. SALTOS, H. 1986. Estadística de Inferencia. Ed. Pio X. Ambato- Ecuador.
24. SALTOS, H. 1993. Diseño Experimental. Ed. Pio X. Ambato–Ecuador. 112 pp.
25. SALTOS, H. 2001. Aplicaciones de Estadística en la Industria Alimentaria. En: Métodos para medir Propiedades físicas en industrias de alimentos. Alvarado, J. de Dios y Aguilera, J. (Edits). Edit. Acribia. España. Pág.:369-399.
26. SALTOS, H. 2002. Curso de Estadística. Centro de Estudios de Post-grado. 19 pág.
27. SAPERS, G. y DOUGLAS, F. 1987. Measurement of Enzymatic Browning at Cut Surfaces and in Juice of Raw Apple and Pear Fruits. J. of Food Sci. 52(5): 1258 – 1262.
28. SAPERS, G., HICKS, K., PHILLIPS, L. 1989. Control of Enzymatic Browning in Apple with Ascorbic Acid Derivaties, Polyphenol Oxidase Inhibitors, and Complexing Agents. J. of Food Sci. 54(4): 997 – 1002.
29. SCHMITH, Herber, (1988) Métodos de Análisis de Alimentos . Edit. Acribia, España.
30. VAN BOEKEL, M. 1996. Statistical Aspects of Kinetic Modelinf for Food Science Problems. J. of Food Sci. 61(3):477 – 485.
31. VELASTEGUÍ, D. y RAMOS, M. 1988. Tecnología del Procesamiento de la Naranja. Cuaderno Técnico de Tecnología de Alimentos. Vol. 5. No 1. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. 51 pág. 7-12
32. WHITAKER, J. 1972. Principles of Enzymology for the Food Sciences. Dekker Inc. New York. 636 pág. Pág. 255-259, 319-323, 329-333, 571-581.
33. <http://www.confex2.com/ift/99annual/abstracts/4080.htm>
34. <http://www.crystal-chemical.com/naranjil.htm#NARANJILLA>
35. <http://www.infoagro.com/conservas>
36. http://www.penpages.psu.edu/penpages_reference/12101/121011267.HTML
37. <http://www.pronatta.gov.co>
38. <http://www.quicornac.com/espanol/lulo.htm>
39. <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/naranja/iica.htm>
40. http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/naranja/naranja_mag.pdf

ANEXOS

Tabla 1. Valores de los términos de la Ecuación Cinética de Primer Orden para Empardecimiento enzimático en jugo de Naranja

$$A = A_0 e^{-kt}$$

$$r^2 = 0.91$$

Tratamiento	Ao	k [1/min] 10 ³	Tratamiento	Ao	k [1/min] 10 ³
a ₀ b ₀ c ₀	0.577	2.306 + 0.554*	a ₁ b ₂ c ₀	0.539	0.669 + 0.183*
a ₀ b ₀ c ₁	0.572	5.866 + 1.808	a ₁ b ₂ c ₁	0.568	0.785 + 0.187
a ₀ b ₀ c ₂	0.599	8.343 + 1.790	a ₁ b ₂ c ₂	0.593	2.900 + 0.736
a ₀ b ₀ c ₃	0.703	10.263 + 2.810	a ₁ b ₂ c ₃	0.603	4.520 + 1.189
a ₀ b ₁ c ₀	0.513	1.628 + 0.363	a ₁ b ₃ c ₀	0.505	0.583 + 0.143
a ₀ b ₁ c ₁	0.563	2.291 + 0.518	a ₁ b ₃ c ₁	0.547	0.646 + 0.246
a ₀ b ₁ c ₂	0.568	4.213 + 1.066	a ₁ b ₃ c ₂	0.571	2.299 + 0.589
a ₀ b ₁ c ₃	0.548	10.071 + 3.848	a ₁ b ₃ c ₃	0.586	3.992 + 0.956
a ₀ b ₂ c ₀	0.507	0.695 + 0.190	a ₂ b ₀ c ₀	0.609	0.792 + 0.230
a ₀ b ₂ c ₁	0.581	0.899 + 0.262	a ₂ b ₀ c ₁	0.636	1.877 + 0.515
a ₀ b ₂ c ₂	0.572	3.122 + 0.800	a ₂ b ₀ c ₂	0.579	2.240 + 0.605
a ₀ b ₂ c ₃	0.594	5.021 + 1.402	a ₂ b ₀ c ₃	0.615	4.411 + 1.003
a ₀ b ₃ c ₀	0.480	0.627 + 0.199	a ₂ b ₁ c ₀	0.600	0.792 + 0.196
a ₀ b ₃ c ₁	0.551	0.740 + 0.202	a ₂ b ₁ c ₁	0.594	1.387 + 0.344
a ₀ b ₃ c ₂	0.558	2.636 + 0.562	a ₂ b ₁ c ₂	0.606	2.050 + 0.437
a ₀ b ₃ c ₃	0.573	4.037 + 1.103	a ₂ b ₁ c ₃	0.612	4.349 + 0.832
a ₁ b ₀ c ₀	0.568	1.834 + 0.463	a ₃ b ₂ c ₀	0.601	0.402 + 0.159
a ₁ b ₀ c ₁	0.566	3.117 + 0.753	a ₂ b ₂ c ₁	0.595	0.737 + 0.152
a ₁ b ₀ c ₂	0.583	5.325 + 1.276	a ₂ b ₂ c ₂	0.601	1.824 + 0.417
a ₁ b ₀ c ₃	0.634	9.367 + 3.144	a ₂ b ₂ c ₃	0.596	3.804 + 0.818
a ₁ b ₁ c ₀	0.575	1.479 + 0.456	a ₂ b ₃ c ₀	0.551	0.383 + 0.104
a ₁ b ₁ c ₁	0.551	1.799 + 0.452	a ₂ b ₃ c ₁	0.546	0.518 + 0.172
a ₁ b ₁ c ₂	0.586	4.122 + 0.951	a ₂ b ₃ c ₂	0.580	1.523 + 0.423
a ₁ b ₁ c ₃	0.652	6.438 + 1.604	a ₂ b ₃ c ₃	0.579	2.937 + 0.839

* Intervalo promedio con un 95% de confianza = $t_{n-2; \alpha/2} \cdot S_k$

n = # de observaciones

= nivel de significación

S_k = Desviación estándar de k

Figura 1. Efecto de los mejores tratamientos sobre las curvas cinéticas de empardeamiento en jugo de naranjilla

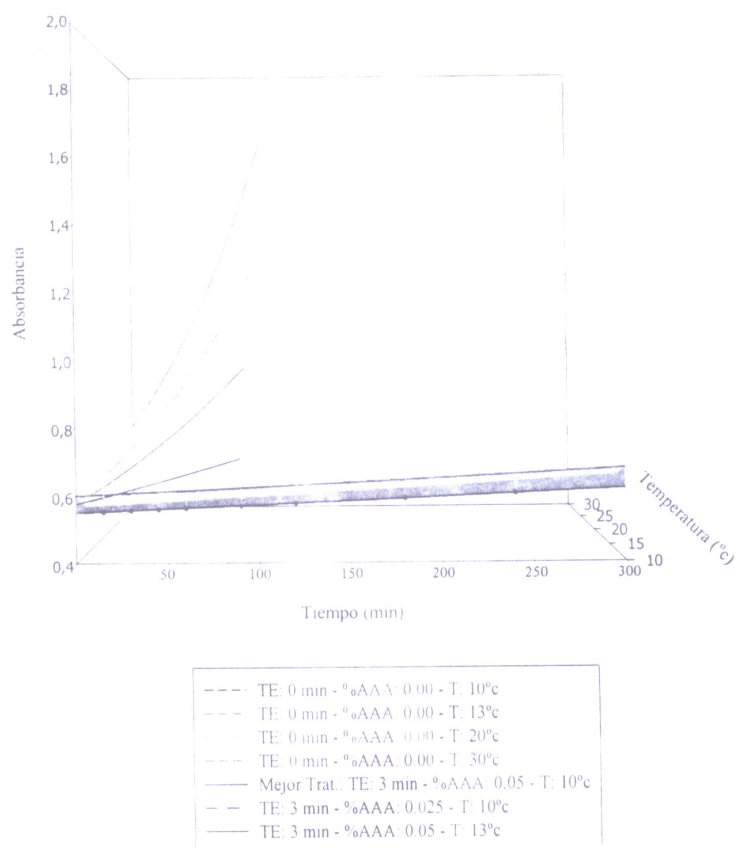
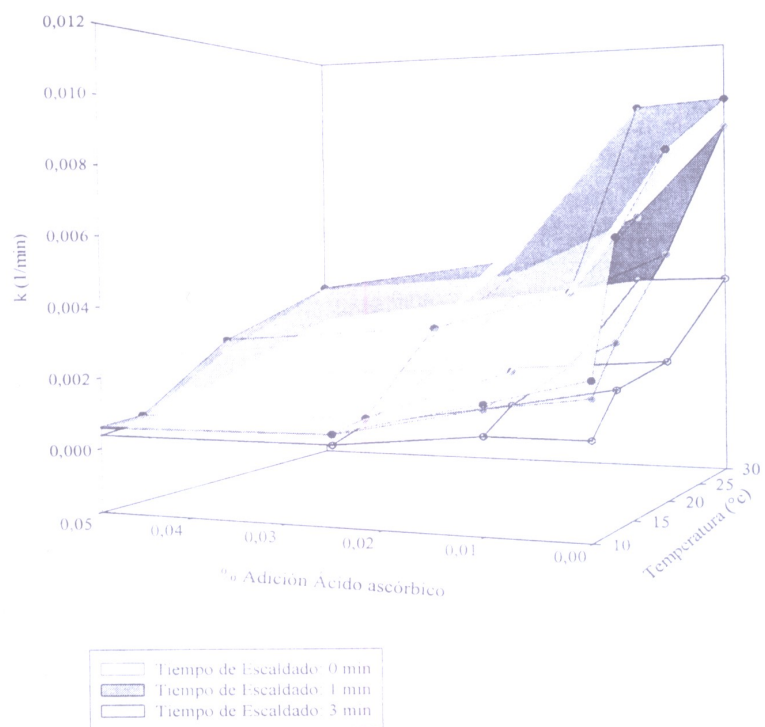


Figura 2. Efecto del Tiempo de Escaldado, % de Adición Ac. Ascórbico y Temperatura sobre la



Constante de velocidad de reacción (k)

Figura 3. Variación de la Absorbancia inicial (A_0) en jugo de naranjilla Híbrido INIAP-Palora en cada tratamiento

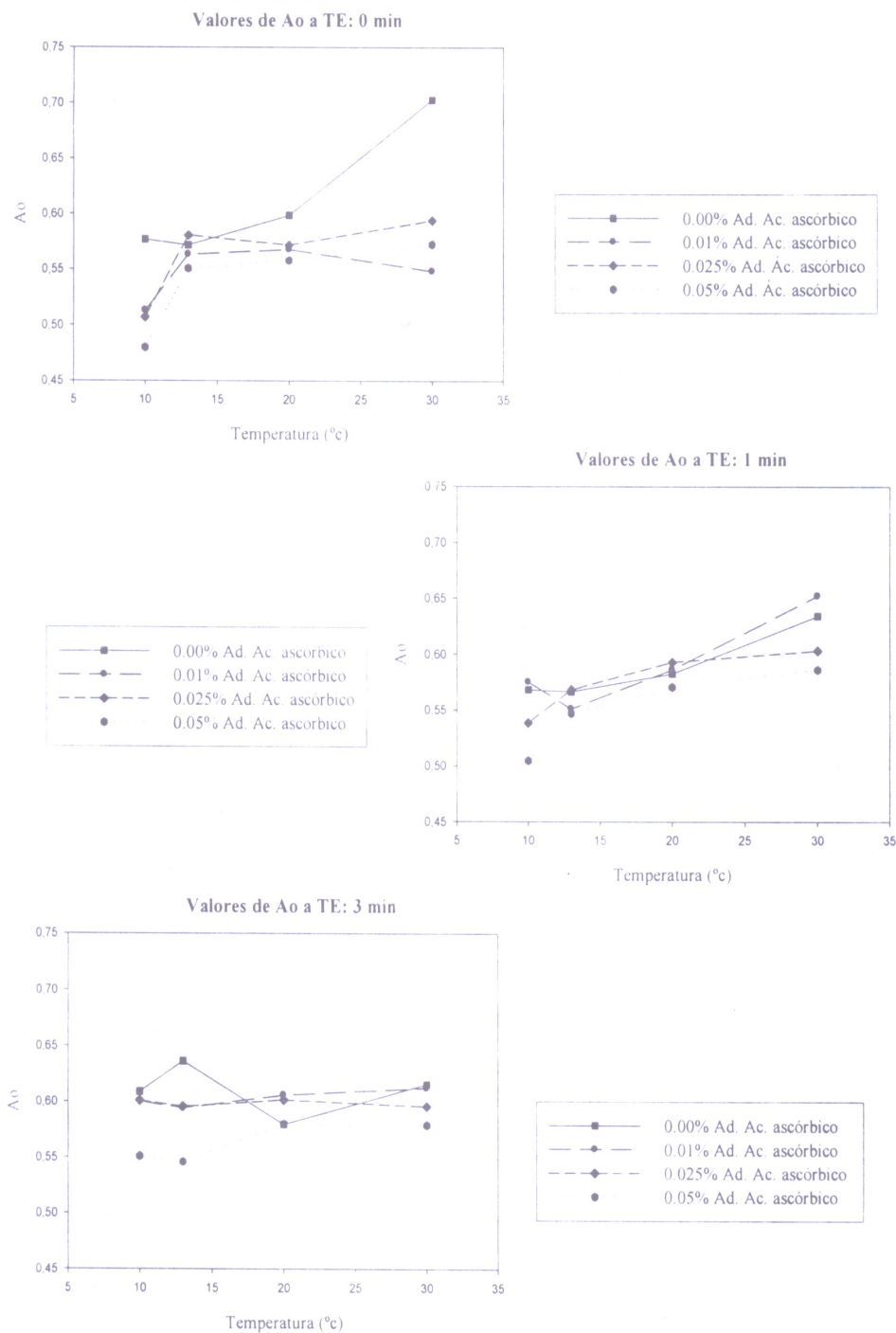
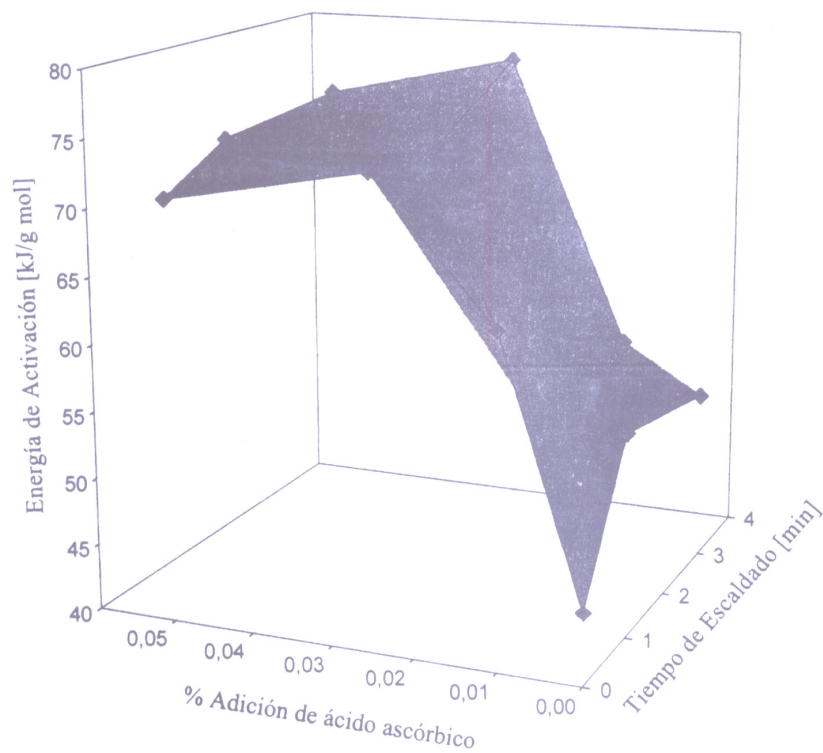


Figura 4. Efecto del Tiempo de Escaldado y %Adición de ácido ascórbico sobre la Energía de Activación en la Cinética de Empardeamiento en Jugo de naranjilla híbrido INIAP - Palora



DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LA
MORA (*Rubus glaucus Benth*)Luis Mendizábal*
Lenin Garcés**

RESUMEN

El presente trabajo se planteo como respuesta a la necesidad de conocer la realidad actual de la mora (*Rubus glaucus Benth*) y hacer el levantamiento, actualización y normalización de las propiedades físicas y químicas de la misma.

Se planteo un diseño factorial AxB. Los factores de estudio fueron factor A Lugar de cosecha (a_0 Pasaloma Pinllo y a_1 San Juan Tisaleo) y para el factor B grados de madurez (b_0 verde, b_1 pintón y b_2 maduro).

En numerosas muestras de la misma variedad con diferente grado de madurez se realizaron las determinaciones siguientes en fruta pulpa y jugo:

Tamaño, forma, esfericidad, peso, volumen, % de semilla, % de pulpa, gravedad específica, densidad, viscosidad, energía de activación, acidez, pH, humedad, sólidos totales, sólidos solubles, sólidos en suspensión, tensión superficial, coeficiente volumétrico de expansión térmica, índice de refracción.

Se presentan los promedios de los resultados experimentales para cada determinación, que caracterizan el fruto, con el propósito de cuantificar los cambios físicos y químicos que ocurren durante la maduración.

Se define como mejor tratamiento establecido a base del análisis estadístico de las propiedades físicas y químicas a la mora (*Rubus glaucus Benth*) cultivada en la parroquia rural de Pinllo en el caserío de Pasaloma (a_0) en estado maduro (b_2), en la que se obtienen buenas características es decir el conjunto de tratamientos de el diseño experimental (a_0b_2).

INTRODUCCIÓN

Conocida como mora de castilla o mora azul es la de mayor importancia comercial y la más cultivada en el país, en regiones comprendidas entre 1,200 a 3,000 m.s.n.m.

La mora de castilla es una fruta que se cultiva en las regiones frías, tiene gran aceptación para el consumo en fresco y procesado por su exquisito sabor y la facilidad de la agroindustrialización, es una fruta muy apetecida, rica en minerales y vitaminas, es muy perecedera, por lo tanto requiere de especiales cuidados durante la cosecha y el transporte.

Se considera que en el mundo hay unas 300 especies de relativa importancia según su aceptación comercial en los diversos países y un gran número de variedades, muchas de ellas se encuentran en las zonas altas de Sudamérica principalmente en Ecuador, Colombia, Panamá, Centroamérica y México.

Aunque el fruto silvestre es apreciado desde hace mucho tiempo, no se empezó a cultivar hasta aproximadamente el año 1850; ahora se ha extendido mucho y ha cobrado gran importancia económica.

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

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

Estas plantas reciben también la denominación más general de zarzas. Los géneros *Rubus* y *Rosa*, pertenecientes a las Rosáceas, son muy semejantes; de allí que la planta de la mora se asemeje bastante a las plantas de rosas silvestres o guiadoras, con espinas y hojas compuestas de tres a cinco hojuelas, la diferencia entre estos géneros está en el fruto, ya que las moras tienen la apariencia de una fresa oblonga o de dedal y su color es negro, rojo y púrpura cuando está madura.

Esta investigación tiene como propósito determinar las propiedades físicas y químicas de la mora los cuales servirán para una normalización de la fruta en sus tres estados de madurez y dos lugares de cosecha mediante un convenio entre el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN y la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos FCIAI.

También se puede explicar varias razones para la necesidad de la determinación de las propiedades físicas y químicas de la mora (*Rubus glaucus Benth*), ya que los datos de esta investigación son básicos en la aplicación de la ingeniería de procesos para la construcción diseño e instalación de plantas procesadoras de fruta: para el cálculo de requerimiento de bombeo, establecer dimensiones de tuberías y válvulas, en la aplicación de balances de materia y energía, realizar mezclas, utilización en operaciones básicas como transferencia de calor masa y cantidad de movimiento y como índices de control de la calidad y en muchos casos para orientar criterios con relación a la composición química y los rendimientos que se esperarían de la fruta.

Mediante los datos de propiedades físicas y químicas se puede diseñar la tecnología adecuada para el proceso de la fruta como también para seleccionar los empaques necesarios para la comercialización de la fruta.

OBJETIVOS

- Determinar los parámetros físicos y químicos de la Mora (*Rubus glaucus Benth*).
- Caracterizar física y químicamente a la Mora (*Rubus glaucus Benth*).
- Conocer la influencia del lugar de cosecha sobre las propiedades físicas de la Mora (*Rubus glaucus Benth*), a temperatura ambiente promedio.
- Conocer la influencia de los grados de madurez sobre las propiedades físicas y químicas de la Mora (*Rubus glaucus Benth*), a temperatura ambiente promedio.

MATERIALES Y METODOS

Materia prima.

Como materia prima se utilizó mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*), proveniente de dos lugares de cosecha. (Comunidad de Pasaloma de la Parroquia rural de Pinillo cantón Ambato y de la Comunidad de San Juan del Cantón de Tisaleo), de la provincia del Tungurahua.

Se determinaron las propiedades físicas y químicas de la mora en sus tres estados de madurez, de conformidad con la tabla de color de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, entendiéndose por fruto verde (color 1, fruto de color amarillo verdoso con algunas drupas de color rosado), pintón (color 2, fruto con el área de color rosado) y maduro (color 5, fruto con el área de color rojo intenso con algunas drupas de color morado), las muestras para el análisis de estudio fueron tomadas en un tiempo de dos meses a partir de Diciembre del 2003.

Equipos

A nivel de laboratorio se utilizó: Balanza analítica Owalabor precisión 0.1mg, Balanza Cobos Precisión modelo Monogranatario 0.1g, Potenciómetro marca Fisher, Baño termostático marca Julabo EM, Centrifuga marca Hermal, Estufa marca Fisher, Refractómetro marca Lewis y materiales de vidrio como el estalagnómetro de Traubé, picnómetros, viscosímetro de Ostwald y materiales básicos menores de la F.C.I.A.I.

Metodología

Luego de la recepción de la materia prima, se seleccionaron las frutas sanas y de tamaño uniforme y se determinaron las propiedades físicas y químicas trabajando en las determinaciones de las propiedades en jugo de mora con dilución 1:3 en relación pulpa: agua según la figura 1.

Tamaño

Utilizando un micrómetro para establecer el diámetro mayor y el diámetro menor.

Forma

Según referencia de figuras geométricas.

Volumen

Mediante el volumen desalojado.

Peso

Mediante el uso de balanza, precisión 0.1g.

Porcentaje de semillas

Por diferencia de peso.

Porcentaje de parte comestible.

Por diferencia de peso.

Índice de refracción

Según la norma INEN 380.

Tensión superficial

Por medio del Stalagnómetro de Traube.

Densidad

Según la Norma INEN 391, (Utilización de picnómetros).

Coefficiente volumétrico de expansión térmica.

A partir de la densidad.

Gravedad específica

Para fruto entero mediante una balanza cobos y para jugo mediante un hidrómetro.

Viscosidad

Utilizando el viscosímetro tipo Ostwald y agua destilada como referencia para el jugo.

Energía de activación

A partir de la viscosidad.

pH

Mediante el uso de un potenciómetro.

Acidez

Según normas INEN 381.

Humedad

Según norma INEN 382.

Sólidos totales

Según la norma INEN 382.

Sólidos solubles

Según la norma INEN 380.

Sólidos en suspensión

Según la norma INEN 388

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Factores de estudio

El presente trabajo responde a un diseño experimental tipo AxB (2x3) la misma que consta con una corrida y la replica cada una con su correspondiente duplicado para cada lugar de cosecha, es decir se realizaron veinte y cuatro determinaciones de cada una de las propiedades físicas y químicas indicadas con un total de 1.032 determinaciones experimentales:

Factores de estudio

A.- Lugar de cosecha

B.- Grado de madurez

Niveles

a₀ Pasaloma (Pinllo).
a₁ San Juan (Tisaleo).

b₀ Verde
b₁ Pintón
b₂ Maduro

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 y 2 se presentan los valores de las propiedades físicas y químicas de la mora en dos lugares de cosecha y tres estados de madurez.

Tamaño

Los valores del diámetro mayor y menor en la comunidad de Pasaloma son mayores con respecto a los valores presentados en la comunidad de San Juan de Tisaleo, cabe destacar que el aumento de diámetro mayor y menor va en aumento en función a los grados de madurez del fruto, el diámetro mayor fluctúa entre 1.65×10^{-2} m y 2.56×10^{-2} m, mientras que para el diámetro menor los valores oscilan entre 1.57×10^{-2} m y 2.20×10^{-2} m.

Forma y esfericidad

La forma del fruto es oblonga en sus tres estados de madurez mientras que la esfericidad del fruto al no presentar significancia estadística entre los factores y las replicas se le asigna un valor estándar promedio de 86.74% en todos sus grados de madurez.

Peso

Los datos experimentales de peso se encuentran entre los valores de 2.9×10^{-3} kg y 5.96×10^{-3} kg alcanzando estos su peso máximo al alcanzar los el estado maduro de acuerdo al análisis estadístico se presentan mejores valores en la comunidad de Pasaloma con respecto al lugar de cosecha 2 comunidad de San Juan.

Volumen

Se presentan los resultados de volumen en fruto entero, los datos oscilan entre los valores de 2.925×10^{-6} m³ y 6.925×10^{-6} m³. De acuerdo a lo descrito en Pasaloma (lugar de cosecha 1) la fruta presenta un mayor desarrollo en las primeras etapas de madurez pero su volumen final es menor a las moras de San Juan (lugar de cosecha 2).

Densidad en fruto entero

La densidad de fruta entera se encuentran entre los valores de 1005.5 kg/m³ y 1037.8 kg/m³. De acuerdo a el análisis estadístico este demuestras que los valores de densidad aumentan en función a los grados de madurez siendo estos óptimos en el lugar de cosecha 1.

% de semilla

Los datos reportados de porcentaje de semilla en fruto entero se encuentra en los intervalos de

10.20% y 16.50%, se define la diferencia estadística que recae en el factor B (grados de madurez), se procede a la determinación de la prueba de comparación Tukey la misma que busca identificar los valores más bajos de porcentaje de semilla por considerarse de mejor aceptación en la industria, el valor más bajo es de 11.10 % que corresponde al estado maduro (b_2), cabe indicar que no existe incidencia entre el lugar de cosecha o las características edáficas.

% de parte comestible

Se puede notar que el porcentaje de pulpa fluctúa entre los valores de 83.46% y 89.80%, en su estado maduro para la cosecha 1 se puede observar el valor promedio que es de 88.97 % y para el lugar de cosecha 2 es de 88.84 % por lo que se puede determinar estadísticamente el mayor desarrollo de pulpa se da en el lugar de cosecha 1 (Pasaloma) este comportamiento se presenta durante todos sus estados de madurez.

Densidad en pulpa

Los datos de densidad en pulpa a 20 °C fluctúan entre el intervalo de 1023.1 kg/m³ y 1035.9 kg/m³, el valor promedio más alto es de 1034.9 kg/m³ lo que corresponde al estado maduro (b_2). En este caso las diferencias edáficas y el lugar de cosecha no incide en la variable.

Densidad de jugo

La densidad en jugo* a 20 °C fluctúan entre el intervalo de 1005.9 kg/m³ y 1010.5 kg/m³. La prueba de comparación múltiple Tukey determina que el valor más alto entre los promedios es de 1009.3 kg/m³, lo que corresponde al estado maduro (b_2), como se puede observar los valores obtenidos difieren notablemente con los valores de densidad en pulpa esto se debe a que la consistencia de la pulpa es semi pastosa para lo cual se utiliza una dilución de la misma en función de los jugos comerciales que utilizan una dilución de pulpa relación 1:3, (Pulpa: agua).

Gravedad específica en fruta

La gravedad específica en fruto entero se encuentran entre los intervalos de 1.012 y 1.035, Establecida la diferencia de significancia estadística para el factor B (grados de madurez), se procede a realizar la prueba de Tukey la misma que indica el valor de los promedios más altos es de 1.035 correspondiente a el estado maduro (b_2) en este caso los promedios según la comparación de las tablas 1 y 2 dan un mayor resultado estadístico en el San Juan de Tisaleo.

Gravedad específica en jugo

Los datos registrados de la gravedad específica en jugo los cuales oscilan entre 1.004 y 1.010, el mayor valor para los promedios es de 1.010 correspondiente al estado de madurez verde (b_0).

Viscosidad en jugo

Los datos correspondientes a la viscosidad del jugo de mora se encuentran entre la escala de 2.30 x 10⁻³ [Pa.seg] y 3.80 x 10⁻³ [Pa.seg].

Determinado el significativo estadístico para el factor B se procede a realizar la prueba de Tukey la misma que señala los valores de los promedios más altos de viscosidad de jugo de mora a 20 °C que tiene un valor de 3.65 x 10⁻³ [Pa.seg], el mismo que corresponde a el estado verde (b_0).

Energía de activación en jugo

Obtiene los máximos valores en estado maduro el mismo que es de 22.6 [kJ/g.mol], el comportamiento de la energía de activación en jugo en función a los grados de madurez se ve una disminución en el valor de E_A en el fruto en estado pintón (b_1), la misma que se encuentra en una fase de desarrollo en el cual existen cambios físicos y bioquímicos, en las cuales necesita gran cantidad de energía para poder suplir sus necesidades energéticas.

Acidez en pulpa

La acidez en pulpa se encuentra entre los intervalos de 60.29 [g/1000 cc de producto] y 87.89 [g/1000 cc de producto]. De acuerdo a lo descrito en la tabla 1 y 2 en Pasaloma (lugar de cosecha 1) la fruta presenta una mayor cantidad de ácido en las primeras etapas de madurez pero su acidez final es menor a las moras de San Juan (lugar de cosecha 2). Mediante la aplicación de la Prueba de diferenciación de Tukey se busca identificar los valores más bajos de acidez en pulpa por considerarse de mejor aceptación que los casos más ácido. Con referencia al factor A (lugar de cosecha) se determina que el valor promedio más bajo para la variable en estudio es de 70,65

[g/1000 cc de producto] que corresponde a la cosecha de Pasaloma (Pinllo) (a_0). En el caso del factor B (grado de madurez), el valor más bajo es de 60,73 [g/1000 cc de producto] que corresponde al estado maduro (b_2).

Acidez en jugo

La acidez en jugo se encuentra entre los límites de 19.02 [g/1000 cc de producto] y 25.45 [g/1000 cc de producto]. Con referencia al factor A (lugar de cosecha) se determina que el valor promedio más bajo para la variable en estudio es de 21.48 [g/1000 cc de producto] que corresponde a la cosecha de Pasaloma (Pinllo) (a_0). En el caso del factor B (grado de madurez), el valor más bajo es de 19.55 [g/1000 cc de producto] que corresponde al estado maduro (b_2), se obtiene la combinación experimental a_0b_2 , con lo que se confirma en casi todas las respuestas experimentales la influencia del lugar de cosecha de Pasaloma (Pinllo) (a_0), en los mejores tratamientos esto se debe a la calidad del suelo y las condiciones climáticas para el desarrollo óptimo de la mora (*Rubus glaucus Benth*).

pH en pulpa

El pH en pulpa se encuentra entre los intervalos de 2.72 y 2.92. Se reportan los valores de los promedios de el pH en pulpa de mora en la Tabla 1 y 2 al no existir diferencia estadística y con el fin de caracterizar a la fruta es válido aplicar promedios de los datos totales de esta variable para cada grado de madurez ya que existe variaciones mínimas entre cada estado, en el presente caso para el estado verde (b_0), el valor de pH es de 2.76; para el estado pintón (b_1), el valor de pH es de 2.84 y para el estado maduro (b_2), el valor de pH es de 2.91, que se aceptan como estándares para todos los tratamientos experimentales.

pH en jugo

El pH en jugo se encuentran entre los intervalos de 2.79 y 3.00, al no existir diferencia estadística de pH en jugo de mora entre los factores A y B se aplican los promedios de los datos totales de esta variable para cada grado de madurez ya que existe variaciones mínimas entre cada estado, en el presente caso para el estado verde (b_0), el valor de pH es de 2.81; para el estado pintón (b_1), el valor de pH es de 2.89 y para el estado maduro (b_2), el valor de pH es de 2.99, que se aceptan como estándares para todos los tratamientos experimentales.

Humedad en fruta

La humedad fluctúa entre 82 % y 84.5 %, determinada la diferencia significativa estadística para el factor B se realiza la prueba de comparación múltiple de Tukey con la que se determina que el valor promedio más alto es de 84.3 % que corresponde al estado maduro (b_2) correspondiente al lugar de cosecha 2 San Juan de Tisaleo.

Humedad pulpa

La humedad en pulpa presenta valores que oscilan entre los intervalos de 89.8% y 91.3%. En el caso del factor A (lugar de cosecha) se determina que el valor promedio más alto para la variable de estudio es de 90.7 % que corresponde a la cosecha de Pasaloma (Pinllo) (a_0). Por último, el factor de estudio B (grado de madurez) el mayor valor promedio es de 90.8 % el mismo que corresponde al estado verde (b_2). En este caso las diferencias edáficas y por tanto el lugar de cosecha si inciden en la variable.

Humedad jugo

Los valores de la humedad en jugo oscilan entre los intervalos de 96 % y 98 %, con respecto al factor A (lugar de cosecha), se demuestra que el promedio más alto es de 97.3 % que corresponde a la cosecha de Pasaloma (Pinllo) (a_0). En el caso del factor B (grado de madurez) el valor promedio más alto es de 97.3 % obtenido en la mora en estado maduro. En conclusión se puede afirmar que la humedad más alta para jugo es en la combinación experimental a_0b_2 .

Sólidos totales en fruta

Los sólidos totales en fruto se encuentran entre los intervalos de 15.5 % y 18 %. Se reportan los promedios aritméticos en las Tablas 1 y 2 se puede observar que los sólidos totales en sus primeras etapas de desarrollo disminuyen en función al crecimiento y ganancia de humedad y demás componentes del fruto para el estado maduro en el lugar de cosecha 1 se obtiene sólidos totales en un (15.7) % mientras que para el lugar de cosecha 2 (15.7) % es decir el lugar de

Como se puede observar estadísticamente el valor de 72.1×10^{-3} [N/m], difiere considerablemente los valores determinados por Ortiz y reportados por Alvarado J, para el caso de la mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*), que es de 64×10^{-3} [N/m], esto se debe a la dilución utilizada para la determinación experimental la misma que tiene valores cercanos a la tensión superficial del agua a la misma temperatura de 20 °C que es de 72.7×10^{-3} [N/m].

El coeficiente volumétrico de expansión térmica en jugo

Tiene valores similares entre los factor de estudio b (lugar de cosecha) para lo cual se hace un promedio para cada estado de madurez por lo cual se le asigna un valor de 5.96×10^{-4} [1/K] para el estado verde, 6×10^{-4} [1/K] para el estado pintón y 6.27×10^{-4} [1/K] para el estado maduro y se aceptan como estándar para todos los tratamientos experimentales.

CONCLUSIONES.

- Se llegó a determinar las propiedades físicas y químicas de la mora (*Rubus glaucus Benth*), en sus tres estados de madurez, (verde, pintón y maduro) provenientes de dos lugares de cosecha de la Provincia del Tungurahua: lugar cosecha 1 del cantón Ambato en la parroquia rural de Pinllo en el caserío de Pasaloma (a_0) y lugar de cosecha 2 comunidad de San Juan cantón Tisaleo (a_1).
- Se estableció por medio del análisis estadístico que los parámetros físicos y químicos de la mora (*Rubus glaucus Benth*), se encuentran asociados a las características edáficas de la zona de cultivo llegándose a obtener los mejores tratamientos en el lugar de cosecha (a_0), es decir en la parroquia rural de Pinllo en el caserío de Pasaloma con lo cual se acepta la hipótesis alternativa planteada.
- Por medio del análisis estadístico se determinó que las propiedades físicas y químicas de la mora, tanto en pulpa, jugo y fruto alcanzan valores óptimos y tautológicos en su estado maduro (b_2), en consecuencia se acepta la hipótesis alternativa planteada ya que existe una marcada influencia entre los valores de las propiedades físicas y químicas experimentalmente registradas en función a su grado de madurez.
- Se determina como mejor tratamiento de las propiedades físicas y químicas a la mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*), cultivada en la parroquia rural de Pinllo en el caserío de Pasaloma (a_0), en la que se obtienen buenas características en estado maduro (b_2), es decir el conjunto de tratamientos de el diseño experimental (a_0b_2).

RECOMENDACIONES.

- En la determinación experimental de los parámetros físicos y químicos se deben realizar varias pruebas preliminares con el fin de que el experimentador determine la forma operativa más eficiente de aplicar cada metodología.
- Cuando los parámetros a determinarse sean unos en función de otros como en el caso de la viscosidad y la densidad, las pruebas deben aplicarse sobre la misma muestra en paralelo con diferencias de tiempos inferiores a un día pues de lo contrario existen cambios en las propiedades reológicas del fluido; esto con el fin de que los datos sean absolutamente confiables.
- Realizar las determinaciones de las propiedades físicas y químicas de el fruto en estudio con los mismos instrumentos y equipos de medición ya que puede existir una variación en las respuestas experimentales.
- Incentivar la investigación con este tipo de trabajos con un sin numero de frutas, hortalizas y vegetales que se producen en territorio ecuatoriano ya que no existen datos de muchas de ellas y son de gran importancia tanto a nivel científico como tecnológico.

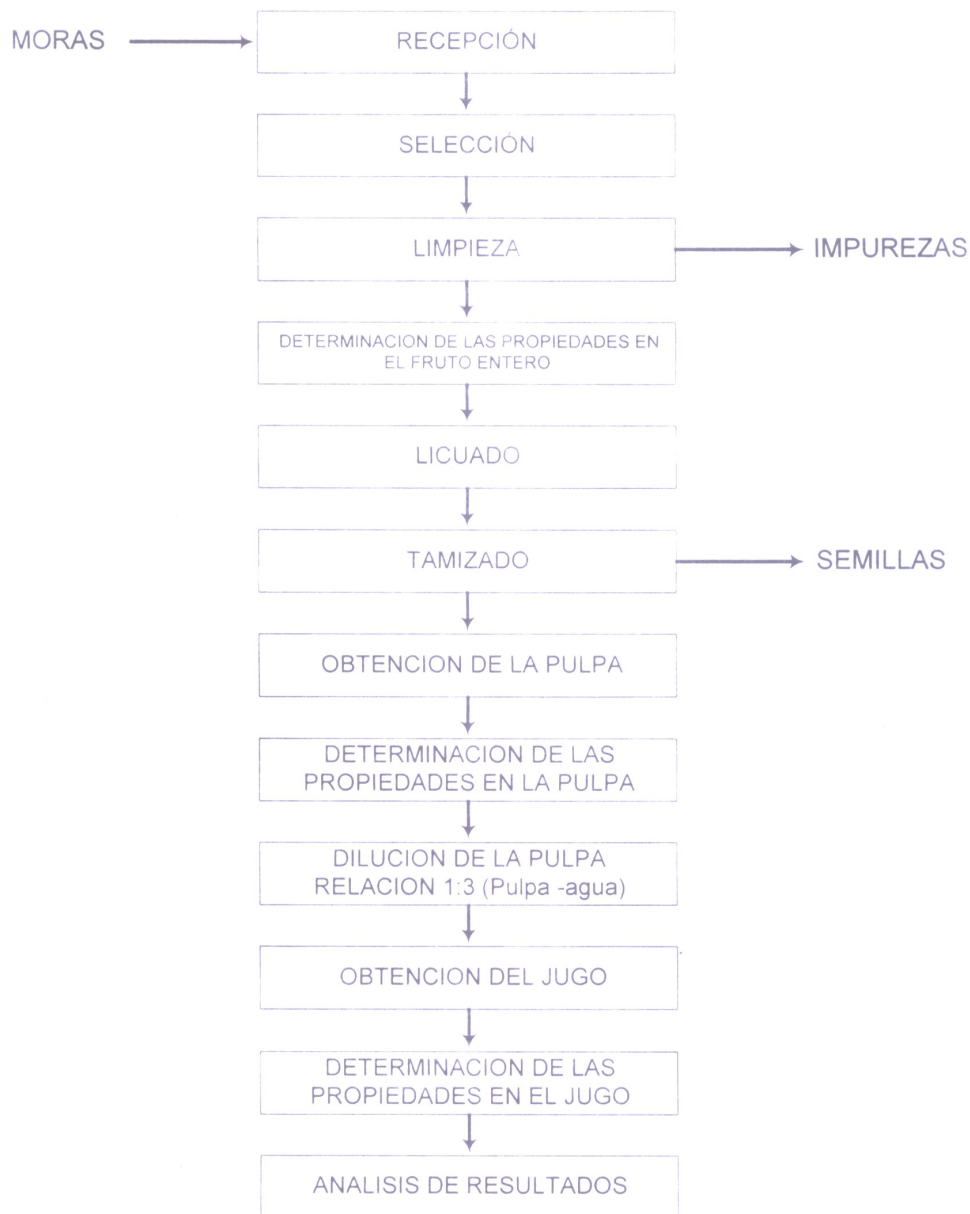
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anda, Luis 1976. "Prácticas de Físico - Química". Ambato, Ecuador. Ed. Universidad Técnica de Ambato, pp: 5 - 7, 10 - 12, 15 - 18.
2. Alonso, Rojo. 1979. "Física, Mecánica y Termodinámica". Delaware, U.S.A. Ed. Addison-Wesley-Iberoamericana. p: 95.
3. Alvarado, J de D. 1996. "Principios de Ingeniería Aplicado a Alimentos". Quito, Ecuador. Radio Comunicaciones, División de Artes Gráficas. 524 p.
4. Babor, Joseph. 1976. "Química General Moderna". México, México. p: 178
5. Belitz. 1988. "Química de los Alimentos". Zaragoza, España. Ed. Acribia p: 577-580.
6. Berlijn, Johan. 1990. "Manuales para la Educación Agropecuaria". México, México, Ed. Trillas. p: 19-23.
7. Biblioteca Microsoft Encarta (2002) © 1993-2003 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
8. Bourne, Malcolm C. 1982. "Food Texture and Viscosity; Concept and Measurement". New York, U.S.A. Ed. Academy Press p: 199-200
9. Brescia, Frank; Arents, John; Meislich, Herbert; Turk, Amos. 1970. "Métodos de Laboratorio Químico: Fundamentos de Química". México, México. Ed. Continental. p: 64, 790.
10. Calderón Alcaraz, Esteban. 1993. "Fruticultura General: El Esfuerzo del Hombre". México, México, Ed. Limusa p: 189, 546-555, 560.
11. Doménech Sors, Juan. 1960. "Congelación de Alimentos". Barcelona, España. Tomo I y II Ed. Síntesis p: 13-14.
12. Duckworth, R. B. 1975. "Frutas y Verduras". Zaragoza, España, Ed Acribia p: 197.
13. Duran Torallardona, Sebastián 1983. "Frigoconservación de la Fruta". Barcelona, España. Ed. AEDOS. p: 74
14. Kefford, J. F. 1959. "The chemical constituents of citrus fruits". Adv. Food Res, 9. p: 285-372.
15. Kimball, D. A. 1986. Volumetric variations in sucrose solutions and equations that can be used to replace specific gravity tables. Journal Food Science. # 51(2). p:529-530.
16. Miller, Augustine. 1978. "Química Básica". México, México. Ed. Harla. p: 110, 242.
17. Normas INEN, 380, 381, 382, 388, 389, 391, 1890. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
18. Plank, R. 1963. "El Empleo del Frio en la Industria de la Alimentación". Barcelona, España. Ed. Reverte. p: 345.
19. Sackett, C. 1985 "Fruit and Vegetable Facts Pointer". Michigan, U.S.A. Ed Freedman Press. p: 89
20. Salazar, J. 1982 "El Cultivo de la Mora (Rubus glaucus)". Proyecto Tungurahua Ambato. p: 78
21. Saltos, H. 1986. "Estadística de Inferencia". Ambato, Ecuador. Ed Pió X. p: 27-38.
22. Saltos, H. 1993. "Diseño Experimental". Ambato, Ecuador. Ed Pió X. p: 6-21.

23. Singh, R. P. and Heldman, D. R. 1984. "Introduction to Food Engineering", Orlando Florida. Ed. Academic Press Inc. p: 28
24. Steffe, James F. 1992. "Rheological Methods in Food Process Engineering". Michigan, U.S.A. Ed Freedman Press. p: 77.
25. Streeter, Victor L; Wylie, E. Benjamin. 1979. "Mecánica de los Fluidos". Bogota, Colombia. 6^{ta} Ed McGraw-Hill. p: 9-20.
26. Tamaro, D. 1974. "Tratado de Fruticultura", Barcelona , España, 4^{ta} Ed Gustavo Gili p: 325-328.
27. Touloukian, Y. S.; Kirby, R. K. Taylor, R. E. and Lee, T. Y. R. 1977. "Thermal Expansion. In: "Thermophysical Properties of Matter". V. 13. American Society for Metals Handbook. New York. IFI/PLENUM. p. 3^a.
28. Villavecchia, Víctor. 1963. "Tratado de Química Analítica Aplicada". Barcelona, España. Tomo II 3^{ra} Ed. Gustavo Gili. p: 86-101 , 187-206
29. <http://www.juver.com/nutricion/articulos/antioxid.htm>
30. <http://www.huitoto.udea.edu.co/FrutasTropicales/moracomer.html>
31. http://www.abccagro.com/frutas/frutas_tradicionales/mora.html
32. http://www.cci.org.co/ManualdelExportador/Conservac_empaque_transp/transpack24.ht
33. <http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/mora.htm>
34. <http://www.cci.org.co/publicaciones/Perfildeproducto/perfilmora4.html>
35. http://www.proexant.org.ec/HT_Mora.html

ANEXOS

Fig. 1.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO



Valores de los promedios generales de las características físicas y químicas determinadas en mora (*Rubus glaucus Benth*)

Tabla 1

Propiedades	Lugar de cosecha 1 Pasaloma – Pinillo			Unidades
	Verde	Pintón	Maduro	
Diámetro mayor	2.0330	2.3434	2.4128	[m]*10 ⁻²
Diámetro menor	1.6221	1.8405	1.9817	[m]*10 ⁻²
Forma	Oblonga	Oblonga	Oblonga	Oblonga
Esfericidad	84.50	85.14	85.57	%
Volumen	3.3569	4.5431	5.1550	[m ³]*10 ⁻⁶
Peso	3.779	4.6531	5.4942	[kg]*10 ⁻³
% de semilla	15.69	12.47	11.03	%
% de pulpa	84.31	87.48	88.97	%
Densidad fruto	1007.571	1024.624	1035.173	[kg/m ³]
Densidad pulpa 20 °C	1026.26	1029.37	1034.84	[kg/m ³]
Densidad jugo 20 °C	1006.59	1008.49	1009.80	[kg/m ³]
GE fruto	1.0131	1.0259	1.0346	-----
GE jugo	1.0103	1.0079	1.0058	-----
Tensión superficial	65.92	68.19	71.98	[N/m]*10 ⁻³
Índice refracción en pulpa	1.3433	1.3448	1.3469	-----
Índice refracción en jugo	1.3330	1.3341	1.3349	-----
Coefficiente vol exp térmica.	5.48750	5.47555	6.20032	[1/K]*10 ⁻⁴
Viscosidad en jugo 20 °C	3.6254	2.7632	2.4122	[Pa.seg]*10 ⁻³
Energía de activación	19.6263	18.1016	22.3698	[kJ/g.mol]
Acidez en pulpa	86.41	65.15	60.41	-----
Acidez en jugo	23.91	21.46	19.19	-----
pH pulpa	2.74	2.81	2.91	-----
pH jugo	2.81	2.92	2.98	-----
Sólidos solubles en pulpa	7.01	8.02	9.46	%
Sólidos solubles en jugo	0.19	0.71	1.20	%
Sólidos totales en fruto	17.26	16.54	15.73	%
Humedad en fruto	82.75	83.46	84.27	%
Sólidos totales en pulpa	9.76	9.20	9.10	%
Humedad en pulpa	90.24	90.80	90.90	%
Sólidos totales en jugo	3.15	2.64	2.47	%
Humedad en jugo	96.85	97.36	97.56	%
Sólidos en suspensión	13.00	15.50	23.00	%

UTILIZACIÓN DE LAS ENZIMAS α -AMILASA Y XILANASA CON ÁCIDO L-ASCÓRBICO COMO MEJORANTES DE LAS CUALIDADES PANARIAS EN LA HARINA DE TRIGO

Héctor Recalde*
Miguel Rodríguez*
Ángel Ulloa**

RESUMEN

El presente estudio fundamenta sus objetivos en la aplicación práctica de los agentes mejoradores: ácido l-ascórbico, enzimas xilanasas y α -amilasa en la industria molinera del país y sugerir su uso como una mejor alternativa referente a la aplicación del bromato de potasio en la harina de trigo destinada a panificación, ya que este reactivo es considerado como carcinogénico genotóxico. Para ello se aplica un diseño experimental AxBxC, (3x3x2) donde los factores y niveles de estudio son: ácido l-ascórbico (0, 30 ppm y 50 ppm), enzima xilanasas (40 ppm, 50 ppm y 60 ppm) y enzima α -amilasa (10 ppm y 15 ppm); se considera además análisis comparativos con un tratamiento testigo utilizando bromato de potasio (25 ppm). Luego de efectuados los ensayos farinográficos y extensográficos en la harina de trigo añadida los mejorantes se determinó que la misma adquiere las mejores características ante la combinación de los factores 30 ppm de ácido l-ascórbico, 40 ppm de enzima xilanasas y 15 ppm de enzima α -amilasa. Se elaboró pan con el mejor tratamiento y testigo, para luego de una evaluación microbiológica establecer un análisis sensorial que determinó mayor preferencia al tratamiento A1B0C1, obteniéndose un pan de mayor volumen, mejor color y aceptabilidad. Finalmente el estudio económico realizado demuestra la viabilidad que tendría la aplicación de este estudio en el campo de la molinería.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la industria molinera del país y el mundo, utiliza la ciencia y la tecnología para encontrar soluciones prácticas y específicas a sus necesidades en la producción de alimentos. Varios estudios tecnológicos se han realizado con el fin de mejorar las características para la harina de trigo que es la principal materia prima en panificación y hacer que los procesos de producción sean más eficientes obteniéndose productos adecuados para el consumidor.

La industria molinera tiene el grave problema de encontrarse cada año con características de trigos diferentes lo que dificulta mantener la misma calidad de harina y aunque en el país se utilice un 95 a 97% de trigo importado, éste sufre también cambios sustanciales en el tiempo. La industria molinera, para compensar estos desequilibrios utiliza aditivos técnicos que permiten mejorar la calidad de sus harinas y ofrecer productos de características estándar (SURVEYDATA 2000).

El uso de aditivos es un hecho generalizado en la industria panadera, bajo la denominación común de mejorantes. Los violentos cambios introducidos en el sistema de panificación tradicional, tanto por la mecanización como por el acortamiento de los procesos, hacen necesario contar con estos aliados. Con los mejorantes, se pueden paliar los efectos del amasado cada vez más intenso, más rápido, de la tan agresiva división automática, de la reducción de las fermentaciones y reposos, de los nuevos formatos comerciales, con piezas cada vez más largas y finas, del desplazamiento de

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

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

los hornos de solera por los de aire forzado o rotativos. A grandes rasgos, podemos decir que la función que cumplen los mejorantes es la de reforzar las características de la harina, para que la masa resultante pueda ser manipulada en un proceso mecanizado.

La consecuencia final sobre el producto, cuando se han utilizado el tipo y la dosis adecuados de mejoradores, es un mayor desarrollo de la pieza, mayor suavidad de la miga, buen color y brillo de la corteza, que cruje suavemente sin desprenderse (TEJERO, F., www.molineriaypanaderia.com, 2002).

RICHARDSON, A., (1978), menciona al bromato de potasio como mejorador de harinas de grado bajo, compuesto que ha venido siendo utilizado por largos años en la industria molinera del país y del mundo. Investigaciones realizadas por el comité de Expertos en Aditivos Alimentarios de la FAO lo califican de carcinogénico genotóxico. En consecuencia, el valor permitido en el tratamiento de harina para fabricación de pan, fue eliminado, por dicho comité (JECFA), ya que considera que hay sustitutos no tóxicos disponibles en el mercado. (CASTELLI, E., www.bromato.com, 2003); en el Ecuador la norma INEN 616 (harina de trigo, requisitos) permite el uso de bromato de potasio hasta un máximo de 25 ppm.

El consumo de pan es elevado en el país y por tanto es lógico suponer que la ingesta de bromato de potasio es elevada, de allí que se requiere con urgencia investigaciones como el presente estudio, donde se pretende demostrar la posibilidad tecnológica de utilizar aditivos mejoradores no tóxicos como el ácido L-ascórbico y enzimas en lugar de bromatos; compuesto que hasta la fecha se encuentra prohibido en países como, Argentina, California, Reino Unido y Canadá (CASTELLI, E., www.bromato.com, 2003).

MATERIALES Y METODOS

Materia prima

Para la ejecución del presente estudio se utilizó harina de trigo al 75% de extracción, obtenida de la molienda de trigo DARK NORTHER SPRING sin aditivos ni premezcla vitamínica, proporcionada por Molinos Prosarina de la ciudad de Ambato.

Aditivos mejoradores utilizados:

- Ácido L-ascórbico
- Alfa Amilasa Fungal 2500 FAU/g.
- Xilanasa fangal 2500 FXU/g.

Equipos.

- Farinógrafo BRABENDER OHG DUISBURG
- Extensógrafo BRABENDER OHG DUISBURG
- Mezclador de alta velocidad
- Material de vidrio
- Baño María
- Estufa
- Autoclave
- Balanza Mettler LP-16
- Equipo Goldfish.
- Amasadora
- Horno de panificación
- Moldes de panificación según norma INEN 530
- Cámara de fermentación

Reactivos

- Agua destilada
- Bromato de Potasio
- Solución de ácido láctico
- Sol. Azul de Bromo fenol
- Alcohol Isopropílico

- Ácido sulfúrico (Solución al 10%)
- Yoduro de potasio, (solución al 2%)
- Hexano
- Medio PDA

Diseño Experimental.

Hipótesis de trabajo

Hipótesis Nula

La aplicación de diferentes cantidades de agentes enzimáticos y oxidantes no produce efectos diferenciados y por tanto su efecto es nulo.

$$H_0 = T_1 = T_2 = \dots = T_n$$

Hipótesis Alternativa

La aplicación de los agentes enzimáticos y oxidantes en dosis diferentes producen efectos variados por tanto su utilización es aplicable.

$$H_1 = T_1 \neq T_2 \neq \dots \neq T_n$$

Factores de estudio

El presente estudio responderá a un Diseño Experimental tipo $A \times B \times C$, ($3 \times 3 \times 2$) con una replicación, con un total de 36 tratamientos.

FACTORES	NIVELES
A. Ácido l-ascórbico	a_0 : 0 ppm. a_1 : 30 ppm. a_2 : 50 ppm.
B. Enzima xilanas	b_0 : 40 ppm. b_1 : 50 ppm. b_2 : 60 ppm.
C. Enzima α -amilasa	c_0 : 10 ppm. c_1 : 15 ppm.

Respuestas experimentales

Farinográficas

Absorción, estabilidad, tiempo de desarrollo, índice de tolerancia al amasado e índice valorimétrico.

Extensográficas

Índice extensográfico y energía.

Todos los tratamientos se compararon con un testigo utilizando bromato de potasio en concentración de 25 ppm.

METODOLOGÍA

Análisis Físico – Químicos en la materia prima

Humedad

Para el análisis de humedad se empleó un desecador Infrarrojo METTLER LP 16, según instrucciones del fabricante del equipo.

Proteína

Los valores de proteína fueron determinados en un equipo de medición instantánea NIR que basa su funcionamiento en la espectrofotometría cercana al infrarrojo según metodología de la casa fabricante.

Ceniza

El análisis de ceniza de la harina, se efectuó por el método NIR según especificaciones de la casa fabricante del equipo.

Gluten Húmedo, Gluten Seco e Índice de Gluten

Estas pruebas fueron realizadas en el equipo Glutomatic según método estándar ICC 155 y 158.

Grasa

Se empleó el método Golfish.

Actividad enzimática

La determinación de la actividad enzimática se realizó utilizando un equipo de número de caída (Falling Number) que sigue el método de la casa fabricante del equipo (PERTEN INSTRUMENTS).

Sedimentación

Según norma INEN 531 (1980).

Preparación de muestras para los ensayos farinográficos y extensográficos.

Preparación de la muestra testigo.

Se preparó una muestra testigo con 25 ppm de bromato de potasio y se corrió todos los análisis respectivos.

Preparación de las muestras para los ensayos.

De acuerdo al diseño experimental se prepararon 18 muestras y su correspondiente replica, para ello se efectuaron las mezclas de harina, enzimas y ácido ascórbico de cada tratamiento, se colocaron en un recipiente metálico cerrado y fueron mezcladas interiormente con un agitador mecánico por un tiempo de 15 minutos, cada muestra resultante fue colocada en fundas plásticas de polietileno y cerradas eliminado el aire interior para evitar así oxidaciones durante el tiempo de análisis.

Farinografía

Se efectuó siguiendo el método descrito por la casa (BRABENDER) fabricante del equipo, se realiza la evaluación de: absorción, estabilidad, tiempo de desarrollo, índice de tolerancia al amasado e índice valorimétrico.

Extensografía

De igual forma se siguió el método descrito por la casa (BRABENDER) fabricante del equipo, se ejecuta evaluaciones de extensibilidad, resistencia a la extensión, índice extensográfico.

Análisis en el producto elaborado con el mejor tratamiento y blanco.

Elaboración de pan

Según Norma INEN 530 (1980).

Pruebas microbiológicas

Análisis de mohos y levaduras por el método detallado en la Microbiología de Cruz., T. 1986.

Evaluación sensorial

Según metodología descrita por LOPEZ., C. 1998. Análisis de Apariencia, textura, color, sabor y aceptabilidad del pan elaborado, con el mejor tratamiento según Norma INEN 530.

Volumen específico

Según norma INEN 530 (1980).

Estudio económico

Análisis y cálculo del punto de equilibrio según metodología de GOMEZ. E. (www.gestiopolis.com).

RESULTADOS

Los análisis de caracterización de la materia prima se encuentran reportados en la Tabla 1.

Humedad

La humedad determinada es de 12,90 % lo que es característica en harinas de 75 % de extracción, considerada como harina de mediana fuerza según CALAVERAS, J., (1996).

Proteína

El porcentaje de proteína es 10,44 % (base seca) que corresponde según la NORMA 616 a una harina de trigo Tipo I duro, clase A corriente, que no contiene agregado de sustancias nutritivas, propia para la elaboración de pan de levadura, según Norma INEN 616.

Ceniza

El valor experimental de ceniza es 0,78 % (base seca), lo que determina que la harina utilizada en la investigación está entre Tipo I duro y Tipo II suave de acuerdo a la normativa INEN 616.

Grasa

El valor experimental de grasa 2,10 %, indica que se trata de una harina de 75% de extracción según CALAVERAS, J., (1996).

Gluten húmedo

El valor obtenido de 31,80% de acuerdo a CALAVERAS, J., (1996). corresponde a un gluten "normal-correcto" procedente de una harina apta para panificación.

Gluten Seco

Un gluten seco con valor de 11,20% lo caracteriza como "normal-correcto" proveniente de una harina apta para panificación, según CALAVERAS, J., (1996), y de tipo I duro, clase A corriente sin aditivos de acuerdo a la Norma INEN 616.

Índice de Gluten

El valor determinado para la harina empleada en el ensayo es de 94,00%. Según CALAVERAS, J., (1996), valores en este rango corresponden a harinas corrientes y de mediana fuerza.

Número de caída

El valor determinado en la investigación es de 308 segundos, de acuerdo a DELTAGEN BIOPRODUCTS N.A., la harina empleada es adecuada para panificación y se califica como de mediana actividad amilásica.

Sedimentación

El valor de la sedimentación es de 38 ml lo que indica que se trata de una harina básica de mediana fuerza de acuerdo con CALAVERAS, J., (1996).

Los resultados tecnológicamente deseables que permitieron llegar al mejor tratamiento se obtuvieron de los siguientes ensayos farinográficos y extensográficos:

FARINOGRAFIA

Estabilidad farinográfica.

La Tabla N° 2 presenta el Análisis de Varianza para la variable "estabilidad", en la misma se muestra que existe diferencia estadística a un nivel de confianza del 95%, con respecto al factor A (% ácido l-ascórbico.).

La respectiva Prueba de Diferenciación de Tukey, determina que el valor promedio más alto para la variable "estabilidad" es de 14,275 minutos que corresponde al nivel A1 (30 ppm de ácido l-

ascórbico). Se debe señalar que en este caso interesa el valor más alto, pues, la estabilidad esta dada por el tiempo durante el cual la consistencia de la masa durante el amasado no sufre cambios sustanciales. A mayor estabilidad mayor será la resistencia o tolerancia de la masa a un tratamiento mecánico.

De acuerdo a los resultados estadísticos, los tratamientos con un nivel de 30 ppm de ácido l-ascórbico, tendrán una estabilidad superior a la que presenta el blanco (13 minutos) llegando a niveles próximos al promedio más alto que es de 14,275 minutos

Tiempo de desarrollo

El Análisis de Varianza (ver Tabla N° 3) para la variable "tiempo de desarrollo", determina que existe diferencia estadística significativa a un α de 0,05 con respecto al factor C (cantidad de α -amilasa).

La Prueba de Diferencia Mínima Significativa señala que el tiempo de desarrollo es más bajo (3,11 minutos) cuando se trabaja en el nivel C1 (15 ppm de α -amilasa). En consecuencia la reducción del tiempo de desarrollo permitiría conseguir una mayor mecanización y acortamiento de tiempo en los procesos de panificación TEJERO. F., (2003), en www.molineriaypanaderia.com.

El tiempo de desarrollo que se alcanza con el blanco (25 ppm de bromato de potasio), es de 3,5 minutos, lo que confirmaría que la adición de enzima α -amilasa en proporciones adecuadas reduce el tiempo de desarrollo en referencia a la muestra tomada como blanco.

Índice de tolerancia al amasado

El índice de tolerancia al amasado es una variable que permite evaluar la pérdida de consistencia de la masa durante el amasado y se determina en unidades Farinográficas. Mientras más pequeño sea este valor, mayor será la resistencia o tolerancia de la masa al tratamiento mecánico (BRABENDER, 1981).

El Análisis de Varianza para el "índice de tolerancia al amasado" (Tabla N° 4), establece que existe diferencia estadística con respecto a la interacción BC (cantidad de xilanasa, cantidad de α -amilasa).

Realizado la Prueba de Duncan a los promedios del "índice de tolerancia al amasado", se determina que el valor más bajo para esta variable es de 20 U.F. que se presenta en la combinación B2C1 (60 ppm de enzima xilanasa y 15 ppm de enzima alfa-amilasa). Lo que indicaría el efecto que tiene la xilanasa y α -amilasa en los niveles utilizados sobre esta variable.

El menor valor del "índice de tolerancia al amasado", 10 U.F., corresponde al blanco (25 ppm de bromato de potasio).

EXTENSOGRAFIA

Índice extensográfico

El Análisis de Varianza del "índice extensográfico" a los 90 minutos (ver Tabla n° 5) muestra que existe significancia estadística en un nivel de confianza del 95% para los factores A (cantidad de ácido l-ascórbico), B (cantidad de xilanasa) y C (cantidad de α -amilasa); además para las interacciones AB, AC, BC y ABC.

Se aplica una Prueba de Diferenciación para cada uno de los factores individuales y para las interacciones; esta prueba determina que con respecto al factor A, el valor más alto obtenido es de 3,13 U.E./mm que se logra en el nivel A2 (50 ppm de ácido l-ascórbico). En referencia al factor B, el valor promedio más alto registrado durante la experimentación, es de 3,21 U.E./mm (nivel B0, 40 ppm de enzima xilanasa). Por último para el caso del factor C el promedio más alto es de 2,86 U.E./mm obtenido en el nivel C1 (15 ppm de α -amilasa).

Analizando el valor de la variable en estudio para el blanco (25 ppm de bromato de potasio) que es de 2,21 U.E./mm, se observa que el mismo está por debajo de los valores detallados anteriormente.

MEJOR TRATAMIENTO

De acuerdo a los datos reportados para "estabilidad", estadísticamente se demuestra que los tratamientos que incluyen el factor A1 (30 ppm de ácido l-ascórbico) presentan valores promedios más altos para la variable, permitiendo una mayor maquinabilidad de las masas sometidas a este tratamiento.

Respecto al "tiempo de desarrollo" se encuentra que tiene mayor influencia la incorporación del factor C1 (15 ppm de enzima α -amilasa), ya que su aplicación permite obtener menores tiempos de desarrollo de la masa, pues su efecto modificaría la estructura del almidón permitiendo así una rápida incorporación de agua a la estructura coloidal y por tanto reducción de tiempo en el proceso de producción.

El análisis de la variable "índice de tolerancia al amasado" demuestra que la acción de las enzimas xilanasa y α -amilasa en la combinación B2C1 (60 ppm de enzima xilanasa y 15 ppm de enzima alfa-amilasa), permite obtener un valor más bajo para este índice, lo que resulta conveniente para mantener el equilibrio entre agua libre y agua ligada de una masa. Este efecto se logra gracias al incremento de pentosanos solubles obtenidos por acción catalítica del enzima xilanasa, brindando así una mayor maquinabilidad y manejabilidad a la masa, evitando así la separación de agua durante el amasado.

La variable "índice extensográfico" permite seleccionar valores comprendidos entre 2,3 y 2,6; la combinación A1B0C1 seleccionada como mejor tratamiento incluye niveles de cada factor que aparecen en los tratamientos estadísticamente seleccionados dentro de este rango.

Como resultado de este análisis se establece que el mejor tratamiento corresponde a la combinación A1B0C1.

Se elaboro pan de molde según la metodología descrita en la NORMA INEN 530, a la que se evaluó sensorialmente determinando que el mejor tratamiento (A1B0C1) presenta atributos con un nivel aceptable, se evaluó el volumen específico del pan elaborado encontrándose resultados para el mejor tratamiento (A1B0C1) de 5.65ml/gr.

El análisis microbiológico de mohos y levaduras aplicado al pan elaborado con el mejor tratamiento a las 12 horas de salido del horno da un valor de <10 ufc/gr.

El estudio económico efectuado a la producción de la harina de trigo tratada con 30 ppm de ácido l-ascórbico, 40ppm de enzima xilanasa y 15 ppm de enzima α -amilasa, envasada en presentación de 50 Kg. Permite alcanzar una utilidad del 13.67% y operar con el 23.8% de producción como punto de equilibrio.

CONCLUSIONES

- El ácido l-ascórbico en concentración de 30 ppm es suficiente para mantener la estabilidad de la masa durante su manipulación y amasado.
- La enzima xilanasa posee un efecto mejorador sobre la reología de la masa permitiendo incorporar la cantidad de agua necesaria en el proceso de amasado y mantener el equilibrio de la misma.
- La α -amilasa tiene un efecto muy amplio en lo referente a propiedades plásticas como fermentativas según los resultados de "tiempo de desarrollo" (datos farinográficos) y las evaluaciones sensoriales, respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BRABENDER WHEAT BLENDING STUDY EUROPEAN WHEATS (1981 Crop) WITH U.S. HARD RED WINTER (1981 Crop). Kansas Wheat Commission. ESTADOS UNIDOS. 1981.
2. CALAVERAS. J. Tratado de Panificación y Bollería . Ediciones Almanza . España. 1996.
3. CRUZ., T. Microbiología de alimentos. Ediciones Almanza . España. 1986.
4. DELTAGEN, Aplicación de ingredientes en la industria harinera y de panificación. Memorias del Seminario. Agosto 1999. Quito Ecuador.
5. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, INEN.
6. LOPEZ, C., Evaluación sensorial de alimentos. Bogotá-Colombia 1998.
7. RICHARDSON . A. Tratado de Molinería. Editorial Síntesis Barcelona. 1978.
8. SURVEYDATA CIA Ltda. Ecuador. LA INDUSTRIA MOLINERA DEL ECUADOR, Estudio de mercado potencial para la harina de trigo. Junio 2000.
9. www.gestiopolis.com
10. www.molineriaypanaderia.com 2002
11. www.bromato.com, 2003

TABLA 1. ANALISIS DE CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE TRIGO AL 75% DE EXTRACCIÓN.	
PARAMETROS	RESULTADOS
HUMEDAD	12,90%
PROTEINA	10,44%
CENIZAS	0,78%
GRASA	2,10%
GLUTEN HUMEDO	31,80%
GLUTEN SECO	11,20%
INDICE DE GLUTEN	94,00%
FALLING NUMBER	308 Seg.
SEDIMENTACION	38 ml

Tabla N° 2. Análisis de Varianza para la variable "estabilidad farinográfica" en harina de trigo

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor F Tablas
Réplicas	1	3,484	3,484	0,6116	
Factor A	2	61,441	30,720	5,3926	3,59*
Factor B	2	4,254	2,127	0,3734	3,59
AB	4	9,978	2,494	0,4379	2,96
Factor C	1	2,778	2,778	0,4876	4,45
AC	2	13,767	6,884	1,2083	3,59
BC	2	10,577	5,289	0,9283	3,59
ABC	4	12,278	3,069	0,5388	2,96
Error	17	96,846	5,697		
TOTAL	35	215,402			

Coefficiente de Variación = 17,92%

* Significancia $\alpha = 0,05$

Prueba de Diferenciación de Tukey para la variable
"estabilidad farinográfica" en harina de trigo

Fuente	N°	Orden original	N°	Orden por Rangos	Intervalo de Diferenciación
Factor A	1	11,475	2	14,275	A
	2	14,275	3	14,217	A
	3	14,217	1	11,475	B

Tabla N° 3. Análisis de Varianza para la variable "tiempo de desarrollo" en harina de trigo

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor F Tablas
Réplicas	1	2,078	2,078	2,0903	
Factor A	2	0,764	0,382	0,3843	3,59
Factor B	2	0,161	0,080	0,0809	3,59
AB	4	2,391	0,598	0,6012	2,96
Factor C	1	6,376	6,376	6,4123	4,45*
AC	2	0,534	0,267	0,2684	3,59
BC	2	1,105	0,553	0,5559	3,59
ABC	4	2,463	0,616	0,6194	2,96
Error	17	16,903	0,994		
TOTAL	35	32,776			

Coeficiente de Variación = 28,23%

* Significancia $\alpha = 0,05$

Prueba de Diferenciación DMS para la variable "estabilidad" en harina de trigo

Fuente	N°	Orden original	N°	Orden por rangos	Intervalo de Diferenciación
Factor C	1	3,953	1	3,953	A
	2	3,111	2	3,111	B

Tabla N° 4. Análisis de Varianza para la variable "índice de tolerancia al amasado" en harina de trigo

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor F Tablas
Réplicas	1	1002,778	1002,778	11,0180	
Factor A	2	272,222	136,111	1,4955	3,59
Factor B	2	155,556	77,778	0,8546	3,59
AB	4	61,111	15,278	0,1679	2,96
Factor C	1	69,444	69,444	0,7630	4,45
AC	2	272,222	136,111	1,4955	3,59
BC	2	688,889	344,444	3,7846	3,59*
ABC	4	294,444	73,611	0,8088	2,96
Error	17	1547,222	91,013		
TOTAL	35	4363,889			

Coeficiente de Variación = 34,00%

* Significancia $\alpha = 0,05$

Prueba de Diferenciación de Duncan para la variable
"índice de tolerancia al amasado" en harina de trigo

Fuente	N°	Orden original	N°	Orden por rangos	Intervalo de Diferenciación
BC	1	23,333	5	35,000	A
	2	28,333	4	31,667	AB
	3	30,000	3	30,000	AB
	4	31,667	2	28,333	AB
	5	35,000	1	23,333	AB
	6	20,000	6	20,000	B

Tabla N° 5. Análisis de Varianza para la variable "índice extensográfico" a 90 minutos en harina de trigo

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor F Tablas
Réplicas	1	1,707	1,707	148,8206	
Factor A	2	8,946	4,473	389,8678	3,59*
Factor B	2	5,286	2,643	230,3712	3,59*
AB	4	2,842	0,711	61,9353	2,96*
Factor C	1	0,974	0,974	84,8544	4,45*
AC	2	0,887	0,443	38,6567	3,59*
BC	2	1,457	0,729	63,5034	3,59*
ABC	4	2,937	0,734	63,9959	2,96*
Error	17	0,195	0,011		
TOTAL	35	25,231			

Coefficiente de Variación = 3,98%

* Significancia $\alpha = 0,05$

Prueba de Diferenciación (DMS o Tukey) para la variable
"índice extensográfico" a 90 minutos en harina de trigo

Fuente	N°	Orden original	N°	Orden por rangos	Intervalo de Diferenciación
Factor A**	1	1,995	3	3,131	A
	2	2,952	2	2,952	B
	3	3,131	1	1,995	C
Factor B**	1	3,210	1	3,210	A
	2	2,295	3	2,573	B
	3	2,573	2	2,295	C
Factor C*	1	2,528	2	2,857	A
	2	2,857	1	2,528	B
AB**	1	2,302	4	3,996	A
	2	1,548	7	3,334	B
	3	2,137	9	3,046	C
	4	3,996	8	3,012	C
	5	2,325	6	2,535	D
	6	2,535	5	2,325	DE
	7	3,334	1	2,302	DE
	8	3,012	3	2,137	E
	9	3,046	2	1,548	F
AC**	1	1,998	4	3,327	A
	2	1,993	6	3,525	A
	3	2,577	5	3,010	B
	4	3,327	3	2,577	C
	5	3,010	1	1,998	D
	6	3,252	2	1,993	D
BC**	1	2,771	2	3,650	A
	2	3,650	1	2,771	B
	3	2,205	5	2,609	BC
	4	2,385	6	2,536	CD
	5	2,609	4	2,385	DE
	6	2,536	3	2,205	E
ABC**	1	2,475	8	4,733	A
	2	2,128	14	4,089	B
	3	1,455	17	3,568	C
	4	1,641	7	3,258	CD
	5	2,064	16	3,142	CD
	6	2,210	15	2,883	DE
	7	3,258	12	2,875	DE
	8	4,733	13	2,579	EF
	9	2,277	18	2,525	EFG
	10	2,373	1	2,475	EFGH
	11	2,196	10	2,373	FGH
	12	2,875	9	2,277	FGH
	13	2,579	6	2,210	FGH
	14	4,089	11	2,196	FGH
	15	2,883	2	2,128	GH
	16	3,142	5	2,064	HI
	17	3,568	4	1,641	IJ
	18	2,525	3	1,455	J

* DMS

** Tukey

CONSERVACION DE DURAZNOS EN MITADES (*Prunus persicae* variedad *Fortuna*) POR MEDIO DE FACTORES COMBINADOS

Mónica Morales M.*
Ma. Fernanda Rivera*
César Vásquez**

RESUMEN

En la conservación de duraznos en mitades (*Prunus persicae* variedad *Fortuna*) se estudia la eficiencia de los "factores combinados", cuyo fundamento se basa en inhibir el desarrollo bacteriano así como también el de mohos y levaduras por la interacción combinada de tres factores de "stress" como: factor A: pH (3.7 – 4.1), factor B: actividad de agua (0.9665 – 0.9525) y factor C: agente conservante (800 – 1000 – 1200 ppm de sorbato de potasio). Los mismos que se conservan en envases de PVC a temperatura ambiente.

Inicialmente se realizó la caracterización de los duraznos como materia prima, una vez aplicada la tecnología de factores combinados se aplicó un diseño experimental A x B x C (2 x 2 x 3) obteniéndose 12 tratamientos con 1 réplica dando un total de 24 interacciones entre factores, las respuestas experimentales del trabajo fueron Recuento Total de Microorganismos y Sólidos Solubles (°Brix), los mismos que se efectuaron en un periodo de 3 meses con intervalos de 15 días por corrida y se complementó con un análisis sensorial de preferencia para el mejor tratamiento con relación a una muestra comercial.

Al determinar el mejor tratamiento de acuerdo a un análisis estadístico se tiene un conteo de 30 - 100 ufc/g como resultado del crecimiento microbiano en el tiempo límite de estudio lo que corresponde al tratamiento A₀B₁C₂, siendo el más aceptable microbiológicamente.

INTRODUCCION

Alzamora (1993), señala que por medio de una combinación de factores intrínsecos físicos y químicos que interaccionan aditiva o sinérgicamente se puede controlar la población microbiana en los alimentos; actualmente a la interacción de factores se conoce como "tecnología de factores combinados o tecnología de barreras", lo que implica una innovación de los métodos tradicionales [2].

Para aplicar la tecnología de factores combinados será necesario conocer el mecanismo de acción de los diferentes factores a combinarse es decir se debe saber exactamente el efecto individual de un factor sobre los microorganismos.

Importancia del Estudio

La finalidad de realizar este trabajo es alargar el tiempo de vida útil de duraznos (*Prunus persicae* variedad *Fortuna*) y minimizar al máximo la proliferación de microorganismos mediante el empleo de una tecnología simple que consta básicamente de la interacción de factores como: pH, a_w y el empleo de un agente conservante. La técnica de factores combinados brinda una alternativa para el desarrollo de alimentos con un grado mínimo de procesamiento cuyas propiedades organolépticas en algunos casos permanecen muy cercanas a las del alimento fresco.

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

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

El empleo de factores combinados previene el cambio severo que se observa al aplicar una tecnología que utiliza tratamientos térmicos (esterilización comercial), deshidratación, congelación, etc. Es evidente que al combinar tres factores es posible adaptar un mecanismo para la preservación de alimentos y la inhibición de microorganismos creando una barrera u obstáculo frente al ataque de los microorganismos, ya que éstos tienen que primero vencer la disminución de actividad de agua, vencer el cambio de pH y por último se enfrentaran al efecto que produce el agente conservante, es por ello que se consigue una estabilidad del alimento en el tiempo, de buenas características organolépticas y con la cantidad mínima de microorganismos^[1].

OBJETIVOS

GENERAL

- Conservar duraznos en mitades (*Prunus persicae* variedad *Fortuna*) por medio de la utilización de factores combinados.

ESPECÍFICOS

- Caracterizar física y químicamente duraznos (*Prunus persicae* variedad *Fortuna*) que se emplearan en el presente estudio.
- Estudiar la efectividad que ejerce la aplicación de los factores combinados sobre los atributos nutritivos y de calidad en la conservación de duraznos en mitades.
- Evaluar la estabilidad microbiológica y el contenido de sólidos solubles durante el almacenamiento de duraznos en mitades conservados por factores combinados y envasados en recipientes de plástico herméticamente sellados a temperatura ambiente.
- Determinar sensorialmente el mejor tratamiento de duraznos en mitades durante una prueba de preferencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

- Duraznos (*Prunus persicae* L. Variedad *Fortuna*)
- Sacarosa

Equipos para el proceso

- Olla de cocción de acero inoxidable.
- Brixómetro Atago ATC - 1
- pH – metro Fisher Accumet Model 230A
- Medidor de actividad acuosa Ro -Tronic A2101-V4.11
- Balanza Mettler LP16. PM480 Delta Range
- Balanza Analítica Scientech SA 210
- Autoclave Electric Pressure Steam Sterilizer Model No.25X
- Licuadora Osterizer
- Placas Petrifilm 3M
- Penetrómetro Oreon B5
- Psicrómetro de Termopar

Material de laboratorio y utensilios

- Buretas – Pipetas
- Vasos de Precipitación

- Cápsula de porcelana
- Matraces Erlenmeyer
- Termómetros
- Espátulas
- Asas microbiológicas
- Cajas Petri
- Varillas de agitación
- Cucharas
- Envases de plástico

Reactivos

- Hidróxido de sodio Merck
- Fenoftaleína Merck
- Sorbato de potasio Merck
- Bisulfito de sodio Merck
- Ácido cítrico Merck
- Etanol 95° BDH

MÉTODOS DE ANÁLISIS

Materia prima

Los métodos de análisis realizados en duraznos como materia prima para su caracterización son los siguientes:

Caracterización Física.

- Peso Específico, Análisis basado en el Principio de Arquímedes.
- Esfericidad, método de Mohsenin.
- Porcentaje de Humedad, por medio de balanza Metler, R. Less (1969).
- Diámetro mayor - Diámetro menor, con la utilización de un pie de rey.
- Peso total, Balanza analítica para obtener el total del peso de fruta.
- Porcentaje de cáscara, porcentaje de pulpa y porcentaje de pepa, Balanza analítica, por medio de diferencia de pesos (expresado en porcentaje).
- Actividad acuosa, Ro-Tronic A2101-V4.11 y/o Ecuación Ross

Caracterización Química.

- pH, por medio de la utilización del pH-metro Beckman.
- Acidez, método potenciométrico de referencia de acuerdo a la Norma INEN # 381.
- Sólidos solubles, análisis realizado por medio del refractómetro Atago ATC-1 a temperatura ambiente.

RESPUESTA EXPERIMENTAL

Los análisis realizados a los duraznos en almíbar como respuesta experimental son:

Microbiológicos.

Recuento total de microorganismos, Se realizaron análisis cuantitativos bacterias, mohos y levaduras utilizando medio PCA (Merck), inoculadas con una dilución 10^{-1} , utilizando fundas esterilizadas, incubadas a 37 °C por 24 horas. Para el recuento microbiológico se utilizó un cuenta colonias (Darkfield Québec).

Químicos.

Sólidos solubles, Este análisis se realizó utilizando un refractómetro Atago ATC -1 a temperatura ambiente.

Sensoriales.

Se realiza el análisis sensorial del mejor tratamiento aplicando la técnica de preferencia, es decir, comparando dos muestras: la muestra₁ que es la comercial y la muestra₂ que es la obtenida en la fase experimental de este estudio que corresponde al mejor tratamiento. Los resultados se

estimaron con un panel de catadores cuyo número fue de 20 personas (no entrenadas), las mismas que evaluarán: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad de las dos muestras de duraznos en mitades, en donde los catadores calificarán las características organolépticas del producto en una escala de 1 a 5, siendo uno la calificación más baja y cinco la calificación más alta.

Análisis estadístico matemático.

Se siguieron las recomendaciones de Saltos (1993) y el programa MSTATC en la respuesta experimental y en el análisis sensorial.

DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño factorial a aplicarse es $A \times B \times C$ ($2 \times 2 \times 3$), los factores con sus niveles son los siguientes:

FACTORES	NIVELES
A: pH	A_0 : 3.7 A_1 : 4.1
B: % Sacarosa	B_0 : 25% (A_w : 0.9665) B_1 : 40% (A_w : 0.9525)
C: Agente Conservante	C_0 : 800 ppm sorbato de potasio C_1 : 1000 ppm sorbato de potasio C_2 : 1200 ppm sorbato de potasio

Total de tratamientos: 12 tratamientos con 1 réplica, dándonos un total de 24 interacciones entre factores.

Respuesta experimental.

Recuento total de microorganismos
Grados Brix (Sólidos solubles)

Los análisis de las respuestas experimentales se realizarán cada 15 días, al principio y al final del trabajo durante tres meses.

METODOLOGÍA DEL PROCESO

Se procedió de acuerdo al Diagrama 1.

Recepción

La fruta óptima se receptorá en condiciones de total asepsia.

Selección

La selección se realiza cuidadosamente, eliminando los duraznos golpeados o con mínimas magulladuras, en óptimo estado de madurez para obtener duraznos en mitades de calidad.

Lavado 1

El lavado de los duraznos se realiza con abundante agua corriente para eliminar sólidos como polvo, basura, insectos, entre otros.

Cortado y Deshuesado

Los duraznos se abren por la mitad y se elimina el hueso.

Pelado

El pelado de la fruta se realiza aplicando un tratamiento cáustico para lo cual se prepara una solución de NaOH al 2% y sometido a ebullición por 2 minuto a una temperatura de 80°C. Este proceso se realizará cuidadosamente para evitar romper el fruto y mantener su forma

característica.

Lavado 2

Para eliminar los residuos de la solución cáustica empleada anteriormente se lavan los duraznos con agua corriente para eliminar la alcalinidad y garantizar un producto de calidad hasta obtener un pH neutro en los líquidos de lavado.

Para comprobar que toda la sosa ha sido eliminada, se toma algunas muestras de duraznos y se vierte sobre ellas unas gotas de solución de fenofaleína al 1%, el apareamiento de color rosado indica la presencia de la solución de sosa y por lo tanto se debe continuar con el lavado hasta que no exista coloración.

Escaldado

Las mitades de durazno se escaldan con vapor saturado por 120 segundos.

Enfriado

Las piezas de durazno ya escaldadas se enfrían por 10 min. a temperatura ambiente.

Formulación

Se procede a añadir la cantidad necesaria de ácido cítrico con la finalidad de ajustar el pH del almíbar con la fruta, pH 3.7 y 4.1.

Para preparar el jarabe se trabaja con 25 y 40% de sacarosa controlando los grados Brix (Aw de 0.9665 y 0.9525 respectivamente), sorbato de potasio como agente conservante (800, 1000, 1200 ppm) y bisulfito de sodio (150 ppm) para controlar reacciones de oxidación de acuerdo a las Normas del Codex Alimentario. (Aditivos Alimentarios. CAC/Vol. XIV. Ed.1).

Envasado

Se utilizan recipientes de plástico herméticamente cerrados para envasar el producto obtenido en una relación de fruta – jarabe de 2:1.

Almacenado

El durazno envasado en los recipientes plásticos se almacena a temperatura ambiente.

Muestra testigo

Se elabora duraznos en almíbar sin adición de químicos; las cuales servirán para comparaciones con los demás tratamientos planteados.

Análisis sensorial

Se realiza un análisis sensorial del mejor tratamiento en el producto terminado.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MATERIA PRIMA

Los duraznos presentan un peso promedio de 96.74 g. El diámetro menor (transversal) promedio (dc) es de 56.6 mm y el diámetro mayor (longitudinal) es de 59.7 mm. Con un diámetro menor de 56 mm podemos clasificar a los duraznos en la Categoría Extra^[9], mientras que con un diámetro menor igual a 51 mm los duraznos corresponden a la categoría I, II y III^[9]. Los duraznos variedad Fortuna se caracterizan por presentar una piel o cáscara con vellosidades finas y suaves, pulpa carnosa y jugosa, pepa dura y pegada a la pulpa, encontrándose los siguientes porcentajes promedio: 13.7% de cáscara, 74.6% de pulpa y 11.7% de pepa. La gravedad específica promedio determinada para el durazno es 1.036. Su importancia radica en que nos permite distinguir un fruto de otro. El durazno presenta una esfericidad promedio de 0.91 ó 91%, lo que nos indica que corresponde a una esfericidad tipo C^[9], es decir presenta forma ovalada – oblicua; mientras una fruta es más esférica, ofrece menor superficie, pierde menor cantidad de agua y por lo tanto se conserva por más tiempo. Presenta un porcentaje de humedad promedio de 80.17% lo que significa que los duraznos frescos deben recibir una adecuada manipulación, almacenamiento y venta; por lo que es necesario mantener el fruto con una respiración mínima y una velocidad de

evaporación de agua al mínimo posible lo cual evitará que se pudra. Su actividad de agua promedio es 0.953 lo que significa que puede ser atacado fácilmente por bacterias, levaduras y mohos^[6].

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA.

El pH se midió con un pH-metro Beckman, presentando un valor promedio de 4.41 es decir es ligeramente ácido, la mayoría de los microorganismos crecen a pH 5 y 8, en general los mohos y levaduras son capaces de crecer a pH más bajos que las bacterias, lo que significa que los duraznos pueden ser atacados por mohos y levaduras considerando el valor ligeramente ácido de su pH. La acidez se determinó por titulación con hidróxido de sodio 0.1 N, según la Norma INEN 381^[7], la acidez promedio de los duraznos variedad Fortuna es de 3.38 g/L. La presencia de ácidos en el alimento produce una drástica reducción de la supervivencia de los microorganismos. Los duraznos analizados presentan un promedio de 7.7° Brix. A medida que avanza el proceso de maduración en el fruto la cantidad de sólidos solubles se incrementa esto se debe a que ocurre una mayor velocidad en la respiración del fruto implicando un cambio en la composición del mismo. El índice de madurez promedio de los frutos es de 2.29 que se relaciona con la cantidad de sólidos solubles y con la acidez del fruto. Los duraznos Fortuna presentan un porcentaje de azúcares promedio de 5.74%, este valor nos indica que el durazno es rico en azúcares de tipo no reductor por lo tanto puede utilizarse un jarabe de sacarosa para poder conservarlo lo que facilitará la osmosis entre la fruta y el jarabe.

CONSERVACIÓN DE DURAZNOS EN MITADES

Al aplicar vapor saturado a una presión de 75 PSI, a 100°C por 3 minutos se da un tratamiento térmico leve a las mitades de durazno, que constituye el escaldado, proceso mediante el cual se inactivan enzimas, se fija el color y se destruye la mayor parte de las células vegetativas bacterianas, así como los mohos y levaduras. Este tratamiento térmico contribuye eficientemente en la interacción de factores pH – a_w – agente conservante.

La a_w promedio de los duraznos es 0.953, a esta a_w el fruto se ve expuesto al ataque microbiano. Es evidente que al añadir un soluto como la sacarosa al agua pura, la actividad de agua disminuye dependiendo de la concentración de azúcar añadida, al preparar un jarabe con el 25 y 40% de sacarosa (w/w), se obtiene una actividad de agua de 0.9665 y 0.9525 respectivamente, al sumergir las mitades de durazno en estos jarabes se consigue una reducción de la a_w del fruto, aumentando la concentración de solutos en la fase acuosa, finalmente se obtiene una actividad de agua de equilibrio entre los duraznos y el jarabe de 0.921 (fruta-jarabe con el 25% de sacarosa) y de 0.881 (fruta-jarabe con el 40% de sacarosa); por lo que un pequeño descenso de la actividad de agua de la fruta es apenas suficiente para evitar la alteración del alimento, al trabajar con el 25% de sacarosa se obtuvo un descenso de la a_w de la fruta igual a 0.032 y con el 40% se obtuvo un descenso de la a_w igual a 0.072, hay que considerar que esta reducción de a_w está acompañada de otros agentes antimicrobianos. Los duraznos envasados con jarabe al 40% de sacarosa presentan consistencia más firme. La actividad de agua en la conservación de duraznos disminuye por los puentes hidrógeno que se establece con el azúcar, con lo que se evita el crecimiento de microorganismos peligrosos. Los jarabes concentrados eliminan el agua por ósmosis y las moléculas de azúcar entran en las células para formar complejos con los polisacáridos de las paredes celulares del fruto^[5].

Se trabajó con sorbato de potasio en diferentes concentraciones (800, 1000 y 1200 ppm) conjuntamente con bisulfito de sodio (150 ppm) para cada tratamiento. El conservante de mayor importancia empleado para nuestro estudio es el sorbato de potasio, que se caracteriza por su acción global contra mohos y levaduras osmofílicas y además inhibe algunas enzimas; las dosis de aplicación varían según el sustrato sobre el que se utilice; también se trabajó con bisulfito de sodio a fin de complementar su efecto, ampliando de esta manera el espectro de acción frente a un mayor número de microorganismos así como también intensifica la acción antimicrobiana aprovechando el sinergismo entre los conservantes. Es necesario adicionar un agente conservante en un alimento que contiene azúcar ya que los microorganismos pueden utilizar ésta como nutriente aunque en pequeña proporción.

El sorbato de potasio carece de gusto propio característico por lo que los duraznos en mitades no sufren alteraciones en sus características organolépticas. Para su dosificación es necesario considerar el contenido de azúcar y la presencia de ácido u otros factores que influyan sobre la conservación del alimento; con una concentración de 1200 ppm se consigue el menor recuento total de microorganismos que oscila entre 30 – 100 ufc/g; estos valores están dentro de los límites microbiológicos permitidos para conservas de frutas de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana 1364, esto se consigue en el tratamiento $A_0B_1C_2$.

Con la finalidad de regular el pH del medio (fruta – jarabe) que inicialmente es de 4.2, se añade ácido cítrico en una cantidad de 0.004% para llegar a pH 4.1 y 0.02% para llegar a pH 3.7. Es esencial que el pH en los alimentos que presentan un sólido y un líquido llegue a equilibrarse lo cual se consigue añadiendo la suficiente cantidad de ácido y mezclando vigorosamente, de esta manera se obtiene el pH deseado para cada tratamiento en el centro de todos los trozos o partículas del alimento.

El ácido cítrico funciona como regulador de pH por lo tanto corrige la acidez, de esta manera se ajusta el medio a un pH adecuado para la óptima aplicación y funcionalidad de otros aditivos que requieren un medio ácido (como es el caso del sorbato de potasio) creando un efecto de barrera de obstáculos efectivo.

Los valores de pH que se aplicaron durante el almacenamiento de duraznos en mitades conservados por factores combinados permite aplicar un tratamiento térmico mínimo como es el *escaldado* alterando mínimamente las características organolépticas iniciales del producto. El ácido cítrico por sí solo ejerce una acción conservante en el medio, sin necesidad de aplicar otros conservantes sin embargo al interrelacionarse con el sorbato de potasio ejerce una mayor acción antimicrobiana por lo que crean un efecto sinérgico inhibiendo la mayor cantidad de microorganismos.

Se consiguió el menor recuento total es decir de 30 – 100 ufc/g en el tratamiento $A_0B_1C_2$ considerado como el mejor tratamiento, en donde A_0 es 3.7. Después de 12 semanas (3 meses) el mejor tratamiento llega a un pH de 4.2, lo que significa que durante el almacenamiento se da la migración de los aniones provenientes del ácido cítrico empleado para reducir el pH del jarabe y el pH natural de los duraznos en mitades (pH promedio de los duraznos = 4.41) hasta llegar a un equilibrio regulando el pH en el sistema obteniéndose un ligero aumento del pH inicial. En los otros tratamientos esto no ocurre dándose un efecto contrario a la del mejor tratamiento ya que el pH tiende a disminuir, lo que nos indica que en el mejor tratamiento se produce un equilibrio total en el sistema fruta – jarabe debido a la combinación adecuada de factores (pH, a_w y agente conservante).

Existen inicialmente dos concentraciones de sólidos solubles ó azúcar, la de los duraznos en mitades cuyo promedio es 7.7° Brix y de los jarabes 20° Brix (25% de sacarosa) y 29.2° Brix (40% de sacarosa), llegando a un equilibrio inicial promedio de 23° Brix en todos los tratamientos con el factor B_0 y un equilibrio inicial promedio de 34° Brix en todos los tratamientos con el factor B_1 ; es decir que durante el tiempo de almacenamiento de los duraznos una parte pasó a la fase líquida hasta llegar a dicho equilibrio en donde se conjugan la cantidad de sólidos y la cantidad de agua en el sistema, lo que equivale a decir que se da un equilibrio de la actividad de agua. Después de tres meses de almacenamiento se llega a un equilibrio promedio de 23.9° Brix para los tratamientos con los factores B_0 y 33.9° Brix para los tratamientos con los factores B_1 . Por lo que se puede anotar que no existen cambios significativos en los sólidos solubles del sistema después de alcanzar el equilibrio tal como se puede observar mediante el análisis estadístico de los sólidos solubles

Para el envasado de duraznos en mitades se utilizó un envase de PVC de 0.5 L de capacidad para cada tratamiento, este tipo de envase permite conservar los duraznos durante 3 meses (la vida de anaquel se midió solamente durante este tiempo, pero podría ser mayor) a temperatura ambiente aproximadamente 18°C, la temperatura es el más importante de los factores ambientales que afectan a la viabilidad y el desarrollo microbiano, las muestras se guardaron en un lugar seco y aséptico.

El envase de PVC constituye una gran alternativa para conservar duraznos en mitades ya que presenta buena resistencia a la tracción (1.7 KN/m), resistencia a la ruptura del 50%, permeabilidad al vapor de agua 12.5 g/m²/24 horas a 25°C y sobre todo mediana permeabilidad al oxígeno 320 cm³/m²/24 horas a 25°C [8], la falta de oxígeno previene el crecimiento de aerobios estrictos y disminuye la velocidad de crecimiento de aerobios facultativos. Aunque comúnmente se emplean los envases de vidrio y las conservas de durazno más conocidas vienen en latas, sin embargo por su costo pueden ser reemplazadas por un envase más versátil, resistente e impermeable para lo cual el cierre debe ser hermético, se recomienda este envase para productos que no impliquen la esterilización comercial tal es el caso de la aplicación de factores y/o métodos combinados.

Argaiz, Vergara, Welti y López – Malo [4], manifiestan que los niveles de humedad, a_w y Brix para duraznos empacados en *envases de vidrio y fundas de polietileno* permanecieron aproximadamente constantes a lo largo del estudio de almacenamiento, con valores promedio de 74.2%, 0.971 y 24.5° respectivamente; en nuestro caso lo que se mantiene invariable durante el almacenamiento de los duraznos en envases de PVC es la concentración de sólidos solubles 23.9.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El recuento total nos permitirá verificar la existencia de pérdidas de calidad en estos alimentos y comprobar el cumplimiento de metas de preservación, inhibición o retardo de las mismas por lo que esta variable se considera como RESPUESTA EXPERIMENTAL; se partió de cargas microbianas entre 20 y 80 ufc/ g.

Los estándares microbiológicos de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC 1364, para frutas procesadas indican que el índice máximo permisible para identificar el nivel de buena calidad en recuento total es 100 ufc/ g.

De acuerdo a los datos obtenidos durante el recuento total (Anexo 1.2), podemos determinar que el crecimiento microbiano aumentó considerablemente a partir de los 60 días de almacenamiento a temperatura ambiente lo cual se relaciona directamente con la manipulación constante de los envases de PVC que contienen los diferentes tratamientos a estudiar, el recuento total se incrementa considerablemente en el transcurso del tiempo, obteniéndose valores de 210 a 260 ufc/g donde la contaminación es generalizada. Al determinar el mejor tratamiento de acuerdo a un análisis estadístico se tiene un conteo de 30 - 100 ufc/g como resultado del crecimiento microbiano en el tiempo límite de estudio lo que corresponde al tratamiento $A_0B_1C_2$, siendo el más aceptable microbiológicamente.

El producto envasado en envases de PVC fue estable microbiológicamente, lo cual indica que la combinación de factores establecida actúa adecuadamente en la inhibición de microorganismos a temperatura ambiente

Argaiz, Vergara, Welti y López – Malo [4], presentan un estudio de estabilidad de durazno en dos diferentes empaques (frascos de vidrio y bolsas de polietileno) a 35°C, los valores obtenidos para mesófilos totales no fueron significativos. También citan los conteos de hongos y levaduras que se mantuvieron bajos. El producto envasado en ambos empaques fue estable microbiológicamente al combinar actividad de agua, pH y la interacción de varios agentes conservantes de tal manera que se obtuviera: a_w 0.98, pH 3.7, 1000 ppm SK y 150 ppm BNa. Sin embargo los duraznos envasados en frascos de vidrio conservaron el color de la fruta, lo que no ocurrió con los empacados en bolsas de polietileno que se oscurecieron al perderse los sulfitos, además de perder sabor y consistencia, por lo que fueron menos aceptables sensorialmente.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño experimental aplicado al estudio de conservación de duraznos en mitades por factores combinados es A x B x C para análisis de recuento total de microorganismos y sólidos solubles como respuesta experimental.

Sólidos Solubles

De acuerdo al programa estadístico MSTACT se encuentran efectos estadísticos significativos para Sólidos Solubles con un nivel $\alpha = 0.05$, se tiene que el factor B y las interacciones AC y BC que ayudan a mantener en equilibrio la cantidad de sólidos solubles entre el medio acuoso y la fruta, por lo que el factor B incide directamente sobre la estabilidad de sólidos ya que depende de la concentración de sacarosa del jarabe, el nivel de mayor estabilidad de azúcar presente en el sistema fruta – jarabe se obtiene al trabajar con 40% de sacarosa ($a_w = 0.9525$). La interacción entre el factor A y C, nos muestra que el pH también influye en la estabilidad de sólidos solubles lográndose la menor variación en la interacción, el factor C puede influir hasta un determinado tiempo es decir hasta que su concentración sea óptima y permita mantener el pH invariable, puede haber una variación significativa de sólidos solubles en el medio si se da un incremento de pH a valores donde el agente conservante ha perdido su fuerza.

Si analizamos la interacción BC, se mantiene invariable la cantidad de sólidos solubles en el medio, los duraznos en mitades conservan su humedad inicial gracias al efecto del jarabe de sacarosa y agente conservante que equilibran el sistema.

Recuento Total de Microorganismos.

Para esta respuesta experimental existe significancia para el factor B, C y para las interacciones AB, AC, BC y ABC, de acuerdo a las pruebas de Tukey's con nivel $\alpha = 0.05$ en estas interacciones se tiene que el mejor tratamiento es $A_0B_1C_2$ que determina la menor cantidad de microorganismos que oscila de 30 a 100 ufc/g, de acuerdo a la interacción AB en donde el pH tiene influencia sobre el porcentaje de sacarosa para la presencia de microorganismos; la interacción AC nos indica que el pH actúa de acuerdo a la concentración del conservante presente en el producto y la interacción BC determina la relación entre a_w y agente conservante que actúan como mecanismos de inhibición microbiana, deduciéndose de esta manera que los tres factores combinados para la conservación de duraznos en mitades son decisivos para la que los microorganismos actúen libremente o no sobre el producto elaborado; esto se demuestra por la significancia existente entre los factores ABC.

Análisis Estadístico Sensorial

Los atributos color, olor, sabor, textura y aceptabilidad se estudiaron a través de una prueba sensorial de preferencia en el mejor tratamiento resultante de un análisis estadístico que es $A_0B_1C_2$ con la intervención de 20 catadores (no entrenados).

El análisis estadístico aplicado en las diferentes respuestas sensoriales es la *prueba "t" para dos muestras suponiendo varianzas iguales* con nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Para el atributo color, olor, sabor y textura se comparan las medias entre muestras y se determina que los duraznos en mitades conservados por factores combinados son aceptados preferentemente en el mercado con relación a duraznos en mitades de marca comercial, mientras que el atributo aceptabilidad tiene valores de media igual para estas muestras, por lo que los dos productos son aceptadas por los catadores de igual manera.

CONCLUSIONES

- Al combinar racional y creativamente factores ya sea utilizando factores antimicrobianos (tradicionales o nuevos), factores físicos (que no involucran *tratamiento térmico severo*) o sistemas antimicrobianos químicos, se da lugar no sólo a la optimización de tecnologías tradicionales sino al desarrollo de tecnologías de conservación que significan una verdadera innovación en la industria alimentaria, obteniéndose de esta manera productos nuevos de alta calidad. En este estudio se combinan tres factores simultáneos y el conocimiento de su modo de acción hace que se consiga mejores resultados aportando con un aspecto importante en la seguridad alimentaria de muchos productos actuales, formulados con menos aditivos, y con tratamientos térmicos leves o menos severos y siendo factible su almacenamiento a temperatura ambiente.
- Para la obtención de un producto de buena calidad siempre será necesario partir de materia prima seleccionada, por lo cual debe considerarse las principales características físico – químicas de la fruta, lo que permitirá realizar una selección minuciosa de los mismos y cumplir

con los requerimientos de la industria, para que de esta manera los frutos puedan ser procesados o comercializados. Lo que garantiza la obtención de un producto final con los mejores atributos organolépticos y de aceptación.

- La combinación de factores a_w - escaldado (físicos) y pH - agente conservante (químicos), hace que exista una interrelación entre éstos reduciendo al mínimo el desarrollo de microorganismos y equilibrando el medio durazno - jarabe. El principio fundamental de esta tecnología es la de crear obstáculos los mismos que deberán ser vencidos por los microorganismos paulatinamente hasta lograr un equilibrio. Ningún factor que actúe por separado logra inhibir el desarrollo de microorganismos; siendo necesario combinar varios factores para ejercer una mayor potencia en el medio e inhibir de esta manera el desarrollo de los mismos. Obteniéndose un alimento estable, mínimamente procesado y de características organolépticas poco variables con relación al durazno fresco.
- El resultado estadístico en las pruebas de Tukey's con un $\alpha=0.05$ tanto para Recuento Total de Microorganismo y Sólidos Solubles expresa un valor de "q" mayor que el calculado mediante el programa MSTATC por lo que se puede decir que ninguno de los tratamientos fueron iguales y que si existió significancia entre estos. De igual manera sucedió en las pruebas de "t" de student en el análisis sensorial del mejor tratamiento ya que se pudo observar que el valor de las medias entre muestras son diferentes y hay significancia entre ellas de esta manera se concluye que ninguno de los tratamientos son iguales por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.
- Los duraznos procesados por medio de la tecnología de factores combinados presentan buen color, sabor, olor y sobre todo excelente textura que se puede calificar como muy consistente, es decir, al masticarla es dura, fibrosa semejante a la del fruto fresco lo que garantiza la efectividad de la combinación de factores, sobre todo del empleo mínimo de temperatura lo que permite mantener a las células de la fruta con características invariables durante el almacenamiento en envases de PVC a temperatura ambiente por el lapso de tres meses (puede prolongarse a siete meses), permitiendo de este modo el ahorro de energía durante el procesamiento y el almacenamiento del duraznos en mitades.

RECOMENDACIONES

- Es necesario que se trabaje siempre con materia prima de excelente calidad y que durante el proceso tecnológico se consideren las buenas prácticas de elaboración, ya que los análisis microbiológicos que se realizan tomando muestras del alimento terminado no tiene carácter preventivo sino que simplemente es una inspección que nos permite valorar la carga microbiana adquirida durante el proceso de elaboración.
- Por tratarse de un alimento rico en azúcar y humedad es necesario realizar un análisis microbiológico más específico, es decir se debe realizar un recuento para mohos y levaduras lo que nos indicará con mayor exactitud la estabilidad y calidad microbiológica del alimento.
- Cuando se trata de analizar la estabilidad microbiológica, sensorial, físico-química, etc. siempre es recomendable considerar la influencia directa del tiempo dentro de los respectivos análisis estadísticos, ya que de lo contrario deberá ser considerado como factor oculto e indirecto lo cual no se considera viable desde el punto de vista de alargar el tiempo de vida útil del producto y su respectivo tiempo de almacenamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Alvarado, Juan de Dios. 1996. "Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos". Radio Comunicaciones, División de Artes Gráficas. Quito – Ecuador. pp. 102-106.
2. Alzamora, Stella. "Fundamentos del Método de Conservación por Factores Combinados". Programa CYTEC-D. México. Pp. 1-23.
3. Andrada, Hoffmann y Salcedo. 1993. "Esfericidad del Membrillo: Concepto e Incidencia Industrial sobre la base de su Aplicación a dos variedades del Noroeste Argentino". La Alimentación Latinoamérica No. 198. pp. 55 - 58.
4. Argaíz, Vergara, Welti y López – Malo. "Breve Resumen de los Trabajos sobre Durazno Conservados por Factores Combinados Realizados en la Universidad de las Américas". Puebla – México. pp: 22 – 29.
5. Fennema, Owen. 1982. "Introducción a la Ciencia de los Alimentos". Ed. Reverté S.A. Barcelona – España. pp. 102-105.
6. Frazier, W. 1978. "Microbiología de los Alimentos". Editorial Acribia. Zaragoza –España. pp: 3 – 15
7. Normas INEN # 381. 1985. "Conservas Vegetales. Determinación de la Acidez Titulable" Norma Ecuatoriana AL 03-02-303. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Quito – Ecuador. pp. 1-7.
8. Rodríguez. Martha. 1998. "Envasado de Alimentos Bajo Atmósfera Protectora". Santillana.
9. http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/melocoton.htm

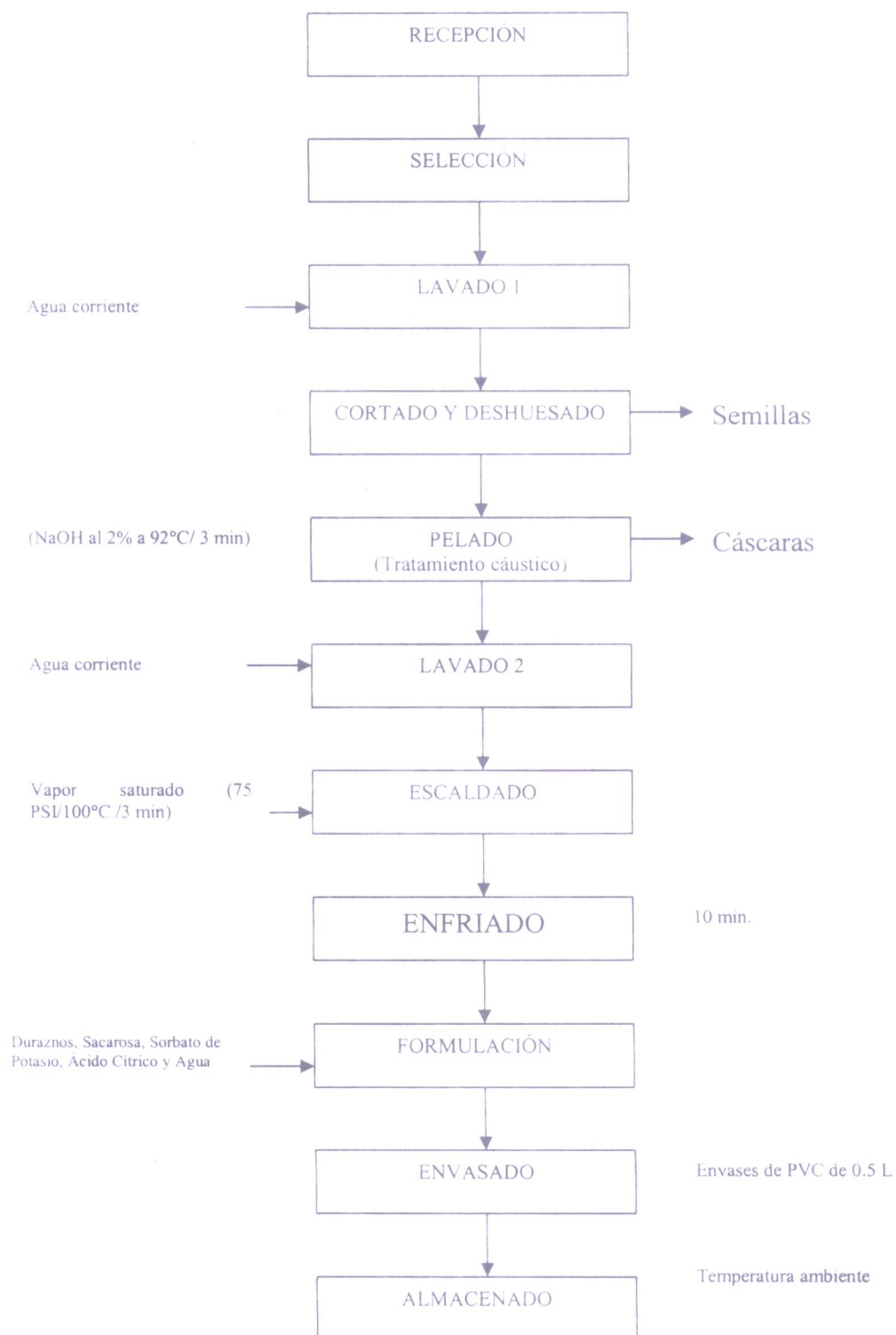


Diagrama 1. Proceso de Conservación de Duraznos en mitades (*Prunus persicae* variedad *Fortuna*) por medio de Factores Combinados.

OBTENCIÓN DE UN POLISACÁRIDO DE LA HOJA DE TUNA (OPUNTIA TUNA) Y SU EMPLEO EN LA ELABORACIÓN DE MERMELADAS

Soraya Frias*
Nancy Herrera*
César Vásconez**

RESUMEN

La materia prima constituyen las hojas de tuna (*Opuntia tuna*) con una humedad de 96.2%, acidez titulable 0.2% y sólidos solubles 1.8 °Brix las que fueron previamente seleccionadas, se licuaron con una proporción constante de materia prima:agua de 1:5. Se le sometió a cocción dejando enfriar y luego se ajusta el pH se precipita con alcohol etílico al 95% en proporción de muestra:alcohol de 1:3.5 el precipitado, se filtra y se seca, en una estufa, luego se muele se tamiza y se envasa. Se trabajó con un diseño factorial $A \times B \times C$, los factores son temperatura de cocción (70 y 90 °C) tiempo de cocción (5, 10 y 15 min) y pH de la muestra (5, 7 y 9) siendo la respuesta experimental el rendimiento de la extracción. El mejor tratamiento fue $A_1B_2C_1$ a una temperatura de cocción de 90 °C, con un tiempo de cocción de 15 min y a un pH 7. El polisacárido presenta una composición de proteína 3.3%, grasa 0.1%, cenizas 1.0%, humedad 5.3% con una absorción de agua de 440 % un poder de emulsificación de 51.8% y para el poder gelificante se elaboraron geles con concentraciones de pectina y polisacárido de 3 % y 5 % respectivamente, teniendo los siguientes resultados para pectina a 3% fue 229 dmm y para polisacárido a 3% fue 233 dmm. Se identificó 11.2% de glucosa (b.s) por medio del cromatógrafo HPLC, se empleó el polisacárido de la hoja de tuna con dos tipos de mermeladas con babaco y con frutilla a concentraciones de 0.5% y 1% de pectina y polisacárido respectivamente, por medio del análisis sensorial se determinó una buena aceptabilidad del producto.

INTRODUCCION

La planta denominada Tuna o Nopal cuyo nombre científico es (*Opuntia Tuna*) es una planta con un tronco bien definido tallos aplanados y carnosos formados por una serie de paletas ovaladas o raquetas de 3 a 5 dm de largo y 2 dm de ancho erizadas de espinas que representa las hojas de la planta.

Vulgarmente se lo conoce como " Tuna (Bolivia , Ecuador); " Chumbo" "Higo", " Higochumbo", " Nopal" (Colombia); "Tuna" (Chile).

El origen de esta planta es desconocida su localidad tipo , es simplemente la América tropical . En la actualidad esta planta se encuentra ampliamente cultivada en muchos países tropicales y subtropicales del mundo se ha vuelto espontáneo en las costas del Mediterráneo , del Mar rojo, parte de África y México. (6)

Según JUSCAFRESA (1975) esta planta vegeta espontáneamente en suelos secos y áridos en climas templados.

BRANBILLA (1956-1957) estudió el zumo de las hojas y frutos de esta especie el que presentó acción dérmica y emoliente, hidratante y descongestiva.

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

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

De la *Opuntia Tuna* se conocen dos variedades una de frutos verdes y otra de frutos amarillos siendo ambas muy apetecidas en los mercados . En épocas de sequía las pencas son utilizadas como forraje quitándoles las espinas. (6)

De acuerdo con ARENAS (1981) los indígenas Lengua - Maskoy acostumbran cultivar este cactus cerca de las casas, y de los huertos para cosechar sus frutos los cuales son consumidos como alimentos

Los Kallawaya emplean de la *Opuntia* las hojas frescas o secas cortadas en dos en el sentido del espesor, colocada en la frente contra dolores de cabeza o migraña. (14)

MATERIALES Y METODOS

Materia prima

La materia prima empleada serán las hojas del cactus llamado vulgarmente tuna, higo chumbo o nopal.

Las hojas del cactus fueron recolectadas desde la parroquia Huachi Totoras provincia de Tungurahua.

Equipos

- Balanza y determinador de humedad Mettler HK 160
- Baño María JULABO EM 12 B
- Cocineta eléctrica HACEB
- Centrífuga HETTICH UNIVERSAL II 365
- Estufa MEMMERT de 0 a 240 °C
- Horno de Mufla Thermolyne Type 1500 Furnace
- Medidor de pH FISHER Accomet modelo 230 A
- Tamices
- Coladeras
- Termómetros (10 – 100°C)
- Licuadora OSTERIZER
- Picetas.
- Cuchillos
- Ollas
- Probetas
- Papel filtro
- Espátulas
- Desecador
- Vasos de precipitación
- Pipetas
- Crisoles
- Embudos

Reactivos:

- Agua destilada
- Alcohol absoluto 95%
- Hidróxido de Sodio 100% Merck
- Solución estandarizada NaOH 0.1 N
- Solución de Metabisulfito de Na 1%

Métodos de análisis de la materia prima

- Humedad, se utilizó el método AOAC 925.09
- Acidez titulable, según norma INEN 0381 método descrito para vegetales.
- Sólidos solubles , según norma INEN 0380 método descrito para vegetales

Métodos de análisis de polisacárido obtenido

Análisis proximal:

- Humedad , método AOAC 925.09
- Proteína , método AOAC 2001.11
- Grasa. , método según norma INEN 523 método descrito para harinas.
- Cenizas , método AOAC 942.5

Pruebas físicas

- Viscosidad, método empleando el Viscosímetro de Brookfield

Pruebas funcionales

- Absorción de agua, (Winton A. Y Winton E.) método descrito para harinas.
- Poder de gelificación, método según norma Gelec.
- Poder de emulsificación, según el método HSU descrito para harinas.

Pruebas químicas

- Identificación de monosacáridos Método de cromatografía HPLC .
- Se realizó según las técnicas de análisis seguidas por la Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Ciencia de los Alimentos y Biotecnología .

Métodos de análisis del producto elaborado

Análisis sensorial

Con el mejor tratamiento se elaboraron mermeladas con dos tipos de frutas (babaco y frutilla) y se determinó el análisis sensorial, estudiando la textura, color , olor , sabor, y aceptabilidad con un panel de 30 catadores los cuales fueron previamente seleccionados y no entrenados, las calificaciones para las características organolépticas fueron de 5 puntos, con escala hedónica.

Análisis de consistencias

Se realizó el análisis de consistencia tanto en la mermelada de babaco como en la mermelada de frutilla, según las normas Gelec.

Diseño experimental

Hipótesis de trabajo

El tiempo de cocción, temperatura de cocción y ph son factores que influyen en el rendimiento del polisacárido obtenido?

Se siguió un Diseño Experimental tipo AxBxC, (3x3x2) con dos replicas, con un total de 36 tratamientos.

Factores y niveles para el diseño experimental:

FACTORES

NIVELES

A. Temperatura de cocción

b₀: 5 min
b₁: 10 min
b₂: 15 min

B. Tiempo de cocción

c₀: 5
c₁: 7
c₂: 9

C. pH de la muestra

a₀: 70 °C
a₁: 90 °C

La respuesta experimental es: La respuesta experimental al analizarse fue el rendimiento del polisacárido obtenido.

Descripción de las etapas

Recepción

Se recibió la materia prima (hoja de tuna) analizando que esta se halle en buenas condiciones, sin daños en la corteza.

Limpieza

Se procedió a limpiar y quitar las espinas, de las hojas cuidadosamente con un cuchillo.

Lavado

Se lavaron las hojas para quitar cualquier rastro de espinas y residuos que no sean útiles.

Pelado

A las hojas ya seleccionadas y limpias se procedió a retirar la cáscara.

Troceado

Con un cuchillo se trocearon las hojas ya peladas para facilitar el licuado.

Licuado

En una licuadora se procedió a colocar las muestras ya troceadas con agua en proporción (1:5) y se somete a esta operación.

Filtrado

Se dió el primer filtrado en un tamiz retirando los desechos sólidos como nervaduras de las hojas y cortezas.

Cocción

Ya licuada y filtrada la mezcla se realizó la cocción por el espacio de 5, 10, 15 min. y con temperaturas de 70 y 90 °C con el objetivo de permitir la separación de cementos, calcio y minerales presentes en la hoja.

Enfriamiento

Luego de la cocción se dejó reposar unos minutos para evitar daños en el aparato y posteriormente se ajustó el pH de la muestra.

Ajuste de pH

Ya enfriada la mezcla se procedió a ajustar el pH con hidróxido de sodio 0.1 N a pH de 5,7,9

Precipitación

Después de ajustar el pH se tomó muestras añadiendo a estas alcohol etílico absoluto con 95% de pureza en proporción (1: 3) del volumen total y se esperó la coagulación de los polisacáridos y la disolución de la clorofila existente.

Reposo

Se deja por un determinado tiempo la mezcla anteriormente hecha, con el objetivo de permitir una buena separación de el polisacárido.

Filtrado

Se procedió a una segunda filtración del precipitado obtenido con un tamiz de la misma abertura anteriormente empleada. Esparciendo agua fría para un lavado, con el fin de que los azúcares se disuelvan y también se añadió unas cuantas gotas de una solución hecha con Metabisulfito de sodio al 1%.

Secado

El filtrado se llevó a la estufa a una temperatura de 40 a 60°C por un espacio de 15 horas.

Molido: Al polisacárido ya seco se le sometió a un molido manual para reducir el diámetro de sus

partículas

Tamizado

Al polisacárido molido se tamizó para retirar las partículas gruesas en un tamiz de malla fina.

Envasado

Se procedió a envasar en recipientes de vidrio herméticos.

RESULTADOS

Análisis de la materia prima

Se realizaron los siguientes análisis: humedad, acidez titulable y sólidos solubles en las hojas de tuna, empleadas en la extracción del polisacárido.

Se pudo establecer que los valores de humedad son ligeramente superiores a los reportados bibliográficamente por VELEZ & CHAVEZ (1980) que son de 89.0 - 95.3 %, mientras que la acidez es de 0.2 g. de ácido oxálico por cada 100 g. de muestra. Los sólidos solubles que presentó la hoja de tuna corresponde a 1.8 °Brix.

Discusión de la respuesta experimental

Rendimiento

Estos rendimientos se pudieron obtener en base al porcentaje de materia seca de las hojas de tuna, valor que se empleó 3.76%.

Con los resultados obtenidos se pudo realizar el respectivo análisis de varianza de esta manera se aprecia que existe diferencia significativa en los efectos producidos por los factores A (Temperatura de Cocción), B (Tiempo de cocción) y C (pH de la muestra) a un $\alpha = 0.05$.

Luego de analizar mediante pruebas de Tukey el factor A (temperatura de cocción), se determinó, que los efectos producidos por la temperatura de cocción fueron diferentes, escogiendo de esta manera el promedio mayor, como el mejor tratamiento que es a la temperatura de 90°C.

Con respecto al factor B (tiempo de cocción), se determinó que las medias de los tratamientos de 5 y 10 minutos son parecidos, corresponden a los factores B₀ y B₁, mientras que el tratamiento a 15 minutos presenta un valor más alto de esta manera se escoge al factor B₂ como el mejor tratamiento.

Para el factor C (pH de la muestra), se pudo determinar que las medias de los tres tratamientos son diferentes, escogiéndose de esta manera al promedio mayor que corresponde al factor C₁.

Pruebas en el polisacárido de la hoja de la tuna *Opuntia Tuna*: Luego de obtenido el polisacárido de la hoja de la tuna y de haber establecido el mejor tratamiento, el cual al realizar el correspondiente diseño experimental resultó ser el A₁ B₂ C₁.

Análisis Proximal : Se obtuvo un valor de proteína de 3.3 %, grasa 0.1%, cenizas 1.0%, humedad 5.3% y un contenido de glucosa de 11.2%.

Pruebas Físicas

Viscosidad

Se realizaron mediante el empleo del viscosímetro de Brookfield UL Adaptaer, donde se puede observar que los datos del polisacárido con concentraciones en un rango de 0.1, 0.3, 0.5, 0.8 (g/100ml), la viscosidad absoluta aumenta.

Pruebas Químicas

Identificación de monosacáridos de la hoja de tuna (*Opuntia Tuna*)

Se realizó el análisis por Cromatografía (HPLC), utilizando un Cromatógrafo Líquido de Alta Presión con un límite de detección de azúcares de 1 ppm, se obtuvo un valor de 10.6 g de

glucosa /100 g de muestra representando esto un porcentaje de 11.2% b.s.

Después se analizó la muestra de polisacárido, donde se obtuvieron los tiempos de retención resultando 9.7 min. para el caso de las cinco corridas, y con sus respectivas áreas,

Pruebas funcionales

Poder de emulsificación, Absorción de agua, Poder de gelificación.

En cuanto al poder de emulsificación se obtiene un valor de 51.8% entendiéndose a este valor como la cantidad que se mantiene en emulsión en la mezcla realizada.

Mientras que el porcentaje de absorción de agua tiene un valor de 440. Se reportan los valores del poder de gelificación expresados en décimas de milímetro de penetración (dmm) datos obtenidos a concentraciones de 3 y 5% para polisacárido y para pectina.

Se obtuvo los siguientes valores de poder de gelificación para pectina, siendo estos 229 dmm y 227 dmm correspondientes a las concentraciones 3 y 5%, y para el polisacárido 233 dmm y 230.2 dmm a las mismas concentraciones.

Se determina que mientras más bajo es el valor que se tiene, la consistencia o resistencia a la penetración del péndulo del penetrómetro será mayor, y por lo tanto el poder de gelificación es óptima.

Análisis en el producto elaborado

Análisis sensorial

Se realizó el análisis sensorial de mermeladas de babaco y frutilla, elaboradas con concentraciones de 0.5% y 1% de polisacárido y 0.5% y 1% de pectina respectivamente. En este análisis intervino un panel de 30 catadores no entrenados y previamente seleccionados. Se trabajó con una escala hedónica de 5 puntos, esto se realizó semanalmente durante 2 meses.

Color

Al ser evaluado el atributo color se encontró, que en la mermelada de babaco, si existe diferencia significativa entre los tratamientos según la evaluación sensorial realizada por los panelistas. Y resultó al comparar los cuatro tratamientos que existe mayor aceptabilidad para los tratamientos T₁ y T₃ correspondientes a polisacáridos.

En el caso de la mermelada de frutilla se acepta la hipótesis nula, lo que significa que no existe diferencia significativa, es decir que al comparar sensorialmente los cuatro tratamientos presentan igual aceptabilidad con relación al color.

Olor

En cuanto al atributo olor se encontró que en la mermelada de babaco si existe diferencia significativa entre los tratamientos, indicando que tiene mayor aceptabilidad el tratamiento T₁ que corresponde a la mermelada con 0.5% de polisacárido.

Con respecto a la mermelada de frutilla no se realizó la prueba de Kruskal - Wallis ya que no se encontró diferencia significativa en la TAV.

Textura

Al ser evaluado el atributo textura con respecto a la mermelada de babaco si existe diferencia significativa, se determinó que el mejor tratamiento es T₄ que corresponde a la mermelada hecha con pectina al 1%. Con respecto a la mermelada de frutilla también existe diferencia significativa indicando que el mejor tratamiento es T₄ correspondiente a la mermelada hecha con pectina al 1%.

Sabor

Al analizar el atributo sabor, para la mermelada de babaco no se realizaron las pruebas de Kruskal Wallis ya que no existe diferencia significativa en la TAV. Mientras que para la

mermelada de frutilla si existe diferencia significativa teniendo al mejor tratamiento, T₃ que corresponde a la mermelada con 1% de polisacárido.

Aceptabilidad

Con respecto a la aceptabilidad en la mermelada de babaco no existe diferencia significativa determinando que al comparar los cuatro tratamientos presentan igual similitud. En cuanto a la mermelada de frutilla si existe diferencia significativa teniendo que el mejor tratamiento es T₃ correspondiendo al a mermelada hecha de 1% de polisacárido.

Análisis de consistencia

Los valores del poder de gelificación expresados en décimas de milímetro de penetración (dmm) para las mermeladas de babaco y frutilla respectivamente, se pudo determinar que es mayor la consistencia en las mermeladas de babaco, debido a que en la composición de esta fruta posee mayor cantidad de pectina presente en comparación a la frutilla.

Análisis económico del polisacárido

Para realizar el estudio económico se tomó en cuenta una cantidad de 100g de materia prima y luego de realizar el balance de materiales respectivo finalmente se obtienen 2.0 g de polisacárido. En el estudio económico del polisacárido se determina que el costo final de cada gramo de este polisacárido es de 5.9 dólares tomando en cuenta que la materia prima empleada no corresponden a las cantidades que se podrían utilizar industrialmente.

Además la cantidad de alcohol empleado para la precipitación del polisacárido es considerable y el costo final es sin tomar en cuenta que este alcohol puede ser reutilizado varias veces, por medio de destilaciones pudiendo de esta manera abaratar los costos en cuanto a materiales directos e indirectos.

CONCLUSIONES

- En función al objetivo general planteado y con el objeto de conocer más a cerca de esta planta y de incentivar su empleo en la elaboración de productos, se utilizó como materia prima las paletas o las hojas de esta planta, y se obtuvo un polvo de características similares a la pectina.
- Para determinar la influencia de los tres tiempos de cocción en la obtención del polisacárido se trabajó con tiempos de 5, 10, y 15 min. concluyendo que si influye el tiempo de cocción obteniendo un mejor rendimiento a 15 min. puesto que mientras más tiempo se mantiene la cocción, más cantidad de agua se va a evaporar, de esta manera la concentración del sustrato será mayor, logrando un rendimiento más alto en la obtención del polisacárido de la hoja de tuna.
- Se estableció que la mejor temperatura de cocción en la obtención del polisacárido de la hoja de tuna, luego de analizados los resultados aplicando el diseño experimental fue 90 °C, correspondiente al tratamiento A₁. A mayor temperatura se da mayor movimiento entre las moléculas, por lo tanto mayor energía calorífica, acelerando reacciones y separando todos los minerales y cementos que con la cocción se debe lograr, además se inactivan las enzimas y con esto evitar la degradación como indica Primo Yufera (1981)
- Se determinó la influencia del pH en la obtención del polisacárido trabajando con pH 5, 7, 9 estableciendo que los rendimientos son más altos a un pH 7.
- Se determinó que el polisacárido obtenido luego de haber realizado los respectivos análisis, como poder de gelificación y análisis de consistencia, puede ser un sucedáneo de la pectina, para la elaboración de mermeladas, ya que los valores obtenidos no varían significativamente a los de la pectina, siendo por ejemplo para la pectina 229 dmm y para el polisacárido 230.2 dmm. con respecto al poder de gelificación. Además mediante el análisis sensorial se determinó que las mermeladas hechas con polisacárido tienen mayor aceptabilidad con respecto a varios atributos, como el color, sabor, olor en comparación con la pectina.
- Luego de realizar el análisis sensorial de la mermelada de babaco que con respecto a los

atributos de color y olor tienen mayor aceptabilidad los elaborados con polisacárido, mientras que en el atributo de textura mayor aceptabilidad tiene el tratamiento T₄ correspondiente a pectina, para los atributos de sabor y aceptabilidad se demuestra que no existe diferencia significativa. Para la mermelada de frutilla, los atributos de color y olor tienen igual apreciación, mientras que para la textura mayor aceptabilidad tubo la pectina y para los atributos de sabor y aceptabilidad las mermeladas elaboradas con polisacárido tuvieron mayor aceptación. De esta manera se concluye que en las mermeladas que se utilizó polisacárido mejoran notablemente en cuanto a los atributos de color, olor, sabor y aceptabilidad, por lo tanto si existe una buena aceptación de las mermeladas elaboradas con este polisacárido obtenido.

- Se pudo realizar el respectivo análisis económico del mejor tratamiento y se obtuvo un valor de 5.9\$ para cada gramo del producto. Este valor es sin considerar otras ventajas que no se han tomado en cuenta, para poder abaratar costos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACOSTA .S. "Flores y Plantas de la tierra ambateña", Editorial. IMA, 1964, Ambato - Ecuador, p.p. 29
- ARENAS. P. "Etnobotánica, Lengua Maskoy, Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura", Editorial Papiros, 1081, Buenos Aires Argentina, p.p. 45, 259,261
- BELITZ. / GROSCH, "Química de los Alimentos", Editorial Acribia . Zaragoza España,. p.p. 248-259
- BRANBILLA.G. "Skin action of Cactaceous plant juices", Editorial. Piante Office, 1956, USA, p.p. 38;552
- BRAVO. H. H. "Las Cactáceas de México" , UNAM, 1978, México D. F. Volumen I , p.p. 743
- CARDENAS.M. "Manual de Plantas económicas de Bolivia", Editorial. Ichthus, 1969, Bolivia, p.p. 224-225.
- CORREA. J. "Especies Vegetales Promisorias de los países de Convenio Andrés Bello", Tomo III , Editorial. Guadalupe, 1990, Bogotá - Colombia p.p.120 - 125.
- DOMINGUEZ. X. "Métodos de Investigación Fitoquímica", Editorial Limusa, 1973, México, p.p. 203
- ELLIS. G. P. " Química Orgánica", Editorial. Limusa, 1973, México, p.p. 57
- ESTRELLA. E. "El pan de América Etnohistoria de los Alimentos Aborígenes del Ecuador", Editorial. Abya Yala, 1996, p.p. 180 -181
- FENEMA. "Introducción a la Ciencia de los Alimentos", Editorial Reverté S.A. 1982, España, p.p. 115, 143.
- FREUND. J. "Estadística", 4ta. Edición, Editorial Hispanoamericana S.A. 1989, México, p.p. 517 - 520.
- GUEVARA. LL. A. "Estudio de la Propagación Asexual de Tuna (*Opuntia tuna* Mill.) a partir de cladodios", 1991, Uni. Tec. de Amb. Facultad de Ingeniería Agronómica, Ambato Ecuador, p.p. 1-3 , 7-9
- GIRAULT.L. "Kallawaya, Curanderos itinerantes de los Andes. Investigación sobre prácticas medicinales y mágicas", Editorial. Quipus, 1987, Bolivia, p.p.322, 327.

COMPOSICION DE LA MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCION DEL POLISACARIDO DE LA HOJA DE LA TUNA

ANALISIS	R ₁	R ₂	X	DATOS BIBLIOGRAFICOS
HUMEDAD (%)	96.7	95.7	96.2	89.0 - 95.3 *
ACIDEZ TITULABLE (%)	0.18	0.16	0.2	0.15 *
SOLIDOS SOLUBLES (°Brix)	1.8	1.7	1.8	2.0 *

S. Frías Y N. Herrera, 2003, datos experimentales

* Vélez & Chávez. 1980.

VALORES DEL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCION DEL POLISACARIDO DE LA HOJA DE LA TUNA

TRATAM.	Peso R ₁ (g)	Peso R ₂ (g)	R ₁ (%)	R ₂ (%)	X (%)
A ₀ B ₀ C ₀	0.106	0.116	28.2	30.9	29.5
A ₀ B ₀ C ₁	0.130	0.110	34.6	29.3	31.9
A ₀ B ₀ C ₂	0.103	0.101	27.4	26.9	27.1
A ₀ B ₁ C ₀	0.105	0.118	27.9	31.4	29.6
A ₀ B ₁ C ₁	0.163	0.142	43.4	37.8	40.6
A ₀ B ₁ C ₂	0.130	0.136	34.6	36.2	35.4
A ₀ B ₂ C ₀	0.170	0.105	45.2	27.9	36.6
A ₀ B ₂ C ₁	0.125	0.151	33.3	40.2	36.7
A ₀ B ₂ C ₂	0.197	0.157	52.4	41.8	47.1
A ₁ B ₀ C ₀	0.117	0.125	31.2	33.3	32.3
A ₁ B ₀ C ₁	0.161	0.101	42.9	26.9	34.9
A ₁ B ₀ C ₂	0.148	0.137	39.4	36.5	37.9
A ₁ B ₁ C ₀	0.118	0.122	31.4	32.5	31.9
A ₁ B ₁ C ₁	0.172	0.185	45.8	49.3	47.5
A ₁ B ₁ C ₂	0.107	0.120	28.5	31.9	30.2
A ₁ B ₂ C ₀	0.135	0.196	35.9	52.2	44.0
A ₁ B ₂ C ₁	0.177	0.218	47.1	58.1	52.6
A ₁ B ₂ C ₂	0.160	0.171	42.6	45.5	44.0

S. Frías y N. Herrera, 2003, datos experimentales

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL POLISACARIDO DE LA HOJA DE TUNA (*Opuntia Tuna*) DEL MEJOR TRATAMIENTO (b.s) A₁B₂C₁

ANALISIS	R ₁ (%)	R ₂ (%)	X (%)
Proteína	3.2	3.3	3.3
Grasa	0.09	0.1	0.1
Cenizas	1.1	0.9	1.0
Humedad	5.1	5.5	5.3
Monosacáridos Glucosa			11.2

S. Frías y N. Herrera, 2003 , datos experimentales

VALORES DE VISCOSIDAD ABSOLUTA DEL POLISACARIDO DE LA HOJA DE LA TUNA (*Opuntia Tuna*) A DIFERENTES CONCENTRACIONES Y VELOCIDADES.

CONCENTRACIÓN (%)	VISCOSIDAD ABSOLUTA (Kg.seg/m ²)		
	10 rpm	20 rpm	50 rpm
0.1	2.55 e ⁻⁴	1.96 e ⁻⁴	1.80 e ⁻⁴
0.3	5.10 e ⁻⁴	3.77 e ⁻⁴	3.26 e ⁻⁴
0.5	7.83 e ⁻⁴	6.11 e ⁻⁴	5.22 e ⁻⁴
0.8	1.13 e ⁻³	9.78 e ⁻⁴	8.60 e ⁻⁴

* Departamento de Ciencia de los Alimentos y Biotecnología, EPN, 2003.

VALORES DEL PODER GELIFICANTE DE POLISACARIDO DE LA HOJA DE TUNA (*Opuntia Tuna*) Y DE PECTINA EN dmm DE PENETRACIÓN EN MERMELADAS DE BABACO

TRATAMIENTO	CONCENTRACIÓN (%)	PODER GELIFICANTE		X (dmm)
		R ₁ (dmm)	R ₂ (dmm)	
PECTINA	0,5	154	149	151.5
	1	148	145	146.5
POLISACARIDO	0.5	157.4	155.1	156.2
	1	150.4	148.1	149.3

S. Frías y N Herrera, 2003 , datos experimentales realizados en Industrias GELEC.

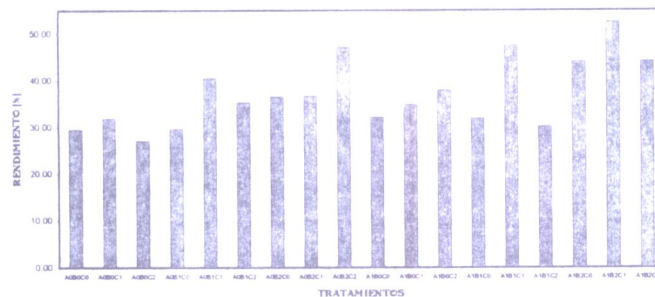
VALORES DEL PODER GELIFICANTE DE POLISACARIDO DE LA HOJA DE TUNA (*Opuntia Tuna*) Y DE PECTINA EN dmm DE PENETRACIÓN EN MERMELADAS DE FRUTILLA

MERMELADA DE FRUTILLA

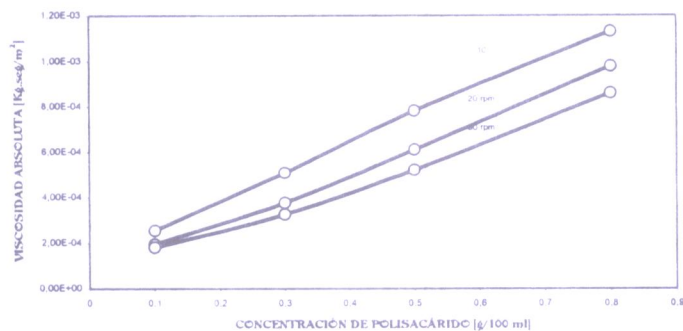
TRATAMIENTO	CONCENTRACIÓN (%)	PODER GELIFICANTE		X (dmm)
		R ₁ (dmm)	R ₂ (dmm)	
PECTINA	0,5	189.5	188	188.7
	1	178	180	179
POLISACARIDO	0.5	196	194.5	195.2
	1	182	180	181

S. Frías y N. Herrera, 2003 , datos experimentales realizados en Industrias GELEC.

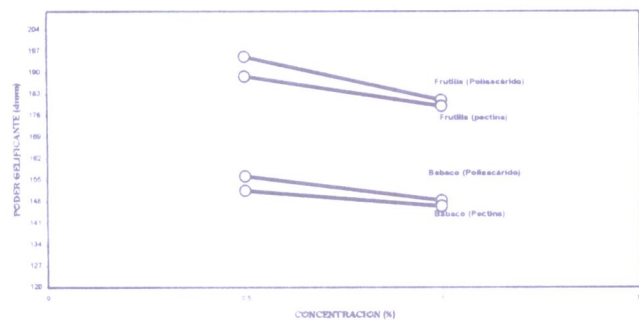
PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS



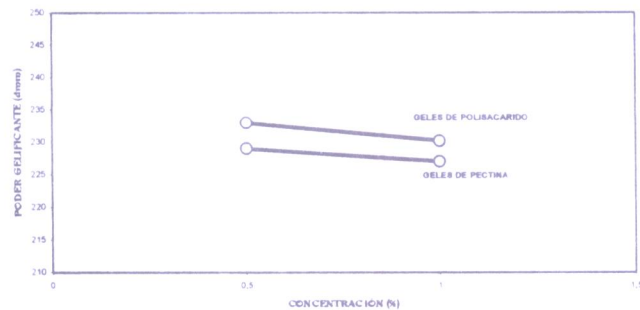
CONCENTRACIÓN DE POLISACÁRIDO vs. VISCOSIDAD ABSOLUTA



PODER GELIFICANTE EN MERMELADAS ELABORADAS CON POLISACÁRIDO Y CON PECTINA



PODER GELIFICANTE DE GELES ELABORADOS CON POLISACÁRIDO Y CON PECTINA



**ESTUDIO DE LA ABSORCION DE ACEITE EN LA FRITURA DE PAPAS
(*Solanum tuberosum*) DE LAS VARIEDADES CATALINA Y SEMICHOLA****Soraya Medina***
Elena Paredes*
Angel Ulloa****RESUMEN**

En el presente trabajo se estudió la disminución de la absorción de aceite durante la fritura de papas para determinar la incidencia de la variedad utilizada y el efecto que presenta sobre este proceso la precocción, los mejoradores de textura y la operación de fritura en fases, con el fin de establecer las condiciones óptimas para mejorar la calidad del producto final y la textura de dicho producto. Se consideraron 4 factores de estudio con dos niveles para cada uno de ellos (a) variedad de papa: Catalina y Semichola; (b) tiempo de precocción de los trozos de papas: 3 y 9 minutos; (c) tipo de mejorador de textura: cloruro de calcio y sulfato de calcio al 0.25%, (d) operación de fritura: una fase: 160°C/360 seg y dos fases: 180°C/120seg y 150°C/240seg.

El estudio se realizó con muestras de 100 gr de papas peladas y cortadas en dimensiones de 5cm de largo x 1cm de ancho x 1cm de espesor que fueron precocidas en agua con las sales de calcio a 75°C durante el tiempo establecido en el diseño, posteriormente las papas fueron escurridas y finalmente sometidas al la fritura.

Las respuestas experimentales fueron el volumen y peso del aceite absorbido por las papas durante la fritura así como la dureza del producto final.

El análisis estadístico determina que el mejor tratamiento corresponde a la variedad Semichola, 9 minutos de precocción, cloruro de calcio como mejorador de textura y la operación de fritura de dos fases.

El trabajo también contempla la determinación del coeficiente total de transferencia de masa que fue determinado utilizando un modelo cinético de primer orden y se establece que la variedad Semichola presenta un coeficiente de transferencia de masa menor al reportado por la variedad Catalina.

INTRODUCCION

Las patatas fritas son unos de los snacks preferidos en Europa. Pero ¿cómo empezó todo? Pues con una simple y sencilla patata (*Solanum tuberosum*), producto de primera necesidad en la dieta europea. La patata aunque hogareña tiene una ascendencia exótica. Tiene su origen en Sudamérica, donde los habitantes de la zona que hoy llamamos Perú ya comían el tubérculo de la planta o "papa" hace 2.000 años.

La fritura es una de las técnicas más antiguas de preparación de alimentos. Mejora la calidad sensorial de los productos fritos mediante la formación de compuestos aromáticos, colores atractivos y textura crujiente.

Los alimentos fritos tienen buen sabor, excelente sensación de palatabilidad en la boca y una

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

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

textura apetecible. Las temperaturas superficiales que se alcanzan (sobre los 150°C) permiten escaldar los alimentos, con lo que consigue inactivar enzimas, reducir el aire intercelular y destruir ciertos organismos incluyendo patógenos. También como consecuencia de la deshidratación involucrada se consigue texturas externas crocantes.

La patata es un producto hortícola de producción extensiva que día a día va ganando espacio en su utilización como materia prima de la industria.

En la industria y concretamente en la industria de "frenchfries", los clientes cada vez son más exigentes en cuanto a la calidad del producto final; por ello, la industria de frenchfries establece unos requisitos rigurosos ya que es necesario elaborar un producto de alta calidad, con el que satisfacer la demanda del consumidor y luchar con la fuerte competencia del exterior, para ello se han de cuidar determinados parámetros como: contenido sólido, longitud de las tiras, textura, sabor, color, uniformidad del corte, contenido graso, etc.

No todas las variedades de patata son aptas para la elaboración de frenchfries. Cada variedad es portadora de unas características, que en su conjunto, determinan la calidad culinaria, industrial y/o mixta de aquella variedad.

El contenido de materia seca debe ser alto, como mínimo 20%, para conseguir un producto crujiente y con una buena textura interna. En el caso de un bajo contenido sólido ó un sólido mal repartido, se obtendría un producto blando, excesivamente húmedo y con una mala textura interna; en este caso sería necesario evaporar un mayor contenido de agua, una mayor absorción de aceite (> 6%) y, al final, conseguiríamos un mal producto y a costos exageradamente elevados. La industria de papas fritas en nuestro país produce principalmente "chips" o papa en hojuelas y "papa en tiras" o "papas a la francesa". El consumo de estos dos productos procesados es creciente por lo que se ha incrementado la demanda de tubérculos con aptitud para la fritura.

Nutricionalmente el consumo de grasa es considerada un elemento clave en el sobrepeso, enfermedades coronarias y tal vez ciertos tipos de cáncer, perturbaciones de las glándulas de secreción interna o de diversos trastornos metabólicos que favorecen la lipogénesis por lo que se hace necesario su reducción. La obesidad es el resultado de un exceso de calorías ingeridas en relación con la cantidad de calorías utilizadas en el proceso digestivo, es decir, la causa de la obesidad es un obsesivo consumo de alimentos y de ellos fundamentalmente de lípidos, razón por la cual la absorción de grasa durante el freído debe mantenerse al mínimo, debido a que los alimentos grasos son menos agradables y constituyen de manera significativa a la ingesta de lípidos.

El presente trabajo persigue realizar un estudio minucioso de la absorción de aceite durante la fritura de papas, con el fin de mejorar la calidad del producto final reduciendo la cantidad de aceite absorbido durante el proceso y mejorando la textura del producto final.

MATERIALES Y METODOS

MATERIALES

Materia prima

Para llevar a cabo el presente estudio se empleó como materia prima patatas (*solanum tuberosum*), de las variedades Catalina y Semichola, que son las más utilizadas en procesos de fritura en nuestro medio que fueron adquiridas en el Mercado Mayorista de Ambato.

Aceite de fritura

Se utilizó para la fritura, el Aceite Comercial de palma La Favorita, que es de alto consumo en nuestro medio. Según Díaz Alberto (1999), el aceite de palma es bueno para fritura debido a que tiene bajo contenido de ácidos grasos polihinsaturados (10%) lo que permite mantener estabilidad al calor.

Aditivos químicos.

- Sulfato de calcio al 0,25%

- Cloruro de calcio al 0,25%

Equipos

- Balanza Cobos Mod. Monogratario
- Balanza Acculab V-1200 (capacidad 1200gr)
- Cocineta eléctrica Haceb Medellín
- Durofel Copa-Technilogie S.A. Licence CTIFL
- Penetrómetro McCORMICK
- Estufa eléctrica Fisher ISO Temp.* oven 200 series

Materiales de laboratorio

- Cuchillo
- Sartén de teflón
- Colador Metálico
- Probeta graduada de 10 ml.
- Vasos de precipitación PIREX de 250 y 500 ml.
- Varilla de agitación
- Cápsulas de porcelana
- Termómetro (escala de - 10 a 420°C)
- Papel filtro
- Rallador
- Pipeta graduada de 2 ml.

Reactivos

- Ácido dinitrosalicílico marca Baker, glucosa marca Aidrich, agua destilada

HIPOTESIS DEL TRABAJO

Hipótesis nula.

La variedad de papa, el tiempo de precocción, el tipo de mejorador de textura y/o la aplicación de una o dos fases de fritura no influye en la absorción de aceite durante la fritura.

Hipótesis alternativa.

La variedad de papa, los tiempos de precocción, el tipo de mejorador de textura y/o la aplicación de una o dos fases de fritura influyen directamente en la absorción de aceite durante la fritura.

DISEÑO EXPERIMENTAL.

En el presente estudio se trabajó con un diseño factorial 2^4 con una réplica, con lo que se tiene un total de 32 tratamientos.

Los factores y niveles de estudio son los siguientes:

- Factor A : Variedad de papa

nivel a0: Catalina
nivel a1: Semichola

- Factor B : Tiempo de precocción

nivel b0: 3 min/ 75°C
nivel b1: 9 min/75°C

- Factor C : Tipo de mejorador de textura

nivel c0: Catalina
nivel c1: Semichola

- Factor D : Operación de fritura

nivel d0: una fase de fritura
(160°C / 360 s)
nivel d1: dos fases de fritura
(180°C /120s;150°C / 240s)

RESPUESTAS EXPERIMENTALES

Cantidad de aceite absorbido (peso y volumen)

Textura de las papas fritas (medido con penetrómetro y durofel)

METODOLOGIA

Recepción

Se trabajó con papas de las variedades Catalina y Semichola, adquiridas en el Mercado Mayorista de Ambato.

Lavado y clasificación.

Las papas fueron lavadas, luego de lo cual se clasificaron de acuerdo al tamaño y forma a fin de lograr posteriormente uniformidad en los trozos.

Pelado y troceado.

Las papas clasificadas fueron peladas, luego troceadas en dimensiones (5 cm de longitud, 1 cm de ancho y 1 cm de espesor); para cada tratamiento se preparará 100 gr de papas.

Lavado

Se realizó un lavado de los trozos para eliminar restos de almidón y azúcares reductores presentes en la superficie y de esta forma se evita el oscurecimiento de las mismas.

Precocción.

Los trozos de papa fueron sometidos a un calentamiento en agua a una temperatura de 75°C por tiempos variables según el diseño experimental, la precocción persigue evitar el pardiamiento enzimático; en esta operación se añaden los mejoradores de textura, luego las papas fueron desaguadas por 4 minutos.

Fritura.

Esta operación de acuerdo al diseño experimental, se realizó en una sola fase en condiciones normales y en dos fases de fritura. Para cada tratamiento se utilizó 250 ml de aceite comestible de palma (La Favorita) para freír los 100 gramos de papa.

Escurreido

Luego de la fritura, las papas se someten a un escurrido del aceite por 10 minutos, a fin de eliminar el exceso presente en la superficie.

Enfriamiento del aceite

Para cuantificar el volumen y peso real del aceite fue necesario dejar reposar dicho aceite durante 24 horas con el fin de que se enfríe

MÉTODOS DE ANÁLISIS

MATERIA PRIMA

Determinación de humedad

Según el método descrito por R.Lees (1969).

Determinación de la gravedad específica.

Según el método descrito por Alvarado (1996).

Determinación de almidón

El porcentaje de almidón fue calculado utilizando los resultados obtenidos de gravedad específica mediante la aplicación de la ecuación de Verna (1971) y la ecuación Von Scheele, citado por Murphy (1959).

Para la determinación real del contenido de almidón, las papas fueron lavadas y peladas evitando perder el almidón de la cáscara, luego se trituraron, posteriormente se agregó agua para formar

una suspensión que se fue tamizada. El filtrado obtenido se dejó reposar para que sedimente el almidón, el que luego se decantó y se secó en la estufa a 50°C. El almidón seco fue pesado y se obtuvo su cantidad en porcentaje tomando como referencia el peso total de la papa utilizada.

Determinación de azúcares reductores

Para la determinación de azúcares reductores se utiliza el método descrito por Chapplin (1987)

PRODUCTO FINAL (PAPAS FRITAS)

Determinación de humedad

Según el método descrito por R. Lees (1969).

Determinación de textura

Para determinar la textura de la papa frita, se utilizan dos equipos de diferente naturaleza: un durofel y un penetrómetro, con un vástago o cilindro de 0,818 cm de diámetro, por lo tanto el área de contacto con el producto es de 0.5 cm² y la fuerza será proporcional a esa superficie.

Análisis sensorial

Previo a la realización del análisis sensorial, se procedió a identificar a los catadores que tengan mayor capacidad de percepción en sus sentidos, se seleccionaron 20 de los 35 aspirantes de la siguiente manera:

En primer lugar se aplicó un cuestionario en el que constan preguntas de índole personal como: edad, sexo, hábitos alimenticios, posibles enfermedades que afecten los sentidos, si fuma o ingiere bebidas alcohólicas y si tiene la disposición de participar en un panel de catación de papas fritas.

Posteriormente se realizó una prueba de catación en dos semanas seguidas (con réplica), en la que los aspirantes debían identificar los sabores básicos insaboro, dulce, ácido, salado: el insaboro fue agua simple, el sabor dulce fue una solución azucarada al 0.57% (5.76gr / lt), el sabor ácido fue una solución con ácido cítrico al 0.043% (0.43gr / lt) y el sabor salado fue una solución salina al 0.24% (2.38 gr / lt), existían 2 muestras de cada sabor (duplicado).

En el siguiente paso se realizó una prueba de catación en la que los aspirantes cataron 6 muestras de papas en hojuelas (chips), dos muestras correspondían a fundas de papas destapadas 48 horas antes de la catación, dos muestras fueron destapadas 24 horas antes y 2 muestras fueron destapadas segundos antes de la catación, los participantes debían escoger una de las 6 muestras.

Los resultados del cuestionario y de las pruebas anteriores nos ayudaron a escoger los 20 catadores con los que se procedió a la prueba de catación de 3 muestras de papas fritas, la primera sin tratamiento, la segunda con el mejor tratamiento resultante del diseño experimental, la tercera una muestra blanco comprada en el centro de la ciudad de Ambato.

Las pruebas de aceptabilidad se realizaron por duplicado y se evaluaron los siguientes atributos: color, sabor, aceptabilidad de acuerdo a una escala hedónica de 5 puntos. Se realizó también un análisis detallado del perfil de textura en el que constan dos etapas, una inicial y etapa final.

En la etapa inicial se considera: dureza, humedad, fibrosidad, contenido de grasa, adherencia en molares y en la final: velocidad de rompimiento, rotura laminar, presencia de partículas residuales, sequedad en la boca, sensación de grasa en el paladar, sensación de grasa en la lengua. Los formatos se obtuvieron de López Constanza (1998) de su libro titulado "Evaluación Sensorial de Alimentos".

ESTUDIO DE LA TRANSFERENCIA DE MASA DURANTE LA FRITURA DE PAPAS

Para el estudio de transferencia de masa durante la fritura de papas, se utiliza el modelo matemático citado por Krokida y col (1999); Journal of Food Science 43 (2000). 147-154

Modelo matemático de transferencia de masa.

* Ingreso del aceite al interior de la papa

$$Y = Y_e[1 - \exp(-K_y t)]$$

Ecuación desarrollada:

$$\ln(1 - (Y/Y_e)) = -K_y t$$

Donde:

Y : contenido de aceite (ml) al tiempo t.

Y_e : contenido de aceite en equilibrio (ml): Punto de la fritura en el cual el fenómeno de transferencia simultánea de masa se detiene, es decir, los trozos de papa ya no absorben más aceite ni eliminan agua en forma de vapor : Punto de Saturación (concentración del aceite en la papa en condiciones de saturación). Los valores se obtuvieron experimentalmente al someter 100 gramos de papas en 250 mililitros de aceite hasta un tiempo indefinido en el cual se llega la punto de saturación.

K_y : tasa constante (seg^{-1}) que representa el coeficiente total de transferencia de masa y es obtenido de la pendiente del gráfico: $\ln[1 - (Y/Y_e)]$ vs tiempo.

t : tiempo de fritura (seg)

El gráfico : $\ln[1 - (Y/Y_e)]$ vs t, da como resultado la pendiente : K_y que representa el coeficiente total de transferencia de masa.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla 1 se presentan los resultados de volumen y peso de aceite absorbido durante el proceso de fritura así como los resultados de dureza de las papas fritas con el penetrometro y con el durofel para los tratamientos establecidos en el diseño experimental. Podemos observar que el tratamiento a1b1c0d1 (variedad: semichola, tiempo de precocción: 9 minutos, tipo de mejorador de textura: cloruro de calcio, operación de fritura: dos fases) es el que reporta valores bajos de peso (5,6 gr) y volumen (5,5 ml) de aceite absorbido durante la fritura y también es el tratamiento que reporta valores altos de consistencia o textura de las papas fritas tanto con el penetrómetro (995.0 gf/100gr) como con el durofel (0.450).

Tabla A1: Datos experimentales de volumen y peso de aceite absorbido durante la fritura de papas y dureza de las papas fritas medida con penetrometro y durofel

Tratamientos	Volumen (ml/100g)	Peso (g/100g)	Penetrometro (gf/0.5cm ²)	Durofel (durofel)
a ₀ b ₀ c ₀ d ₀	9.0	8.29	762.5	0.125
a ₀ b ₀ c ₀ d ₁	12.5	11.51	856.0	0.164
a ₀ b ₀ c ₁ d ₀	12.5	11.51	761.5	0.110
a ₀ b ₀ c ₁ d ₁	13.7	12.61	872.5	0.145
a ₀ b ₁ c ₀ d ₀	7.0	6.45	861.0	0.223
a ₀ b ₁ c ₀ d ₁	7.7	7.14	870.5	0.286
a ₀ b ₁ c ₁ d ₀	8.5	7.83	745.5	0.207
a ₀ b ₁ c ₁ d ₁	8.7	8.01	846.0	0.254
a ₁ b ₀ c ₀ d ₀	15.5	14.28	974.0	0.235
a ₁ b ₀ c ₀ d ₁	7.5	6.91	962.5	0.261
a ₁ b ₀ c ₁ d ₀	16.5	15.2	817.0	0.212
a ₁ b ₀ c ₁ d ₁	6.3	5.80	945.0	0.242
a ₁ b ₁ c ₀ d ₀	10.5	10.02	977.5	0.335
a ₁ b ₁ c ₀ d ₁	5.5	5.6	995.0	0.450
a ₁ b ₁ c ₁ d ₀	8.0	7.36	877.5	0.243
a ₁ b ₁ c ₁ d ₁	7.0	6.44	898.5	0.289

Resultados promedios obtenidos en mediciones por duplicado

Variedad de papa.

El análisis estadístico realizado para un diseño 2^n establece que existe diferencia significativa para este factor, es decir, que la variedad de papa, influye significativamente en la absorción de aceite durante la fritura, de las variedades estudiadas, la semichola es la que menor cantidad de aceite absorbe y presenta mejores características de textura, estos resultados son lógicos ya que esta variedad de papa reporta mayor cantidad de sólidos totales (29,18%). Esta apreciación concuerda con lo reportado por Aguilera (1997) que menciona que para fritura se prefieren papas con un alto contenido de sólidos totales, puesto que dan productos fritos con menor cantidad de grasa y de mayor preferencia en paneles sensoriales.

Tiempos de precocción.

Este factor también reporta diferencia significativa según el análisis estadístico realizado, lo que nos indica que el tiempo de precocción de las papas influye en la absorción de aceite durante la fritura, de los tiempos establecidos en el diseño experimental al aplicar 9 minutos de precocción se obtienen valores bajos de absorción de aceite y mejores características de textura de papas fritas. Este resultado se respalda por la acotación realizada por Aguilera (1997) en donde menciona que hay varias razones para someter las papas a un escaldado antes de freírlas, así como:

- Mejorar el color del producto terminado
- Reducir la absorción de grasa o aceite durante la fritura
- Reducir el tiempo de fritura
- Mejorar la textura del producto

Tipo de mejorador de textura

El análisis estadístico realizado establece que existe diferencia significativa para este factor, es decir, que el tipo de mejorador de textura influye en la absorción de aceite durante la fritura. De los mejoradores de textura estudiados, la utilización de cloruro de calcio al 0,25% reporta valores bajos de absorción de aceite y produce mejores características de textura en las papas fritas, esta apreciación concuerda con lo reportado por Fenema (1985) en la que menciona que el cloruro de calcio ayuda a reafirmar las células y tejidos incrementando la dureza por aumento de enlaces cruzados y formación de pectato y pectinato de calcio relativamente insolubles, estas estructuras estabilizadas sostienen la masa de los tejidos y la integridad se mantiene incluso frente a procesos térmicos.

Operaciones de fritura.

Este factor reporta diferencia significativa según el análisis estadístico realizado, lo que establece que la operación de fritura de las papas influyen en la absorción de aceite durante la fritura. De las operaciones de fritura propuestas en el diseño experimental, la aplicación de la operación que consiste en dos fases de fritura es la que permite la menor absorción de aceite durante la fritura de papas. Este resultado concuerda con lo mencionado por McMin A. citado en la publicación de Chanes J y col. (2001) donde menciona que la operación de dos fases en la fritura permite la formación de una costra en la primera fase que se trabaja a 180°C por 2 minutos dificultando el ingreso del aceite; la segunda fase de fritura a 150°C por 4 minutos permite la cocción del producto.

Interacción de los cuatro factores de estudio (Variedad de papa – tiempos de precocción – tipo de mejorador de textura – operaciones de fritura)

El mejor tratamiento para la interacción ABCD fue variedad Semichola, 9 minutos de precocción, cloruro de calcio al 0.25% como mejorador de textura y la utilización de dos fases de fritura.

Transferencia de masa durante la fritura de papas.

El estudio de transferencia de masa durante la fritura se realizó con los mejores tratamientos identificados para las dos variedades de papas siendo los siguientes:

Interacción: a1b1c0d1:

Variedad Semichola – 9 minutos de precocción – cloruro de calcio - dos fase de fritura

Interacción : a0b1c0d1:

Variedad Catalina – 9 minutos de precocción – cloruro de calcio - dos fase de fritura

En la tabla A2 se presentan los datos de volumen de aceite absorbido durante la fritura y contenido de humedad de las papas fritas de los mejores tratamientos, estos resultados fueron necesarios para realizar el estudio de la transferencia de masa.

Tabla A2: Datos experimentales de volumen de aceite absorbido durante la fritura y contenido de humedad de las papas a diferentes tiempos de fritura para los mejores tratamientos de las dos variedades de papas

Tiempo de fritura (min)	Catalina		Semichola	
	Humedad (%)	Volumen (ml)	Humedad (%)	Volumen (ml)
0.1	73.65	1.5	69.89	0.8
1.0	71.34	3.4	67.84	2.1
1.5	70.95	4.0	64.29	3.4
2.0	70.07	4.5	64.18	3.8
1.5	64.17	4.8	63.95	4.1
3.0	63.87	5.1	61.98	4.3
3.5	63.26	5.4	60.51	4.5
4.0	61.86	5.7	60.26	4.7
4.5	60.69	5.9	59.91	4.9
5.0	59.14	6.1	59.86	5.1
5.5	59.82	6.3	59.27	5.2
6.0	58.58	6.5	57.52	5.3

Resultados promedios obtenidos en mediciones por triplicado

De acuerdo a los gráficos 1 y 2 se considera que existe una relación inversamente proporcional entre el contenido de humedad de las papas y el tiempo de fritura, es decir, que a mayor tiempo de fritura el contenido de humedad de las papas disminuye ya que existe una migración del agua hacia el exterior de la papa. Los coeficientes de correlación para las variedades Catalina y Semichola son 0.968 y 0.951.

Los gráficos 3 y 4 muestran una relación directamente proporcional entre la cantidad de aceite absorbido durante la fritura y el tiempo de fritura, es decir que a medida que pasa el tiempo, la cantidad de aceite absorbido aumenta ya que existe un ingreso de aceite al interior de la papa. Los coeficientes de correlación para las variedades Catalina y Semichola son 0.933 y 0.89, respectivamente.

Gráfico 1: VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD A DIFERENTE TIEMPO DE FRITURA DE PAPAS VARIEDAD CATALINA

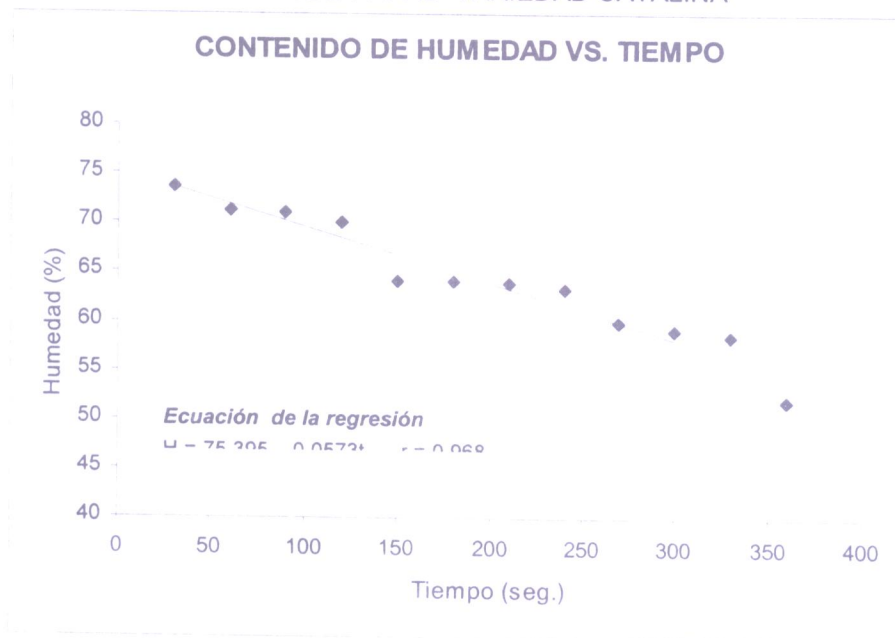


Gráfico 2: VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD A DIFERENTE TIEMPO DE FRITURA DE PAPAS VARIEDAD SEMICHOLA

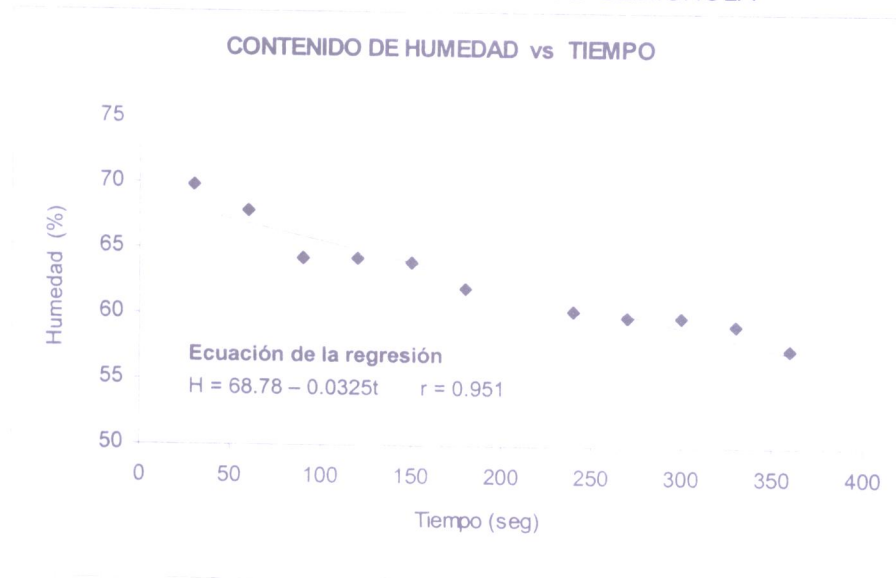


Gráfico 3: ABSORCIÓN DE ACEITE DURANTE LA FRITURA DE PAPAS A
DIFERENTE TIEMPO DE FITURA DE PAPAS VARIEDAD CATALINA

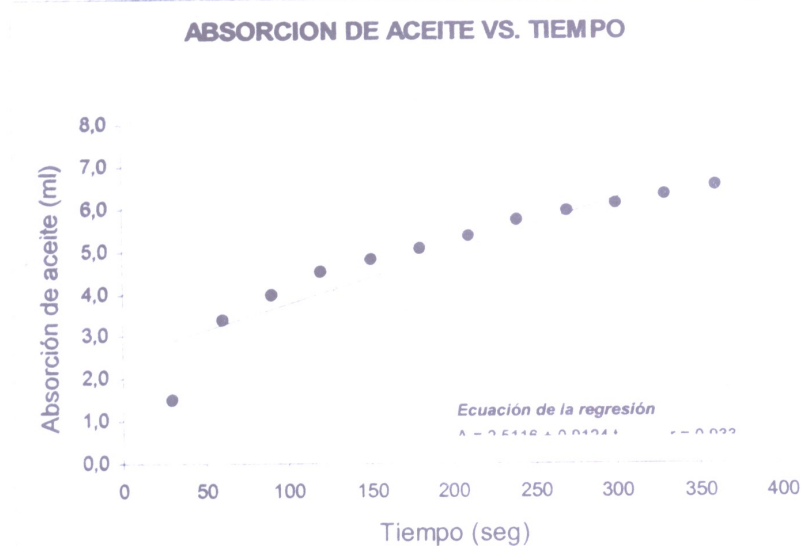
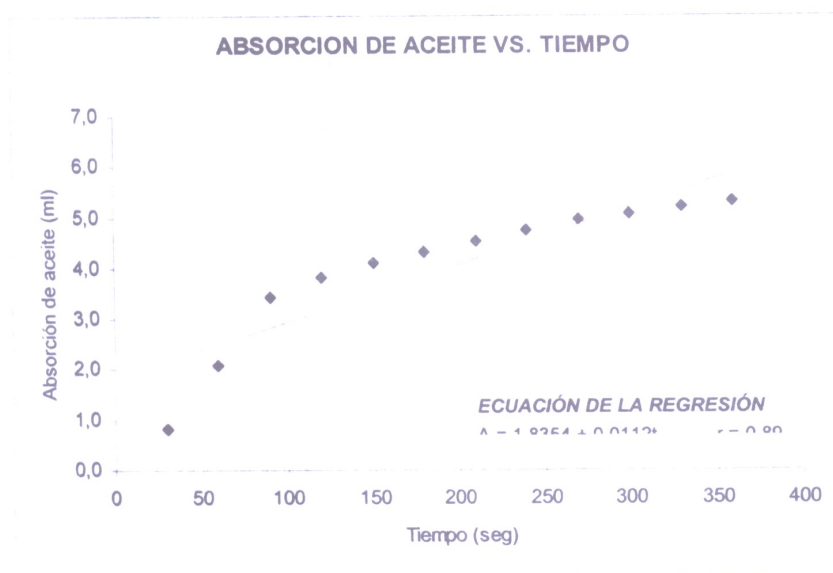


Gráfico 4: ABSORCIÓN DE ACEITE DURANTE LA FRITURA DE PAPAS A
DIFERENTE TIEMPO DE FITURA DE PAPAS VARIEDAD CATALINA



Pérdida de Agua

El comportamiento de la variable "pérdida de agua" tiene una gran similitud con lo que sucede en el caso de "pérdida de peso", es decir las lecturas iniciales varía entre 3.64 y 9.30, en los tratamientos $a_1b_1c_1$ y $a_0b_0c_2$ respectivamente, y las finales oscila de 18.29 y 36.90 en los tratamientos $a_1b_1c_0$ y $a_0b_2c_0$ respectivamente.

Ganancia de Sólidos

Esta variable se relaciona en forma directa con las dos anteriores, es decir empieza con lecturas bajas que ascienden rápidamente llegando a valores promedios entre 7,23g/100g.fi en el tratamiento $a_1b_0c_0$ (estado maduro, 50% de sacarosa, 18°C) y 20,26 g/100g.fi en el caso del tratamiento $a_0b_2c_0$ (estado pintón, 70% de sacarosa, 18°C). Puede advertirse que el estado de madurez de la fruta juega un papel importante, pues en el caso del banano maduro la composición propia de los azúcares evita que en el proceso, exista una mayor ganancia de sólidos.

DETERMINACION DEL MEJOR TRATAMIENTO

Luego de haber analizado los parámetros de control y las variables de cinética de deshidratación osmótica, se llega a establecer que de acuerdo a los datos reportados y calculados se obtiene un mejor proceso de deshidratación de banano en el tratamiento $a_0b_0c_0$ (estado pintón, 50% de sacarosa, 18°C); sin embargo para efectos de continuar con la segunda fase de la investigación, se consideran los siguientes mejores resultados, que se presentan en los tratamientos: $a_0b_1c_0$ (estado pintón, 60% de sacarosa, 18°C) y $a_0b_2c_0$ (estado pintón, 70% de sacarosa, 18°C).

De los resultados, puede determinarse que el factor b (concentración del jarabe) no influye significativamente en los resultados, pero por razones tecnológicas se puede optar por el nivel más alto de concentración que es de 70% de sacarosa con lo que se supone se aceleraría el proceso, pero al no presentarse diferencia significativa en los resultados, se opta por un 50% pues, este nivel presenta ventajas económicas que deben ser consideradas cuando el trabajo se realiza a gran escala y poder obtener precios competitivos del producto en el mercado.

Secado

A partir del mejor tratamiento se procede con la segunda fase de la experimentación que comprende el secado del producto.

Coeficiente de Transferencia de Calor

Los datos del coeficiente de transferencia de calor disminuyen a medida que el tiempo de secado transcurre; en la primera hora se registra 9,64 W/m²°K, valor que desciende hasta 8,46 W/m²°K a las 8 horas del proceso. Esta variable es mayor al empezar la operación pues la fruta presenta un alto contenido de humedad que debe ser transferido; puede establecerse que el coeficiente de transferencia de calor se relaciona en forma directa con la humedad de la fruta.

Coeficiente de Transferencia de Masa

Los datos para la transferencia de masa fluctúan entre 0,00445 (kg.ag.ev/ (kgv/kg.gas) m²s) que se presenta en la hora 4 de secado, hasta 0,00602 (kg.ag.ev/ (kgv/kg.gas) m²s) en la segunda hora del proceso. La variable depende de forma directa de la diferencia de las humedades del aire tomadas de la carta psicrométrica.

Difusividad

El valor de difusividad para el mejor tratamiento es de 1,0587*10⁻¹⁰ m²/s, este dato es similar a 8,498*10⁻¹¹ m²/s, reportado para manzana en rodajas (González, M. y Jiménez, M., 1988); la variación puede deberse a que la difusividad es una propiedad de transporte que depende de la temperatura, presión y principalmente de la composición del sistema.

ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial se aplica a tres mejores tratamientos determinados de acuerdo a los parámetros de la deshidratación osmótica que luego fueron secados en las condiciones descritas, la evaluación de los atributos del producto se la realiza mediante la aplicación de escalas hedónica y con la participación de un panel de catadores no entrenados, de los cuales 50% fueron hombres

y 50% mujeres.

La tabulación de las cataciones son de tendencia positiva es decir de 3 en adelante para todos los tratamientos.

Atributo Aroma

Mediante un análisis de varianza, se establece que para el caso de atributo "aroma" no existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95%, por tanto es válido determinar un promedio general con el fin de caracterizar el atributo del producto; para este caso el promedio se de 3,73 que en la escala hedónica corresponde a aroma "bueno", calificación que se considera para los tres tratamientos analizados.

Atributo Sabor

El análisis de varianza para el atributo "sabor" a un nivel de α de 0,05, no se establece diferencia estadística entre tratamientos. El promedio de las evaluaciones dadas en la catación para caracterizar a este atributo, es de 3,57 lo que significa que los panelistas consideran al producto en general como de sabor "agradable".

Atributo Color

En el caso del atributo "color", tampoco se determina significancia entre tratamientos a un nivel de confianza de 95%, es decir que de acuerdo a los catadores el color del producto es igual en todos los tratamientos evaluados. Para determinar este atributo mediante la escala hedónica correspondiente, se procede a calcular un promedio general que es de 3,40 lo que lo ubica en el tercer nivel de la escala, es decir color "ni oscuro ni claro".

Atributo Textura

En lo que se refiere al atributo "textura", el análisis estadístico respectivo, determina que no existe diferencia significativa entre tratamientos a un nivel de α de 0,05, lo que significa que para determinar el nivel del atributo en la escala es necesario de un promedio que represente a las tres muestras, éste es de 3,27, es decir, de acuerdo a las asignaciones dadas en la evaluación el producto posee una textura "consistente suave".

Atributo Aceptabilidad

Por último, el atributo "aceptabilidad", que trata de englobar el criterio de los catadores para calificar al producto en su totalidad. En este caso no existe diferencia estadística en un nivel de confianza del 95% y mediante el cálculo del promedio de las tres muestras (4,07) se establece que el panel de catadores considera que el banano deshidratado y secado tiene una aceptabilidad correspondiente a "gusta poco" en la escala hedónica aplicada.

Análisis Sensorial Global

A pesar de que ninguno de los atributos presenta significancia, la evaluación sensorial permite caracterizar al producto como aceptable en general, pues los valores promedios de las cataciones son de tendencia ascendente, es decir de 3 en adelante. El resultado de la aceptabilidad confirmar el criterio y deja abierta la posibilidad de mejorar algunos de los aspectos del producto para conseguir la aceptación total del consumidor.

CONCLUSIONES

- Se estudió el proceso de preservación del Banano (*Musa cavendish*) mediante Deshidratación Osmótica y Secado determinándose que se obtienen buenos resultados cuando se trabaja con banano pintón, a una temperatura de 18 ± 4 °C, en combinación con cualquier nivel experimental de la concentración de sacarosa en la solución; tratamientos que fueron sometidos a un secado de túnel a 60°C.
- La cinética durante la deshidratación osmótica se determinó mediante las variables: pérdida de peso, pérdida de agua y ganancia de sólidos. De acuerdo a los datos registrados se establece que las tres variables se relacionan de forma directa.
- La concentración de la solución de sacarosa influye en forma directa en la pérdida de agua y

ganancia de sólidos en el banano, mientras que en la variable pérdida de peso no se puede establecer una tendencia pues la combinación de las dos variables antes mencionadas inciden en el peso del producto.

- El estado de madurez influye directamente en el efecto de deshidratación osmótica, el análisis estadístico determinó que es el factor más significativo durante el proceso. Los valores de sólidos solubles (°Brix) y peso generalmente son mayores en el caso del banano en estado maduro.
- Los niveles de temperatura de la investigación son semejantes por lo que es difícil establecer diferencias marcadas en las respuestas experimentales, sin embargo el análisis estadístico determinó la incidencia de este factor en el proceso de deshidratación.
- Se estableció como mejores tratamientos de la deshidratación osmótica, los siguientes: $a_0b_0c_0$ (Estado pintón, 50% de sacarosa y temperatura 18 ± 4 °C), $a_0b_1c_0$ (Estado pintón, 60% de sacarosa y temperatura 18 ± 4 °C) y $a_0b_1c_0$ (Estado pintón, 70% de sacarosa y temperatura 18 ± 4 °C). Nótese que el factor b resulta no significativo y es por eso que puede escogerse cualquiera de las tres alternativas. Sin embargo por conveniencias técnicas y económicas, para un proceso a gran escala es mejor optar por la menor concentración de azúcar. Con respecto a los factores a y c, las respuestas experimentales establecen que se obtiene mejores resultados en los niveles mencionados.
- El Coeficiente de Transferencia de Masa calculado es de $4.98E-03$ Kg ag. ev / (Kg v / Kg a s) m^2 s.
- El análisis sensorial del producto obtenido determina que no existe diferencia estadística para ninguno de los atributos evaluados permitiendo caracterizar al banano deshidratado y secado como de aroma "bueno", sabor "agradable", color "ni obscuro ni claro", textura "consistente suave" y aceptabilidad "gusta poco". La tendencia de la evaluación es positiva.
- El balance de materiales establece un 33% de pérdida en el proceso. Se evalúa económicamente la obtención de este producto determina como punto de equilibrio 66.98 % es decir que de la capacidad instalada es necesario utilizar el 66.98% para no tener ni pérdidas ni ganancias en el proceso; es conveniente recalcar que tanto el balance de materiales como la evaluación económica se realizan en una fase experimental y que los indicadores mejorarían si la producción se hiciera a gran escala.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALVARADO, J. 1996. "Principios de Ingeniería Aplicados a los Alimentos". Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. Ed. Radio Comunicaciones. Quito - Ecuador, pp: 434-445.
2. AMEZAGA, E. 1995. "Consideración Teórico Práctico en la Deshidratación de Manzana preconserada por métodos Combinados", Puebla, México. pp: 43 – 45.
3. BARONA, M y ZAPATA, P. 1990. "Estudio de la elaboración de Pasas", Tesis de Ingeniería en Alimentos. UTA – FCIAI. Ambato – Ecuador, pp: 46 – 49.
4. BUENAÑO, M y CACERES, J. 1999. "Deshidratación Osmótica de Manzana por Pulso de Vacío, Pulpa y Tratado por procesamiento Mínimo", Tesis de Ingeniería en Alimentos. UTA – FCIAI. Ambato – Ecuador, pp: 35 – 38
5. CHAMPION, J. 1976. "El Plátano", Técnicas Agrícolas y Producciones tropicales; Ed. Blume, Barcelona – España. pp: 183 – 184.
6. CHEFTEL, J y CHEFTEL, H. 1976. "Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos", Ed. Acribia, Trad. López. Zaragoza – España. Vol. 2, pp: 202 – 205 : 316 – 320.
7. CHIRIFE, J. 1982, "Principios de la Deshidratación Osmótica de Frutas", Anales Asoc, Quim. Argentina, pp: 917 – 919.
8. C.I.T.A. 1995. "Alternativas de Industrialización del Banano y el Plátano". Centro de Investigaciones en tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica - Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica.
9. DESROSIER, H. 1983. "Elementos de Tecnología de Alimentos", Ed. Avi Publishing Company, inc, en Español. Ed. Continental. pp: 88 – 89.
10. ESQUIM, N, HENDERSON, A y TOWNSEND, R. 1971, "Biochemistry of Foods", New York. Academic Press, Inc. pp: 32, 68.
11. FOUST, L y Colab. 1977. "Principios de Operaciones Unitarias", Ed. Continental, México, 10ma. Impresión, pp: 433, 445.
12. GONZÁLEZ, M. y JIMÉNEZ, E., 1988. "Conservación y Almacenamiento de Frutas aplicando Deshidratación Osmótica". Tesis de Grado. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.
13. IZAGUIRRE, F. 1996. "Efectos de tiempo y temperatura sobre, color, textura y características físico-químicas de frutas tratadas con DOPV" (Anteproyecto) Folleto de Información. Universidad de la Américas. escuela de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química, Alimentos, Ambiental. Puebla-México.
14. KNEULE, F. 1966. "El secado". Editorial URMO. España.
15. LARREA, C. 1987. "El Banano en el Ecuador", Transnacionales, Modernización y Subdesarrollo. Ed. Nacional, Quito – Ecuador, pp: 32, 315 y 318.
16. LEISTNER, L. y GORRIS, M. 1995. "Food Preservation by Hurdle Technology". Trends in Food Science and Technology (Vol. 6). pp. 41-44
17. LEMAGUER, R. 1988. "Osmotic Dehydration", Review And Future Directions Proc. International Symposium Progress in Food Preservation Processes. Vol. 1, Brussels, Belgium, pp: 51 – 52.

18. LERICI, C., PINNAVAIA, G., DALLA R. Y BAPTOLUCCI, L. 1985. "Osmotic dehydration of fruit: Influence of osmotic agents on drying and product quality." In: J. Food Sci. 50: 1217-1219.
19. MACCARTHY, D. 1986. "Concentration and Drying of Foods", Ed. Elsevier, Science Publishers Ltda. USA. pp: 294.
20. RESNIC, S. y CHIRIFE, J. 1980. "Actividad del agua y su aplicación a la deshidratación osmótica". Bogotá - Colombia. pp: 153-174.
21. RODRIGUEZ, A. y LINDO, T., 1995. "Pardeamiento enzimático y no enzimático en alimentos" En: "Alternativas de industrialización del Banano y el Plátano". Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos, C.I.T.A. Universidad de Costa Rica - Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica.
22. SALTOS, H. "Diseño Experimental", Ed. Pio XII, Ambato – Ecuador, pp: 54.
23. SCHMIDT, H Y Col. 1973, "Ciencia y Tecnología de los Alimentos", Ed. Universitaria, Santiago de Chile, pp: 189 – 192.
24. SOUCI, S. FACHMANN, W y KRAUT, H. 1990. "Food Composition and Nutrition Tables", Ed. Noba, pp: 814 – 815.
25. TABLA. "Composición de los Alimentos", Instituto Nacional de Nutrición, 1985, Quito – Ecuador.
26. TOLEDO, R. 1985. "Deshidratación de los Alimentos", IV curso avanzado de Tecnología de Alimentos, UTA – FCIAL, Ambato – Ecuador, pp: 86 – 87.
27. ULATE, R. y VELASQUEZ, C. 1993. "Evaluación del uso de factores combinados sobre la estabilidad de pulpa de piña (Var. *Cayena Lisa*)". Boletín Internacional, Divulgación #2. pp. 56-61.
28. VILLALVA y PADILLA. 1985. "Evaluación de Pérdidas Post Cosecha de Manzanas y Peras e Inventarios de Embalaje utilizados", UTA, Ambato. pp: 48.

Tabla. 1. Datos Experimentales de Peso, Humedad, °Brix y pH del Banano (Musa cavendish) en el mejor tratamiento aoboco (Promedios).

Tiempo (min)	Peso (g)	Humedad (%)	°Brix	pH
0	100,00	76,92	11,5	6,3
60	97,80	73,22	13,5	6,0
120	93,92	68,06	14,7	6,0
180	90,82	63,27	16,9	5,9
240	90,17	60,20	18,5	5,8
300	89,21	50,76	20,0	5,6

Tabla. 2. Variación de °Brix y pH en el Jarabe Durante la Deshidratación Osmótica en el Mejor Tratamiento aoboco (Promedios).

Tiempo (min)	°Brix	pH
0	50	6,7
60	49	6,4
120	48	6,1
180	47	5,9
240	47	5,7
300	46	5,5

Tabla. 3. Datos Calculados de Pérdida de Peso, Pérdida de agua y Ganancia de Sólidos en Banano (Musa cavendish). Tratamiento aoboco.(Promedios)

Tiempo		Pérd. Peso	Pérd. Agua	Gan. Sólidos
s.	min.	g/100 g.fi	g sol/100 g.fi	g sol/100 g.fi
0	0			
3600	60	2,2011	5,3156	3,1144
7200	120	6,0796	13,0007	6,9212
10800	180	9,1760	19,4579	10,2819
14400	240	9,8261	22,6322	12,8061
18000	300	14,7867	31,6360	18,9005

Tabla 4.
Registro de Parámetros Experimentales en la Etapa de Secado de Banano (*Musa cavendish*).
En el mejor Tratamiento aoboco

Tiempo (h)	Peso (g)	Humedad (%)	T _w Bulbo Húmedo (°C)	T _a Bulbo Seco (°C)	Entalpa* KJ/Kg	Humedad Relativa (%)	Velocidad Aire (m/s)	H _w Humed. Aire a T _w (Kg/Kg gas)	H _a Humed. Aire a T _a (Kg/Kg gas)
0	10640	50,23	38,00	60,0	24 1,69	33,00	0,823	0,0531	0,0440
1	9230	45,29	38,60	60,0	24 0,27	33,61	0,812	0,0508	0,0450
2	9010	40,03	38,00	60,0	24 1,69	33,00	0,777	0,0531	0,0440
3	8870	36,81	38,30	60,0	24 0,97	32,36	0,777	0,0594	0,0425
4	8720	33,63	38,80	60,0	24 09,78	33,38	0,762	0,0621	0,0440
5	8490	28,90	38,10	60,0	24 1,55	33,23	0,742	0,0531	0,0445
6	8130	24,07	38,20	60,0	24 1,21	32,30	0,731	0,0594	0,0425
7	8070	20,75	38,00	60,0	24 1,69	33,00	0,716	0,0531	0,0440
8	7140	16,52	37,50	60,0	24 6,88	31,75	0,690	0,0553	0,0400

* EAFONA, L Y ZAPATA, P. 1990

Tabla 5.
Datos Calculados en la etapa de Secado de Banano (*Musa Cavendish*). En el mejor Tratamiento aoboco.

Tiempo (h)	W ₀ (gr agua)	M Seca (gr m.s)	W _c (gr ag/gr m.s)	G (Kg/m ² h)	h (W/m ² °K)	A _d (m ² /Kg m.s)	R _c (Kg/Kg m.s)	h _m hr
0	5344,472	5285,53	1,009					
1	4180,267	5049,73	0,828	2203,635	9,641	0,4306	2,70E-05	0,00543
2	3606,703	5403,30	0,668	2108,651	9,308	0,3928	2,34E-05	0,00602
3	3265,047	5604,36	0,583	2108,651	9,308	0,3728	2,12E-05	0,00496
4	2936,896	5783,10	0,508	2067,543	9,163	0,3552	2,86E-05	0,00445
5	2453,610	5036,39	0,406	2013,666	8,971	0,3313	2,70E-05	0,00599
6	1956,891	5173,11	0,317	1983,814	8,861	0,3103	2,49E-05	0,00771
7	1674,525	5395,48	0,262	1943,107	8,718	0,2973	2,36E-05	0,00564
8	1179,528	5960,47	0,198	1872,547	8,461	0,2822	2,22E-05	0,00515

Figura 1. Cinética de Deshidratación Osmótica de Banano (*Musa cavendish*).
Tratamiento aoboco (Promedio).

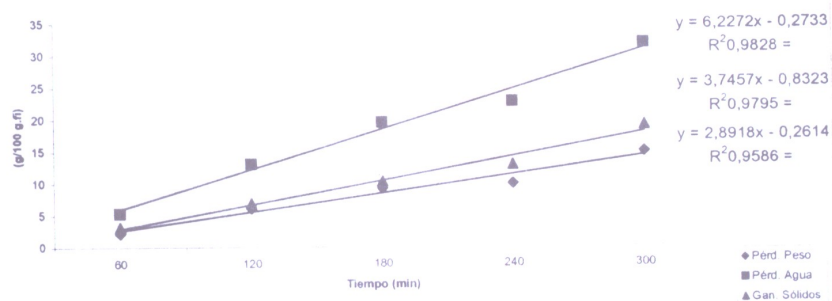


Figura 2. Variación de °Brix y pH en fruta banano (*Musa cavendish*).
Tratamiento aoboco (Promedio).

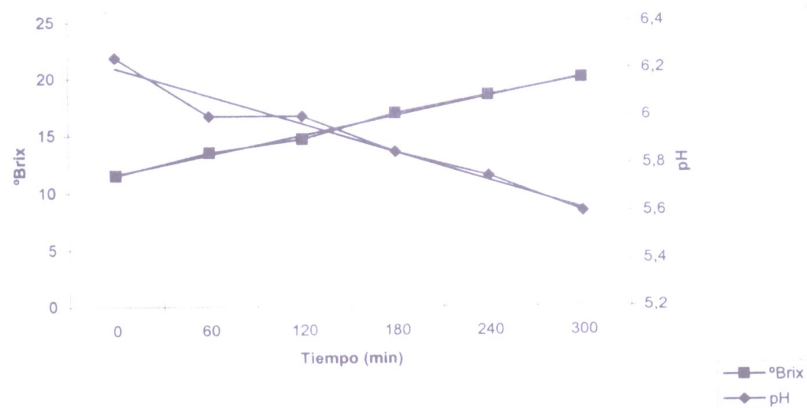


Figura C.25. Variación de °Brix y pH en el jarabe. Tratamiento aoboco.
(Promedio)

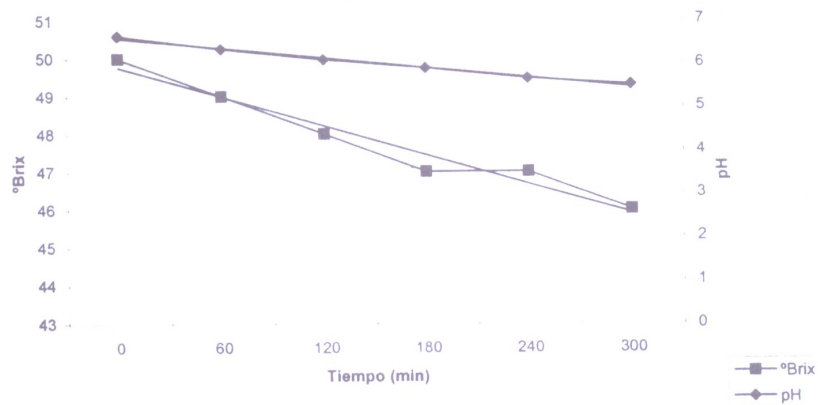


Gráfico 4. Variación del contenido de humedad en base seca en función del tiempo en la etapa de secado de banano (*Musa cavendish*)
Mejor Tratamiento a0b0c0

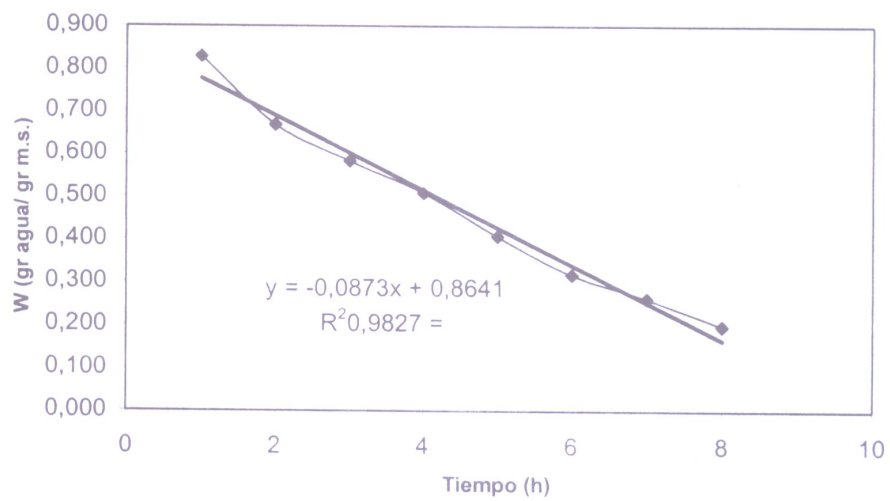


Gráfico 5: REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL $\ln(1-(Y/Y_e))$ VS. TIEMPO DE FRITURA PARA LA DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE MASA EN LA VARIEDAD CATALINA

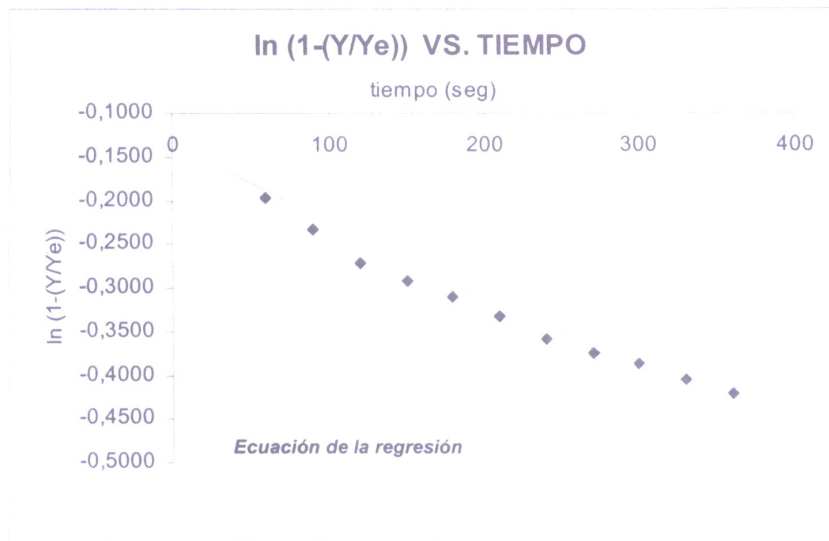
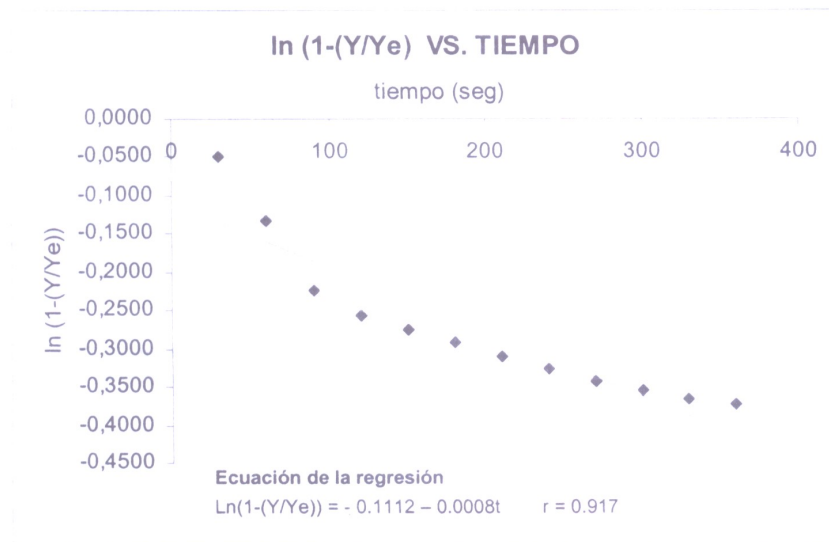


Gráfico 6: REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL $\ln(1-(Y/Y_e))$ VS. TIEMPO DE FRITURA PARA LA DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE MASA EN LA VARIEDAD SEMICHOLA



Para encontrar el coeficiente total de transferencia de masa graficamos $\ln(1-(Y/Y_e))$ vs el tiempo (Gráficos 5 y C6), de la pendiente resultante determinamos el coeficiente total de transferencia de masa, que para la variedad Catalina es de 0.0009/seg y para la variedad semichola 0.0008/seg.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la variedad Catalina alcanza mayor transferencia de masa y por tanto mayor cantidad de aceite absorbido durante la fritura.

El análisis sensorial fue realizado papas fritas elaboradas con el mejor tratamiento (a1b1c0d1), comparado con una muestra sin tratamiento (papas fritas ordinariamente) y una muestra blanco, es decir, papas fritas adquiridas en un local de comidas rápidas en Ambato, los parámetros de color y sabor fueron igualmente aceptadas para las tres muestras, mientras que para los parámetros de aceptabilidad y perfil de textura, la muestra realizada con el mejor tratamiento fue mayormente aceptada a diferencia de la muestra sin tratamiento y la muestra blanco que fueron menos aceptadas.

CONCLUSIONES

- En el presente estudio se cumplieron los objetivos planteados, es así que se identificó las variables con las cuales se logra reducir la cantidad de aceite absorbido durante la fritura de papas, obteniendo un producto más saludable y de mejores características organolépticas.
- De entre las variedades estudiadas, determinamos que la variedad de papa Semichola es la más adecuada para fritura ya que absorbe menor cantidad de aceite y presenta mejores características en el producto final.
- Comprobamos que al aplicar una operación de precocción en las papas, disminuye la absorción de aceite durante la fritura, y que este efecto es mejor si se aplica 9 minutos de precocción ya que produce menor absorción de aceite durante la fritura y un color más uniforme en el producto final así como una mejor textura.
- Determinamos que la utilización de cloruro de calcio al 0,25% produce un efecto positivo en las características mecánicas y organolépticas del producto final.
- La aplicación de dos fases de fritura permite que en la primera fase a mayor temperatura se forme una corteza que impide el ingreso de aceite a la papa durante y la segunda fase, a menor que la primera completa la cocción del producto.
- El mejor tratamiento total se obtiene con la variedad Semichola, con 9 minutos de precocción, utilizando cloruro de calcio como mejorador de textura y la aplicación de dos fases de fritura (a1b1c0d1) lo que da como resultado una disminución en la absorción de aceite y mejores características de textura.
- De los resultados del análisis sensorial, determinamos que las papas fritas elaboradas con el mejor tratamiento tienen mejor aceptación frente a otras muestras elaboradas sin ningún tratamiento especial, este aspecto es positivo, ya que además de contribuir con una tecnología más adecuada de procesamiento de papas fritas para dar un producto más saludable, también tiene acogida por los catadores.
- Como un soporte al presente estudio, se determinó el coeficiente total de transferencia de masa mediante la aplicación un modelo cinético de primer orden durante el proceso de fritura para el mejor tratamiento de cada variedad de papa. Se ha establecido que en la variedad Semichola existe menor transferencia y masa y por tanto menor cantidad de aceite absorbido durante la fritura.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUILERA, J. M. 1997. "Fritura de Alimentos. En temas de Tecnología de Alimentos"; Vol 1. CYTED; México: pp 187 – 210.
- ALVARADO, J. 1996; "Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos", Radiocomunicaciones, Quito – Ecuador; pp.102 – 107.
- CHANES, J. W. – CANOVAS, G.V. – AGUILERA, J.M. 2001; "Proceedings of The Eight International Congress on Engineering and Food" Vol II; Ed. Technomic, pp. 1391-1399.
- CHAPLIN M.F. KENNEDY J.F. 1986 "Carbohydrate Analysis a Practical Approach" Ed. Irlpress, Oxford - Washington D. C. pp. 3
- DIAZ, Alberto y col. 1999. "Kinetics of moisture loss and fat absorption during frying for different varieties of plantain". Journal of Food Science. 43 pp.291 – 297.
- FENEMA, O. R. 1985 "introducción a la ciencia de alimentos" ; Ed. Reverté S. A. Barcelona – España; pp. 565, 590.
- KROKIDA, M. K; OREOPOULOU, V.; MAROULIDS, Z. (2000). "Effect of frying conditions on shrinkage and porosity of fried potatoes" ; Journal of Food Engineering 43 (2000)147-154.
- LEES, R. 1969; "Análisis de los Alimentos, Métodos Analíticos y Control de Calidad". Ed. Acribia; Zaragoza – España; pp. 129
- LOPEZ, C. – RESTREPO, P. – MAHECHA, G.; 1998 "Evaluación Sensorial de Alimentos"; Universidad Nacional de Colombia; Facultad de Ciencias; Departamento de Química; Santa fe de Bogotá – Colombia.
- STONE, M. (1985). "Food Additives Who needs them?". Food Technology, January 1985, pp. 55-57
- VILLACREZ, E. E SPIN S; 1996. "Evaluación de Rendimiento, Características y Propiedades del almidón de Algunas Raíces y Tubérculos Andinos". Conferencia Internacional de Almidón: Propiedades físico-químicas, funcionales y nutricionales, Usos. EPN. Instituto de Investigación Tecnológica. Quito-Ecuador. pp 62.
- www.ararias.uach.cl/webpapa.htm(2000)
- www.esa.uk/consumer/spanish/history/frmain.htm(2000)

PRESERVACIÓN DE BANANO *Musa cavendish* MEDIANTE DESHIDRATACION OSMOTICA Y SECADO

Mónica Miranda*
Inés Otañez*
Guillermo Poveda**

RESUMEN

El banano es uno de los productos más cultivado y comercializado en el litoral del país, pero por tratarse de una fruta muy perecible no ha podido ser aprovechado industrialmente.

En la investigación se aplica un Diseño Factorial donde el a es el estado de madurez (pintón y maduro), b es la concentración de sacarosa (50, 60 y 70%) y c que es la temperatura (temperatura ambiente y $24\pm 4^{\circ}\text{C}$) con lo que se obtiene un total de 24 tratamientos para la fase de deshidratación osmótica.

Las respuestas experimentales analizadas en deshidratación son Pérdida de peso y ganancia de sólidos, mientras que en el secado se calcula: coeficiente de transferencia de calor, velocidad de secado y coeficiente de transferencia de masa.

El estudio estadístico de las respuestas experimentales determina que el mejor tratamiento en la deshidratación es el tratamiento $a_0b_0c_0$ (estado pintón, 50% de sacarosa y temperatura ambiente).

La evaluación sensorial se basó en cataciones para evaluar atributos como aroma, sabor, color, textura y aceptabilidad, lo que se logró establecer que los catadores evalúen todos los tratamientos como aceptables.

Los indicadores económicos determinan que el proyecto es factible y rentable para inversionistas de la zona.

INTRODUCCION

En la mayoría de los países en vías de desarrollo, la producción de alimentos sufre pérdidas muy altas debido a que los métodos de preservación no son lo suficientemente aprovechados. En el Ecuador en particular, el clima tiene una influencia negativa en la conservación de alimentos, pues existen zonas donde tanto la temperatura como la humedad relativa son altas, lo que no contribuye a una buena preservación de los mismos.

De entre varios métodos de conservación de alimentos, la deshidratación osmótica es comúnmente empleada en frutas pues el empleo de temperatura ambiente y la incorporación de solutos, busca reducir el impacto del tratamiento térmico manteniendo así las características organolépticas de producto. (Resnic, S. y Chirife, J., 1980).

Esta incorporación de solutos desde la solución osmótica, mejora el sabor y la textura de la fruta deshidratada; sin embargo la concentración osmótica es solamente la mitad del proceso de conservación, misma que se complementa con un tratamiento de secado. La combinación de estas dos operaciones es flexible, si bien, el 50% de la reducción en el peso por ósmosis ha sido considerada más o menos como un estándar, hay muchas condiciones bajo las cuales no es

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

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

deseable llevar la deshidratación osmótica tan lejos, sino de acuerdo al mejor balance entre la concentración del jarabe y la velocidad del secado, (Ponting, J., 1973).

El grado de eliminación de agua depende de muchos factores, tales como la concentración de azúcar y la temperatura de la solución osmótica; tiempo de contacto; nivel de agitación de la solución; tamaño y forma de la fruta; la relación de solución/fruta y el nivel de vacío; aplicados. (Rastogi, N. K y colab, 1977, citado por C.I.T.A., 1995).

El banano ecuatoriano tiene gran aceptación internacional, por lo que constituye una de las principales fuentes de divisas para el país, esto ha llevado a que un gran sector del agro se dediquen exclusivamente a la producción de esta fruta. Existen innumerables variedades de banano, las principales son " *Musa Cavendish*" y " *Gross Michel*", de éstas, la primera se exporta en mayor escala por ser menos susceptible a enfermedades.

El banano posee un rápido proceso de maduración lo que limita su distribución y comercialización; la deshidratación osmótica se presenta como una alternativa para lograr que el banano conserve sus atributos y prolongue su tiempo de vida útil.

MATERIALES Y METODOS

MATERIALES

Materia Prima

Banano

Se utilizó banano de variedad *cavendish* en dos estados de madurez (pintón y maduro), provenientes del litoral ecuatoriano y adquirida en un depósito de la ciudad de Ambato.

Sacarosa

Se utilizó sacarosa comercial obtenida en el mercado de la localidad.

Agua

Se consumió el agua potable de la ciudad de Ambato hervida durante 3 minutos.

Reactivos

Metabisulfito de sodio

Se utilizó el metabisulfito adquirido en el local de Sumilab.

Dióxido de azufre

Adquirido en el local de Sumilab.

Equipos Utilizados

- Brixómetro 0 – 32 y 30 – 80 °Brix. Marca Atago
- PHmetro digital. Marca Hanna
- Balanza analítica. Marca Mettler PM480
- Estufa. Marca Mettler
- Cocineta
- Termómetro de -10 a 150 °C
- Secador de túnel.

Materiales de Laboratorio

- Vasos de precipitación de 500 ml. Marca Pyrex
- Balones de aforo de 250 ml. Marca Pyrex
- Probetas de 100 y 500 ml. Marca Pyrex
- Pipetas de 1 y 10 ml. Marca Pyrex

- Varillas de agitación
- Espátulas
- Cuchillos de acero inoxidable
- Picetas
- Lienzo.

DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental aplicado ha sido un factorial A*B*C (2*3*2) corrido con una réplica. Los factores y niveles se detallan a continuación:

FACTORES	NIVELES
A: Estado de madurez	a ₀ : Estado pintón. a ₁ : Estado maduro.
B: Concentración del jarabe	b ₀ : 50 % sacarosa. b ₁ : 60 % sacarosa. b ₂ : 70 % sacarosa.
C: Temperatura	c ₀ : 18 ± 4 °C ambiente (Ambato). c ₁ : 24 ± 4 °C (ambiente Puyo).

Respuestas Experimentales.

- Pérdida de peso en la fruta.
- Pérdida de agua en la fruta.
- Ganancia de sólidos en la fruta.

En pruebas de Secado.

- Coeficiente de transferencia de calor.
- Velocidad de secado.
- Coeficiente de transferencia de masa.

PROCESAMIENTO

La técnica experimental utilizada para la preservación del banano consta de dos fases:

Deshidratación osmótica y secado con aire caliente a una temperatura de 60 °C.

Deshidratación osmótica

Selección de fruta

En sus dos estado pintón y maduro.

Lavado

Se efectuó con un chorro de agua a presión para eliminar la presencia de partículas extrañas adheridas en las paredes de la fruta.

Pelado

La fruta se pela manualmente con un cuchillo de acero inoxidable.

Cortado

Se cortan en rodajas uniformes de 1 – 2 cm de grosor.

Sumergido

En una solución de azúcar con concentración del 60%, se disuelve dióxido de azufre al 1% y metabisulfito al 3 % y dejar reposar durante 1 hora.

Drenado

Se drenó las rodajas mediante un colador.

Preparación de solución

Se prepararon soluciones de azúcar comercial en agua fría, con concentraciones de 50, 60 y 70 % de sólidos solubles; no se calentó para evitar la caramelización y pardeamiento del jarabe.

Sumergido

Se introdujo las rodajas de banano en la solución.

Reposo

Se dejó en reposo durante 5 horas, agitando delicadamente cada hora.

Análisis

Durante la deshidratación se realizó mediciones de peso, °Brix, pH y Humedad en la fruta y °Brix, pH en el jarabe.

Drenado

Se drenó las rodajas mediante un colador

Inmersión

Se realizó una breve inmersión de 1 minuto en agua fría para eliminar los residuos y evitar la subsecuentes adherencias.

Secado con aire caliente a temperatura de 60 °C.

Secado

Se utilizó un túnel de secado, a temperatura de 60°C, hasta obtener un producto con aproximadamente el 16% de humedad, éste proceso se lo realizó en el mejor tratamiento.

Pruebas sensoriales

Se realizaron pruebas de comparación con los tres mejores tratamientos obtenidos en la etapa de deshidratación osmótica.

RESULTADOS Y DISCUSION

Deshidratacion osmotica

En el proceso de deshidratación osmótica los parámetros de control son los valores de peso y humedad a partir de los cuales se calcula pérdida de peso, pérdida de agua y ganancia de sólidos en la fruta, variables con las cuales se determina la cinética del proceso; además se realiza el registro de pH y grados Brix tanto en la fruta como en el jarabe.

DATOS OBTENIDOS

Peso

Las muestras iniciales de fruta son de 100g para todos los casos y los valores de peso son registrados periódicamente cada 60 minutos, pudo observarse que esta variable va descendiendo durante el proceso, llegando al cabo de 5 horas, a disminuir hasta un rango comprendido entre 83,35 g en el tratamiento $a_0b_2c_0$ (estado pintón, 50% de sacarosa, 18°C) y 91,92 g en el tratamiento $a_1b_2c_1$ (estado maduro, 50% de sacarosa, 24°C), fluctuación que se da debido a la influencia de los factores de estudio: estado de madurez del banano y la temperatura de deshidratación.

Humedad

Los valores de la humedad son determinados cada 60 minutos y en todos los tratamientos se presenta con tendencia descendente, fenómeno que es propio de la deshidratación osmótica, pues en el intercambio entre la fruta y el jarabe, del banano se transmite agua hacia la solución mientras recibe a azúcares. La humedad inicial de la fruta varía entre 80,68% en el tratamiento $a_0b_1c_1$ (banano pintón, 60% y 24°C) y 71,81% para el tratamiento $a_1b_2c_1$ (banano maduro, 70% y

24°C), nótese que en los dos casos los factores influyentes son estado de madurez y concentración del jarabe, sin embargo los valores son coherentes con la humedad reportada en bibliografía para el banano que varía entre 68,7% y 72,9% (Ministerio de Salud Pública, 1965). Al final del proceso la humedad decrece hasta un intervalo comprendido entre 50,76% que se repite para los tratamientos $a_0b_0c_0$, $a_0b_1c_0$, $a_0b_2c_0$ y 65,11% en el caso de $a_1b_0c_0$, $a_1b_1c_0$ y $a_1b_2c_0$. De los datos, se desprende que la concentración del jarabe no influye en la humedad final de la fruta mientras que el estado de madurez y la temperatura inciden directamente en esta variable, es por eso que el factor b cambia de nivel, mientras a y c son constantes en los tratamientos descritos.

Grados Brix en el Banano

Los valores de grados Brix son tomados como parámetro de control durante la deshidratación osmótica del banano. En todos los casos la tendencia es ascendente, pues en la fase experimental el intercambio de azúcares se da desde la solución hacia la fruta.

La lectura inicial promedio de grados Brix fluctúa entre 11,3 y 11,9°B en el caso del banano pintón para los tratamientos $a_0b_1c_0$ (banano pintón, 60% y 18°C) y $a_0b_2c_0$ (banano pintón, 70% y 18°C), respectivamente. Con referencia al banano maduro los datos oscilan entre 12,1 y 23,4°B que se presentan para los tratamientos $a_1b_0c_0$ (banano maduro, 50% y 18°C) y $a_1b_2c_1$ (banano maduro, 70% y 24°C). El estado de madurez influye en la composición química de la fruta, de allí la diferencia tan marcada para las lecturas de grados Brix entre el banano pintón y el banano maduro.

Las lecturas finales de grados Brix en la deshidratación osmótica con respecto al banano pintón, fluctúan entre 20,0°B para el tratamiento $a_0b_0c_0$ (banano pintón, 50% y 18°C) y 26,6°B para el tratamiento $a_0b_2c_1$ (banano pintón, 70% y 24°C). Por otro lado, en el caso del banano maduro, se tienen lecturas que oscilan entre 28,7 y 35,1°B que se presentan en los tratamientos $a_1b_0c_0$ (banano maduro, 50% y 18°C) y $a_1b_2c_1$ (banano maduro, 70% y 24°C), respectivamente.

pH en el Banano

Contrariamente a lo sucedido con los grados Brix, en el caso del pH los datos son descendentes. El valor promedio más bajo de pH para banano pintón, es de 5,2 en el tratamiento $a_0b_2c_1$ (banano pintón, 70% y 24°C) mientras que el más alto es 5,7 que se presenta en el tratamiento $a_0b_1c_0$ (banano pintón, 60% y 18°C). En el caso del banano maduro el rango de fluctuación están entre 5,3 y 6,2 para los tratamientos $a_1b_1c_0$ (banano maduro, 60% y 18°C) y $a_1b_2c_1$ (banano maduro, 70% y 24°C), respectivamente.

Grados Brix en el Jarabe

Las lecturas son descendentes pues el jarabe forma parte del sistema de deshidratación osmótica, lo que significa que el intercambio de azúcares se da desde el jarabe hacia la fruta.

pH del Jarabe

El comportamiento de esta variable es similar a las lecturas realizadas en el caso de pH en la fruta, es decir se mantiene la tendencia descendente.

CINETICA DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE BANANO

La cinética de la deshidratación osmótica se determina mediante el cálculo de la pérdida de peso, pérdida de agua y ganancia de sólidos en el fruta.

Pérdida de Peso

La primera variable pérdida de peso fluctúa entre 0.9197 y 16.64, pero el rango de ascenso crece rápidamente en las siguientes determinaciones, llegando al final del proceso a valores comprendidos entre 8.08 g/100g.fi en el tratamiento $a_1b_2c_1$ (estado maduro, 70% de sacarosa, 24°C, promedio) y 16,64 g/100g.fi en el caso del tratamiento $a_0b_2c_0$ (estado pintón, 70% de sacarosa, 18°C, promedio), puede advertirse que los factores que determinan el límite inferior y superior del rango de datos son el factor a (estado de madurez) y c (temperatura), pues en el caso de la concentración de sacarosa (factor b) se mantiene el nivel b_2 (70%).