

ALIMENTOS

CIENCIA E INGENIERIA



Octubre - 2001

N° 10(2)

RECURSOS HUMANOS CALIFICADOS EN CIENCIA Y TECNOLOGIA

El nuevo esquema mundial globalizado presenta un desafío para el Siglo XXI: **la formación de recursos humanos en especial en el área de ciencia y tecnología.** En Latinoamérica el 50% de la población es menor de 20 años lo que permite formar un talento necesario para el desarrollo socioeconómico y el crecimiento sostenible de la región, o tener un ejército de problemas si no se invierte en la formación de estos recursos humanos.

Estamos en el Renacimiento de las tecnologías, de la informática, de las telecomunicaciones EL INTERNET es el hecho que marca este fin de milenio, por eso no solo debemos consumir productos y servicios sino generarlos; para que un país , una institución, un individuo sea competitivo se necesita vencer el temor al cambio, intercambiar investigaciones, experiencias, consiguiendo información rápidamente, procesándola, y difundiéndola. La nueva definición de países pobres y ricos es **información** tener y saber qué hacer con los recursos naturales.

La prioridad del mundo actual es la transmisión dinámica y permanente del conocimiento, las empresas se disputan a los técnicos, no hay talentos en las áreas que mas se necesitan, actualmente se necesitan alrededor de un medio millón de ingenieros por año y las universidades apenas cubren la sexta parte, las universidades deben ser el centro activo para la capacitación de recursos humanos no solo para la gente joven sino para la

gente que está en posición de liderazgo y que está tomando decisiones; la gente quiere aprender, tener conocimientos, ser competitiva, tomando en cuenta el hecho que detrás de todo producto está la educación, hay que a través de la educación generar riqueza.

Hay una clara política de invertir en ciencia, tecnología, investigación y en el talento humano, en Europa, Estados Unidos, Asia, Brasil y Cuba, esa es la nueva definición y la nueva distribución de la riqueza. En Corea el gobierno invierte muy poco en ciencia y tecnología sin embargo las empresas privadas han tomado conciencia que tienen que invertir en sus propias instituciones para mejorar eso es lo que ha hecho que surjan los tigres asiáticos.

La integración gracias a las telecomunicaciones pueden ayudarnos a salvar la barrera del retraso, entonces el pilar fundamental ES EDUCAR Y MEJORAR NUESTROS TALENTOS HUMANOS. Para ello la universidad en general debe en forma permanente actualizar currículos académicos, transformándoles en flexibles y dinámicos, crear bibliotecas virtuales, laboratorios con empresas en varias áreas, programas para capacitación de recursos humanos, diversificación de pregrados, posgrados , unidades de producción, centros de gestión de la calidad, transferencia de tecnología, de excelencia en todos los niveles; todo esto es el pilar fundamental para que lo expuesto se haga realidad.

Ing. ROMMEL RIVERA C

DECANO FCIAL

ELABORACIÓN DE ZUMO DE MANZANA UTILIZANDO EN EL PROCESO, DOS TIPOS DE ENZIMAS PARA EL TRATAMIENTO DE LA PULPA Y SU CLARIFICACIÓN

Jhony Bayas B.*
Norma Ruiz G.*
Gladys Navas.**

RESUMEN

Este trabajo se realizó con el propósito de aprovechar de mejor manera la producción de manzana que es abundante en la Provincia de Tungurahua. Se utilizó como materia prima dos variedades de manzana: "Emilia" y "Delicia", correspondientes a manzanas de "tercera clase".

Se aplicó dos diseños experimentales, el uno para el tratamiento de la pulpa utilizando la enzima "PECTINEX ULTRA SP-L", para obtener como respuesta experimental, mayor rendimiento de zumo sin clarificar.

Luego se aplicó el segundo diseño al mejor tratamiento del primer diseño. En el segundo diseño interviene la enzima "PECTINEX 3X-L" para clarificar el zumo de manzana.

Se hizo pruebas de despectinización y eliminación del almidón en el zumo de manzana para determinar el fin de la reacción de las dos enzimas. Se realizó análisis físico-químico de las manzanas antes de su procesamiento, se utilizó un penetrómetro para controlar el estado de madurez de la manzana.

Se hizo contaje microbiano, se aplicó métodos de pruebas físicas y químicas; y análisis proximal del zumo de manzana. El análisis sensorial indica que los catadores prefirieron el zumo de manzana de la variedad Emilia obtenido con 0,13 ml enzima Pectinex SP-L/kg fruta; y para su clarificación: incubación de 1 hora con 0,03 ml de enzima 3X-L/L zumo.

INTRODUCCIÓN

Las frutas constituyen una de las principales fuentes de vitaminas y minerales y además son un complemento nutricional de alto consumo en la población.

La manzana por su alto valor alimenticio, terapéutico, por la calidad y diversidad de productos que se obtienen en la agroindustria, es la más popular y difundida en todo el mundo.

La manzana convertida en zumo, según se cita en la revista BIOTIMES, produce entre un 15 y 20% de residuos que es catalogado como desperdicio. Las empresas productoras de enzimas han orientado sus esfuerzos investigativos con el fin de disminuir este porcentaje de pérdida en la extracción de zumo de manzana con el uso de enzimas específicas que degradan las paredes celulares, con el fin de aumentar la eficacia del proceso.

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

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

La tecnología enzimática es capaz de solucionar varios problemas medioambientales, ya que las mismas no dañan el ambiente, son totalmente reciclables y no afectan la naturaleza. Estas enzimas al ser utilizadas en la elaboración de cualquier producto, pueden devolver algo a la naturaleza en vez de agotar los recursos naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

DISEÑO EXPERIMENTAL.-

Las respuestas experimentales son tratadas estadísticamente, según recomendaciones de Saltos (1993), para lo cual se emplea el Programa Estadístico MSTATC. El diseño experimental bajo el cual se estableció la investigación se divide en dos partes:

DISEÑO UNO: Temperatura 20°C por 60 minutos

Nº	Tratamiento	Descripción
1	a ₀ b ₀ c ₀	Manzana Emilia verde sin enzima
2	a ₀ b ₀ c ₁	Manzana Emilia verde con 0,10 ml enzima Pectinex SP-L/kg fruta
3	a ₀ b ₀ c ₂	Manzana Emilia verde con 0,13 ml enzima Pectinex SP-L/kg fruta
4	a ₀ b ₁ c ₀	Manzana Emilia madura sin enzima
5	a ₀ b ₁ c ₁	Manzana Emilia madura con 0,10 ml enzima Pectinex SP-L/kg fruta
6	a ₀ b ₁ c ₂	Manzana Emilia madura con 0,13 ml enzima Pectinex SP-L/kg fruta
7	a ₁ b ₀ c ₀	Manzana Delicia verde sin enzima
8	a ₁ b ₀ c ₁	Manzana Delicia verde con 0,10 ml enzima Pectinex SP-L/kg fruta
9	a ₁ b ₀ c ₂	Manzana Delicia verde con 0,13 ml enzima Pectinex SP-L/kg fruta
10	a ₁ b ₁ c ₀	Manzana Delicia madura sin enzima
11	a ₁ b ₁ c ₁	Manzana Delicia madura con 0,10 ml enzima Pectinex SP-L/kg fruta
12	a ₁ b ₁ c ₂	Manzana Delicia madura con 0,13 ml enzima Pectinex SP-L/kg fruta

Hay 12 tratamientos con una réplica. La respuesta experimental de la primera parte del diseño experimental es el rendimiento en la extracción del zumo de manzana, a partir de este análisis se establece el mejor tratamiento en el cual se aplica la segunda parte del diseño experimental.

DISEÑO DOS: Temperatura 55°C

Nº	Tratamiento	Descripción
1	a ₀ b ₀	1 hora con 0,02 ml enzima Pectinex 3X-L/L zumo
2	a ₀ b ₁	1 hora con 0,03 ml enzima Pectinex 3X-L/L zumo
3	a ₀ b ₂	1 hora con 0,04 ml enzima Pectinex 3X-L/L zumo
4	a ₁ b ₀	2 hora con 0,02 ml enzima Pectinex 3X-L/L zumo
5	a ₁ b ₁	2 hora con 0,03 ml enzima Pectinex 3X-L/L zumo
6	a ₁ b ₂	2 hora con 0,04 ml enzima Pectinex 3X-L/L zumo

En los 6 tratamientos se realizan réplicas. En este segundo diseño en el que interviene la enzima clarificadora se mide la claridad mediante transmitancia y además se toman medidas de pH, acidez, densidad, °Brix en el mejor tratamiento.

Materia Prima

La materia prima que se utilizó en la presente investigación es la manzana (*Pyrus malus*) de las variedades Emilia (*Blehein*, *Reineto amarilla de blenhein*) y Delicia dorada (*Golden delicious*), adquiridos en los mercados de la ciudad de Ambato.

Materiales y Reactivos

Los materiales y reactivos utilizados en la presente investigación, pertenecen a los laboratorios de la Facultad, mencionándose los siguientes:

Materiales

- Buretas
- Probetas
- Pipetas
- Erlenmeyers
- Vasos
- Balones de aforamiento
- Balanza Mettler
- Mufla
- pH-metro digital Fisher 107
- Baño maría
- Termómetro
- Espectrofotómetro Varian
- Refractómetro Abbe
- Centrífuga
- Extractor de jugos Osterizer
- Horno Mufla: Marca Thermoline, modelo F-BT4
- Estufa Brabender
- Estufa para secado VWR-1520
- Balanza eléctrica de precisión Mettler HK 60
- Filtro prensa
- Compresor
- Otros materiales: goteros plásticos, crisoles de porcelana, cajas Petri, jarros de plástico, envases de vidrio, jeringuillas plásticas desechables.

Reactivos

- Tierra de diatomeas
- Alcohol 96%
- Acido clorhídrico 1%
- Solución de Yodo
- Solución acuosa 1% de Yodo
- Yoduro de Potasio 10%
- Enzima Pecnitex ultra SP-L
- Enzima Pectinex 3XL

METODOLOGÍA PARA LA EXTRACCIÓN Y CLARIFICACIÓN DEL ZUMO DE MANZANA

Se procede a **recibir** la materia prima (manzanas; variedades Emilia *Blehein*, *Reineto amarilla de blenhein* y Delicia dorada *Golden delicious*) y a **clasificarla** por simple inspección de la fruta; se elimina el tallo y hojas, mediante el empleo de un cuchillo. Se desecha las manzanas dañadas.

El **lavado**, se realiza con abundante agua limpia para retirar restos de tierra y resto de fumigantes.

Para el cálculo del rendimiento global de zumo, se procede a **pesar** las manzanas en una Balanza Mettler.

Para facilitar las operaciones subsiguientes se **trocea** la manzana en pedazos pequeños utilizando cuchillos y se realiza el descorazonado con separación de las semillas y luego se realiza el pesado.

La **extracción** del zumo de manzana se realiza utilizando una licuadora o un extractor de jugos. Se procede a pasteurizar la pulpa ($82,2 \pm 2^\circ\text{C}$ por 1 minuto) con el fin de controlar procesos enzimáticos propios de la fruta.

Tratamiento de la pulpa, se lo hace mediante la adición de la enzima Pectinex ultra SP-L (hay que anotar que el jugo o zumo obtenido más las cáscaras más la pulpa molida o licuada se forma una sola mezcla y a ésta se le adiciona la enzima Pectinex Ultra SP-L), esta operación se realiza a 20°C durante 60 minutos, sin agitar, en envases cerrados. El empleo de la enzima Ultra SP-L tiene como objetivo obtener mayor rendimiento del zumo. Durante el tiempo en que actúa la enzima sobre la pulpa se realizan mediciones de transmitancia y absorbancia para seguir la cinética de reacción de la enzima para el mejor tratamiento. Dichas mediciones se efectúan tomando muestras cada 15 minutos de la mezcla zumo, cáscara y pulpa, luego se filtra la muestra por expresión y el zumo obtenido se coloca en tubos de 10 ml para centrifugarlos y poder tomar la lectura de transmitancia y absorbancia en el espectrofotómetro.

La operación de prensado, se lo realiza manualmente con tela CREAM, obteniéndose por un lado el zumo o jugo de manzana y por otro el residuo de la manzana. Luego se somete al zumo a una segunda pasteurización con el fin de inhibir otros procesos enzimáticos.

Para el tratamiento de clarificación del zumo, se usa la enzima Pectinex 3XL, a una temperatura de 55°C y por el tiempo de 1 - 2 horas. En el tiempo de acción de la enzima sobre el zumo se realizan las mediciones de transmitancia y absorbancia, para el mejor tratamiento mediante un proceso similar al efectuado en el caso de la enzima Ultra SP-L.

La filtración se lleva a cabo con el empleo de un filtro prensa, tierra de diatomeas y la ayuda de un compresor.

Una vez filtrado el zumo se procede a realizar una pasteurización abierta a una temperatura de $82,2^\circ\text{C}$ por un minuto [según lo recomienda Amerine, 1982].

El llenado del zumo de manzana se lo realiza en envases de vidrio. Se debe realizar un control adecuado del zumo mediante análisis físicos (densidad, humedad) y químicos (alcohol etílico, sólidos solubles, pH, °Brix, acidez).

Se almacena el zumo producido a una temperatura ambiente ($20 - 22^\circ\text{C}$) en un lugar seco por 2 semanas y luego de este lapso de tiempo se procede a realizar el análisis microbiológico (mohos y levaduras) y sensorial en el mejor tratamiento con la participación de catadores no entrenados mediante la aplicación de escalas hedónicas apropiadas.

MÉTODOS DE ANÁLISIS

Análisis de la Materia Prima y Producto Terminado

Para la determinación de la composición proximal de la material prima (manzanas) los análisis utilizados son:

- *Resistencia a la penetración*, para determinar el grado de madurez.
- *Medición de los diámetros ecuatorial y polar con escalímetro*, para caracterizar físicamente a la fruta.
- *Humedad*, mediante el uso de la Balanza Mettler según manual de Mettler (1986).
- *pH*, siguiendo la metodología de la Norma INEN 389, que se basa en el uso del Potenciómetro, en una muestra debidamente homogeneizada y por duplicado.
- *Grados Brix*, con la recomendación de la Norma INEN 380, que comprende el uso de un

Refractómetro, al igual que en el caso anterior, la lectura de los Grados Brix se realiza por duplicado.

- *Acidez Titulable*, para lo cual se procede según la Norma INEN 381, es decir con el uso del potenciómetro debidamente calibrado; se titula lentamente con solución 0,1 N de hidróxido de sodio, agitando hasta cuando se tenga un pH de 8,3.
- *Humedad del Zumo*, mediante el uso de la Balanza Mettler según manual de Mettler (1986).
- *Análisis Sensorial*, mediante escalas hedónicas de calidad y aceptabilidad, con la cooperación de 8 catadores (4 hombres y 4 mujeres) [Ciepe, 1984 citado por Aníbal Saltos, 1993].

Parámetros de Control

Durante el proceso de extracción de zumo de manzana se toman datos del peso inicial de materia prima y final del producto terminado con el fin de establecer el rendimiento del método empleado.

Cinética de Reacción

Para determinar la cinética de reacción de las 2 enzimas empleadas (PECTINEX SP-L y PECTINEX 3X-L), se utilizó el método del Tiempo de Vidas Medias, que según Caneda [citado por Alvarado, 1996] es válido para el cálculo del orden de una reacción.

Para el objeto se mide en las muestras la transmitancia y densidad óptica en un espectrofotómetro Varian, a 420 nm, utilizando agua destilada como referencia, lecturas que corresponden al tiempo cero de la experimentación. Se repite el proceso durante el tiempo en que dure la acción de la enzima, lo que se establece cualitativamente en el zumo.

Con estos datos se calcula la velocidad y el orden de la reacción mediante la aplicación del Método de Vidas Medias.

Métodos Cualitativos para determinar el fin de la Reacción

Según la ficha Técnica NOVO NORDISK, 1997, para la enzima PECTINEX ULTRA SP-L.

Despectinización

Se mezcla una parte de zumo con dos partes de alcohol al 96% (más un 1% de HCl concentrado). No debe observarse floculación alguna al final de la reacción enzimática.

Para la enzima PECTINEX 3X.L.

Eliminación del almidón (ensayo del yodo)

Enfriar el zumo a temperatura ambiente. Añadir una gota de solución de yodo (solución acuosa con un 1% de yodo y un 10% de yoduro de potasio), se obtiene:

- Color azul: hay almidón
- Color marrón: el almidón está parcialmente degradado
- Color amarillo: no hay almidón.

Análisis Económico

Luego de haber determinado el mejor tratamiento según el estudio estadístico de los Diseños Experimentales aplicados, se realiza un análisis económico, dando la proyección del establecimiento de un nivel de producción de zumo de manzana bajo la propuesta de la instalación de una planta piloto, para lo cual se sigue lo recomendado por Behrens & Hawranek (1994).

5. RESULTADOS

Tabla 1. Análisis físico-químicos de la materia prima (manzana Emilia verde)

Nº Observación	Diámetro (cm)		Grados Brix	Resistencia a la Penetración (kg*f)	Acidez (% Ac. Málico)
	Ecuatorial	Polar			
1	5,4	5,5	9,8	13,5	0,69

J. Bayas, N. Ruiz, G. Navas

2	6,2	6,2	9,6	13,7	0,62
3	5,6	5,7	9,5	13,4	0,60
4	5,8	5,0	10,0	13,5	0,55
Prom.	5,6	5,6	9,7	13,5	0,62

Tabla 2. Volumen obtenido de zumo de manzana sin clarificar utilizando la enzima pectinex ultra SP-L

Tratamiento	Peso de Materia Prima utilizable		Volumen de zumo (ml)		Rendimiento (% ml/g)		Porcentaje de Desechos (%)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Manzana Emilia verde sin enzima	958,4	958,2	489	496	51,02	51,76	48,98	48,24
Manzana Emilia verde con 0,1 ml enzima/kg fruta	959,6	958,7	691	690	72,01	71,97	27,99	28,03
Manzana Emilia verde con 0,13 ml enzima/kg fruta	959,2	957,4	700	698	72,98	72,91	27,02	27,09
Manzana Emilia madura sin enzima	959,3	959,5	510	508	53,16	52,94	46,84	47,06
Manzana Emilia madura con 0,1 ml enzima/kg fruta	957,6	956,0	556	553	58,06	57,85	41,94	42,15
Manzana Emilia madura con 0,13 ml enzima/kg fruta	955,1	959,3	593	592	62,00	61,70	37,91	38,29
Manzana Delicia verde sin enzima	978,2	977,4	450	448	46,00	45,84	54,00	54,16
Manzana Delicia verde con 0,1 ml enzima/kg fruta	974,3	974,5	555	553	56,96	46,75	43,04	43,25
Manzana Delicia verde con 0,13 ml enzima/kg fruta	976,8	975,6	645	643	66,03	65,91	33,97	34,09
Manzana Delicia madura sin enzima	965,0	965,2	526	525	54,51	54,39	45,49	45,61
Manzana Delicia madura con 0,1 ml enzima/kg fruta	959,5	957,7	594	593	61,91	61,92	38,09	38,08
Manzana Delicia madura con 0,13 ml enzima/kg fruta	961,5	963,5	607	606	63,13	62,90	36,87	37,10

Factor a = manzana; Factor b = grado de madurez; Factor C = condición

Tabla 3. Logaritmo natural de transmitancia y absorbancia manzana Emilia verde (enzima pectinex SP-L) ensayos 1 y 2*

Tiempo (s)	Transmitancia		Absorbancia	
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 1	Ensayo 2
0	1,6194	1,6582	0,2604	0,2627
900	2,4114	3,1268	-0,0487	-0,0424
1800	3,9120	3,9512	-1,1990	-1,2535
2700	4,0835	4,0526	-1,4850	-1,4168
3600	4,1589	4,1140	-1,6400	-1,5512

* Promedio de dos réplicas. Ver Gráficos 1 y 2

Tabla 4. Logaritmo natural de transmitancia y absorbancia para el mejor tratamiento*

Tiempo (s)	ln Transmitancia	ln Absorbancia
	a_0b_1	a_0b_1
0	4,1043	-1,5233
900	4,1287	-1,5799
1800	4,1352	-1,5896
2700	4,1682	-1,6607
3600	4,1972	-1,7316
4500	4,2062	-1,7545

* Promedio de dos réplicas a = Tiempo de incubación; b = condición
Ver gráficos 3 y 4

Tabla 5. Valores de la velocidad de reacción para todos los tratamientos de la investigación ecuación $\ln C = -K_1t + \ln C_0$

Tratamiento	Constante de Velocidad (k_1)
Enzima SP-L	
Manzana Emilia verde con 0,13 ml/kg (1)	$5,82 \times 10^{-04}$
Manzana Emilia verde con 0,13 ml/kg (2)	$5,57 \times 10^{-04}$
Manzana Delicia verde con 0,13 ml/kg (1)	$5,60 \times 10^{-05}$
Manzana Delicia verde con 0,13 ml/kg (2)	$3,46 \times 10^{-04}$
Enzima 3X-L	
Manzana Emilia, 1 hora con 0,02 ml/L	$5,2 \times 10^{-05}$
Manzana Emilia, 1 hora con 0,03 ml/L	$5,3 \times 10^{-05}$
Manzana Emilia, 1 hora con 0,04 ml/L	$6,5 \times 10^{-05}$
Manzana Emilia, 2 hora con 0,02 ml/L	$4,5 \times 10^{-05}$
Manzana Emilia, 2 hora con 0,03 ml/L	$7,3 \times 10^{-05}$
Manzana Emilia, 2 hora con 0,04 ml/L	$4,2 \times 10^{-05}$

(1): Ensayo 1; (2): Ensayo 2

Tabla 6. Valores de para la ecuación $\ln T = \alpha + \beta t$ (Para determinar el orden de reacción según Método de Vidas Medias)

Tratamiento	α	β	r
Enzima SP-L			
Manzana Emilia verde con 0,13 ml/kg (1)	1,8868	$6,5 \times 10^{-04}$	0,9256
Manzana Emilia verde con 0,13 ml/kg (2)	2,2131	$7,5 \times 10^{-04}$	0,8855
Manzana Delicia verde con 0,13 ml/kg (1)	4,1079	$2,5 \times 10^{-05}$	0,9760
Manzana Delicia verde con 0,13 ml/kg (2)	3,2393	$2,8 \times 10^{-04}$	0,9899
Enzima 3X-L			
Manzana Emilia, 1 hora con 0,02 ml/L	4,1116	$2,3 \times 10^{-05}$	0,9752
Manzana Emilia, 1 hora con 0,03 ml/L	4,1032	$2,4 \times 10^{-05}$	0,9864
Manzana Emilia, 1 hora con 0,04 ml/L	3,9308	$3,8 \times 10^{-05}$	0,9787
Manzana Emilia, 2 hora con 0,02 ml/L	4,1072	$2,1 \times 10^{-05}$	0,9881
Manzana Emilia, 2 hora con 0,03 ml/L	4,0960	$3,5 \times 10^{-05}$	0,9723
Manzana Emilia, 2 hora con 0,04 ml/L	3,9283	$2,6 \times 10^{-05}$	0,9774

(1): Ensayo 1; (2): Ensayo 2

**Tabla 7. Valores de la ecuación $-\ln T = -1,92282 - (7,4 \times 10^{-04}) t$
(Para determinar el orden de reacción según Método de Vidas Medias)**

Tratamiento	t ₁	t ₂	t ₃	A ₁	A ₂	n
Enzima SP-L						
Manzana Emilia verde con 0,13 ml/kg (1)	0	1280,77	2204,97	0,4023	0,1181	0,5356
Manzana Emilia verde con 0,13 ml/kg (2)	0	1920,03	2986,41	0,4191	0,1012	0,7619
Manzana Delicia verde con 0,13 ml/kg (1)	0	27345,50	55071,38	1,4871	1,1861	1,006
Manzana Delicia verde con 0,13 ml/kg (2)	0	2694,26	5169,79	1,0792	0,7782	0,735
Enzima 3X-L						
Manzana Emilia, 1 hora con 0,02 ml/L	0	29884,23	60021,07	1,4871	1,1861	1,037
Manzana Emilia, 1 hora con 0,03 ml/L	0	28835,51	57716,64	1,4814	1,1804	1,007
Manzana Emilia, 1 hora con 0,04 ml/L	0	18067,13	36248,85	1,4099	1,1089	1,026
Manzana Emilia, 2 hora con 0,02 ml/L	0	32676,19	65683,20	1,4857	1,1847	1,045
Manzana Emilia, 2 hora con 0,03 ml/L	0	19756,42	39560,63	1,4786	1,1775	1,011
Manzana Emilia, 2 hora con 0,04 ml/L	0	26148,67	52808,18	1,4108	1,1097	1,081

(1): Ensayo 1; (2): Ensayo 2

Tabla 8. Resultados de las pruebas sensoriales, tratamiento a₀b₀c₂*

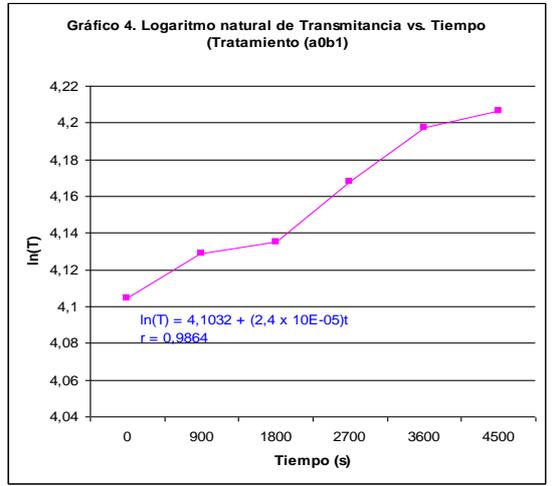
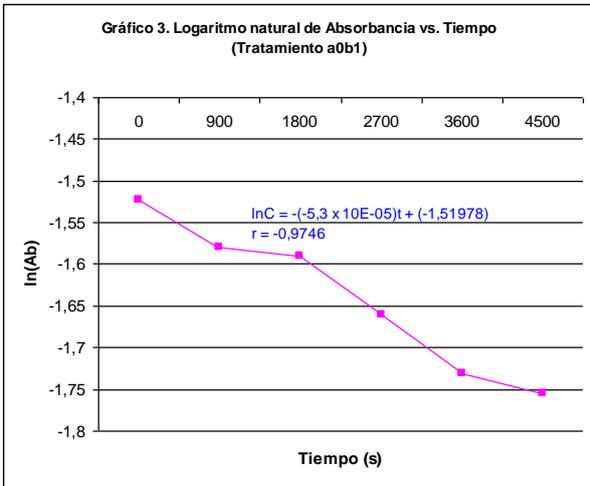
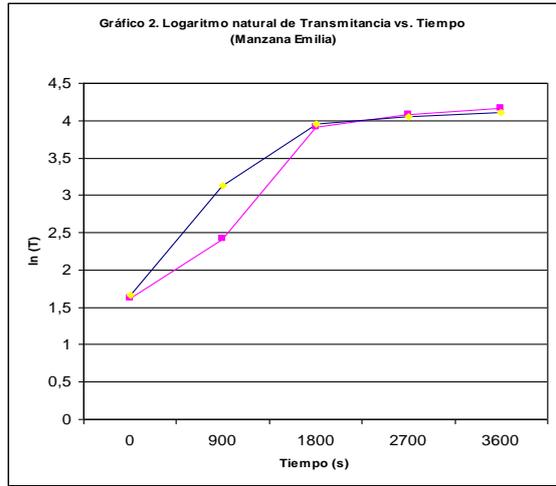
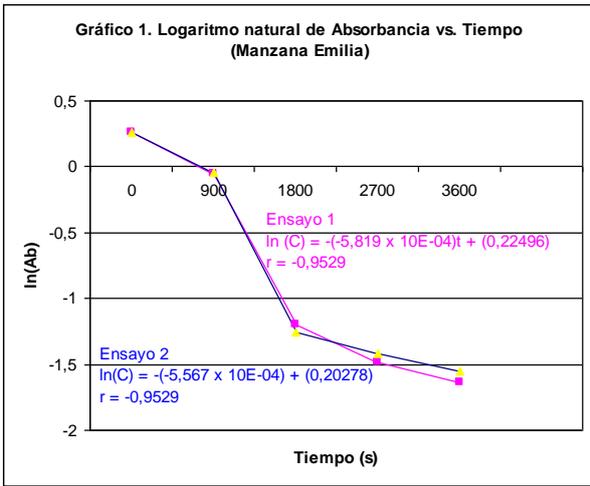
Catadores	Olor	Color	Claridad	Sabor	Aceptabilidad
1	5	1	4	3	5
2	4	1	5	4	5
3	5	1	4	4	5
4	4	1	4	4	4
5	3	2	3	3	3
6	3	1	4	3	5
7	3	3	3	3	5
8	4	2	4	3	5

* Promedio de dos réplicas

Tabla 9. Análisis microbiológico para el tratamiento a₀b₀c₂

Análisis	ufc/ml	
	R1	R2
Contaje de mohos y levaduras	8,5 x 10 ⁵ R. ex.	8,5 x 10 ⁵ R. ex.

R. ex.: recuento exacto



DISCUSIÓN

Materia Prima

En la Tabla 1, se reportan los resultados de la manzana Emilia Verde, utilizados en la extracción del zumo de manzana el cual indica en lo que se refiere el diámetro ecuatorial y polar que se está trabajando con manzanas pequeñas o más conocidas como de tercera clase o de rechazo.

Rendimiento

Con el fin de establecer si la enzima Pectinex Ultra SP-L, empleada en el proceso de extracción, provoca un mayor rendimiento en el zumo obtenido, se procede a establecer una relación entre el volumen del zumo obtenido sobre el peso de la materia prima, estos resultados se encuentran en la Tabla 2; la cual que indica que sí se da un mayor aprovechamiento de la materia prima, es decir que provoca una mayor extracción del zumo de manzana al utilizar la enzima Pectinex Ultra SP-L, lo que no ocurre en los tratamientos en los que no se utiliza la enzima.

Cálculo Cinética de Reacción

Para determinar la cinética de reacción se mide en el mejor tratamiento (a0b0c2) la transmitancia y absorbancia a diferentes tiempos durante la acción de la enzima, estos resultados se reportan en la Tabla 3.

Luego se realiza la regresión ingresando los datos de tiempo (segundos) en el eje de las "x" y ln transmitancia en el eje de las "y" (ver gráfico 1).

Luego para determinar el orden de reacción se ingresa los datos de ln el eje de las "x" y ln transmitancia en el eje de las "y" (ver gráfico 2).

Se realiza los cálculos anteriores para la enzima 3X-L en el mejor tratamiento (a0b1) utilizando los datos de la Tabla 4 (ver gráficos 3 y 4).

En la Tabla 5 se reporta los valores calculados de velocidad de reacción en los tratamientos de la investigación. Como se puede apreciar la variación de la constante de velocidad (k_1) es mínima entre uno y otro tratamiento, existiendo una diferencia notoria entre los resultados para la Enzima SP-L y la Enzima 3X-L lo que es absolutamente explicable pues cada enzima posee una diferente constante de velocidad. Los promedios para cada enzima son:

Enzima SP-L	$k_1: 3,85 \times 10^{-04}$
Enzima 3X-L	$k_1: 5,5 \times 10^{-05}$

Los resultados de la regresión de la ecuación (2) se detallan en la Tabla 5, de éstos se sirve el método para el cálculo de la ecuación (3) y poder determinar el valor de n que es el orden de reacción de las enzimas, estos valores se reportan en la Tabla 7; en todos los casos se determina que la reacción es de primer orden.

Mejor Tratamiento

De acuerdo al análisis estadístico del rendimiento de la enzima SP-L, descrito anteriormente en el diseño uno el mejor tratamiento es el a0b0c2 (manzana Emilia verde con 0,13 ml enzima Pectinex Ultra SP-L/kg fruta).

Para el diseño experimental dos; clarificación del zumo, se realiza una análisis de varianza con un valor α de 0,05 para las últimas lecturas de transmitancia de los diferentes tratamientos.

En base a lo indicado y según el análisis estadístico es mejor el proceso para clarificar el zumo de manzana Emilia verde extraído con 0,13 ml enzima Pectinex SP-L/kg fruta, es cuando se realiza una incubación durante una hora con 0,03 ml enzima 3X-L / kg fruta.

Análisis Sensorial

El análisis sensorial se aplica a los mejores tratamientos (zumo de manzana Emilia Verde y de manzana Delicia verde con 0,13 ml enzima SP-L/kg fruta), su evaluación se realiza mediante escalas hedónicas.

En la Tabla 8, se reportan los resultados promedios de las pruebas de olor, color, claridad, sabor y aceptabilidad.

Según lo indicado con referencia al análisis sensorial puede considerarse al producto como de alta aceptación entre los consumidores, considerando además, que se trata de un zumo extraído a partir de una fruta de alta predilección en el medio.

Análisis Microbiológicos

Los datos obtenidos se reportan en la Tabla 9, según lo observado, el zumo de manzana se califica como apto para el consumo humano pues los valores obtenidos para el conteo de mohos y levaduras ($8,5 \times 10^5$ promedio) son inferiores a los requeridos para este tipo de alimentos ($<10^6$).

CONCLUSIONES

- Mediante el proceso descrito y a partir de fruta considerada de desecho por su tamaño, se obtuvo zumo de manzana clarificado con el empleo de dos tipos de enzimas.
- Con la enzima Pectinex SP-L se cumple con un objetivo específico como es lograr mejorar el rendimiento de obtención de zumo de manzana sin clarificar y se observa la facilidad del prensado de la pulpa, obteniéndose valores de hasta 70% v/p para el mejor tratamiento ($a_0b_0c_2$, manzana Emilia verde con 0,13 ml enzima/kg de fruta), que es mayor al reportado bibliográficamente (65%) para el caso de la manzana.
- En la operación de clarificación se emplea la enzima Pectinex 3X-L que permite obtener un zumo relativamente traslúcido con una transmitancia de 64,67% para el mejor tratamiento a_0b_1 es decir 1 horas de incubación con 0,03 ml enzima/L de zumo, cumpliéndose de esta manera otro objetivo específico.
- Las enzimas empleadas son de tipo péctico es decir, su acción es específicamente sobre la pectina de la manzana y según los cálculos realizados, las dos siguen una reacción de primer orden para todos los tratamientos.
- Los catadores que evaluaron el producto final de la investigación lo calificaron en cuanto a la aceptabilidad, como "gusta moderadamente" o "gusta extremadamente" por lo que se concluye que el producto tiene las suficientes características organolépticas para que sea aceptado por los consumidores.
- Se realizó en base a lo considerado un estudio económico con el fin de visualizar la posibilidad de implantar una industria para elaborar zumo de manzana en Tungurahua por ser una provincia en donde existe una gran cantidad de productores de esta fruta, alcanzando de esta manera otro objetivo específico. El análisis económico tiene un punto de equilibrio de 42,39% y una rentabilidad financiera de 12,54% con un período de recuperación de 2 años. Estos valores hacen financieramente posible y rentable este proyecto. Sin embargo cabe considerar que el uso de enzimas encarece el producto final.
- Los análisis microbiológicos se realizaron en base al mejor tratamiento, después de aplicar el diseño experimental dos; resulta como mejor tratamiento el $a_0b_0c_2$, que corresponde a Manzana Emilia verde con 0,13 ml de enzima Pectinex SP-L/Kg de fruta.
- Los análisis microbiológicos del zumo de manzana clarificado para determinar mohos y levaduras se hicieron después de dos semanas después de envasar el producto asépticamente. Se obtuvo como resultados presencia mínima de mohos y levaduras, lo que es consecuencia de un proceso realizado bajo todas las normas de asepsia necesarias en un proceso alimentario.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AMERINE, M. "Análisis de vinos y mostos". Editorial Acribia. Zaragoza, España, 1982.

ALVARADO, J. "Principios de Ingeniería aplicados a Alimentos". Editorial Radiocomunicaciones. Quito, Ecuador. 1996.

BEHRENS, W. y HAWRANEK, P. "Manual para la Preparación de Estudios de Viabilidad Industrial". Editorial Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). Viena, Austria. 1994.

BIOTIMES, "Revista Trimestral de Novo Nordisk Bioindustrial". Dinamarca. Junio, 1996.

BIOTIMES. "Revista trimestral de Novo Nordisk Bioindustrial" Dinamarca. Septiembre, 1992.

NOVO NORDISK, Ficha Técnica, Dinamarca. 1997.

SALTOS, H. "Diseño Experimental" Ambato, Ecuador. 1993.

OBTENCIÓN DE MALTODEXTRINAS A PARTIR DE LA HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DEL ALMIDÓN DE BANANO VERDE (*Musa Cavendishii*)

Narciza J. Masabanda C.*

Marina A. Paredes S.*

César Vásconez**

RESUMEN

El presente estudio trata sobre la extracción del almidón de banano verde *Musa Cavendishii* para, a partir de ésta materia prima obtener maltodextrinas mediante hidrólisis con un enzima α -amilasa.

En el proceso de extracción de almidón, se involucran una serie de etapas para llegar a obtener el producto.

Según el balance de materiales efectuado al proceso de extracción, el rendimiento es del 16,59%.

El producto final obtenido de la hidrólisis del almidón, se obtuvo con un rendimiento de 104,73%.

Se aplicó un diseño factorial AxBxC con una réplica, los factores en estudio fueron: Factor A: concentración de enzima $a_0 = 0,08\%$; $a_1 = 0,15\%$; $a_2 = 0,22\%$. Factor B: tiempo de reacción $b_0 = 60$ minutos; $b_1 = 120$ minutos; $b_2 = 180$ minutos. Factor C: temperatura del proceso $c_0 = 50$ °C; $c_1 = 60$ °C.

Las respuestas experimentales de éstos tratamientos fueron: Equivalente de dextrosa (RD); Índice de solubilidad en agua; Sólidos solubles.

El análisis estadístico determinó que el mejor tratamiento está dado por el mayor valor en equivalente de dextrosa (ED) que corresponde a: concentración del enzima 0,22%, tiempo de reacción 180 minutos, temperatura de proceso 60°C. Con éstas condiciones se obtuvo un ED de 21,15%, ISA de 64,03% y sólidos solubles de 14,40.

La viscosidad del almidón gelatinizado es 3,70 Pa-sⁿ; de la maltodextrina fluida 0,04 Pa-sⁿ y la maltodextrina en polvo 0,01 Pa-sⁿ.

El contenido energético para el almidón nativo como para la maltodextrina es 52,76 cal/100 ml. y 52,10 cal/100 ml., en base seca respectivamente.

INTRODUCCIÓN

Importancia del Estudio

El Ecuador es un país productor de grandes cantidades de banano. Las políticas de comercialización, han limitado las exportaciones de frutas, produciendo excedentes, que constituyen pérdidas para el productor.

Aunque el banano verde contiene 17,73% de almidón, su uso en alimentos ha sido limitado, ya que no proporciona algunas características funcionales deseables en ciertos alimentos.

La hidrólisis enzimática, permite modificar los almidones. Entre los productos de la hidrólisis del almidón, se encuentran las maltodextrinas, adecuadas para ser utilizadas como fuente de carbohidratos en el desarrollo de nuevos productos, especialmente en alimentos dietéticos e infantiles.

Hasta la actualidad, no se han conocido estudios realizados concernientes a la hidrólisis del almidón de rechazo de banano por vía enzimática para obtener maltodextrinas. Por lo que se considera que el presente estudio será un gran aporte en el ámbito industrial.

* Egresado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

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

OBJETIVOS

Objetivo general

- Obtener maltodextrinas a partir del almidón hidrolizado de rechazo de banano verde (*Musa cavendishii*), utilizando una enzima α -amilasa comercial.

Objetivos específicos

- Estudiar el procedimiento de extracción y rendimiento del almidón de banano.
- Investigar la influencia de la concentración de enzima, sobre la hidrólisis
- Averiguar la influencia de la temperatura, sobre la hidrólisis.
- Investigar la influencia del tiempo, sobre la hidrólisis.
- Determinar las características físico-químicas y funcionales de los almidones hidrolizado-deshidratado y nativo.
- Determinar parámetros reológicos del almidón hidrolizado-deshidratado y nativo gelatinizado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Rechazo de banano verde. Para el presente estudio, la fruta fue adquirida en el mercado de la ciudad de Ambato.

Enzimas. Se utilizó una α -amilasa comercial fúngica, producido por el hongo *Aspergillus oryzae*, conocido con el nombre comercial "Fungamyl 2.500 BG", comercializadas por las industrias Novo.

Reactivos

- Ácido ascórbico
- Ácido cítrico
- Bisulfito de potasio
- Ácido clorhídrico
- Cloruro de calcio
- Azul de metileno
- Fehling A y B
- Glicerina
- Agua destilada

Equipos y materiales utilizados

- Balanza analítica Mettler PM 480
- Estufa NWR 1.520 Scientific Inc
- Baño termostático con termómetro Ulabo 220V
- Viscosímetro digital Brookfield Touchonma 02072 USA
- Microscopio biocular Bausch & Lomb
- Centrífuga Hettich Universal II (rpm)
- Licuadora industrial
- Túnel de secado
- Material de vidrio

Metodología

Extracción. Se realizó la selección y el lavado del rechazo de banano verde. La selección, se efectúa basándose en el color de la concha (verde) y sus aristas. Se da un pretratamiento para el pelado en una inmersión de agua caliente (80°C por 5 minutos). Los bananos sin cáscara se colocan en una solución de ácido ascórbico (80 ppm) y ácido cítrico (0,1 ppm) para evitar el pardeamiento enzimático.

A continuación los bananos son cortados y licuados con agua, en relación 2:1 (agua / banano). A ésta mezcla se da un tratamiento químico con bisulfito de potasio (10%) en presencia de HCl. El tamizado de ésta materia se realiza utilizando tamices de nylon de 80 a 120 mesh, bajo una corriente de agua y el almidón recuperado del filtrado es decantado por un espacio de 6 horas. Posteriormente se realiza un segundo tamizado y se decanta durante 6 horas. Luego la pasta es lavada varias veces con agua y una vez limpio es secado a 40°C en un secador de bandejas. El producto obtenido es triturado en un mortero y se almacena en recipientes herméticos, en un ambiente seco.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

El diagrama de proceso y balance de materiales, para la extracción de almidón y obtención de maltodextrinas, a partir de banano verde por vía enzimática, se encuentra en el Anexo 1.

Los resultados de los análisis, efectuados en el banano verde, almidón y maltodextrinas del mejor tratamiento, se encuentran en la Tabla 1.

Los valores de rendimiento en el proceso de extracción de almidón de banano e hidrólisis del mejor tratamiento, se reportan en la Tabla 2.

Los resultados obtenidos en cuanto a los parámetros reológicos, para el caso de almidón gelatinizado, maltodextrinas en polvo y fluida se encuentran en la Tabla 3.

El ajuste de regresión, para el equivalente de dextrosa contra concentración de enzima, según el tiempo y temperatura de reacción; se encuentran en los Gráficos 1 y 2 respectivamente.

Tabla N. 1. Características físico-químicas de banano, almidón nativo y maltodextrina de banano verde.

CARACTERÍSTICAS	BANANO VERDE (b.h.)	ALMIDÓN NATIVO (b.h.)	MALTODEXTRINA (b. h.)
Equivalente de dextrosa (%)	***	0.38	21.15
Índice de solubilidad (%)	***	5.00	64.03
Sólidos solubles	***	0.00	14.40
Humedad (%)	68.90	15.10	4.53
PH	***	5.40	5.80
Proteína (%)	1.30	1.43	1.54
Fibra (%)	0.80	2.38	3.44
Cenizas (%)	0.70	0.35	0.21
Carbohidratos (%)	28.10	80.08	89.97
Grasa (%)	0.20	0.66	0.31
Contenido energético (cal/100ml)			
b.s.(15% p/v)	***	52.76	52.1

Tabla N. 2. Rendimientos en los procesos de extracción de almidón de banano verde e hidrólisis, en el mejor tratamiento.

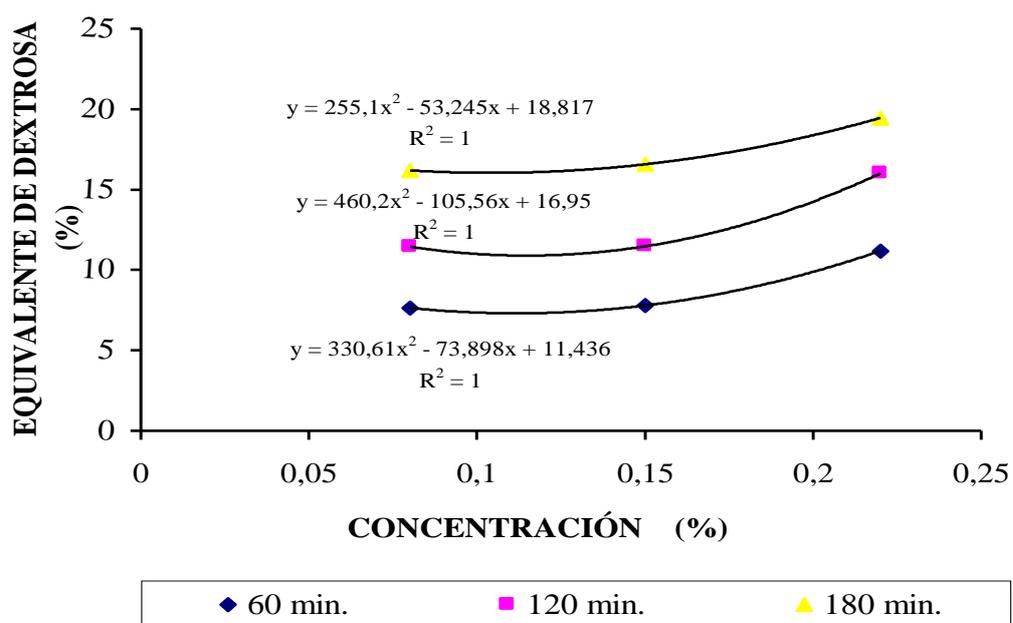
OPERACIÓN	RENDIMIENTO (%)
Extracción*	16.59
Extracción**	47.71
Hidrólisis	104.73

*Rendimiento de la extracción en relación peso almidón – peso pulpa banano

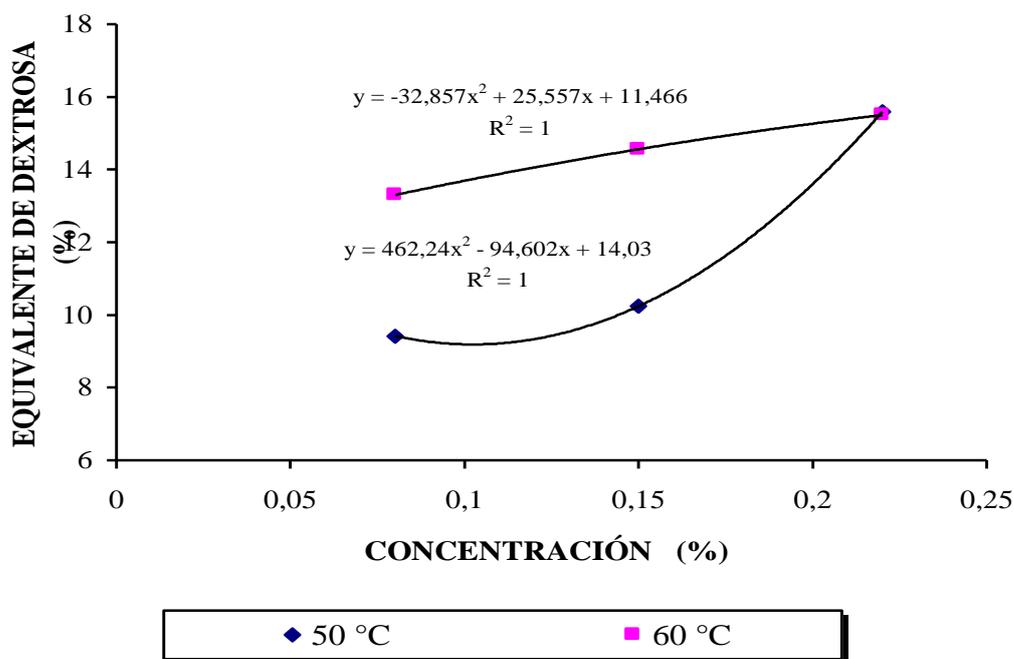
**Rendimiento de la extracción basándose en el contenido de carbohidratos

Tabla N.3. Parámetros reológicos determinados a las diferentes muestras

MUESTRA	k Pa-s ⁿ	n	c	r ²
Almidón nativo gelatinizado	3.70	0.44	***	0.9998
Maltodextrinas en polvo	0.01	0.75	0.03	0.9990
Maltodextrinas fluida	0.04	0.63	0.33	0.9993



GRAF.1. Ajuste de regresión de equivalente de dextrosa contra concentración, según tiempo de reacción.



GRAF.2. Ajuste de regresión de equivalente de dextrosa contra concentración, según temperatura de reacción.

Discusión

De acuerdo al balance de materiales, realizado en la extracción de almidón de banano verde, se parte con 3,056 Kg de pulpa, obteniéndose 0,507 Kg de almidón, por lo que el rendimiento fue 16,59%; valor aproximado al de bibliografía (CITA 1995), donde el rendimiento obtenido fue 17,73% para la misma variedad de banano.

En la Tabla N.1, el contenido de carbohidratos en la pulpa y almidón de banano, fue 28,10% y 80,08% respectivamente, obteniéndose a partir de éstos valores un rendimiento de 47,71% (Tabla N. 2).

El rendimiento de la hidrólisis enzimática, nos indica la introducción de una molécula de agua, por cada enlace α -1-4 que se rompe.

Al realizar el análisis de varianza y pruebas de Tukey, se determinó que el mejor tratamiento le corresponde a $A_2B_2C_1$ (0,22% de concentración de enzima; tiempo de hidrólisis 180 minutos; temperatura de hidrólisis 60°C).

El equivalente de dextrosa en la maltodextrina obtenida es dependiente de factores tales como: concentración, tiempo y temperatura; mayor influencia en el proceso tienen el factor tiempo.

En la tabla N.1, el equivalente de dextrosa difiere entre el almidón nativo e hidrolizado, por la acción del enzima sobre el gránulo de almidón en la hidrólisis separando a las moléculas de glucosa; la variación del índice de solubilidad en agua, se debe a la reactividad polar de los grupos reductores de las moléculas de glucosa, afines con la polaridad del agua; el contenido de sólidos solubles en el almidón nativo es por el gran peso molecular que posee, razón por la cual el poder reductor del almidón es relativamente bajo; la humedad de la maltodextrina es menor con relación al almidón nativo, evitando la presencia de higroscopicidad en el producto final; el pH varía por la adición de sales en la solución de almidón, antes del proceso de hidrólisis.

La viscosidad del mejor tratamiento es menor con respecto al almidón nativo, debido al fraccionamiento de la molécula de almidón, por tanto el producto es adecuado para complementar sistemas alimenticios, sin que imparta grandes aumentos de viscosidad (Tabla N.3).

Grificando el equivalente de dextrosa contra concentración en función del tiempo (Gráfico 1.), se establece que al trabajar a la concentración de 0,22%, el número de grupos reductores expresado como equivalente de dextrosa es mayor que a 0,15% y 0,08%, con valores promedios de 15,543%; 11,937% y 11,768%

respectivamente.

También podemos determinar que a 180 minutos de hidrólisis, el equivalente de dextrosa es más alto que a los 120 y 60 minutos, con valores promedio de 17,407%, 12,973% y 8,868 respectivamente.

En el Gráfico 2, se determina que al trabajar con la concentración de 0,22%, el equivalente de dextrosa obtenido es mejor que a 0,15% y 0,08%, tal cual se observó en el Gráfico 1.

El proceso se efectúa de mejor manera a 60°C que a 50°C, con valores de equivalente de dextrosa promedio de 14,418% y 11,747% respectivamente. El enzima al trabajar a diversas concentraciones y temperaturas, tiene comportamientos diferentes, reflejándose en la variabilidad de los valores de equivalente de dextrosa. Pero al trabajar a la concentración de 0,22%, las temperaturas de 50 y 60°C no influyen significativamente en la hidrólisis, con valores promedios de equivalente de dextrosa de 15,587% y 15,498% respectivamente.

CONCLUSIONES

- En el proceso de extracción del almidón de banano verde, el rendimiento fue 16,59% (Tabla N. 40; Anexo A), valor aproximado al de bibliografía (17,73% CITA. 1995). Algunas etapas como tamizado, decantado, no permiten un rendimiento mayor en nuestro proceso, pudiéndose mejorar si se trabajara con métodos más sofisticados.
- La concentración de la enzima α - amilasa, tiene influencia determinante en el proceso de hidrólisis enzimática de almidón de banano. A mayor concentración de enzima, existe mayor rompimiento de la cadena lineal α -1-4 de la molécula de almidón, reflejándose al final del proceso con el incremento del equivalente de dextrosa, sólidos solubles e índice de solubilidad en agua.
- La temperatura tiene influencia significativa, en la hidrólisis del almidón, entre 50 y 60°C. Se observa que a la mayor temperatura, los valores de equivalente de dextrosa y sólidos solubles incrementan, mientras que el índice de solubilidad en agua es mayor a 50°C.
- El tiempo, es el factor más influyente en la hidrólisis enzimática, en especial a 180 minutos, ya que el equivalente de dextrosa, índice de solubilidad en agua, sólidos solubles, fueron mayores.
- El rendimiento de la hidrólisis enzimática fue 104,73% (Tabla N. 40; Anexo A). La introducción de una molécula de agua en cada enlace α -1-4, resultado de la fragmentación de la cadena de amilosa, permite que el peso del producto final se incremente, con relación al peso inicial del almidón.
- El contenido de humedad de la maltodextrina es 4,53%, lo cual nos proporciona la seguridad de que el producto puede ser almacenado por largos períodos de tiempo, sin que exista el riesgo que haya crecimiento microbiano.
- Con respecto a los parámetros reológicos, tenemos que la viscosidad de la maltodextrina, es mucho menor con relación a la del almidón nativo gelatinizado, hecho que está relacionado con la modificación del tamaño del gránulo de almidón. Los almidones hidrolizados presentan un comportamiento de los fluidos mixtos Bingham-seudoplásticos, mientras que el almidón gelatinizado tiene un comportamiento seudoplástico.
- El producto hidrolizado, presenta un alto contenido de carbohidratos solubles, de baja viscosidad, adecuado para utilizarse en la formulación de nuevos productos como: salsas, cubiertas para pollos, pudines, sopas, postres, crema para café, etc.
- El mejor tratamiento, se obtuvo al trabajar con una concentración de enzima 0,22%, tiempo de reacción 180 minutos y temperatura de proceso 60°C. Las propiedades funcionales de equivalente de dextrosa, solubilidad en agua y sólidos solubles se ven favorecidas, al obtenerse los valores más altos con las condiciones propuestas. Esto se debe al fraccionamiento de la cadena lineal en unidades más pequeñas, con la introducción de grupos reductores.
- Las maltodextrinas obtenidas tienen baja viscosidad, considerándose que esta propiedad se encuentra en función del equivalente de dextrosa. Por consiguiente a menor equivalente de dextrosa, la viscosidad incrementa y viceversa.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALVARADO J. 1996. "Principios de Ingeniería aplicado a los Alimentos". Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Proyecto Multinacional de Biotecnología y Tecnología de Alimentos. Radio Comunicaciones. Quito. Pp: 85-91
- ALEXANDER, R. 1983. "Maltodextrin; Production, Properties and Applications". México. Ed. Continental. Capitulo 8.
- ARAYA, O. 1995. CITA. "Alternativas de Industrialización del Banano y el Plátano". Universidad de Costa Rica. Pp: 2-60.
- BELLO, L. A. 1999. Simposio Internacional Biotecnología en la Industria de Alimentos. "Desarrollo de un procedimiento para la producción de Maltodextrinas y jarabe de glucosa a partir de almidón de plátano. Quito. Pp: 76-86.
- BENAVIDEZ, M. y colaboradores. 1985. Revista tecnología para el desarrollo (IITI). Bogotá D. F. Colombia.
- BIRCH, G. y BLAKEBROUGH, N. 1981. "Enzymes and Food Processing / Applied Science". London. Applied Science Publishing. Pp: 5-7, 151-162, 283-285.
- BOWMAN, F. 1979. Aprovechando los bananos rechazados. Revista Agricultura de las Américas. Pp: 32-38.
- CITA. 1995. Maduración artificial del banano y determinación de una escala según el grado de madurez. Boletín sobre alternativa de industrialización del banano y plátano. Pp: 1-4.
- CHAMPION, J. 1976. "El Plátano Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales". Barcelona. Ed. Blume. Pp:114-183, 223-226.
- CHAPLIN, J. 1988. "Análisis de Carbohidratos". Ed. Aprominates Approach. P: 81.
- Anónimo. Banano en el Ecuador. Expreso 1998. Diario de Guayaquil. 25 de noviembre. Pp: 12
- GUERRA, M. J. y Colaboradores. 1995. Folleto desarrollo de un proceso tecnológico para obtención de almidones hidrolizados de plátano. Caracas. Pp: 1-7
- LARREA, C.; SILVA, P.; ESPINOSA, M. 1987 "El Banano en el Ecuador". Quito. Ed. Nacional. Pp: 125-138.
- LEES, R. 1969. "Análisis de los Alimentos". Zaragoza-España. Ed. Acribia. (Método de análisis).
- MUÑOZ, R. 1993. Simposio en Carbohidratos. "Estructura de los Carbohidratos de los Alimentos. Quito. Pp: 7.
- NOVO Industrias. 1971. "Los Enzimas Novo para la industria del almidón". Pp:1-2, 35, 41, 70-76.
- ORTEGA, F. 1998. "Thermal properties, viscoelastic and retrogradation behaviour of some starch mixture". Pp: 3-4, 7-9.
- RADLEY, J. A. 1976. "Examination and Analysis of Starch and Starch Products. London. Applied Science Publishers. Pp:22-29, 63, 67, 83-84, 101-102, 117, 179, 181.
- SALTOS, A. 1993. "Diseño Experimental". Ambato. Ed. Pío X. Pp: 60-70, 101-106.

SCHENCK, F. y HEBEDA, R. 1992. "Starch Hydrolysis Products. U.S.A. Ed. VCH. Publishers INC. Pp: 1, 510.

TOVAR, J. 1993. Simposio en Carbohidratos. "Análisis de Carbohidratos". Quito. Pp: 39-44.

VILLACRÉS, E. y ESPIN, S. 1996. Conferencia Internacional del Almidón. "Evaluación del Rendimiento, Características y Propiedades del Almidón de algunas raíces y tubérculos Andinos". Quito. Pp: 61-64.

WHISTLER, R. y BEMILLER, J. 1984. "Starch, Chemistry and Technology. Londres. Ed. Academy Press INC. Pp: 204-208.

DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DEL FRÉJOL TIPO HABA (Phaseolus vulgaris)

Pablo J. Núñez R.*
Luis J. Perrazo Y.*
Guillermo Poveda**

RESUMEN

El presente estudio se realizó con la finalidad de deshidratar osmóticamente fréjol (Phaseolus vulgaris), variedad haba, con secado posterior en cabina, apto para el consumo humano. Constó de dos fases principales: preconcentración osmótica y secado en cabina. Se utilizó como agente osmótico la sal común o Cloruro de Sodio (NaCl). La preconcentración osmótica se realizó a 3 concentraciones de sal (6%, 12% y 18%) en una relación 3: 1 (agua - sal); a 3 temperaturas (18°C, 24°C y 30°C); y a 3 tiempos de inmersión (1, 2 y 3 horas). Aquí se determinó concentración de sal, pérdida de peso, pérdida de agua y ganancia de sólidos.

El secado en cabina se realizó en un secador, a base del paso de aire caliente sobre las muestras obtenidas de la preconcentración osmótica, luego de un escurrido previo. Aquí se determinaron: coeficiente de transferencia de calor (h), coeficiente de transferencia de masa (hm), velocidad de secado (Rc) y difusividad. Al final se escogieron tres mejores tratamientos, para realizar un análisis sensorial. Cada muestra tuvo una precocción de 30 minutos. A las dos fases, se les aplicó un diseño factorial AxBxC, con una réplica y para una mejor exactitud se aplicó Tuckey.

Las mejores condiciones fueron:

- Concentración : 12% de NaCl
- Temperatura : 30°C
- Tiempo de inmersión: 3 horas

INTRODUCCION

La ósmosis consiste en el flujo de un solvente, desde una solución diluida contenida dentro de una membrana semipermeable hacia una solución más concentrada que rodea a la membrana. La transferencia de agua por ósmosis se puede aplicar a trozos de alimentos como frutas o vegetales, dado que ellos contienen solutos en solución diluida y su estructura celular actúa, al menos aproximadamente, como una membrana semipermeable. Es así que se puede lograr una deshidratación parcial simplemente por inmersión en una solución adecuada de un agente osmótico (azúcar, sal).

La deshidratación osmótica es uno de los procesos aplicados para la conservación de alimentos, dado que permite obtener al alimento con características parecidas, cuando está fresco. Mediante el uso de soluciones concentradas ya sea de salmuera o azúcares se remueve parcialmente el agua del alimento inmerso. Luego al completarse la deshidratación en una posterior fase de secado convencional, a temperaturas más bajas se reduce la severidad del tratamiento térmico. Todo este proceso puede darnos una seguridad de obtener un alimento con atributos organolépticos de calidad original.

MATERIALES Y MÉTODOS

DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

Todos los alimentos contienen agua, y a base de observaciones realizadas, esto influye directamente en su deterioro, tanto biológico como químico. Los microorganismos requieren de una buena cantidad de agua para su metabolismo, la deshidratación osmótica pretende privar de ésta y por consiguiente conservar por más tiempo los alimentos. Es importante que la solución osmótica a ser utilizada tenga una actividad de agua baja, a la vez que el soluto tenga características elementales de buen sabor y pureza.

* Egresado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

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

Una de las ventajas que presenta la solución salina utilizada es su factor desecante, a la vez que favorece el sabor del producto durante el almacenaje, también previene el factor degenerativo en sus propiedades organolépticas. Las variedades de fréjol (torta, haba, etc.) de la Costa Ecuatoriana, tienen la dificultad, que presentan una humedad alta, lo que permite un deterioro rápido, por lo que la deshidratación osmótica y secado posterior, es una alternativa válida, para aprovechar de mejor manera nuestros recursos, en beneficio de productores de este tipo de leguminosa.

El fréjol desde el punto de vista taxonómico, esta especie es prototipo del género *Phaseolus vulgaris* L. asignado por Linneo en 1753. Es una planta anual de vegetación rápida, tallo menudo, voluble y enredada en las ramas. El tallo se enrosca en sentido contrario de las agujas del reloj: se llama dextrógiro. La altura de la planta difiere notablemente según las variedades, pero se aproxima a los 0,45 m. en las variedades enanas.

La característica principal de las leguminosas es que su fruto o semilla se presenta en forma de vaina y que es conocida como legumbre. El fréjol tiene la capacidad de fijar el nitrógeno del aire. La fijación del nitrógeno se realiza bajo condiciones apropiadas, por la presencia de ciertas bacterias simbióticas. El contenido de proteína en granos secos es del 24%. Las hojas, el tallo o la planta completa constituyen un alimento excelente para el ganado como forraje verde o seco. Esta planta puede servir también para el mejoramiento del suelo como abono verde.

El fréjol incorpora al menú familiar un alimento proteínico concentrado, nutritivo y de bajo costo, también el fréjol proporciona mayor cantidad de calorías que los productos de origen animal, es necesario recalcar que las proteínas provenientes del fréjol son menos costosas que las provenientes de carne, pescado, huevos. Entre las leguminosas solo la soja supera el contenido de proteína que es del 38% frente al 24% en el fréjol.

Para propósitos prácticos mucho se puede llevar a cabo en términos de calidad de proteínas basadas en cereales y leguminosas, si el consumo de fréjol puede ser incrementado por aumento de su disponibilidad y mejoramiento de sus características organolépticas (disminución en el tiempo de cocción con relación al fréjol madurado y secado en su propia vaina; mejoramiento del sabor, y por ende mayor aceptabilidad), con la condición de que no se encuentren factores fisiológicos limitantes en su consumo.

Dicha proteína debe ser alta en Lisina, ya que este aminoácido es limitante en todas las proteínas de cereales analizados y también hay aumento de otros aminoácidos limitantes. Se conoce que el fréjol contiene altos niveles de Lisina ya que puede ser nutricionalmente beneficioso a las poblaciones que tienen dieta basada en cereales.

SECADO

El secado se refiere en forma general a la extracción o supresión de la humedad de una sustancia o producto. La humedad contenida en un sólido húmedo o un líquido ejerce una presión de vapor en un grado que depende de la naturaleza del sólido y de la temperatura.

Treyball (1970) manifiesta que el secado continuo ofrece ventajas, el equipo necesario es pequeño en relación con la cantidad de producto, la operación se integra más fácilmente con productos químicos continuos sin almacenamiento intermedio, el producto tiene un contenido de humedad más uniforme y el costo de secado por unidad de producto es relativamente pequeño.

MATERIALES

- Materia prima: Fréjol (*Phaseolus vulgaris*) variedad haba.
- Balanza Mettler PM480 Delta Range con desecador infrarrojo.
- Estufa VNR-1520
- Balanza analítica +/- 0.00 g. marca Mettler H.315
- Secador de cabina
- Termómetros
- Mufla
- Material de vidrio: (vasos de precipitación de 250 ml., pipeta de 10 ml., erlenmeyers de 500 ml., vasos de 1000 ml. y 2000 ml.)
- Cápsulas de porcelana

- Cronómetro
- Recipientes plásticos
- Coladores
- Papel aluminio
- Calibrador Vernier
- Higrómetro
- Determinador de actividad de agua: aW - Wert - Messer Durotherm a 20°C.

REACTIVOS

- Solución 0.1 N de cloruro de plata (AgCl)
- Solución al 5% de cromato de potasio
- Solución de cloruro de sodio (6, 12 y 18 %)

MÉTODOS EMPLEADOS

Se trabajó con fréjol tierno (*Phaseolus vulgaris*), el proceso consta de dos fases principales que son: Preconcentración Osmótica y Secado Convencional.

Preconcentración Osmótica

Aquí se realizaron las siguientes operaciones:

- Selección.- Se realizó la selección del fréjol que presentaba mejor calidad, libre de impurezas y sin picaduras, de un tamaño uniforme.
- Pesaje.- Se utilizó una balanza analítica (Mettler) para el efecto.
- Preparación del agente osmótico.- Se utilizó sal común de mesa, previo filtrado de la misma, para eliminar impurezas. Se pesó la sal de acuerdo con cada tratamiento, luego se adicionó el agua a la temperatura que exigía el tratamiento; la sal y el agua estuvieron a una relación de 1:3, es decir 1 parte de sal por 3 partes de agua.
- Inmersión.- Se colocó el fréjol pesado, en la solución preparada de sal (Cloruro de Sodio), contenida dentro de un vaso de 2000 ml.
- Agitación.- Esta se llevó a cabo en forma manual, cada 10 minutos con una varilla de vidrio.
- Control.- Se tomó muestras cada 60 minutos por espacio de tres horas, en cada una de las cuales se determinaron humedad, contenido de sal y actividad de agua.

Secado Convencional

En este paso se realizaron las siguientes operaciones:

- Escurrido.- El fréjol Preconcentrado o deshidratado osmóticamente, fue dejado escurrir en una malla por espacio de 15 minutos, para que toda el agua de su superficie sea eliminada, antes de llevarla al secador.
- Medición.- Se tomó varios fréjoles para hacer mediciones de largo, ancho y espesor.
- Secado.- Se llevó el fréjol al secadero, colocando cada tratamiento, en bandejas hechas de malla; el secadero contenía una resistencia eléctrica que calentaba el aire impulsado por un ventilador, el aire pasaba por cada muestra y salía al exterior.

- Control.- Durante el secado, desde el inicio hasta el final del mismo, se registraba el peso cada 60 minutos, también la temperatura de entrada y salida del aire, temperaturas de bulbo seco y húmedo, velocidad del aire y humedad relativa.
- Almacenado.- El producto final fue sellado en fundas plásticas para su posterior utilización.

Métodos de Análisis

Se siguieron los siguientes:

- Determinación de Humedad: Se utilizó la norma INEN
- Contenido de Sal: Se utilizó la Norma INEN N° 51
- Actividad de Agua: Se utilizó el equipo aw-Wert Messer Durotherm a 20°C.

Evaluación Sensorial

Para el efecto se elaboró una tabla que consta a continuación, en cuyo formato utilizado, los catadores registraron su opinión acerca del producto. Los panelistas escogidos fueron 10, los cuales calificaron al producto en una escala de 1 a 5 para cada prueba.

Diseño Experimental

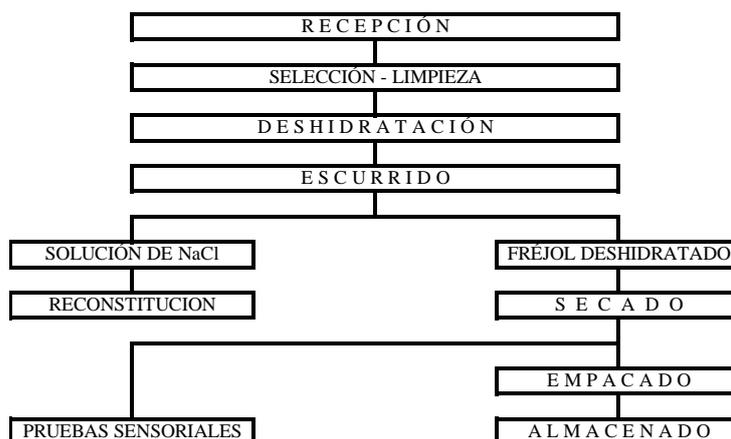
El diseño experimental que se aplicó para el presente estudio es AxBxC con una réplica tanto para la preconcentración osmótica así como para el secado posterior en cabina, siendo los factores de estudio y sus respectivos niveles los siguientes:

	FACTORES	NIVELES		
		0	1	2
A :	Concentración del agente osmótico	6% NaCl	12% NaCl	18% NaCl
B :	Temperatura del agente osmótico	18°C	24°C	30°C
C :	Tiempo de contacto con el agente osmótico	60 min.	120 min.	180 min.

El trabajo realizado constó de 27 tratamientos con una réplica, dando un total de 54 corridas. Para el efecto se evaluaron como respuestas experimentales, las siguientes variables:

- Concentración de Sal
- Coeficiente de transferencia de masa
- Difusividad
- Velocidad de secado
- Evaluación sensorial

DIAGRAMA DE FLUJO



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Deshidratación Osmótica del Fréjol

Concentración de Sal en el fréjol.

Al trabajar con 6% de concentración de Agente osmótico, al cabo de tres horas de inmersión se obtuvieron valores de alrededor de 23,8%; mientras que con una concentración del 12% se llegó a valores aproximados de 39,7 % durante el mismo período de tiempo. De igual manera con una concentración del 18% se obtuvieron valores de 46% en condiciones similares

Pérdida de Peso.

Al cabo de tres horas, el peso del fréjol disminuye en promedio de todos los tratamientos de un 10,85% a un 21,22%. Se observa que a mayor concentración y a mayor tiempo, la pérdida de peso se ve incrementada, sin embargo el factor temperatura no influye mayormente.

Pérdida de Agua.

Haciendo referencia a las tres horas de trabajo, conforme avanza el tiempo y también a mayor concentración, los valores aumentan en un rango apreciable, no así tomando en cuenta la temperatura, que si bien se incrementa pero en un rango mucho menor.

Ganancia de Sólidos.

El fréjol presenta una ganancia de sólidos máxima de 12,1% en promedio de todos los tratamientos, igualmente se ve incrementado sus valores por efecto de la concentración y el tiempo, la temperatura sigue siendo un factor de influencia menor.

Secado Final del Fréjol

Coefficiente de Transferencia de Calor (h).

Los valores promedios se encuentran entre 7,80 y 10,9 W/m²K para el fréjol deshidratado.
Velocidad de Secado (Rc).

Se puede observar que el valor más alto de velocidad de secado es de $2,79 \times 10^{-4}$ Kg.a/Kg.m.s y el más bajo

es de $1,66 \times 10^{-4}$ Kg.a/Kg.m.s. Se desprende que la temperatura es el único factor que no es significativo.

Coefficiente de Transferencia de Masa (hm).

Se establece que la mayor transferencia de masa está alrededor de $1,51 \times 10^{-2}$ Kg/m²s que corresponde a una temperatura de 24°C, mientras que la más baja está en $0,84 \times 10^{-2}$ Kg/m²s que corresponde a una temperatura de 30°C. de esto se deduciría que trabajando a una temperatura baja en ósmosis, en secado se tendría una transferencia de masa alta.

Difusividad

Estos valores están en un rango de $3,46 \times 10^{-11}$ y $6,74 \times 10^{-11}$ m²/s.

Isoterma de Absorción.

Para realizar la isoterma de absorción se escogió el mejor tratamiento, de acuerdo a las pruebas sensoriales, resultando ser el tratamiento A₁B₂C₂. Al graficar humedad contra actividad de agua del tratamiento en cuestión, se obtiene la isoterma que se presenta en la Figura 7.

Análisis Sensorial.

La calidad sensorial del producto se estableció mediante cataciones efectuadas por 10 panelistas sobre los siguientes atributos: 1. Color; 2. Textura; 3. Sabor; 4. Apariencia; y 5. Aceptabilidad. Se aplicó una escala hedónica de 5 posiciones.

Para el efecto una vez realizado el análisis estadístico general se escogió los 3 mejores tratamientos para determinar la calidad sensorial del producto, en base a los tres niveles de concentración de sal (6, 12 y 18% de NaCl), ya que es un factor determinante del producto final.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Al finalizar el trabajo se logró cumplir con el objetivo general enunciado al inicio que fue el deshidratar osmóticamente al fréjol (*Phaseolus vulgaris*) con un secado posterior, logrando de esta manera conservarlo en el tiempo.
- La concentración de sal del 12% de la solución del agente osmótico, afecta directamente sobre la pérdida de agua y pérdida de peso en el fréjol, manteniéndose a una temperatura de 30°C durante tres horas de trabajo.
- El mayor flujo de sal de la solución osmótica hacia el fréjol, se da a la primera hora de inmersión, independientemente de la concentración utilizada, mientras que a partir de la tercera hora de inmersión en adelante el ingreso de sal es insignificante.
- Al final de la preconcentración osmótica se concluye que el mejor tratamiento es el A₁B₂C₂, cabe decir:
 - Concentración : 12% de NaCl
 - Temperatura : 30°C
 - Tiempo de inmersión: 3 horas
- El tiempo de inmersión, en forma general influye en un alto grado en la ganancia de sólidos y la pérdida de agua en el fréjol, no así la temperatura, la misma que no es un factor preponderante.
- El coeficiente de transferencia de calor se ve afectado por la concentración del agente osmótico y por el tiempo de inmersión, mientras que la temperatura le afecta en forma mínima.
- El coeficiente de transferencia de masa, se ve influenciado por la concentración del agente osmótico y la temperatura.
- La concentración y el tiempo son las variables que intervienen en forma significativa en la velocidad de

secado.

- La difusividad del agua en el fréjol, es afectada por la concentración de sal y el tiempo de inmersión.
- De los tres mejores tratamientos utilizados para hacer el análisis sensorial, se concluye que el tratamiento $A_0B_2C_2$, es el mejor, tomando en cuenta la concentración de sal, ya que en este caso en particular el sabor es determinante en la aceptabilidad del producto.
- El tratamiento $A_1B_1C_2$, es el mejor reportado por el análisis estadístico, ya que presenta las mejores condiciones tanto en la preconcentración osmótica como en el secado, sin embargo de acuerdo al análisis sensorial, éste no es el más aceptado, principalmente por su sabor. Por tanto se recomienda un tiempo de remojo antes de ser consumido, para disminuir la concentración de sal.
- Se recomienda que para la fase de preconcentración osmótica, las variables a tomar en cuenta son: la concentración osmótica y el tiempo de inmersión.
- Las temperaturas recomendadas para el secado están en el rango de 50-52°C para bulbo seco y de 20-24°C para bulbo húmedo.
- En el caso de querer utilizar otra leguminosa, sea arveja, haba, garbanzo, etc. es aplicable este estudio en forma general, debiendo especificar la forma del grano a utilizar para los cálculos respectivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar, L. y Aguilar E. (1988). Estudio sobre Deshidratación Osmótica de Peras y Duraznos en mitades. Tesis de Grado para Ing. en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato. 160 pág.
- Alvarado, J. De D. (1996). Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos. División de Artes Gráficas. Quito - Ecuador. p: 420-434.
- Azuara, E; Berstain, C y Gutiérrez, G. (1996). Método para determinar la cinética de la deshidratación osmótica. Boletín de la Red Iberoamericana de Propiedades Físicas de Alimentos para el Diseño Industrial. México.
- Biswal, R; Bozorgemehr, F; Tompkims. F. and Liu, X. (1991). Osmotic concentration of green beans prior to Freezing. Journal of Food Science. 56 (4): 1008-1012.
- Carvajal, F; Peñaherrera, V y Velasteguí, D. (1994). Adaptación a la Tecnología de Secado Osmótico y Proyecto de Factibilidad para la Instalación de una Planta Deshidratadora de frutas en la Provincia de Tungurahua. Tesis de Grado para Ing. en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato. 170 pág.
- González, M. Jiménez, E. (1988). Conservación y almacenamiento de frutas, aplicando deshidratación osmótica. Tesis de Grado para Ing. en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato. pp. 22-42.
- Heldman, D. R. and Singh, R. P. 1981. "Food Process Engineering" 2nd. De. Westport, Connecticut AVI Pub. Co. Inc.
- Huxsol, L. C. (1982). Reducing the refrigeration load by partial concentration of foods prior to freezing Food Technology (5): 98-102.
- Iglesias, H. y Chirife. (1986). Temperature dependence of water sorption isotherms of some food. Journal of Food Science. Vol. 51. # 3. Pp. 551-553.
- Kim, M. y Toledo, R. (1987). Effect of osmotic deshidration and high temperature fluidized bed dryng or properties of dehydrated rabbiteye blueberris. Journal of Food Science. 52 (4): 980-984, 989.
- Lazarides, H. Katsanides, E. and Nickolaidis, A. (1995). Mass transfer kinetics during osmotic preconcentration aiming at minimal solid uptake. Journal of Food Engineering. 25: 151-166.
- Lazarides, H and Mavroudis, N. (1955). Freeze Thaw effects on mass transferates during osmotic dehydration. Journal of Food Science. 60 (4): 826-828, 857.
- Lerici, C; Pinnavaia, C. Dalla Rozo, M. and Bartolucci, L. (1985). Osmotic dehydration of fruit: Infrence of osmotic agents on dryng behavior and product quality. Journal of Food Science. 50 (6): 1217-1219, 1226.
- Mermelstein, Neil. H. Translating Technical Developments in Processing into New Products. Food Technology. Jul. 1997. Vol. 51. N°7. Pp. 108-109.
- Navarrete, L y Navas, G. (1980). Estudio de Secado de Yuca y Aplicación de Tecnología apropiada para la Fabricación de "pan de yuca", en la región Oriental Ecuatoriana. Tesis de Grado de Ingenieros en Alimentos de la UTA. 126 pág.
- Saltos, H. (1991). Deshidratación Osmótica de Frutas Tropicales. Desarrollo de Procesos para piña y papaya. Proyecto PIAHIB. Ambato, Ecuador. UTA. FCIAL. 149 pág.
- Singh, P. and Heldman, D. (1984). Introduction to food engineering. Academic Press United States of América. pp. 257-276.

Toledo, R. (1985). Fundamentos de Ingeniería de Procesos en Alimentos: Deshidratación Traducción del Capítulo 8 por Saltos, Héctor. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato, Ecuador. 45 pág.

Watt, L. G. Elías y colaboradores (1.992). Métodos Sensoriales Básicos para la Evaluación de Alimentos. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Guatemala. 160 pág.

TABLA 1 REGISTRO DE CAMBIO DE CONCENTRACIÓN DE SAL EN GRANOS DE FRÉJOL
(Phaseolus vulgaris) EN EL PROCESO DE ÓSMOSIS.

TRATAMIENTO	TEMPERATURA (°C)	C A O (%)	TIEMPO (h)	CONCENTRACIÓN DE SAL (g NaCl / 10 g m.)	
				R1	R2
A ₀ B ₀	18	6	0.0	0.0	0.0
			1.0	0.172	0.148
			2.0	0.185	0.184
			3.0	0.208	0.189
A ₁ B ₀	18	12	0.0	0.0	0.0
			1.0	0.310	0.292
			2.0	0.358	0.356
			3.0	0.436	0.400
A ₂ B ₀	18	6	0.0	0.0	0.0
			1.0	0.428	0.456
			2.0	0.401	0.491
			3.0	0.455	0.510
A ₀ B ₁	24	12	0.0	0.0	0.0
			1.0	0.198	0.173
			2.0	0.205	0.208
			3.0	0.213	0.208
A ₁ B ₁	24	12	0.0	0.0	0.0
			1.0	0.281	0.288
			2.0	0.381	0.377
			3.0	0.3990	0.390
A ₂ B ₁	24	12	0.0	0.0	0.0
			1.0	0.396	0.416
			2.0	0.409	0.439
			3.0	0.422	0.447
A ₀ B ₂	30	18	0.0	0.0	0.0
			1.0	0.263	0.276
			2.0	0.269	0.295
			3.0	0.275	0.316
A ₁ B ₂	30	18	0.0	0.0	0.0
			1.0	0.348	0.373
			2.0	0.353	0.381
			3.0	0.365	0.396
A ₂ B ₂	30	18	0.0	0.0	0.0
			1.0	0.390	0.346
			2.0	0.445	0.439
			3.0	0.456	0.472

TABLA 2 DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE HUMEDAD RELATIVA, CONTENIDO DE HUMEDAD Y CALOR LATENTE A TEMPERATURAS DE BULBO SECO Y HÚMEDO (PROMEDIO DE DOS REPLICACIONES).

TRATAM.	Ta (°C)	Tw (°C)	H.R. %	Ha (Kga/Kga.s) $\times 10^{-2}$	Hw (Kga/Kga.s) \times 10^{-2}	CALOR LATENTE (KJ/Kg)
A ₀ B ₀ C ₀	52.0	24.0	19.0	2.20	3.00	2447.52
A ₀ B ₀ C ₁	51.5	23.0	18.0	1.80	2.90	2450.01
A ₀ B ₀ C ₂	53.5	24.5	19.0	2.30	3.40	2446.27
A ₁ B ₀ C ₀	49.0	22.5	19.0	1.60	2.60	2451.26
A ₁ B ₀ C ₁	48.0	20.5	15.0	1.30	2.20	2456.24
A ₁ B ₀ C ₂	51.0	23.0	18.5	1.75	2.90	2450.01
A ₂ B ₀ C ₀	52.5	23.0	18.0	1.90	2.80	2450.01
A ₂ B ₀ C ₁	50.5	22.5	17.5	1.60	2.50	2451.26
A ₂ B ₀ C ₂	50.0	20.0	12.0	1.10	2.00	2457.49
A ₀ B ₁ C ₀	53.0	24.0	17.0	2.10	3.00	2447.52
A ₀ B ₁ C ₁	50.5	22.0	16.0	1.60	2.50	2452.50
A ₀ B ₁ C ₂	50.0	20.5	11.0	1.10	2.00	2456.24
A ₁ B ₁ C ₀	49.5	20.0	12.0	1.20	2.10	2457.49
A ₁ B ₁ C ₁	52.0	22.0	13.0	1.50	2.40	2452.50
A ₁ B ₁ C ₂	53.0	24.0	17.0	2.20	3.00	2447.52
A ₂ B ₁ C ₀	54.5	24.5	18.0	2.30	3.10	2446.27
A ₂ B ₁ C ₁	48.5	19.0	11.0	1.10	1.90	2459.98
A ₂ B ₁ C ₂	51.5	21.0	15.0	1.30	2.20	2454.99
A ₀ B ₂ C ₀	53.0	25.0	19.0	2.30	3.30	2445.03
A ₀ B ₂ C ₁	50.5	22.0	16.0	1.60	2.50	2452.50
A ₀ B ₂ C ₂	52.0	23.5	16.0	1.70	2.70	2448.77
A ₁ B ₂ C ₀	51.5	22.0	15.0	1.50	2.40	2452.50
A ₁ B ₂ C ₁	49.0	21.0	15.0	1.30	2.40	2454.99
A ₁ B ₂ C ₂	50.5	23.0	19.0	1.80	2.70	2450.01
A ₂ B ₂ C ₀	52.0	23.5	18.0	1.90	2.80	2448.77
A ₂ B ₂ C ₁	52.0	23.0	17.0	1.80	2.70	2450.01
A ₂ B ₂ C ₂	50.5	21.0	12.0	1.10	2.20	2454.99

TABLA 3 VALORES EXPERIMENTALES DE LOS COEFICIENTES DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA; VELOCIDAD DE SECADO Y DIFUSIVIDAD EN FRÉJOL

PRECONCENTRADO POR ÓSMOSIS (*Phaseolus vulgaris*) EN LA ETAPA DE SECADO (PROMEDIO DE DOS REPLICACIONES).

TRATAMIENTO	h (W/m ² °K)	hm (Kg/m ² s) $\times 10^{-2}$	Rc (Kga/Kgm.s) $\times 10^{-4}$	DIFUSIVIDAD (m ² /s) 10^{-11} x
A ₀ B ₀ C ₀	8.49	1.20	2.11	5.820
A ₀ B ₀ C ₁	8.92	0.87	2.268	6.010
A ₀ B ₀ C ₂	9.08	0.97	1.940	6.070
A ₁ B ₀ C ₀	10.31	0.98	2.254	6.740
A ₁ B ₀ C ₁	10.53	1.31	2.390	5.420
A ₁ B ₀ C ₂	9.73	0.96	2.130	4.910
A ₂ B ₀ C ₀	9.32	1.24	2.240	4.320
A ₂ B ₀ C ₁	10.45	1.32	2.028	4.810
A ₂ B ₀ C ₂	9.21	1.25	1.710	3.840
A ₀ B ₁ C ₀	8.78	1.15	2.420	5.712
A ₀ B ₁ C ₁	10.07	1.29	2.490	5.730
A ₀ B ₁ C ₂	9.87	1.31	2.300	5.470
A ₁ B ₁ C ₀	7.80	1.04	2.210	5.540
A ₁ B ₁ C ₁	7.97	1.08	2.010	5.072
A ₁ B ₁ C ₂	9.50	1.40	2.150	5.071
A ₂ B ₁ C ₀	9.36	1.42	2.230	4.830
A ₂ B ₁ C ₁	10.12	1.51	1.860	3.878
A ₂ B ₁ C ₂	9.78	1.34	1.680	3.460
A ₀ B ₂ C ₀	9.91	1.13	2.790	6.210
A ₀ B ₂ C ₁	9.36	1.20	2.320	5.110
A ₀ B ₂ C ₂	9.47	1.10	2.170	4.330
A ₁ B ₂ C ₀	8.39	1.12	2.070	5.360
A ₁ B ₂ C ₁	8.50	0.84	1.660	4.770
A ₁ B ₂ C ₂	10.96	1.36	1.940	4.410
A ₂ B ₂ C ₀	10.53	1.36	2.530	4.830
A ₂ B ₂ C ₁	8.91	1.16	1.980	4.390
A ₂ B ₂ C ₂	9.81	1.07	1.740	3.810

“EFECTO DEL ANTIOXIDANTE TBHQ (THER BUTIL HIDROXI QUINONA) EN LA OXIDACIÓN DEL ACEITE DE SOYA DURANTE EL CALENTAMIENTO A TEMPERATURA CONSTANTE”

Patricia Y. Carranza V. *

Marco A. Sigüenza E.*

Ángel Ulloa **

RESUMEN

El presente trabajo trata del estudio del Efecto del Antioxidante TBHQ (THER Butil Hidroxi Quinona) sobre la Oxidación del Aceite de Soya RBD (Refinado, Blanqueado y Desodorizado) Durante el Calentamiento a Temperatura Constante ($180^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$); las concentraciones de TBHQ aplicadas fueron de 0, 50, 100 y 150 ppm, con un control cada 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, y 21 horas de calentamiento como Tiempo de Retención. El tratamiento estadístico de los datos se efectuó mediante un diseño factorial AxB, considerando como respuestas experimentales el Índice de Peróxidos (IP), Índice de Refracción (IR), Porcentaje de Acidez (AGL) y Color. En el Análisis de Varianza todas las respuestas mostraron significancia por lo que se realizó una prueba de Tukey al 5%. Los resultados demuestran que el Aceite de Soya RBD presenta estabilidad hasta las 6 horas de calentamiento y con 150 ppm de TBHQ, al comparar con valores máximos permisibles según Regulaciones Oficiales de (IP), (IR), (AGL) y Color. Dentro de los análisis instrumentales se realizó una Prueba Rancimat a 110°C cuyas curvas indican que el TBHQ aumenta la estabilidad a la oxidación del aceite de soya RBD aún en su menor concentración, sin embargo se obtiene el mejor resultado a 150 ppm con un Período de Inducción (PI) de 14.15 horas. Por análisis de Cromatografía de Gases (GLC) se deduce que el TBHQ no influye en la composición de Ácidos Grasos iniciales del Aceite; y durante el calentamiento el ácido linolénico es el primero que sufre degradación, seguido del ácido linoleico. Una vez iniciada la descomposición de los hidroperóxidos originados por la oxidación, el antioxidante no controla el deterioro del aceite.

Finalmente se determinó que la influencia del uso de antioxidante, en una proporción de 150 ppm, en el costo de fabricación de un litro de aceite es de solo 0.48%; razón por la cual el uso del TBHQ es una opción económica para mejorar la estabilidad del aceite de soya RBD durante el proceso.

INTRODUCCIÓN

La oxidación lipídica es la principal causa del deterioro de la mayoría de alimentos que contienen grasas y aceites. Cuando esto sucede, se desarrollan olores, colores y sabores que vuelven al producto desagradable. La rancidez de las grasas ocasionada por la oxidación lipídica puede suceder por varios mecanismos. Sin embargo, la principal vía sigue el mecanismo de los radicales libres que incluyen tres etapas: Iniciación, Propagación y Terminación. Durante la iniciación, catalizadores tales como el calor, iones metálicos, e irradiación ocasionan que las moléculas de lípidos formen radicales lipídicos libres (*R). Estos reaccionan con el oxígeno para formar radicales peroxil (ROO*) los cuales pueden reaccionar con otras moléculas lipídicas para formar hidroperóxidos (ROOH) y nuevos radicales libres (R*), resultando en una cadena autopropagada de reacciones. Farkas y col (1997).

La publicación The National Cottonseed Products Association (1996), indica que el aceite de soya es el más utilizado mundialmente, tiene un alto nivel de ácido linolénico. El aceite de soya no hidrogenado puede

* Egresado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

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

revertirse produciendo un producto con características no deseables conocido como sabor “a pescado” o “a pastos”. Se encuentra al estado líquido a temperaturas de 21 a 27°C (temperatura ambiental) y se mantiene así aún a temperaturas de refrigeración (2°C a 4°C). Sus aplicaciones incluyen fritura de comidas rápidas, aceites para ensalada y para cocinar, margarinas, mezcla de aceites, snacks, mezclas de panadería, coberturas, productos para ser horneados, salsas para pastas, mayonesas.

Zapata (1995), indica que durante la refinación, los aceites son sometidos a diversos procesos tales como blanqueo y desodorización, los cuales contribuyen a mejorar los aspectos de sabor y estabilidad oxidativa del aceite. En la Refinación el aceite producido tiene un color más claro, más deseable. En el proceso de Blanqueo, trazas de metales, partículas coloridas y productos de la oxidación son removidas utilizando arcillas decolorantes, las que adsorben las impurezas. Los aceites decolorados casi no tienen color y tienen un Índice de Peróxido (IP) cercano a cero. La Desodorización es un proceso de destilación a vapor que se lleva a cabo al vacío y permite remover las sustancias volátiles que se encuentran en el aceite. El resultado final es un aceite suave con un nivel bajo de ácidos grasos libres y un (IP) de cero. Pocos productos son tan limpios como el aceite refinado, blanqueado y desodorizado (RBD).

Los antioxidantes son agregados para minimizar la rancidez oxidativa, la cual puede causar daños serios a la calidad del aceite. Browdy A. y Harris N. (1997), manifiestan que los antioxidantes sintéticos son los más utilizados, por ser relativamente baratos y muy eficaces en una variedad de alimentos, éstos cuando son agregados antes del inicio de la oxidación, la retardan y prolongan el Período de Inducción (IP) y tiempo de vida útil del alimento.

El TBHQ (Ter Butil Hidroxi Quinona) es un antioxidante efectivo para los lípidos altamente poliinsaturados. Kaitaranta, J.K. (1992). El TBHQ actúa apaciguando los radicales libres y facilita la pronta culminación de las reacciones en cadena de los mismos.

La proporción a utilizarse de TBHQ no debe sobrepasar de 200 mg/kg (200ppm).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Estudiar El Efecto Del Antioxidante TBHQ (Ter Butil Hidroxi Quinona) Sobre La Oxidación Del Aceite De Soya Durante El Calentamiento A Temperatura Constante.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Utilizar Diferentes Concentraciones Del Antioxidante TBHQ En El Control De La Oxidación Del Aceite De Soya.

Determinar La Influencia Del Tiempo De Retención En La Oxidación Del Aceite De Soya.

Estudiar El Estado De Oxidación Del Aceite De Soya Mediante Métodos Estáticos: Índice De Peróxidos, Acidez, Color, Índice De Refracción.

Elaborar Un Análisis Económico De La Incidencia En El Costo Por La Adición De Antioxidante Ter Butil Hidroxi Quinona (TBHQ), Al Aceite De Soya Refinado, Blanqueado Y Desodorizado (RBD).

MATERIALES Y MÉTODO

Aceite

Las muestras de aceite de soya Refinado, Blanqueado y Desodorizado (RBD), fueron del tanque de almacenamiento de la Fabrica DANEC S.A. La composición de ácidos grasos se presentan en la Tabla A1.

Antioxidante

Ther Butil Hidroxi Quinona (TBHQ) de la casa EMBRANOX TBHQ Food Grade, Rhone Polilenc Ltd.

Materiales

Erlenmeyer de boca esmerilada con tapa de 250 ml – Pyrex
Pipetas graduadas de 1 ml.
Tubos de ensayo – Pyrex.
Buretas de 25/50ml graduadas.
Dispensadores de 50 ml. y de 10 ml.
Bureta automática.
Erlenmeyer de 250 ml. – Pyrex.
Vaso de precipitación de 250 ml. – Pyrex.
Celda esmerilada.
Balones con boca esmerilada de 100 ml. – Pyrex.
Núcleos de ebullición.
Embudos de separación.
Refrigerante de Liebig para reflujo.
Termómetros.
Papel filtro.

Equipos

Balanza analítica Mettler AJ 150.
Balanza analítica Mettler PJ 3000.
Fuente calorífica.
Tintómetro Lovibond Model E.
Refractómetro de Abbe.
Cromatógrafo de gas Hewlett Packard Serie II 5890.
Equipo Rancimat Metrohm 679.
Plancha de calentamiento
Baño térmico con recirculación Haake N3 modelo R 894542.
Estufa.

Reactivos

Solución de Ácido acético – cloroformo (3:2)
Solución de yoduro de potasio saturado
Solución de tiosulfato de sodio 0.01N
Solución indicadora de almidón al 1%
Solución de hidróxido de sodio 0.1N
Fenolftaleína al 1% en alcohol
Alcohol al 98% neutralizado con fenolftaleína
Solución de hidróxido de potasio metanólico 0,5N
Benceno para cromatografía
Trifloruro de boro metanólico
Solución saturada de cloruro de sodio
Sulfato de sodio anhidro

Métodos de Análisis

Reactivos

Se prepararon soluciones, al inicio de cada análisis, de yoduro de potasio saturado en agua destilada, solución indicadora de almidón al 1%, protegidos de la luz, tiosulfato de sodio 0.01N, almacenada por no más de un día antes de ser utilizada. Solución de ácido acético - cloroformo en proporción (3:2), hidróxido de sodio

0.1N, indicador fenolftaleína al 1% disuelta en alcohol del 98%. Cloroformo, solución de yoduro de potasio al 15% protegida de la luz, tiosulfato de sodio, solución de Wijss.

Preparación de la Muestra

El aceite de soya RBD sin antioxidante fue recibido en envases que eran inmediatamente sellados para evitar el contacto con el aire y la luz. Antes de iniciar el calentamiento se filtro la muestra. Soluciones de TBHQ en aceite de soya a concentraciones 0, 50, 100 y 150 ppm se prepararon en vasos de precipitación de 600ml, posteriormente calentados lentamente y con agitación constante hasta alcanzar $180^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. El calentamiento fue continuo durante 21 horas. Se trabajó con una réplica, para las mediciones, una muestra de cada tratamiento fue recolectada cada 3 horas y sometida a análisis. Las pruebas se realizaron por duplicado.

Índice de Peróxidos (IP)

Se utilizó el método INEN 77. Se pesa aproximadamente 1.5gr de muestra, se disuelve con solución de ácido acético cloroformo (3:2), luego se añade solución saturada de yoduro de potasio y se deja en reposo durante un minuto en la oscuridad. La disolución se realiza con agua destilada, se utiliza como indicador solución de almidón al 1% y se titula con tiosulfato de sodio 0.01N hasta desaparición del color azul. Junto con la muestra se realiza una determinación en blanco y se determina el (IP) mediante la formula:

$$(\text{IP}) = \text{V} * \text{N} * 1000 / \text{Pm}$$

V = Volumen de tiosulfato de sodio
N = Normalidad de tiosulfato
Pm = Peso de la muestras

Porcentaje de Acidez (AGL)

El método de determinación de (AGL) es el INEN 38, en una muestra de 28.2 gr de aceite se añade 50 ml de alcohol neutralizado Se calienta por unos minutos hasta alcanzar la disolución de los ácidos grasos, se añade unas gotas de fenolftaleína y se procede a titular con hidróxido de sodio 0.1N, hasta la aparición de una ligera coloración rosada que permanezca por más de 30 segundos. Se calcula el porcentaje de acidez mediante:

$$\%(\text{AGL}) = \text{V} * \text{N} * 28.2 \text{meq} * 100 / \text{Pm}$$

V = Volumen de hidróxido de sodio
N = Normalidad de hidróxido de sodio
Pm = Peso de la muestra
28.2 miliequivalentes del ácido graso

Índice de Refracción

Se determina por el método INEN 42, se utiliza un refractómetro de Abbe digital termostatzado con baño térmico con recirculación HAAKE N3 Modelo R 894542 a 40°C . Se toma una gota de muestra y se coloca en el prisma, se espera unos segundos para permitir el equilibrio térmico de la muestra y se procede a la lectura.

Color

Se utiliza un Tintómetro Lovibond Modelo E. Norma INEN 473. El principio se basa en la comparación de la muestra con un sistema de filtros estándar, expresados como amarillo, rojo y azul. Se coloca la muestra a una temperatura de 40°C en una celda esmerilada, la que se introduce en el Tintómetro, con los filtros de luz se ajustan los colores rojo y amarillo hasta obtener similitud con la muestra y se anotan las lecturas

Análisis de Ácidos Grasos (GLC)

La composición de ácidos grasos del aceite de soya RBD antes del calentamiento y para el mejor tratamiento fue determinado por Cromatografía Líquida de Gas (GLC). Se toma 3gr de muestra, se realiza la

saponificación con hidróxido de potasio metanólico 0.5N y metiladas con 3 gr. de trifloruro de boro en metanol, luego de calentar el conjunto por unos minutos se añade lentamente hexano para cromatografía, para la separación se utiliza una solución saturada de cloruro de sodio y los ésteres obtenidos se filtran a través de sulfato de sodio anhidro. La concentración de ácido graso de la muestra fue cuantificada por el método estándar interno utilizando un GC (Hewlett - Packard) Modelo 5890 II equipado con una columna empacada GP 10% SP-2330 100/120 Chromosorp Waw 20G, SP-2330 : Poly (80%- bicianopropyl; 20% cyanopropylphenylsiloxane) Supelco (1998). La temperatura inicial de la estufa 150°C se mantuvo por 3 minutos, luego se incrementó 3°C sobre minuto hasta 180°C y se mantuvo por 3 minutos. El puerto de inyección fue ajustado a 270°C y el detector de flama ionizada a 275°C, el gas de arrastre fue nitrógeno, y el gas de marca del detector fue hidrógeno. Se inyectó 3 microlitros del ésteres obtenidos y se realizó la corrida. Las áreas de los picos fueron calculadas directamente por el Integrador Hewlett - Packard 3396 A. Norma AOCS Ce 1-62

Período de Inducción. Prueba Rancimat

El Período de Inducción del Aceite de Soya RBD, fue determinado en el Equipo Rancimat Modelo 679 de la casa Metrohm, según la norma AOCS Cd 12b-92. Se pesa 2.5 gr de aceite sin antioxidante en un vaso de reacción sin tocar las paredes, se trasladó al equipo Rancimat calibrado a una temperatura de 110°C, con un caudal de aire de 2.5 ml/seg, de igual manera se procedió con las concentraciones de 50, 100 y 150 ppm. Las corridas fueron realizadas por duplicado. Cabe señalar que el equipo posee 6 vías de análisis con una rotatómetro individual por corrida.

El equipo burbujeó aire a través del aceite, dando origen a ácido fórmico como producto de la oxidación, el mismo se condujo a una celda que contiene agua destilada y desmineralizada. El instrumento monitoreó continuamente la conductividad eléctrica del agua, cuando esta conductividad aumenta en forma aguda, la prueba finaliza y las curvas son graficadas automáticamente.

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE SOYA REFINADO BLANQUEADO Y DESODORIZADO (RBD) SIN CALENTAMIENTO

Análisis Físico Químicos

El porcentaje de acidez se encuentra en 0.02% como ácido oleico, lo que revela la calidad del aceite de soya RBD, este valor se encuentra muy por debajo de los reportados por la Norma INEN 33 (1973) que dan 0.2% como máximo y por Pantzaris y Rossell (1998) que es de 0.1%.

El Índice de Peróxidos es de cero, lo que determina que el aceite de soya inicial es estable y aún no ha iniciado su proceso natural de oxidación; confirmando que el proceso de blanqueado es eficaz. Además que valores bibliográficos, Brekke (1980), indican hasta un máximo de 1 meq/kg, para aceite de soya RBD.

La lectura de Índice de Refracción realizado a 40°C es de 1.4680, inferior a lo reportado por Brekke (1980) que indica un valor de 1.4740 a la misma condición de temperatura.

El valor obtenido de Índice de Yodo es de 135 cg/g, y se puede observar que está dentro de los límites (120 – 141cg/g), reportados por la Norma INEN 33 (1973).

En cuanto a las características de color medidas en el Tintómetro Lovibond, se tiene que para el color amarillo el valor es de 3.8 el mismo que supera al 3.3 reportado por Pantzaris y Rossell (1998). En el caso del color rojo el aceite de soya tiene 0.3, y se nota que es inferior al máximo de 2.0, reportado por Brekke (1980).

Análisis de la Composición en Ácidos Grasos

El ácido graso predominante es el Linoleico (C18:2), característico del Aceite de Soya RBD. Los valores experimentales, Tabla A.1, están en un rango de 54.1 – 55.1, con un promedio de 54.7, seguido del Oleico (C18:1), 23.8 – 24.2, con un promedio de 24.1 y en menor porcentaje Linolénico (C18:3), 5.2 – 5.3, con un

promedio de 5.2. Valores enteramente comparables con los reportados por List G. y Mounts T. (1980), al igual que los rangos reportados por la Norma AOCS (1996), que indica composiciones entre 49.8 – 57.1 para ácido linoleico, 17.7 – 25.1, ácido oleico y 5.5 - 9.5 para ácido linolénico. Confirmándose lo enunciado por Evans y col. (1965), que manifiestan que la composición del aceite de soya es diversa sobre todo en cuanto al tipo de ácidos grasos insaturados, según la variedad de la planta y las condiciones del clima. El aceite de soya RBD es notable por su alto contenido de ácido linoleico, un ácido graso poliinsaturado esencial para una buena nutrición. En el aceite de soya también encontramos del 2 al 13% de ácido linolénico con un promedio de aproximadamente 7%. El ácido linolénico es un ácido graso poliinsaturado no esencial, mucho más susceptible a la auto oxidación que el oleico o el linoleico.

También es necesario señalar que las concentraciones de 50, 100 y 150 ppm del antioxidante Ther Butil Hidroxi Quinona (TBHQ), no alteran la composición original de ácidos grasos del aceite de soya RBD inicial, como se observa en el Gráfico A.1. Donde las pequeñas variaciones encontradas en los porcentajes son debidas a las técnicas de inyección aplicadas en el análisis cromatográfico.

Análisis del Período de Inducción

En la TABLA A.2, se resume los tiempos de (PI) a las concentraciones de 0, 50, 100 y 150 ppm de TBHQ, es así, que para la muestra de aceite de soya RBD, sin antioxidante se tiene un período de inducción de 5.07 horas, valor que indica que hasta este tiempo el aceite es estable; y, a partir de este momento el aceite inicia su proceso oxidativo. Al adicionar 50 ppm de TBHQ, se observa un aumento considerable en el período de inducción, 9.89 horas. Con 150 ppm de TBHQ, el tiempo del período de inducción alcanza hasta 14.15 horas; confirmándose el efecto del antioxidante para retardar la oxidación y dar una mayor estabilidad al aceite.

Por no encontrarse datos de (PI) a 110°C, se establece la comparación con lo reportado por Pantzaris T. P. (1998) y Rossell J.B. (1989), los cuales realizaron investigaciones similares con aceite de soya sin antioxidante, a temperaturas 100 °C, lo que explica sus valores elevados, así como la influencia de la temperatura en la oxidación del aceite de soya.

CAMBIOS FÍSICO QUÍMICOS EN LA OXIDACIÓN DEL ACEITE DE SOYA REFINADO, BLANQUEADO Y DESODORIZADO (RBD) DURANTE EL CALENTAMIENTO (180 ± 2°C)

Cambios en el Porcentaje de Acidez (AGL)

En el Gráfico A.2 se distingue el efecto del antioxidante TBHQ. La acidez del aceite de soya sin antioxidante y con 50 ppm de TBHQ va en ascenso hasta las 15 horas de calentamiento, a partir de éste tiempo los valores tienden a estabilizarse. Sin embargo el efecto se acentúa a las concentraciones de 100 y 150 ppm, en las cuales la acidez del aceite de soya RBD es acelerada hasta las 6 horas de calentamiento, luego de este período la acidez se estabiliza completamente, entre 0.0893% y 0.0940% para el caso de 100 ppm y 0.0729% - 0.0776% para 150 ppm de antioxidante TBHQ.

En el lapso de las 3 y 9 horas hay un cambio en la pendiente de las curvas, originado por la acción de las diferentes concentraciones del antioxidante.

Es necesario recalcar que los valores de (AGL) presentados, son relativamente bajos. En estudios realizados durante la oxidación térmica. J. Wurziger, (1972) atribuye esto, al hecho de que los ácidos grasos poliinsaturados son volátiles bajo condiciones de temperaturas de fritura (180°C), y por tanto permanecen en el aceite en una concentración levemente menor. Además, Braverman J. B. (1976), sugiere que muchos de los productos formados en la oxidación por la aplicación de temperaturas elevadas a los aceites, se eliminan por evaporación puesto que son volátiles. No obstante, el porcentaje de acidez, describe claramente el proceso de oxidación del aceite de soya y el efecto benéfico que ejerce el antioxidante TBHQ sobre ésta. Según la Porim (1983), el desarrollo de los Ácidos Grasos Libres (AGL) en los aceites constituye la prueba más utilizada en la industria y se considera como un parámetro de evaluación de la calidad de un aceite, además que los ácidos grasos libres determinan el contenido de ácido que parcialmente resulta de una oxidación de los productos secundarios que se forman durante el calentamiento.

Cambios en el Índice de Peróxidos

En el Gráfico A.3 se representa los valores de índice de peróxidos del aceite de soya RBD, obtenidos a las concentraciones de 0, 50, 100 y 150 ppm de antioxidante TBHQ, en los intervalos del tiempo de retención en horas, con calentamiento ($180 \pm 2^\circ\text{C}$). Inicialmente las curvas muestran un incremento drástico del índice de peróxidos, hasta las 6 horas de calentamiento, siendo la pendiente de la curva del aceite de soya sin antioxidante la que mayor inclinación posee, y por lo tanto existe mayor formación de hidroperóxido. A las concentraciones de 50, 100 y 150 ppm las curvas son más bajas (menor pendiente), lo que advierte una disminución en los peróxidos. Puede notarse un mejor efecto reductor de la oxidación a la concentración de 150 ppm de TBHQ.

Transcurridas las 6 horas, las curvas (0, 50, 100 y 150 ppm de TBHQ) descienden luego del máximo alcanzado. Todas las curvas adquieren una forma ondulatoria con un ligero ascenso a medida que continúan las condiciones de oxidación y a partir de las 9 horas de calentamiento. Esto indicaría, de acuerdo a la publicación Grindox (1993), que el índice de peróxidos empieza a disminuir, por la formación y destrucción sucesiva de peróxidos, existiendo más rupturas que formaciones, además, los peróxidos creados se transforman en productos secundarios como: aldehídos, cetonas, ácidos, etc.

Según lo enunciado por Cabré y Massó (1992), a partir del primer punto máximo que alcanza una curva en la que se representa el índice de peróxidos contra el tiempo, no se puede asegurar la confiabilidad del análisis, además luego de este tiempo ya no es recomendable la utilización del aceite.

Cabe señalar que los índices de peróxidos en todas las determinaciones realizadas, no son elevados, corroborando lo enunciado por Rossell J.B. (1989), si una grasa tiene peróxidos es porque ha sufrido un proceso de oxidación, pero no podemos precisar en qué grado. Y, además, un índice de peróxidos bajo no permite afirmar que la grasa no ha sufrido oxidación, esto se observa en la evolución de peróxidos del Gráfico A.3.

Cambios en el Índice de Refracción

En el Gráfico A.4 se indica el aumento del índice de refracción, a medida que transcurre el tiempo de retención (horas), se nota un comportamiento similar en todas las concentraciones de antioxidante hasta las 9 horas de calentamiento. A partir de este tiempo el efecto del antioxidante TBHQ es más claro, tal es el caso que para las concentraciones de 100 y 150 ppm de TBHQ existe una tendencia de estabilización en el índice, no así en el aceite de soya RBD sin antioxidante, en el cual el índice de refracción va en constante aumento.

Sin embargo, es necesario señalar que los valores del índice de refracción en el aceite de soya RBD, experimentan el cambio a partir del tercer y cuarto decimal. La detección o no de estas variaciones va a depender de la sensibilidad del equipo utilizado: y, de acuerdo a Mehlenbacher (1960), que reporta para el mismo tipo de aceite variaciones en el índice de refracción, debido a que las insaturaciones son diferentes según el origen del aceite; además agrega que el índice de refracción, es una constante adimensional que depende del carácter y el estado de la sustancia examinada. De hecho, el índice de refracción, está relacionado con la estructura molecular y el grado de insaturación del aceite.

Color Rojo

En el Gráfico A.5 se advierte un claro ascenso del color rojo respecto al tiempo de retención en horas, donde se aprecia la misma tendencia para el aceite de soya sin antioxidante y con 50, 100 y 150 ppm de Ther Butil Hidroxi Quinona.

Color Amarillo

En el Gráfico A.6 se pone de manifiesto que hasta las 9 horas de calentamiento, sobre el color amarillo del aceite de soya RBD, no se aprecia influencia del antioxidante TBHQ en sus diferentes concentraciones. A partir de éste tiempo se advierte el efecto del TBHQ, retardando el aumento de color, en particular a las concentraciones de 100 y 150 ppm.

Selección del Mejor Tratamiento

Un aceite que es sometido a calentamiento continuo a temperaturas de fritura $180^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$, debe ser utilizado hasta que sus características físico – químicas indiquen que el mismo aún es apto para el consumo, es decir que no presente deterioro de sus propiedades.

En nuestro caso estas condiciones de idoneidad se observaron en la concentración de 150 ppm de antioxidante Ther Butil Hidroxi Quinona (TBHQ) y hasta 6 horas de calentamiento del tiempo de retención.

Sin embargo, y para efecto de comparación, durante el proceso de oxidación del aceite de soya RBD, con una concentración de 150 ppm de antioxidante TBHQ, se realizó un seguimiento de los cambios en la composición de ácidos grasos al tiempo inicial y con 3, 6 y 9 horas de calentamiento ($180 \pm 2^{\circ}\text{C}$).

Cinética de Reacción

Según lo enunciado por Labuza y Riboh (1982) y realizando el cálculo de regresión lineal entre el Factor Tiempo de Retención en segundos (variable independiente) y los valores de Índice de Peróxidos en meq O_2/Kg (variable dependiente), se obtuvieron los coeficientes de correlación r con valores entre 0.93 y 0.98, y un promedio de 0.97 que se ajustan a una cinética de orden cero; así como las ecuaciones a las concentraciones de 0, 50, 100, 150 ppm de antioxidante TBHQ. Del Gráfico A.7, se advierte, que a medida que aumenta la concentración de antioxidante, la pendiente de las curvas disminuye.

Los valores de la pendiente de cada ecuación corresponden a la constante de velocidad de oxidación del aceite de soya Tabla A.3, por lo que se nota el efecto del antioxidante TBHQ. Los resultados de velocidad de reacción permiten inferir que la mayor velocidad de oxidación es de 2.6596 E-4 [meq. O_2 / kg] / [s], que corresponde al aceite sin antioxidante y la menor velocidad de 1.7021 E-4 [meq. O_2 / kg] / [s]; a 150 ppm de TBHQ. Esto muestra el efecto reductor de la oxidación por parte del antioxidante, en el aceite de soya RBD y se confirma lo enunciado por Alvarado (1996), quién señala que el mejor antioxidante se selecciona, en función del menor valor de la constante de velocidad de reacción.

Cambios en la Composición de Ácidos Grasos

El Ácido Palmítico C16:0, experimenta un aumento en su composición a medida que el tiempo de calentamiento continúa; su contenido inicial anterior al calentamiento es de 11.5%, para finalizar a las 9 horas con un valor de 12.1%. Similar efecto presenta el Ácido Oleico C18:1, con un contenido de 24.2% al tiempo cero, para alcanzar un porcentaje de 25.6 a las 9 horas.

De acuerdo a la PORIM, citado por Arteaga y Campos (1997), el incremento en el contenido de ácido palmítico y oleico, se debe a la disminución en el porcentaje del ácido que mayor aporta al aceite, que para el caso de la soya, es el ácido linoleico.

Albrigh (1970), citado por Primo y Carrasco (1980) enuncian que en primer lugar reacciona el ácido linolénico transformándose a linoleico. El ácido linoleico esta transformándose en ácido oleico cuando todavía existe ácido linolénico, pero la transformación del ácido linoleico en ácido oleico se completa, prácticamente, antes de que comience la formación de ácidos saturados.

En los resultados experimentales se tiene que el Ácido Linoleico C18:2, inicia con un porcentaje de 54.5, descendiendo su contenido hasta 53.2%, a las 9 horas de calentamiento. De igual manera el Acido Linolenico C18:3, sufre un descenso durante el calentamiento, su valor inicial es de 5.4% y termina con un contenido de 4.7%.

Los descensos de los ácidos Linoleico y Linolénico, se representan en los Gráficos A.8 y A.9 y concuerdan lo expresado por Berger, K.G. (1985), quien establece que a medida que aumenta el número de dobles enlaces en el ácido graso, aumenta también la velocidad de oxidación. Si se toma como 1 la velocidad de oxidación del ácido oléico, entonces la velocidad del ácido linoléico será de 10 y la del ácido linolénico será de 100. Esto es indicativo del por qué los diferentes aceites tienen diferentes estabilidades oxidativas.

El trabajo de Pantzaris (1998), indica que la disminución en la composición de ácidos linoleico y linolénico de los aceites durante el calentamiento, se debe a su destrucción por la oxidación, y sería, por lo tanto una prueba muy útil del desarrollo oxidativo de un aceite.

Estudio Económico

La incidencia en el costo de un litro de aceite de soya Refinado, Blanqueado y Desodorizado (RBD) para el caso de utilizar 150 ppm de antioxidante Ter Butil Hidroxi Quinona (TBHQ) apenas es del 0.48%; es decir no provoca un encarecimiento desproporcionado del producto sobre el cual se aplica, puesto que la inversión monetaria es inferior si se relaciona con el costo que representa producir un litro Aceite de Soya RBD.

El pequeño incremento en el costo del aceite al añadir el antioxidante tiene significación al comparar con los beneficios que se obtienen en cuanto a las características físico – químicas del aceite de soya RBD con antioxidante TBHQ, así como su mejor estabilidad al utilizarlo conforme el estudio lo demuestra.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Está demostrado que el ácido linolénico del aceite de soya Refinado, Blanqueado y Desodorizado (RBD) es el primero que sufre una rápida degradación a la temperatura de trabajo (180 ± 2 °C); y, por tanto es uno de los responsables de la rancidez.

El tiempo de retención (de 0 hasta 21 horas), influye sobre las respuestas experimentales que miden el proceso oxidativo del aceite de Soya RBD, tal es así, que para el caso del Índice de Refracción y Color, el aumento es progresivo conforme transcurre el calentamiento.

La acción del antioxidante aumenta el tiempo en horas del Período de Inducción, y éste es aproximadamente proporcional a la concentración del antioxidante TBHQ. Así, para la concentración de 0 ppm se tiene un Período de Inducción de 5.07 horas, mientras que para 150 ppm el Período de Inducción es de 14.15 horas.

Una vez iniciada la descomposición de los hidroperóxidos originados por la oxidación del aceite de soya durante el calentamiento, este deterioro no es controlado por el antioxidante TBHQ. A partir de las 6 horas de calentamiento la formación y destrucción de hidroperóxidos es similar para todas las concentraciones, y por lo tanto el Índice de Peróxidos ya no es confiable.

La estabilización del aceite de soya con la aplicación de 150 ppm de antioxidante TBHQ (mejor tratamiento), no eleva significativamente el costo del producto final; tal es así que la influencia es sólo del 0.48% sobre el costo de fabricación de un litro de aceite.

El proceso oxidativo del aceite de soya es complejo y, por tanto, las condiciones en las que éste se lleve a cabo influirán en su curso. La oxidación a temperatura ambiente o a 180°C evolucionará de manera diversa y, por lo tanto, no se puede pretender realizar “conversiones” del tiempo de inducción de unas condiciones de ensayo a otras distintas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvarado Juan. (1996). "Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos". Ed. Radio comunicaciones. Quito – Ecuador. pp. 63 – 85.
- Arteaga J. y Campos V. (1996). Tesis. Acondicionamiento de Semilla de Palma Africana (*Elacis Guineensis Jacqs*) para la Extracción de Aceite". UTA – FCIAI. Ambato – Ecuador. pp. 56 – 100.
- Berger, K. G. (1985). Functionality and interchangeability of fats. First product technology course, Porim, Bandar, Baru Bangi, Salangor. Malaysia. pp. 24 – 30.
- Braverman J.B. (1976). "Bioquímica de los Alimentos". Ed. El Manual Moderno. México. pp. 248 – 265.
- Cabré y Massó. (1992). "Oxidación de Aceites y Grasas por el Método Rancimat". Editorial Methrom. España. pp. 1 – 37.
- Evans y col. (1964). Tomado del Manual de Procesamiento y Utilización del Aceite de Soya". Publicación American Soybean Association. USA.
- Farkas y col. (1997). Oxidation Kinetics of Menhaden Oil with TBHQ. Journal of Food Science. Vol. 62. # 3.
- Grindox (1993). Antioxidants: Prolonging Shelf Life by Delaying Lipid Oxidation. DANISCO. USA.
- INEN. (1973). Aceite de Soya. Requisitos. Quito, Ecuador. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma INEN 33.
- INEN. (1973). Grasas y Aceites Comestibles. Determinación del índice de refracción. Quito, Ecuador. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma INEN 42.
- INEN. (1973). Grasas y Aceites Comestibles. Determinación del índice de peróxidos. Quito, Ecuador. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma INEN 77.
- Labuza, T. P. (1982). "Shelf – Life Dating of Foods". Westport, Connecticut. Food and Nutrition Press, Inc. p: 29, 47, 52.
- Labuza , T. P. and Riboh, D. (1982). Theory and application of Arrhenius kinetics to the prediction of nutrient losses in foods. Food Technology., 36(10): 66-71.
- Mehlenbacher, V.C. (1979). "Análisis de Aceites y Grasas". España. Editorial URMO S.A. tomo 6. pp. 637.
- Método Oficial AOCS Cd. 126 – 92. Índice de Estabilidad en Aceites. (OSI).
- Pantzaris T.P. (1998). Comparison of monounsaturated and polyunsaturated oil in continuous frying. Grasas y Acietes. Vol 49 Fasc. 3-4, 319 – 325.
- Porim Report P.O. (1993). Palm Oil Research Intitute of Malaysia. Malaysia.
- Primo E. y Carrasco J. (1980). "Productos para el Campo y Propiedades de los Alimentos". Ed. Alhambra. Tomo III. 3ra ed. España. pp. 208 – 215.
- Zapata Luis. (1995). "Utilización de Aceites en Fritura de Snaks". Presentado en el Seminario Teórico Práctico de Hodupalma, Tela – Honduras. pp. 1 – 3.

ELABORACIÓN DE ALCOHOL Y VINAGRE A PARTIR DE ARAZÁ (*EUGENIA STIPITATA*)

Merwin Aguila M.*
Francisco Mariño E.*
Mario Paredes**

RESUMEN

El arazá constituye una fruta exquisita en aroma y fuente importante de vitaminas, minerales, con alto porcentaje de proteína.

En el Ecuador no es muy conocida menos procesada industrialmente, por ello, se propone realizar dos fermentaciones: alcohólica y acética, para esto se aplican en ambos casos un modelo estadístico $A \times B \times C$.

En la fase alcohólica se tiene: factor A, lugar de procedencia (Puyo y Santo Domingo); factor B, temperatura (20, 25 y 30°C); y, factor C, estandarización (panela y azúcar). El mejor tratamiento es $A_1B_2C_1$ (arazá de Santo Domingo a 30°C con azúcar). En la fase acética los factores son: A, tratamientos (1 y 2 mejores de la alcohólica); B, inóculo (acetobacter comercial y microflora natural); y C, temperatura (20, 25 y 30°C), se escoge experimentalmente como mejor tratamiento es $A_0B_0C_1$ (tratamiento 1, cepa comercial y 25°C).

Entre el alcohol y el vinagre obtenidos se indica que el primero tiene el aroma del fruto dando un toque diferente con otros conocidos; el segundo producto, pierde esta característica por ello es similar a los tradicionales, además en cuanto a costos en alcohol la rentabilidad es superior a la del vinagre pues sus puntos de equilibrio son 48,41% y 63,99%, respectivamente.

INTRODUCCION

Inmersos en la biodiversidad de la amazonía ecuatoriana, se encuentra presente una gran variedad de recursos vegetales de valor para la sociedad contemporánea, qué aprovechados de manera adecuada puede constituirse en breve plazo en significativos renglones de ingresos económicos para el país. Entre las frutas encontramos la conocida como arazá (*Eugenia stipitata*), de gran valor nutricional y de excelente sabor, cuyo proceso de cultivo a nivel de plantación recién ha empezado en el Ecuador en sectores con condiciones ecológicas similares a las de su origen (Suquilanda, 1995).

La dificultad que presenta el fruto al ser altamente perecible y muy sensible a la manipulación (requiriendo por ello de un extremo cuidado en su cosecha, transporte, almacenaje, etc), su comercio ha ido en decadencia por tal motivo se hace necesario dar alternativas de métodos que fomenten su cultivo y en especial su procesamiento, siendo esta última la finalidad de la presente investigación. Con este afán se da la perspectiva de realizar dos tipos de fermentaciones (alcohólica y acética) por considerar que son de relativa facilidad en su elaboración y que los equipos a utilizarse no son muy costosos. Partiendo de esta premisa la bibliografía manifiesta que desde muchos siglos atrás se han efectuado estudios referidos a estos dos tipos de fermentaciones, así Pasteur (1906) luego de investigaciones inherentes al tema concluye que el alcohol se produce por acción de un microorganismo en un mosto de fruta a través de un burbujeo inducido por desprendimiento de gases de dicho mosto; y, si al producto fermentado se lo deja expuesto a la interperie se permitirá una fermentación oxidativa la que es provocada por unas bacterias especiales con la consiguiente formación de ácido acético en este medio y que en cantidades pequeñas (menor al 4%) se le da la denominación de vinagre (Benavides, 1988).

* Egresado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

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

Las bebidas obtenidas de la fermentación alcohólica han recibido diferentes usos, pero más aún se le ha dado al vinagre producto que se lo ha venido utilizando como medio de conservación de alimentos (en especial en panetones, biscochos y panes, para controlar principalmente hongos), como condimento (con la finalidad de conferir un sabor ácido al producto en ensaladas y mayonesas), como agente de limpieza (en materiales metálicos de plata, aluminio, etc.), como antiséptico (en dolencias de la piel), etc (Benavides, 1988).

MATERIALES Y METODOS

Materiales

Se toma como materia prima el arazá (*Eugenia stipitata*) de dos lugares de procedencia: Puyo y Santo Domingo de los Colorados.

Procedimientos

Fermentación Alcohólica

La fermentación alcohólica se inicia con la recepción de la materia prima, luego se pesa en una balanza (OHAUS modelo 700(2160 g)), 1 kg de arazá para cada tratamiento. Seguidamente se lava la fruta con agua y potable a fin de eliminar tierra y materiales extraños. A continuación se realiza el despulpado con ayuda de una licuadora (OSTERIZER modelo A465-31K,3 velocidades) para obtener el jugo

Al jugo obtenido con una dilución 1:1 con agua potable (ITDG, 1992), se realiza la corrección del mosto, para lo que se agrega un edulcorante (panela o azúcar de caña) hasta llegar a 21°Brix (Refractómetro BAUSCH & LOMB serie 091490), luego se ajusta el pH (pH-TESTR 55) adecuadamente para lo que se agrega bicarbonato de sodio hasta llegar a un valor mayor a 4 (Narvaey, 1988) para mejor acción de la levadura.

Para prevenir la acción de microorganismos indeseables se añade 200 ppm de metabisulfito de potasio, realizando lo que se denomina el sulfitado del mosto; además al mismo se lo enriquece con extracto de levadura y fosfato ácido de amonio (1g/l, respectivamente), como nutrientes necesarios para acelerar el proceso de fermentación (Fernández y Zapata, 1994).

Luego se deja reposar por el lapso de 3 horas para ayudar a la aireación del mosto lo que facilita el desarrollo de las levaduras. Pasado este tiempo se procede a la inoculación para lo que se utiliza 1g de levadura de pan (*Saccharomyces cerevisiae* de Levapan) por cada 3 l de mosto. (Lara y Lara, 1985)

En un microfermentador de plástico (polietileno de alta densidad) de capacidad de 2 l se realiza la fermentación alcohólica propiamente dicha. Luego de finalizada esta fermentación (cuando los grados Brix se estabilizan al mínimo), se realiza la decantación.

A medida que se desarrolla la fermentación se realiza mediciones periódicas de °Brix y pH hasta el final de la misma, donde se procede a determinar el grado alcohólico para cada tratamiento (Carbonell, 1970). A fin de ajustar ambientes de 20, 25 y 30°C, se utilizan incubadoras (MEMMERT precisión B-30).

Mediante el análisis estadístico se determina el mejor tratamiento y a este se lo destila sin dilución obteniendo alcohol al que se lo envasa en botellas de vidrio con tapa rosca y de 1 l de capacidad, previamente lavadas y desinfectadas con solución de metabisulfito de potasio a 200 ppm.

Reventos (1986) indica que el destilado es un líquido débil que no supera los 25°GL, y latiginoso por contener aceites volátiles, con olor no grato, a lo que se conoce como “flema”. A ésta se realiza una redestilación, cuidando de separar los líquidos resultantes de la cabeza y cola. El producto del corazón destila a 60-65°GL y después desciende a 48-50°GL.

En el producto de la redestilación se diferencia dos grupos: uno a 50-62°GL que es el agua-ardiente de primera calidad; y, el segundo de 48-50°GL que es el agua-ardiente ordinario.

2.2 Fermentación acética

A partir del análisis estadístico de la fermentación alcohólica se establecen dos mejores tratamiento con los que se prosigue en la fermentación acética.

Después de la **recepción** de los tratamientos se procede a disminuir con agua potable los grados alcohólicos hasta llegar a menos de 10°GL (Benavides, 1991), para un desenvolvimiento adecuado de las bacterias acéticas, luego se continúa con la **inoculación**, para lo que se recurre al uso de un iniciador acético (ADITMAQ, S.A.) a partir de una cepa de *Acetobacter orleanense s.pp. industrius* en un porcentaje de 20% v/v; así mismo se utiliza un mosto acetificado que se obtiene de la mezcla de un vinagre fuerte (sin pasteurizar) con la cáscara de la fruta (Carrión, 1987), en la misma proporción anterior. Adicionalmente para fines de enriquecimiento del mosto se agrega fosfato ácido de amonio 5g/l; sulfato de magnesio 0,5g/l; extracto de levadura 1g/l (Razo y Guillén, 1990).

Luego se procede a la fermentación propiamente dicha para lo que se utiliza un equipo apropiado (Figura 1), con una adecuada entrada de aire, facilitando la acción de las bacterias acéticas. El equipo se forma de un recipiente de plástico (polietileno de alta densidad) recubierto en la parte superior de una malla de nylon para evitar que se presenten impurezas que afecten al medio; en la parte interna se agregan coronto de maíz molido (en un 2% aproximadamente del volumen total del recipiente, ITDG, 1992), una malla intermedia de nogal para ubicar las cáscaras del fruto. En la parte superior se adecúan 2 mangueras para toma de muestras que en su extremo libre tienen gasas para evitar contaminaciones.

Cuando el porcentaje de ácido acético ha llegado a un valor entre 4 y 5%, se procede a la **decantación** del vinagre obtenido (Razo y Guillén, 1990).

Separado del equipo de fermentación, el vinagre se filtra a través de un filtro de poro fino (# 0,5 micras) con ayuda de una bomba de vacío (DAYTER SK 917, 1/3 HP, Lara y Lara, 1985).

El vinagre ya filtrado se someterá a una pasteurización, a 80°C por 15 min (ITDG, 1992), para evitar contaminaciones y que se genere más acidez en el vinagre. Paralelo a la filtración se realiza el lavado y sulfitado (en solución con agua y 200 ppm de metabisulfito de potasio) de los envases adecuadamente seleccionados. Se utilizan botellas de plástico transparentes con rosca de 450 ml de capacidad con las que se realiza el envasado.

Finalmente al vinagre obtenido se determina el porcentaje de alcohol, grado acético, extracto o residuo seco y presencia de ácidos minerales (Carbonell, 1970), así también como su absorbancia (ESPECTROFOTOMETRO VARION 634, con 6 celdas, Lara y Lara, 1985), con una longitud de onda de 700 nm (Lara y Lara, 1985).

Para mantener los ambientes de fermentación de 20, 25 y 30°C, al igual que en la fase alcohólica, se utilizan 2 incubadoras (MEMMERT precisión B-30).

Análisis Realizados

Materia Prima

Análisis Proximal

En la materia prima se determinó:

- Humedad, con una balanza METTLER PM 480 (Método IITI)
- Cenizas, con una mufla THERMOLYNE 1500 Formace (método AOAC N 15.016, 1980)
- Proteína, con un equipo micro Kjeldahl (Método AOAC N° 14.068 modificado, 1980)
- Fibra, con un equipo determinador de fibra LABCONCO (método de óxido-reducción).

Fermentación Alcohólica

Grados Brix y pH Durante la fermentación se toman lecturas de descenso de grados Brix (refractómetro BAUSCH & LOMB serie 091490) y pH (pH-TESTR 55) como otra medida de control de este proceso fermentativo.

Acidez Total Se determina mediante lo recomendado por Soria y Peñaherrera (1997) a través de la Norma INEN N° 341 y expresada como ácido cítrico, debido a que el arazá presenta un alto porcentaje de este ácido.

Grado Alcohólico Se determina mediante la destilación del producto obtenido al finalizar el proceso, según lo indicado por Carbonell (1970). Así mismo, para la determinación del grado alcohólico por el método de medición de la gravedad del “vino tierno” sin dilución, luego de desechar las primeras gotas del destilado por considerarse producto de cabeza (o puntas) y las gotas que denoten debilidad y produzcan menor grado alcohólico, recogiendo entonces el producto de corazón (o intermedio), con lo que se consigue un alcohol de adecuada graduación y que según Reventós (1986) se denominará aguardiente ordinario (47°GL).

Microbiología Se realiza un conteo total en un medio PCA (Difco) incubados por 24h a 37°C; y de mohos y levaduras en un medio PDA (Merck) incubados por 48h a 30°C. Para el conteo (Darkfield QUEBEC colony counter) se eligen cultivos entre 30 y 300 colonias (Norma INEN 1338.96).

Análisis Estadístico Matemático Las respuestas experimentales se analizan de acuerdo a lo sugerido por Saltos (1993).

Fermentación Acética

Acidez Total Se determina la acidez inicial expresada como Acido Acético según la ecuación:

$$\%Ac.Acet. = \frac{Vg * N * f1 * f2}{Vt} * 100$$

Con la misma ecuación se tomarán lecturas periódicas del incremento de acidez a lo que Carbonell denomina como “grado acético” que servirá como medida de control.

Porcentaje de Alcohol Que se determina al final de la fermentación para establecer si el valor se encuentra dentro de límites recomendados por Acuarone (1983), referente a vinagres y siguiendo el método descrito por Carbonell (1979).

Absorbancia Lara y Lara (1985) sugieren la longitud de onda de 700 nm para establecer valores de crecimiento celular o absorbancia del medio que se acetifica esto se realiza con ayuda de un espectrofotómetro (VARIAN 634, con 6 celdas).

Extracto o residuo seco y presencia de ácidos minerales Se determina aplicando los métodos descritos por Carbonell (1970). Para estos análisis se utilizan cápsulas de porcelana, estufa VWR 1360, balanza analítica METTLER HR 160, solución de violeta de metilo 0,01%.

Microbiología Se realiza un conteo total con un medio PCA (Norma INEN 1338-96)

Análisis Estadístico Matemático Las respuestas experimentales se realizan según lo sugerido por Saltos (1993) y el programa MSTATC.

Análisis Sensorial El vinagre obtenido se somete a pruebas de análisis sensorial para lo que se utiliza una ensalada o encurtido de vegetales, siguiendo algunos aspectos recomendados por Carbonell (1970) y Amerine (1976), para el empleo de escalas apropiadas.

Diseño Experimental

Fermentación Alcohólica

Se propone para la fermentación alcohólica, un Diseño Experimental Factorial de tipo AxBxC con los

siguientes factores y niveles son:

FACTORES	NIVELES
A : Lugar de procedencia	a0: Puyo
	a1: Sto. Domingo de los Colorados
B : Temperatura	b0: 20°C
	b1: 25°C
	b2: 30°C
C : Estandarización	c0: Panela
	c1: Azúcar

Fermentación Acética

Para esta nueva fermentación se plantea al igual que la anterior un Diseño Experimental Factorial AxBxC con los siguientes factores y niveles:

FACTORES	NIVELES
A : Tratamientos	a0: Tratamiento 1
	a1: Tratamiento 2
B : Inóculo	b0: Acetobacter comercial
	b1: Microflora natural
C : Temperatura	c0: 20°C
	c1: 25°C
	c2: 30°C .

Análisis Económico

En base al mejor tratamiento en la fase alcohólica y acética se realiza una proyección económica del experimento a nivel de planta piloto con lo que se da una forma más adecuada en la explicación de lo que se necesita para obtener alcohol y vinagre de arazá. Para esta proyección se siguen las recomendaciones reportadas por Soria y Peñaherrera (1997).

RESULTADOS Y DISCUSION

Fermentación Alcohólica

Materia Prima

Los datos de análisis realizados a la fruta, al compararse entre sí, dejan en claro la diferencia que existe, exceptuando en fibra, en todos los otros análisis, lo que se atribuye a la influencia del medio de cultivo, su forma de desarrollo y el tipo de suelo (Suquilanda, 1995).

Parámetros de Control

El control de la fermentación alcohólica de arazá en cada uno de los tratamiento se llevó a cabo tomando lecturas periódicas de °Brix y pH, donde se nota el descenso de °Brix en forma continuo y en la parte final este se ve retardado hasta que se para, debido al alto porcentaje de alcohol presente en el medio y al poco sustrato (necesario para el desarrollo de levaduras) que se encuentra en el medio (Buchman, 1980).

Los valores de pH varían entre 3,58 y 2,71 para los tratamientos de la experiencia, con un promedio de 3,10. Benavides (1988) cita que el pH recomendado en un mosto para fermentación alcohólica debe estar en un rango de 3 a 6; Peñaherrera y Soria (1997) por su lado expresan que el pH adecuado es de 3,5; según estos criterios, podría afirmarse que en la investigación, el mosto presentó siempre condiciones favorables para el proceso fermentativo.

Si se determinan regresiones semilogarítmicas entre descenso de °Brix vs. tiempo de fermentación, se presenta la opción de realizar ecuaciones lineales semilogarítmicas. Las ecuaciones son obtenidas hasta una

lectura anterior a la de estabilización de °Brix, cabe resaltar que se logra establecer un alto coeficiente de regresión de las rectas obtenidas (valores superiores a 0,9, en la mayoría de los casos); en cuanto a las pendientes, las que presenta relación estrecha con la velocidad de fermentación, se deduce que mientras mayor inclinación presente, menor será la velocidad y viceversa.

Respuesta Experimentales

Pendientes calculadas Los datos de las pendientes son sometidos a un análisis estadístico cuya Tabla ANOVA determinándose que a un nivel de significancia 0,05, no existe diferencia estadística significativa para la variable pendiente.

Grados Brix Los datos finales para ° Brix, se encuentran entre 10 y 8, a los que se aplica un análisis de varianza señalándose que para la variable °Brix, existe diferencia significativa en el caso del factor B (temperatura) y la interacción doble AB (procedencia, temperatura). La prueba de diferenciación “Tukey” para este caso, reporta que a un nivel de $\alpha = 0,05$, se obtiene un menor valor de °Brix en el caso de trabajar a 30°C (promedio de 8,9 °Brix), es decir, el nivel 2 del factor B (temperatura). En el caso de la interacción AB el menor valor promedio es de 8,3°Brix que corresponde a A1B1 (Santo Domingo, 25°C).

Acidez En lo referente a los datos de acidez el análisis de varianza, determina diferencia estadística en un nivel de confianza de 95%, para los factores: A (procedencia) y B (temperatura); las interacciones dobles: AB (procedencia-temperatura), AC (procedencia-estandarización) y BC (temperatura-estandarización); además para la interacción triple ABC (procedencia-temperatura-estandarización).

Grado Alcohólico Los datos determinados para el grado alcohólico para todos los tratamientos se hallan entre 13,0 y 15,9°GL, lo que indica una alta concentración alcohólica en el producto. Se realiza un análisis de varianza según el cual existe diferencia significativa a un nivel de significancia de 0,05 para los factores A (procedencia), B (temperatura) y C (estandarización); para las interacciones dobles AB (procedencia-temperatura), AC (procedencia-estandarización) y BC (temperatura-estandarización); además existe diferencia entre tratamientos para el caso de la interacción triple ABC (procedencia-temperatura-estandarización).

Determinación del Mejor Tratamiento Realizando un adecuado seguimiento de los diferentes análisis de varianza y sus respectivas pruebas de diferenciación se concluye que el mejor tratamiento en la fase alcohólica es de A1B2C1 (fruta de Santo Domingo de los Colorados, temperatura de fermentación de 30°C y estandarizado con azúcar).

Análisis Microbiológico del mejor tratamiento Peñaherrera y Soria (1997), citan que el valor requerido en alimentos válido para consumo humano es de menor de 10^6 ; y de acuerdo a los resultados obtenidos de conteo total ($5,4 \times 10^5$ ufc/ml); y, de mohos y levaduras ($2,4 \times 10^5$ ufc/ml), se aprecia que el producto obtenido está libre de microorganismos patógenos y puede ser utilizado en la fase acética.

Fermentación Acética

Materia prima

Como materia prima se considera el mejor tratamiento de la fermentación alcohólica a1b2c1 (fruta de Santo Domingo de los Colorados, fermentados a 30°C y estandarizados con azúcar), al que se le denomina “tratamiento 1”; y, para fines de obtener resultados adecuados de acuerdo a los objetivos planteados en la investigación, se toma además el tratamiento a0b2c1 (fruta del Puyo, fermentados a 30°C y estandarizados con azúcar) que se denominará “tratamiento 2”. En el tratamiento 1 el grado alcohólico se baja hasta 10°GL y en el tratamiento 2 se llega a 9,8°GL, pues Benavides (1988) indica que si el grado alcohólico es mayor, no se forma la masa zooglícal y la fermentación es incompleta.

La acidez inicial es de 1,40% para el tratamiento 1 y de 1,38% para el tratamiento 2. Carrión y Parra (1987) afirman que el arranque de la fermentación acética debe ser con una acidez superior al 1% para obtener mejores condiciones de desarrollo y actividad para las bacterias acéticas.

Parámetros de Control

Principalmente en el desarrollo de la fermentación acética se controla mediante lecturas periódicas de acidez expresada como ácido acético. La acidez alcanza un valor aproximado del 4% donde se para el proceso para continuar con los pasos de mejoramiento del producto, luego de los cuales toma el nombre de “vinagre” (Banwart, 1979)

Los valores de acidez se van incrementando más rápidamente en los casos en que se utiliza iniciador partido de una cepa de acetobacter, y no así en el caso donde se experimenta con la microflora propia de la fruta, lo que tiene lógica, ya que en el primer caso se presenta un mayor número de bacterias acéticas, las que requieren de menor tiempo para el proceso fermentativo acético; mientras que en el segundo caso en la microflora propia de la fruta no sólo actuarán microorganismos que favorecen a la fermentación acética (*Acetobacter*, *Gluconobacter*, etc.), sino además se encuentran otros que no la favorecen (levadura, por ejemplo) (Narwaey, 1988), lo que afecta directamente en el tiempo de fermentación.

Respuestas experimentales

Acidez Total Para los valores de acidez total final se aplica un análisis de varianza a un nivel de confianza de 95% en el cual se determina que existe diferencia estadística significativa para los factores A (tratamiento), B (inóculo) y C (temperatura); para las interacciones dobles AB (tratamiento-inóculo) y BC (inóculo-temperatura); y también en el caso de la interacción triple ABC (tratamiento-inóculo-temperatura).

Porcentaje de Alcohol El análisis de varianza para los valores del porcentaje de alcohol determinan diferencia estadística significativa para un nivel α de 0,05 en el caso del factor A (tratamiento), en la interacción doble AC (tratamiento-temperatura) y en la interacción triple ABC (tratamiento-inóculo-temperatura).

Absorbancia Los valores determinados para la absorbancia, mismos que son sometidos al análisis de varianza con la que se establece que existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% para el factor B (inóculo), factor C (temperatura); las interacciones dobles AC (tratamiento-temperatura), BC (inóculo-temperatura) y la interacción triple ABC (tratamiento-inóculo-temperatura).

Determinación del mejor tratamiento De acuerdo a los análisis de varianza de las respuestas experimentales se establece como el mejor tratamiento al A0B0C1 (tratamiento 1, cepa comercial y 25°C).

El segundo mejor tratamiento establecido es el A1B0C2, es decir manteniendo el inóculo y la temperatura y variando el tratamiento de 1 a 2, con el fin de obtener vinagre con arazá proveniente de Puyo.

Extracto o residuo seco y presencia de ácidos minerales El extracto o residuo varía entre 15,8 y 16,3 g/l, cumpliendo con lo afirmado por Carbonell (1970), quien indica que un valor inferior a 15 g/l de vinagre da muestra de presencia de vinagre no vínico o de ácido acético sintético.

En cuanto a la presencia de ácidos minerales se observa que en ninguno de los casos se detecta la presencia de ácidos minerales o de ácidos fuertemente disociados. Esto asegura que el vinagre es de buena calidad y no contiene elementos o compuestos que puedan afectar su composición, conservación y vida útil.

Análisis microbiológico Realizado el conteo total cuyo resultado es de $1,3 \times 10^5$ ufc. valor inferior al requerido como norma general para el caso de productos alimenticios, se dice que este alimento es apto para el consumo humano.

Evaluación Sensorial Los resultados de las pruebas sensoriales a través de escalas hedónicas aplicadas a catadores para las variables: olor, acidez, sabor, sabor extraño y aceptabilidad. Las pruebas sensoriales se realizan a dos tratamientos y dos vinagres comerciales que se usan como blanco.

Olor: Se establece en el ANOVA no existe diferencia significativa entre los tratamientos para el olor. Un promedio para esta característica es de 3,29, es decir que los catadores con referencia al olor, consideran que éste es ligeramente fuerte. En efecto, el vinagre obtenido presenta un olor no característico de vinagre, que generalmente es más moderado que el de las muestras.

Acidez: El análisis de varianza para la variable acidez según el cual a un nivel de significación de 0,05 no existe diferencia significativa entre los tratamientos. El promedio para esta variable es de 3,42, interpretando que los catadores consideran a este atributo como “ácido característico”.

Sabor: El análisis de varianza para el sabor muestra que a un nivel α de 0,05 no existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que es necesario establecer un promedio con el fin de caracterizar al producto. El valor medio para la variable sabor es de 3,08 es decir que los catadores califican al vinagre en general como de sabor “normal”. Este valor medio se repite constantemente en las características organolépticas anteriores.

Sabor extraño: Con el fin de establecer diferencia estadística para la variable sabor extraño se realiza un análisis de varianza. Al final del análisis se establece que no existe significancia estadística. El promedio calculado es de 3,46 lo que caracteriza al vinagre como “ligeramente perceptible desagradable”.

Aceptabilidad: Al igual que en los casos anteriores el análisis de varianza, muestra que no existe diferencia estadística entre los tratamientos. El promedio calculado es de 2,54, lo que ubica al producto entre “agrada poco” y “no agrada ni desagrada”.

En conclusión el análisis sensorial permite afirmar que el producto fue aceptado con ciertas observaciones. Lo importante en este análisis es que al no existir diferencia entre los tratamientos, los catadores no diferenciaron las muestras de la investigación de las muestras comerciales, lo que puede considerar como un indicativo positivo para el producto.

Determinación de la velocidad específica de formación

Luego de haber establecido el mejor tratamiento de la fermentación acética se procede a calcular la velocidad específica de formación del producto, velocidad específica de crecimiento y tiempo de generación.

Para el cálculo de la velocidad específica de formación del producto es necesario calcular la ecuación de la recta entre los valores de porcentaje de acidez vs. tiempo (con los valores del tratamiento A1B2C1), así:

% acidez (promedios)	Tiempo (h)
1,390	0
1,605	24
1,820	48
2,015	56
2,490	72
2,900	80
3,270	96
3,785	104
4,220	175
5,900	184

Establecimiento de la ecuación de la línea recta:

$$y = mx + b$$

$$\% \text{ ac. acético} = 2,26 \times 10^{-2}(x) + 1,0473; r^2 = 0,9542$$

Donde se puede apreciar el alto coeficiente de correlación indicando que esta fermentación sigue una cinética de cero orden.

Ahora, considerando a la pendiente como la velocidad específica de formación del producto (α) expresada en unidad de tiempo elevado a la -1 , en el presente caso se tiene que:

$$\alpha = 2,26 \times 10^{-2} \text{ h}^{-1}$$

Para el cálculo de la velocidad de crecimiento, se recurre a lo indicado por Bu'lock (1991) quien manifiesta que la velocidad específica de formación del producto es igual al cociente entre la velocidad de crecimiento sobre la constante 2,303, así:

$$\alpha = \mu / 2,303$$

De donde, al despejar μ , se obtiene la velocidad de crecimiento en unidades de tiempo elevada a la -1 .

$$\mu = \alpha \times 2,303 \qquad \mu = 0,0519 \text{ h}^{-1}$$

Siguiendo con el tiempo de generación o tiempo de duplicación y para su cálculo se considera la relación:

$$\mu = \ln 2 / g \qquad \mu = 0,693 / g$$

De donde al despejar "g" se obtiene el tiempo de generación en unidades de tiempo, así:

$$g = 0,693 / \mu \qquad g = 13,35 \text{ h}$$

El aspecto biotecnológico permite comprender que el crecimiento de la biomasa se puede determinar por dos vías, en otras palabras, el crecimiento de los microorganismos (crecimiento celular o absorbancia) se puede obtener numéricamente de dos formas, la uno con la determinación de μ y la otra con la determinación de g; las dos se relacionan estrechamente.

De acuerdo a los resultados obtenidos de μ y g, se manifiesta que en el primer caso el valor es considerado como apropiado para fermentación acética; y, para el valor de g, da la idea que la reproducción de los microorganismos es muy acelerada pero está en una lógica para este tipo de proceso fermentativo.

CONCLUSIONES

Fermentación Alcohólica

- El arazá utilizado para la fermentación alcohólica debe encontrarse en un estado semi-maduro o pintón para asegurar que las bayas se encuentren enteras y sin melladuras o partes en descomposición que pueden alterar la calidad del fruto y por ende influir en las características del producto terminado, además porque al ser madura se corre el riesgo de que se encuentre en un proceso de descomposición; y al estar verde, la fruta no presenta condiciones adecuadas para una favorable fermentación alcohólica.
- El uso del arazá procedente del Santo Domingo de los Colorados es el que ha reportado mejores resultados para la presente investigación, hecho atribuido a las técnicas de plantación, control fitosanitario, pero especialmente a la zona de cultivo pues al iniciarse esta plantación en estos terrenos "frescos", el fruto adquiere una mejor composición que el de la zona oriental donde la competitividad con otros cultivos afecta directamente sobre el mismo.
- La fermentación alcohólica del arazá produce un "vino" con un alto grado alcohólico (de hasta 15,9°GL), que al ser destilado permite obtener un alcohol de características organolépticas singulares, en especial el aroma ya que mantiene el exquisito olor de la fruta que lo hace diferente a los ya existentes, auspiciando con ello la garantía de la acogida y éxito en la comercialización.
- Al utilizar azúcar y panela como edulcorante en el ajuste de grados brix, iniciales en el mosto, se denota la ventaja clara de utilizar azúcar, pues además de no representar una diferencia significativa en el costo, también se tiene la facilidad de decantar con menos dificultad que la presentada por los tratamientos que fueron ajustados con panela; por otro lado, el color no es tan intenso en el "vino" decantado y esto favorece a que el vinagre sea claro y no de un color amarillento, el que puede ir en desmedro de su aceptación.
- La temperatura adecuada para la fermentación alcohólica del arazá es de 30°C, pero se debe señalar que en el análisis estadístico se presenta la posibilidad de aplicar 25°C sin que se vean mayormente afectados los resultados deseados, esta opción es válida por el ahorro significativo que representa ya que puede considerarse como un valor de temperatura promedio de la zona de Santo Domingo de los Colorados y del Puyo.

- El análisis económico indica un punto de equilibrio de 48,41% el que se lo puede considerar como aceptable, dejando un claro que el alcohol conserva el aroma de la fruta y que el grado alcohólico es alto (47,5°GL) el expendio del mismo se vislumbra promisorio y por otro lado, el costo por litro no es alto asegurando aún más su facilidad en la introducción al mercado.
- Los mejoradores utilizados en la fermentación alcohólica (extracto de levadura y fosfato ácido de amonio) son adecuados y no transfieren al producto características que puedan afectar su calidad.

Fermentación Acética

- El iniciador procedente de la cepa de *Acetobacter orleanense s.p.p industrius* es el que mejor resultado produce en la fermentación acética, puesto que se provoca en menor tiempo la acidez deseada (alrededor del 4%) y con mayor velocidad en consumo de sustrato.
- El denominado tratamiento 1 en la fermentación acética (es decir, el A1B2C1 de la fermentación alcohólica), es el mejor para la obtención de vinagre estadísticamente, dejando en claro que el fruto de Sto. Domingo de los Colorados es el más apropiado en la producción de vinagre, con esto se expresa la categoría que este fruto alcanza y la confianza que se debe brindar por parte de los agricultores.
- El vinagre obtenido a 25°C es considerado el mejor y esto implica que no sería necesario el uso de incubadores, como ya se explicó las zonas donde se pretende aplicar el proyecto son cálidas y esto implica una grande ventaja en la elaboración de este producto.
- No se reporta diferencia apreciable en rendimiento de vinagre al utilizar frutas provenientes del Puyo y Sto. Domingo de los Colorados, puesto que tanto la una como la otra al ser extraído su jugo, rinden cantidades sino iguales, muy semejantes, más bien la diferencia de los frutos según su procedencia se da en su composición como proteína, fibra, etc.
- El vinagre se presenta en botellas de vidrio con el fin de competir no solo en calidad sino en presentación con los vinagres comerciales, a pesar de la dificultad que presentaría para su transportación se manifiesta que el costo de una botella de vidrio no es tan elevado en comparación con las botellas plásticas. Se puede argumentar que en la actualidad existen botellas plásticas similares a las de vidrio que podrían ser una alternativa para reemplazar el envase de vidrio y facilitar su manipulación y disminuiría el peso del producto, lo que incluso influiría en el vehículo de transporte que no tendría que aplicar marchas de fuerza cooperando a evitar contaminación ambiental.
- El vinagre obtenido con inóculo de cepa se diferencia del obtenido con el iniciador partido de cáscara del fruto en el tiempo de fermentación, así en el primer caso se tiene un tiempo de 184h, mientras que en segundo caso el tiempo es de 360 horas; en rendimiento no hay diferencia significativa puesto que los dos casos provocan una fermentación acética con cantidades semejantes de vinagre.
- El olor de los vinagres obtenidos tanto con fruto del Puyo como de Sto. Domingo de los Colorados reciben una calificación de “ligeramente fuerte”.
- La característica acidez se ubica en “ácido característico”; el sabor está catalogado como “normal”; en sabor extraño recibe calificación de “ligeramente perceptible desagradable” y, en aceptabilidad se ubica entre “agrada poco” y “ni agrada ni desagrada”.
- Con estos resultados de la evaluación sensorial se concluye que los vinagres obtenidos se ubican en una aceptación media, lo que ratifica el sentido de que el producto experimental es acogido en igual medida que los comerciales. y con ello el producto tendrá el nivel de aceptación apropiado para su venta.
- El valor de g (tiempo de generación) obtenido en el experimento fue de 13,25h. Lo cual según Bullock (1991) que manifiesta que al tratarse de bacterias este valor puede variar desde 30 minutos hasta varios días indicando la validez del dato obtenido en la experiencia realizada.
- Por otro lado se manifiesta que el valor de la velocidad específica de crecimiento es de $0,0519 \text{ h}^{-1}$, lo que indica que los microorganismos presentó en el medio se adaptan a las condiciones presentadas para la fermentación acética con cierta facilidad, de igual manera al apreciar el valor de velocidad específica de formación del producto (α) es de $2,26 \times 10^{-2} \text{ h}^{-1}$, valor que se puede comprender como aceptable dentro del proceso fermentativo. Además se debe tomar en cuenta que la reacción sigue un orden cero, criterio que se deduce al observar la ecuación de la línea ruta donde el r^2 es 0,9542.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACUARONE, E., "Biotecnología. Alimentos e bebidas produzidas por fermentação". Vol. 5, Ed. Edgard Blucher Ltda, Sao Paulo. Brasil, 1983.
- AMERINE, M. y OUCH, C. "Análisis de los vinos y mostos". Ed. Acribia. Zaragoza – España, 1976.
- AOAC. "Official methods of analysis of the Asociation of Official Analytical Chemists". 138va. edición. Washington D.C., 1980
- BANWART, G. "Microbiología básica de los alimentos". Ed. Bellatera. España, 1979.
- BENAVIDES, Vicente. "Estudio de la cinética de la fermentación acética del plátano de seda y del orito". Tesis de Grado. Universidad Central del Ecuador, 1988.
- BREMOND, E. "Técnicas modernas de vinificación y de conservación de los vinos". Trad. Miguel Baviate. Ed. José Monsó. Barcelo, España, 1966.
- BUCHMANN, Ernest Erich. "Bioquímica Técnica. Química de las fermentaciones y agrícola". Trad. Aurora Torrome. Ed. Acribia. Zaragoza, España, 1980.
- CARBONELL, M. "Tratado de vinicultura: Anexo sobre vinagres". Ed. Aedos. Barcelona-España, 1970.
- CARRION, F. y PARRA, F. "Estudio de la cinética de la fermentación acética del plátano". Tesis de Grado. Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador, 1987.
- CORPORACION ANDINA DE FOMENTO "Manual técnico del cultivo de arazá". Asistencia Agroempresarial Agribusiness Cía. Ltda. Quit-Ecuador, 1992.
- FAO, "Frutas tropicales". Segunda Mesa Redonda de la Red Latinoamericana de Agroindustria de Frutas Tropicales, 1990.
- FERNANDEZ, M. y ZAPATA, E. "Elaboración de vino de ubilla (*Physalis peruviana*). Tesis de Grado. Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador, 1994.
- FRAZIER, W.C. y WESTHOFF, D.C. "Microbiología de los alimentos". 3ª. ed. Ed. Acribia. Zaragoza-España, 1985.
- ICMSF. "Técnicas de análisis microbiológicos". Vol. 1. Ed. Acribia. Zaragoza-España, 1975
- INEC. Encuesta anual de manufactura y minería. Tomo 1. Quito-Ecuador, 1994.
- INEN, Norma Ecuatoriana "Bebidas Alcohólicas" N° 341. "Determinación de la acidez" N° 347, 1980.
- ITDG. "Vinagre de fruta". Serie procesamiento de alimentos N°2. Tecnología Intermedia. Perú, 1992.
- JAGNOW, G y WOLFGANS, D. "Biotecnología. Introducción con experimentos modelos". Trad. María López Buesa. Ed. Acribia. Zaragoza, España, 1991.
- JÖRGESEN, A. "Microbiología de las fermentaciones industriales". 7ª. ed. Trad. Dr. Federico Klein Kuappe. Ed. Acribia. Zaragoza, España, 1959.
- KIRK, R. y OTHMER, D. "Enciclopedia de Tecnología Química". 1ª. ed. UTEHA. Tomo 7. Barcelona-España, 1962.

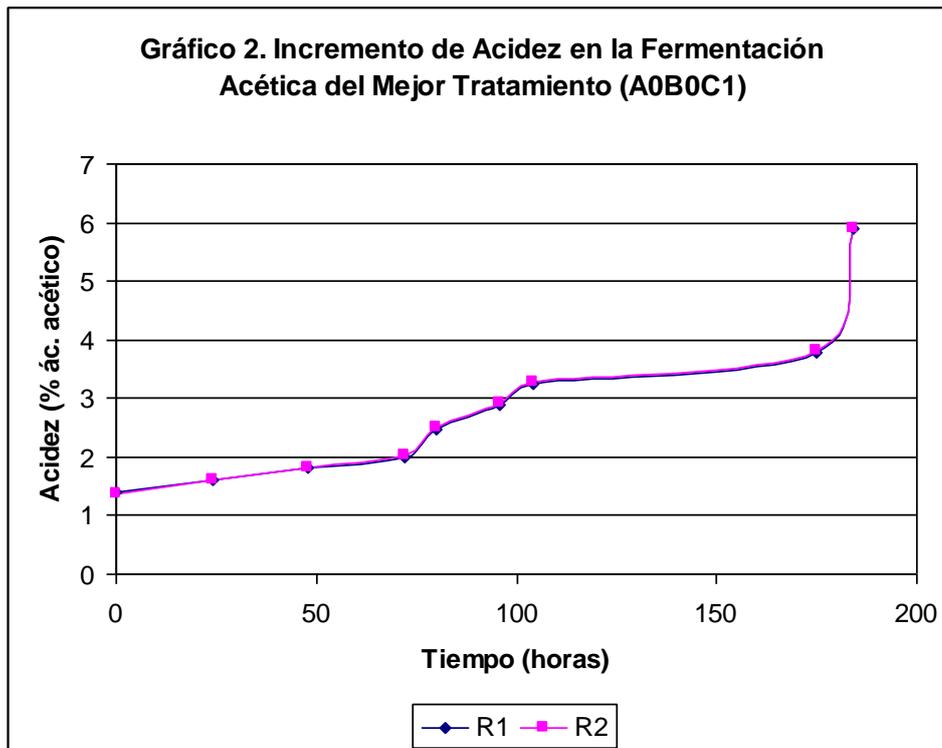
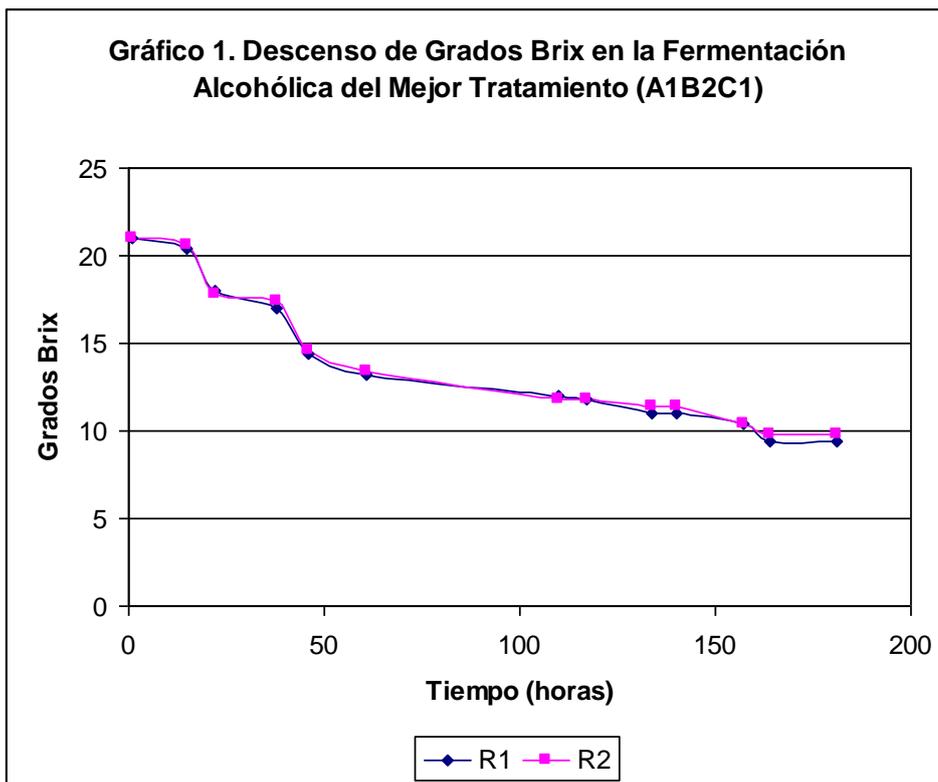
- LARA, I. y LARA, N. “Estudio de la fermentación alcohólica y acética del jugo de desechos de piña”. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador, 1985.
- LEES, R. “Manual de análisis de alimentos”. Trad. Andrés Marcos Barrado. Ed. Acribia. Zaragoza-España, 1969.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. “Métodos oficiales de análisis de vinagres”. España, 1986.
- MONROY, O. y VINIEGRA, G. “Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos”, A.O.T. Editos S.A., México, 1981.
- MULLER, G. “Microbiología de los alimentos vegetales”. Ed. Acribia. Zaragoza-España, 1981.
- NARWEY, E. “Cinética de la fermentación de la fresa”. Tesis de Grado. Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador, 1988.
- PEÑAHERRERA, J. y SORIA, P. “Industrialización del camote (*Ipomoea batatas*) mediante fermentación alcohólica y ensilaje del residuo”. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador, 1997.
- PINEDO, P., RAMIREZ, N. y BLASCO, M., “Notas preliminares sobre el *arazá (Eugenia stipitata)*”. IICA, Publicación Miscelánea N° 229, Lima-Perú, 1981.
- RAZO, F. y GUILLEN, W. “Cinética de la fermentación acética del tomate de árbol en un reactor empacado de lecho fijo”. Tesis de Grado. Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador, 1990.
- REVENTOS, P. “Destilación de alcoholes”. 3ª. edición. Ed. Sintesis S.A., 1986.
- SALTOS, H.A. “Diseño Experimental. Aplicación de procesos tecnológicos”. Ed. Universitaria. Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 1993.
- SAMANIEGO, C. “Diseño de un reactor bioquímico para la producción de ácido acético a partir de piña”. Tesis de Grado. Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador, 1980.
- SASSON, A. “Las biotecnologías: Desafíos y promesas” UNESCO, 1984.
- SCHMIDT-HEBBEL, H. “Ciencia y Tecnología de los Alimentos”. Ed. Universitaria. Santiago, Chile, 1973.
- SUQUILANDA, Manuel. “Arazá, Manual para la producción orgánica”. Ediciones UPS – FUNDAGRO. Quito, Ecuador. 1995.
- VOGT, E. “La fabricación de vinos”. Trad. Silvia Herbey. Ed. Acribia. Zaragoza-España, 1972.
- WARDOWS KY, N.A., “Fruits and tropical and subtropical origin”. Florida Science Source, Inc. Florida USA, 1990.
- WISEMAN, A. “Principios de Biotecnología”. Ed. Acribia S.A. Zaragoza – España, 1986.

Tabla 1. Porcentaje de alcohol, ° Brix, acidez expresada en % de ácido cítrico, pH y pendiente, obtenidos al final de fermentación alcohólica

Tratamientos	° Alcohólico	° Brix	Acidez	pH	Pendiente
A0B0C0R0	13,4	9,0	0,283	2,73	0,00198
A0B0C0R1	13,0	8,2	0,283	2,74	0,00164
A0B0C1R0	13,8	10,0	0,281	2,73	0,00161
A0B0C1R1	13,6	10,0	0,295	2,81	0,00150
A0B1C0R0	13,4	10,0	0,297	2,83	0,00183
A0B1C0R1	13,8	10,0	0,297	2,82	0,00154
A0B1C1R0	14,1	9,0	0,281	2,74	0,00209
A0B1C1R1	13,6	9,0	0,281	2,73	0,00181
A0B2C0R0	13,0	9,8	0,284	2,82	0,00133
A0B2C0R1	13,8	8,2	0,279	2,67	0,00174
A0B2C1R0	15,4	8,4	0,275	2,62	0,00178
A0B2C1R1	15,0	9,8	0,280	2,74	0,00176
A1B0C0R0	14,0	10,0	0,315	30,1	0,00180
A1B0C0R1	13,8	10,0	0,316	3,03	0,00183
A1B0C1R0	15,5	11,0	0,301	2,95	0,00161
A1B0C1R1	15,2	11,0	0,301	2,96	0,00161
A1B1C0R0	15,9	8,0	0,289	2,86	0,00250
A1B1C0R1	15,9	8,0	0,289	2,86	0,00248
A1B1C1R0	14,2	8,6	0,318	3,06	0,00272
A1B1C1R1	14,8	8,6	0,318	30,5	0,00258
A1B2C0R0	15,2	10,0	0,285	2,73	0,00179
A1B2C0R1	14,4	8,4	0,282	2,68	0,00232
A1B2C1R0	14,6	9,4	0,279	2,75	0,00198
A1B2C1R1	14,8	9,8	0,282	2,79	0,00188

Tabla 2. Resultados finales (fermentación acética)

Tratamientos	Grado Acético % Ac. Acético	% alcohol	Absorbancia	Extracto o Residuo seco (g/l)	Presencia de Ac. Minerales
A0B0C0R0	4,14	0,6	0,402	15,8	Ninguna
A0B0C0R1	4,08	0,7	0,389	15,8	Ninguna
A0B0C1R0	5,89	0,3	0,429	16,1	Ninguna
A0B0C1R1	5,91	0,4	0,431	16,4	Ninguna
A0B0C2R0	4,06	0,8	0,382	15,7	Ninguna
A0B0C2R1	4,06	0,6	0,393	15,9	Ninguna
A0B1C0R0	3,99	0,7	0,371	16,3	Ninguna
A0B1C0R1	3,89	0,9	0,349	16,1	Ninguna
A0B1C1R0	3,95	0,5	0,428	16,4	Ninguna
A0B1C1R1	3,91	0,6	0,442	16,1	Ninguna
A0B1C2R0	4,01	0,4	0,415	15,9	Ninguna
A0B1C2R1	3,98	0,4	0,428	15,7	Ninguna
A1B0C0R0	3,95	0,8	0,328	15,8	Ninguna
A1B0C0R1	3,99	0,7	0,341	15,9	Ninguna
A1B0C1R0	5,70	0,6	0,315	16,0	Ninguna
A1B0C1R1	5,59	0,7	0,323	16,1	Ninguna
A1B0C2R0	3,91	0,5	0,299	16,3	Ninguna
A1B0C2R1	3,92	0,6	0,295	16,4	Ninguna
A1B1C0R0	3,89	0,4	0,304	15,8	Ninguna
A1B1C0R1	3,87	0,3	0,288	16,0	Ninguna
A1B1C1R0	3,83	0,8	0,320	15,7	Ninguna
A1B1C1R1	3,80	0,7	0,335	16,0	Ninguna
A1B1C2R0	3,97	0,5	0,345	16,2	Ninguna
A1B1C2R1	3,95	0,5	0,326	16,4	Ninguna



EXTRACCIÓN DE PROTEÍNA DE HUESOS DE CERDO (*Sus scrofa domesticus*) POR HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA, VALORACIÓN PROXIMAL Y BIOLÓGICA

Xavier Mejía V.*
Rubén Vilcacundo*
Danilo Morales**

RESUMEN

El hueso es uno de los subproductos más abundantes de carnes procesadas y no procesadas, por lo que resulta de enorme interés buscar una forma de aprovecharlo. La investigación propone un tratamiento alcalino para la extracción de la proteína que se aplicará en femorales de cerdo, de acuerdo a un diseño factorial A x B x C, donde el factor a es la temperatura de extracción de la proteína, el factor b, el pH de acción del enzima; y el factor c, el tiempo de hidrólisis; cada uno con 3 niveles de experimentación

Las respuestas experimentales son: contenido de proteína, cómputo químico, grado de hidrólisis y análisis microbiano. De acuerdo a los análisis estadísticos se determina como mejor tratamiento a la extracción de proteína que se realiza a 45°C, pH de 6,3 y 135 minutos (a0b0c1).

Se establece que el hidrolizado proteínico obtenido es considerado como una proteína insuficiente pero que puede ser complementaria para el uso en productos alimenticios de consumo humano. El producto presenta un contenido de proteína de entre 7,66 y 13,18% y un grado de hidrólisis de 6%, con recuentos microbianos que garantizan el consumo del producto.

El cálculo del rendimiento (4,07%), del punto de equilibrio (66,07%), la rentabilidad financiera (22,70%) y el período de recuperación (1,9 años), permiten afirmar que la inversión es factible para capitales que puedan asumir un mediano tiempo de recuperación de la inversión y una rentabilidad financiera moderada.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la tendencia de la investigación alimenticia dirige sus esfuerzos a la búsqueda de nuevas alternativas donde el aprovechamiento de residuos de los procesos industriales y el rescate de sustancias altamente nutritivas, son los principios fundamentales.

La industria cárnica es una de las más tradicionales, pues la carne es uno de los alimentos más consumidos, ya sea en formas procesadas (embutidos escaldados, ahumados, etc.), o sin procesar (carnes cocidas, fritas, doradas, etc.). Esta carne procede de animales en donde la estructura ósea comprende entre el 8 y el 12% de su peso vivo, el mismo porcentaje que se convierte totalmente en desecho.

Investigaciones han dejado entrever la existencia significativa de proteína en estas estructuras óseas, cuya industrialización se ha visto limitada principalmente por sus características de dureza y las dificultades tecnológicas que implica su procesamiento.

* Egresado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

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

Para el presente estudio se toma como motivo de investigación para la obtención de proteínas los fémures de porcino, porque se considera que el fémur es uno de los huesos más grandes del esqueleto del animal y por tanto presta ciertas facilidades para su extracción y su procesamiento tecnológico.

Se propone para el efecto de extracción de proteína, procesos enzimáticos donde resulta de vital importancia el control del pH (punto isoelectrico), la temperatura y tiempo, con el fin de obtener máximo rendimiento en el proceso; lo que supone una serie de fenómenos bioquímicos hasta llegar al objetivo de la investigación: proteína del fémur de porcino.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIA PRIMA

Para la extracción de proteína de huesos de cerdo, se recolectó huesos femorales únicamente, de plantas procesadoras de carne y embutidos como “Embutidos Miraflores”, y “Embutidos Don Diego”.

METODOLOGIA

Obtenida la materia prima, se pesó en bruto, procediendo a cortar las cabezas laterales de los huesos femorales, con la ayuda de una sierra eléctrica de carnicería, para poder retirar la medula, y residuos de grasa interna, para lo cual se utilizó agua caliente, que sirvió para fundir un poco dicha grasa; luego se limpiaría de fibras cárnicas, y residuos de tendones, en la parte externa con la utilización de cuchillos, y en forma manual; para suavizar estas fibras, y sea más fácil la remoción también se utilizó agua caliente a temperaturas que no pasan de los 50°C.

Una vez obtenidos los huesos totalmente limpios y secos, en forma tubular (sin medula, ni cabezas laterales), se refrigeró hasta una temperatura de 4°C; se pesa, y luego se tritura con la ayuda de un molino de 16 sierras juntas de 25 cm de diámetro adaptadas a un motor de 3 HP, y 60Hz, el cual destrozó al hueso hasta un grano con un tamaño de partícula de 80 mesh.

La harina de hueso se separa en fundas de polietileno, un peso de 300 g. en cada una, selladas herméticamente, y se las almacena en congelación a una temperatura de -10°C. Para cada tratamiento se las sacan subsecuentemente.

Cada porción de 300 g. se sumerge en un vaso de precipitación de 600 ml., en agua destilada haciendo una suspensión 1:1 (300g de hueso, 300 ml. de agua), se sube hasta temperatura ambiente (18-20°C) con la ayuda de un baño termostático con agitación continua; se aumenta la temperatura, hasta parámetros de investigación (45-50-55°C).

Se adiciona el enzima proteolítica (NEUTRASE 0.5MG), que tiene una densidad de 1.25 g/ml., que para la muestra en mención se utiliza 2.1 ml., se baja la temperatura hasta 40°C, y luego se mantiene la acción enzimática por 10 min. Se enfría la muestra y se realiza un desengrasado superficial luego del tratamiento calórico dado.

Se ajusta pH con la ayuda de NaOH conc., o H₂SO₄ conc., hasta valores de investigación (6.3-6.6-6.9); luego se adiciona el enzima ligeramente diluidas (10⁻¹) sucede la acción enzimática, y empieza el tiempo de hidrólisis, con lo que llegamos hasta tiempos de investigación (105-135-165 min.).

Luego de los tiempos transcurridos, se inactiva el enzima con temperatura de 80°C por 15 minutos, se procede a pasar el líquido contenido de proteína por un lienzo o liencillo de poro pequeño, (30 mallas/pulgada), se retira la parte sólida y se la pesa, y la parte líquida se somete a centrifugación a 4500 rpm por 15 min. Para poder retirar la grasa localizada por medio de un liencillo.

La parte soluble, se concentra en baño maría hasta 18 % de sólidos, y temperatura menor a 90°C para evitar

la desnaturalización de la proteína; Se almacena este hidrolizado a temperaturas de $-10 - 20^{\circ}\text{C}$ para los análisis pertinentes.

Este método fue seguido con ciertas alteraciones del trabajo presentado por Linder, y colaboradores, 1995 JFS Vol 60 No. 5

HIPÓTESIS

Según lo recomendado por Saltos (1993), es importante recordar que en un diseño experimental la hipótesis nula (H_0) representa la igualdad de tratamientos, mientras la hipótesis alternativa (H_i) representa la diferencia entre los mismos.

H_0 : $T_1 = T_2 = \dots = T_n$ H_i : $T_1 \neq T_2 \neq \dots \neq T_n$

Las respuestas experimentales serán:

- Concentración de proteína, expresado en [g proteína/kg de mezcla] (Método Micro Kjeldalh)
- Recuento microbiano [ufc/g]
- Grado de hidrólisis [%GH] (Adler Niessen, 1977, citado por Benavides y Cabrera, 1985)
- Aminoácidos esenciales, aminoácidos no esenciales [g/100 g proteína] (cromatografía)

HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1. **H_0 :** Los valores de: concentración de proteína, grado de hidrólisis, recuento microbiano, y aminoácidos; serán los mismos a las diferentes temperaturas de extracción de proteína
 H_i : Los valores de: concentración de proteína, grado de hidrólisis, recuento microbiano, y aminoácidos; no serán los mismos a las diferentes temperaturas de extracción de proteína
2. **H_0 :** Los valores de: concentración de proteína, grado de hidrólisis, recuento microbiano, y aminoácidos; serán los mismos a las diferentes unidades de pH de acción del enzima
 H_i : Los valores de: concentración de proteína, grado de hidrólisis, recuento microbiano, y aminoácidos; no serán los mismos a las diferentes unidades de pH de acción del enzima.
3. **H_0 :** Los valores de: concentración de proteína, grado de hidrólisis, recuento microbiano, y aminoácidos; serán los mismos a los diferentes tiempos de hidrólisis
 H_i : Los valores de: concentración de proteína, grado de hidrólisis, recuento microbiano, y aminoácidos; no serán los mismos a los diferentes tiempos de hidrólisis.

DISEÑO EXPERIMENTAL

En la investigación se aplica un diseño factorial A x B x C, cada uno con 3 niveles de experimentación que son:

FACTOR A TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$) DE EXTRACCIÓN DE LA PROTEINA

- a0 45
- a1 50
- a2 55

FACTOR B pH (unidades de pH) DE ACCIÓN DEL ENZIMA

- b0 6.3
- b1 6.6
- b2 6.9

FACTOR C TIEMPO DE HIDRÓLISIS (min)

X. Mejía, R. Vilcaundo, D. Morales

-	c0	105
-	c1	135
-	c2	165

MÉTODOS DE ANÁLISIS

Determinación del contenido de proteína

La concentración de proteína se determina mediante el procedimiento Kjeldahl, factor de conversión de Nitrógeno total a proteína: 6.25.

Método cromatográfico para determinar aminoácidos en la extracción de proteína de hueso de cerdo

El análisis cromatográfico se realizó en un laboratorio privado (LABOLAB).

Método para determinar el cómputo químico y aminoácido limitante

Según la FAO (1985) citada por Peñaherrera y Zamora (1999)

Es necesario cuantificar la porción de proteína recuperada en el tratamiento (a0b0c0) con relación a la materia prima mediante la aplicación de la fórmula (I).

$$PE = \frac{P_T}{P_{MP}} \quad (I)$$

donde:

PE:	Proteína extraída
P _T :	Proteína del tratamiento [%]
P _{MP} :	Proteína materia prima [%]

Al contar con los valores corregidos para cada aminoácido, es posible el cálculo del cómputo químico, usando el patrón FAO, 1985 (proteína para adultos) y el patrón Fuller, 1987 (proteína para animales).

$$C.Q. = \frac{AA_{PP}}{AA_{PE}} \quad (II)$$

donde:

C.Q.:	Cómputo Químico
AA _{PP} :	Concentración del aminoácido en proteína problema [%]
AA _{PE} :	Concentración del aminoácido en proteína estándar [%]

Determinación del grado de hidrólisis

Según Adler-Niessen (1977), citado por Benavides y Cabrera (1985), el grado de hidrólisis, se define por la siguiente relación:

$$GH = \frac{h}{h_{TOT}} \times 100 \quad (III)$$

que puede ser transformada en la siguiente:

$$GH = \frac{B \times N_a}{MP} \times \frac{1}{\alpha} \times \frac{1}{h_{TOT}} \times \frac{1}{100} \quad (IV)$$

donde:

GH:	Grado de hidrólisis
B:	Volumen de NaOH 4N gastados para ajustar el pH a 8,0 [ml]
N _a :	Normalidad del NaOH (4N)
MP:	Peso de proteína [g]
α:	Grado de disociación
h _{TOT} :	Número total de enlaces peptídicos por unidad de peso, en una proteína se puede calcular de su composición de aminoácidos [meq/g]

Método de conteo total de microorganismos

Se realiza conteo total y conteo de coliformes en el producto terminado

Estudio Económico

Se aplicó al mejor tratamiento, según lo recomendado por Behrens y Haeranek (1994).

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis proximal del hueso

Se determina la composición proximal del hueso empleado en la extracción de proteína durante la investigación. Se puede observar que los datos experimentales son inferiores a los reportados en bibliografía con la aclaración que los datos bibliográficos corresponden a huesos de cerdo cebados, es decir, animales con alimentación especial destinados a la elaboración de productos cárnicos; es lógico suponer que la diferencia establecida entre los datos experimentales y los bibliográficos se deben principalmente a la raza del animal y a su alimentación.

Contenido de proteína

Los datos del contenido de proteína fluctúan entre 9,07 y 13,18 %, fluctuación que se registra debido a la influencia de los distintos factores de investigación que combinados provocan este cambio en el contenido de proteína.

El Análisis de Varianza para proteína determina que existe diferencia estadística entre tratamientos a un nivel α de 0,05, para los factores a (temperatura de extracción de la proteína), b (pH de acción del enzima) y c (tiempo de hidrólisis). La diferencia se mantiene para el caso de las interacciones ab (temperatura de extracción de la proteína, pH de acción del enzima); ac (temperatura de extracción de la proteína, tiempo de hidrólisis); bc (pH de acción del enzima, tiempo de hidrólisis); y, abc (temperatura de extracción de la proteína, pH de acción del enzima, tiempo de hidrólisis).

Al encontrarse diferencia significativa entre tratamientos fue necesario aplicar la correspondiente prueba de Tukey para dicha investigación.

Para la variable proteína, la prueba Tukey establece que en el caso del factor a, se obtiene un mayor porcentaje de proteína (11,43%) en el nivel "0" es decir a 45°C; en el caso del factor b el promedio más alto es 10,86% correspondiente a un pH de acción del enzima de 6,3 (b0); y en el caso del factor c el mayor contenido de proteína es 10,99% que se da en los tratamientos donde el tiempo de hidrólisis es 135 minutos, es decir c1.

Contenido de aminoácidos

Con los resultados cromatográficos para la determinación de aminoácidos en cada una de las combinaciones experimentales del proceso de extracción de proteína de hueso de cerdo, se llega a determinar el cómputo químico y los aminoácidos limitantes de cada caso.

De acuerdo con el cómputo químico, se puede establecer que la proteína obtenida de hueso de cerdo, es más apta para el consumo de humanos, pues para animales resulta insuficiente, ya que al compararla con el patrón Fuller existe mayor cantidad de aminoácidos limitantes (cómputo químico menor 1).

Se observa que el número de aminoácidos limitantes varía entre 3 y 6 para las muestras de proteína analizadas, mientras menos aminoácidos limitantes exista en una proteína, ésta será de mejor calidad nutricional, ya que es más fácil suplir los aminoácidos faltantes con otra proteína que los contenga. El número de aminoácidos limitantes no se relacionan en forma clara con ninguno de los factores analizados en la investigación, sin embargo la combinación de éstos si registran diferencias importantes entre los tratamientos.

Se analiza el cómputo químico con referencia al triptófano (patrón FAO, 1985) en todas las muestras, determinándose que el mayor porcentaje del cómputo químico de triptófano (58,93%) corresponde al tratamiento a2b0c1, es decir, el proceso que se realiza a 55°C, con un pH de 6,3 durante 135 minutos. Esta combinación experimental presenta 3 aminoácidos limitantes: triptófano, metionina + cistina, lisina.

El menor porcentaje de cómputo químico es 22,81% que corresponde al tratamiento a1b2c2 (50°C, pH de 6,9 y tiempo de hidrólisis de 165 minutos).

Se establece un Análisis de Varianza para la sumatoria de cómputo químico de todos los aminoácidos analizados, determinándose que existe diferencia estadística a un nivel α de 0,05% entre tratamientos para los factores a (temperatura de extracción de la proteína), b (pH de acción del enzima) y c (tiempo de hidrólisis); además para las interacciones ab (temperatura de extracción de la proteína, pH de acción del enzima); ac (temperatura de extracción de la proteína, tiempo de hidrólisis); bc (pH de acción del enzima, tiempo de hidrólisis); y, abc (temperatura de extracción de la proteína, pH de acción del enzima, tiempo de hidrólisis).

Se presenta la prueba de diferenciación de Tukey, donde se establece el mayor valor de la sumatoria del cómputo químico que es de 10,12 correspondiente a 45°C (nivel a0), con referencia al factor b el valor más alto es 9,40 obtenido a un pH de 6,3 (b0) y para el factor c el promedio más alto es 9,54 obtenido después de 135 min de tiempo de hidrólisis (c1).

Grado de hidrólisis

El procedimiento descrito para el cálculo de grado de hidrólisis, se repite en cada tratamiento para la titulación con NaOH realizada en lapsos de 15 minutos, con el fin de construir curvas entre el porcentaje del grado de hidrólisis contra el tiempo experimental de acuerdo a las combinaciones del diseño. En los gráficos puede apreciarse que el grado de hidrólisis se incrementa considerablemente (en un equivalente de entre el 70 y 80% del grado de hidrólisis que se obtiene al final del proceso) durante los primeros 60 a 75 minutos en casi todos los casos, a partir de este tiempo los ml de NaOH consumidos siguen incrementándose pero en menor proporción lo que indica aumento mínimo del grado de hidrólisis. Este comportamiento permite afirmar que el proceso de hidrólisis se divide en dos etapas, una donde el incremento es altamente notorio y una segunda donde el proceso se vuelve lento y tiende a ser constante.

Al graficar el porcentaje de grado de hidrólisis versus una de las condiciones experimentales (temperatura de extracción de proteína, pH de acción del enzima, tiempo de hidrólisis), manteniendo las otras dos condiciones constantes, con el fin de observar gráficamente el comportamiento del grado de hidrólisis con respecto a cada una. Con respecto al pH los valores de grado de hidrólisis decrecen a medida que el valor se acerca al punto isoeléctrico de la enzima; este fenómeno se repite cuando se grafica el grado de hidrólisis

contra la temperatura pues se conoce que en un punto a cierta temperatura la enzima se inactiva. En cuanto al grado de hidrólisis con referencia al tiempo se incrementa hasta llegar a ser más o menos constante.

En un resumen del cálculo del grado de hidrólisis, en el tiempo final de acuerdo al diseño experimental planteado, con los que se realiza el Análisis de Varianza respectivo, determinándose diferencia estadística significativa a un nivel α de 0,05% entre tratamientos para los factores: a (temperatura de extracción de la proteína), b (pH de acción del enzima) y c (tiempo de hidrólisis); además para las interacciones ab (temperatura de extracción de la proteína, pH de acción del enzima); ac (temperatura de extracción de la proteína, tiempo de hidrólisis); bc (pH de acción del enzima, tiempo de hidrólisis); y, abc (temperatura de extracción de la proteína, pH de acción del enzima, tiempo de hidrólisis).

La prueba de Tukey, establece que se obtiene un mayor grado de hidrólisis (6,38) a 45°C (nivel a0), en el caso del factor b el valor más alto de grado de hidrólisis es 6,37 en los tratamientos que trabajan a pH de 6,3 (b0) y para el factor c el promedio más alto es 6,37 a un de tiempo de hidrólisis de 135.(c1).

Análisis microbiológico

Se registran los resultados microbiológicos del contaje total para las diferentes combinaciones experimentales a una dilución de 10^{-2} . Los valores fluctúan entre $1,03 \times 10^2$ y $2,46 \times 10^2$ ufc/ml, la variación se da debido a la influencia combinada de los factores de estudio.

En análisis de varianza para los resultados microbiológicos muestra que existe diferencia estadística significativa entre tratamientos en un nivel α de 5% para los factores: b (pH de acción del enzima) y c (tiempo de hidrólisis); y, en el caso de la interacción ab (temperatura de extracción de la proteína, pH de acción del enzima).

Mediante la prueba de Tukey se establece que el menor promedio de unidades formadoras de colonias de microorganismos por mililitro ($1,50 \times 10^2$ ufc/ml) se da a un pH de 6,6 (b2); y para el factor c, el contenido más bajo de microorganismos es de $14,09 \times 10^2$ ufc/ml que se consigue en un tiempo de hidrólisis de 165 min (c2). Con relación a la temperatura de extracción (factor a) los promedios son bajos y puede considerarse adecuada a cualquier temperatura de las propuestas para la combinación experimental.

Determinación del mejor tratamiento

De acuerdo a los análisis estadísticos de: proteína, cómputo químico (sumatoria) y grado de hidrólisis, se escoge como mejor tratamiento al que se realiza a 45°C, pH de 6,3 y 135 minutos (a0b0c1), lo que significa que son las condiciones de trabajo para extraer proteína a partir de hueso de cerdo con un elevado grado de hidrólisis.

El cómputo químico más alto con referencia al triptófano es 58,98% que corresponde al tratamiento a2b0c1, es decir que de las condiciones anteriores se mantienen excepto la temperatura que pasa de 45 a 55°C, este tratamiento presenta un alto contenido de proteína (12,58%). Este tratamiento presenta además como aminoácidos limitantes a la lisina (75%) y cistina (63%).

El aminoácido triptófano presenta el valor más bajo, por lo que es importante considerar al tratamiento que posea mayor porcentaje de triptófano, como primera alternativa con la ventaja de que la deficiencia en los demás aminoácidos puede ser complementada con otros productos.

La composición aminoacídica del mejor tratamiento comparada con la de la gelatina, establece que el contenido de aminoácidos, en la mayoría de casos, es más alto para la gelatina, sin embargo es importante considerar que ésta se presenta como polvo seco, mientras el hidrolizado se encuentra en forma líquida, si al producto obtenido en la investigación se sometiese a un proceso de secado, la composición aminoacídica

podría tener más similitud con la de la gelatina. El hidrolizado además, en su forma natural líquida es viscoso pero no llega a formar geles.

CONCLUSIONES

- En el trabajo investigativo se planteó la obtención de un enriquecedor proteínico principalmente para alimentación animal por ser elaborado en base de materia prima de desecho (hueso de cerdo), sin embargo las pruebas realizadas establecen que la proteína resultante es apta para el consumo humano e insuficiente para el consumo animal pues el requerimiento de proteína en el caso de los animales es mucho más alto que en el caso del hombre.
- En la tecnología de extracción, el tiempo de hidrólisis puede ser disminuido a valores de 65 a 70 minutos, luego de este tiempo el grado de hidrólisis se incrementó en forma lenta hasta llegar a ser constante, con lo que se lograría menorar a la mitad de tiempo la operación de acción enzimática, repercutiendo en la cadena de producción disminuyendo costos.
- La investigación determinó la tecnología más adecuada para obtener proteína a partir de huesos de cerdo con una temperatura de extracción de 55°C, un pH de acción del enzima de 6,3 y un tiempo de hidrólisis de 135 min.
- El producto obtenido presenta un contenido de proteína de 11-12% por lo que no puede ser considerado como un concentrado proteínico ya que este tipo de producto deben alcanzar al menos 70% de proteína y puede considerarse más bien como un hidrolizado.
- El hidrolizado proteínico (mejor tratamiento) tiene un porcentaje de triptófano de acuerdo al computo químico de 58,97% (comparado con el patrón FAO) por lo que se considera como una proteína insuficiente pero que puede ser complementaria para el uso en productos alimenticios de consumo humano, representando un importante aporte proteínico; además tiene un grado de hidrólisis de 6%, con recuentos microbianos que garantizan el producto para su consumo.
- La composición de aminoácidos del hidrolizado (mejor tratamiento) difiere aparentemente de la composición de otras proteínas como la gelatina y aunque su aspecto es de un líquido viscoso no llega a la formación de geles, se dice aparentemente, pues el estado físico del hidrolizado y de la gelatina es distinto, si el análisis se realizara en un hidrolizado seco (polvo) la composición aminoacídica tendría más similitud con la de la gelatina.
- El análisis microbiológico del hidrolizado proteínico muestra que las condiciones de proceso para su obtención son adecuadas, es importante mencionar que el tiempo de hidrólisis, la temperatura de extracción y el pH de acción de la enzima, actúan como inhibidores en la formación de microorganismos.
- El proceso de extracción de proteína de hueso de cerdo tiene un punto de equilibrio de 66,07% y un rendimiento de 4,07% con relación a la materia prima.
- Otros indicadores económicos como: la rentabilidad financiera (22,70%) y el tiempo de recuperación de la inversión (1,9 años) dejan entre ver que el proyecto de obtención de concentrado proteínico de hueso de cerdo es una alternativa de inversión a mediano plazo y de rentabilidad moderada.
- Se establece un punto de equilibrio de 66,07%, es decir se encuentra entre los proyectos factibles de ponerse marcha. El punto de equilibrio es algo elevado debido a que los costos fijos representan casi el 50% de los costos totales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AOAC "official Methods of Analysis of the Asociation of Official Analytical Chemists". Washington D.C. 1980.
- BAYAS, J y RUIZ, N. "Elaboración de zumo de manzana utilizando en el proceso dos tipos de enzimas en el tratamiento de la pulpa y su clarificación". Tesis de Grados. UTA - FCIAL. Ambato, 1999.
- BELITZ, H.D., GROSCH, W. "Química de los Alimentos". Editorial Acribia, S.A.. Zaragoza, España, 1988.
- BEHRENS y HAERANEK. "Manual para la preparación de estudios de viabilidad industrial". Ed. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI). Viena, 1994.
- BENAVIDES, M., CABRERA, J. "Tecnología", Revista del Instituto de Investigaciones Tecnológicas, año XXV, Vol. XXV, Bogotá D.F. – Colombia, S.A., 1985
- BERLING, J. "Manual para educación agropecuaria sobre productos animales". Areas Industriales Rurales # 30. Editorial Trillas. México. 1981.
- BERLING, J. y OROZCO, F. "Porcinos". Area: Producción animal. Editorial Trillas. México. 1985.
- BOHINSKI, R. "Bioquímica". V Edición. Addison Wesley Iberoamericana. Wilmington, EUA. 1991.
- BOGNER "Tecnología de la carne". Editorial Acribia. Zaragoza, España. 1969.
- BOURGEOIS, C.M. y LE ROUX, P. "Proteínas Animales". Trad. por Agustín López Munguía. Ed. El Manual Moderno. México D.F. 1982.
- CANDO, M. "Industria porcina: Alimentos balanceados y alimentación". Folleto. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador. 1992.
- CORPORACION FINANCIERA NACIONAL. "Manual de Evaluación Ambiental para Proyectos de Inversión". Segunda Edición. Quito, Ecuador. 1994.
- CORTEZ, Luis. "Obtención del aislado proteínico a partir de semillas de zapallo (*Curcubita maxini*). Tesis de grado. FCIAL-UTA, Ambato-Ecuador, 1995.
- CHEFTEL, J.C.. CHEFTEL, H. "Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos" Volumen I y II. editorial Acribia, Zaragoza, España, 1976.
- CRUZ TRUJILLO, Acela. "Microbiología de los alimentos". Editorial Pueblo y Educación. 1985.
- DAHL, O. "Industrialización de la grasa de animales de abasto". Editorial Acribia. Zaragoza-España. 1976.
- ESPASA CALPE. "Diccionario enciclopédico". Editorial Planeta Internacional. 1997.
- FREIRE, Rolando y MOSQUERA, Edgar. "Obtención de concentrado proteínico a partir de torta desengrasada de semilla de zapallo (*Curcubita yero L.*)". Tesis de Grado. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. 1993
- FRUTON, J y SIMMONDS, S. "Bioquímica general". Ediciones Omega S.A.. Barcelona, España. 1961.

GOLAN (GOLDHIRSH), A., JELE, P., “Nutritional evaluation of low temperature alkaline extracts from beef bones”. Journal of Food Science. 44(2). 1979.

GÜNTER FARCHMIN. “Inspección veterinaria de alimentos”. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 1967.

ILLANES, A. “Biotecnología de las Enzimas”. Organización de los Estados Americanos. Ediciones Universitarias de Valparaíso de la Universidad Católica. Chile, 1994.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS (INEC). “Encuesta anual”. Quito, Ecuador. 1995.

LAWRIE, R. “Avances de la Ciencia de la Carne”. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 1984

LEES, R. “Manual de análisis de alimentos”. Trda. Andrés Marcos Barrado. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 1969

LINDER, M., FANNI, J., PARMENTIER, M., SERGENT, M. y PHAN-TAN-LUU, R. “Recuperación de proteína de huesos de ternera por hidrólisis enzimática”. En: Journal of Food Science. 60(5). 1995.

LINDER, M., FANNI, J., PARMENTIER, M. “Propiedades funcionales de hidrolizados de huesos de ternera”. En: Journal of Food Science. 61(4). 1996.

MERTZ, E. “Bioquímica”. Publicaciones Cultural S.A. México, 1976.

MORALES, D. “Apuntes de Tecnología de Cárnicos”. Quinto Año. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 1997.

MULLER, H. G. “Nutrición y Ciencia de los Alimentos”. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 1986.

NOVO NORDISK Ficha Técnica: “Alcalasa Food Grade”. 1996

NOVO NORDISK Ficha Técnica: “Esperase”. 1996

NOVO NORDISK Ficha Técnica: “Neutrase for Protein Upgrading”. 1996

NOVO NORDISK. Ficha Técnica: “Protein Industry”. 1997

OLLE DAHL. “Industrialización de la Grasa de Animales de Abasto”. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 1976.

PEÑAHERRERA, B., y ZAMORA, M., “Obtención de un concentrado proteínico a partir de salvado de trigo usando agua y suero dulce de queso como solventes”. Tesis de Grados. UTA - FCIAL. Ambato, 1999.

PRICE, J.F. “Ciencia de la Carne y de los Productos Cárnicos”. Traducido por A. Marcos Barrado. Editorial Acribia. Zaragoza, España, 1976.

RAMOS, M. “Compilación Bibliográfica para la Materia de Bioingeniería”. Sexto Curso. UTA-FCIAL. Ambato, 1995.

ROBALINO, P. y SALAZAR, J. “Obtención de concentrado proteico de chocho (*Lupinus mutabilis*)”. Tesis de Grado. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. 1992.

SALTOS, H.A. “Diseño experimental, Aplicación de procesos tecnológicos”. Ed. Universitaria. UTA, Ambato, 1993.

SAVON, Lourdes. "Eficiencia de utilización del nitrógeno en la alimentación no convencional, retos y perspectivas." Instituto de Ciencia Animal, Seminario Científico Internacional. La Habana, Cuba, 1997.

SCHMIDT-HEBBEL, Hermann. "Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Editorial Universitaria San Francisco. Santiago, Chile. 1973.

SOUCI, S.W., FACHMANN, W y KRAUT, H. "Food Composition and Nutrition Tables" 4th. revised and completed edition. Edited by Herousgegeben von. 1989-1990

WILCHES, M., WISCONSIN, U. "Bioingeniería: Principios básicos de Bioquímica". Universidad de Atioquia. Facultad de Ingeniería. Medellín, Colombia. 1987.

WRIGHT, J. "Amino Acids: Metabolism and medical applications". Bostón, Bristol, London. 1983.

TABLA 1. CONTENIDO DE PROTEÍNA EN HIDROLIZADO PROTEÍNICO DE HUESO DE CERDO
[g. proteína/ Kg. mezcla]

ENSAYO #	TRATAMIENTO			R1		R2		X		
				%	[g/kg]	%	[g/kg]	%	[g/kg]	
1	a0b0c0	45	6,3	105	12,80	128,00	12,56	125,60	12,68	126,80
2	a0b0c1	45	6,3	135	8,25	82,50	13,01	130,10	10,63	106,30
3	a0b0c2	45	6,3	165	9,12	91,20	9,09	90,90	9,11	91,05
4	a0b1c0	45	6,6	105	11,14	111,40	11,14	111,40	11,14	111,40
5	a0b1c1	45	6,6	135	13,20	132,00	13,17	131,66	13,18	131,83
6	a0b1c2	45	6,6	165	12,81	128,10	12,75	127,50	12,78	127,80
7	a0b2c0	45	6,9	105	11,60	116,00	11,58	115,84	11,59	115,92
8	a0b2c1	45	6,9	135	11,86	118,60	11,89	118,89	11,87	118,75
9	a0b2c2	45	6,9	165	11,02	110,20	11,06	110,60	11,04	110,40
10	a1b0c0	50	6,3	105	10,43	104,30	10,44	104,40	10,44	104,35
11	a1b0c1	50	6,3	135	10,57	105,70	10,55	105,50	10,56	105,60
12	a1b0c2	50	6,3	165	9,92	99,20	10,02	100,20	9,97	99,70
13	a1b1c0	50	6,6	105	9,80	98,00	9,84	98,43	9,82	98,22
14	a1b1c1	50	6,6	135	12,44	124,40	12,56	125,60	12,50	125,00
15	a1b1c2	50	6,6	165	10,50	105,00	10,49	104,90	10,50	104,95
16	a1b2c0	50	6,9	105	10,95	109,50	11,04	110,40	11,00	109,95
17	a1b2c1	50	6,9	135	11,24	112,40	11,15	111,50	11,20	111,95
18	a1b2c2	50	6,9	165	9,16	91,60	8,98	89,80	9,07	90,70
19	a2b0c0	55	6,3	105	11,55	115,50	11,53	115,30	11,54	115,40
20	a2b0c1	55	6,3	135	12,64	126,40	12,51	125,10	12,58	125,75
21	a2b0c2	55	6,3	165	10,65	106,50	12,10	121,00	11,38	113,75
22	a2b1c0	55	6,6	105	7,88	78,80	7,84	78,40	7,86	78,60
23	a2b1c1	55	6,6	135	7,98	79,80	7,98	79,80	7,98	79,80
24	a2b1c2	55	6,6	165	7,67	76,70	7,65	76,50	7,66	76,60
25	a2b2c0	55	6,9	105	9,26	92,60	9,30	93,00	9,28	92,80
26	a2b2c1	55	6,9	135	9,64	96,40	9,62	96,20	9,63	96,30
27	a2b2c2	55	6,9	165	8,56	85,60	8,55	85,50	8,56	85,55

TABLA 2. GRADO DE HIDRÓLISIS TOTAL

ENSAYO #	TRATAMIENTO			T (°k)	pH	pK	alfa	B (ml. NaOH)	MP (g./100g.)	hTOT	GH	%GH	
1	a0b0c0	45	6,3	105	318	6,3	7,293	0,09216	8,81	12,680	4,661	0,065	6,470
2	a0b0c1	45	6,3	135	318	6,3	7,293	0,09216	7,55	10,630	4,643	0,066	6,640
3	a0b0c2	45	6,3	165	318	6,3	7,293	0,09216	6,28	9,105	4,551	0,066	6,578
4	a0b1c0	45	6,6	105	318	6,6	7,293	0,16843	14,22	11,140	4,675	0,065	6,484
5	a0b1c1	45	6,6	135	318	6,6	7,293	0,16843	17,01	13,183	4,580	0,067	6,690
6	a0b1c2	45	6,6	165	318	6,6	7,293	0,16843	15,31	12,780	4,627	0,061	6,148
7	a0b2c0	45	6,9	105	318	6,9	7,293	0,28782	24,12	11,592	4,677	0,062	6,183
8	a0b2c1	45	6,9	135	318	6,9	7,293	0,28782	24,72	11,875	4,601	0,063	6,288
9	a0b2c2	45	6,9	165	318	6,9	7,293	0,28782	22,65	11,040	4,655	0,061	6,125
10	a1b0c0	50	6,3	105	323	6,3	7,177	0,11727	8,63	10,435	4,503	0,063	6,264
11	a1b0c1	50	6,3	135	323	6,3	7,177	0,11727	9,15	10,560	4,498	0,066	6,571
12	a1b0c2	50	6,3	165	323	6,3	7,177	0,11727	8,42	9,970	4,480	0,064	6,430
13	a1b1c0	50	6,6	105	323	6,6	7,177	0,20953	14,45	9,822	4,611	0,061	6,091
14	a1b1c1	50	6,6	135	323	6,6	7,177	0,20953	18,29	12,500	4,493	0,062	6,216
15	a1b1c2	50	6,6	165	323	6,6	7,177	0,20953	15,10	10,495	4,434	0,062	6,195
16	a1b2c0	50	6,9	105	323	6,9	7,177	0,34592	25,81	10,995	4,468	0,061	6,075
17	a1b2c1	50	6,9	135	323	6,9	7,177	0,34592	26,60	11,195	4,478	0,061	6,135
18	a1b2c2	50	6,9	165	323	6,9	7,177	0,34592	22,20	9,070	4,561	0,062	6,205
19	a2b0c0	55	6,3	105	328	6,3	7,063	0,14707	12,03	11,540	4,640	0,061	6,111
20	a2b0c1	55	6,3	135	328	6,3	7,063	0,14707	13,18	12,575	4,616	0,062	6,176
21	a2b0c2	55	6,3	165	328	6,3	7,063	0,14707	11,92	11,375	4,593	0,062	6,205
22	a2b1c0	55	6,6	105	328	6,6	7,063	0,25598	14,08	7,860	4,596	0,061	6,090
23	a2b1c1	55	6,6	135	328	6,6	7,063	0,25598	14,70	7,980	4,628	0,062	6,220
24	a2b1c2	55	6,6	165	328	6,6	7,063	0,25598	14,00	7,660	4,611	0,062	6,193
25	a2b2c0	55	6,9	105	328	6,9	7,063	0,40704	26,10	9,280	4,573	0,060	6,044
26	a2b2c1	55	6,9	135	328	6,9	7,063	0,40704	27,65	9,630	4,620	0,061	6,107
27	a2b2c2	55	6,9	165	328	6,9	7,063	0,40704	24,20	8,555	4,583	0,061	6,065

TABLA 3. CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS EN HIDROLIZADO PROTEÍNICO DE HUESOS DE CERDO (temperatura 45°C) [g / 100 g proteína]

AMINOACIDOS	TRATAMIENTO								
	a0b0c0	a0b0c1	a0b0c2	a0b1c0	a0b1c1	a0b1c2	a0b2c0	a0b2c1	a0b2c2
Ac. Glutámico	9,83	9,81	9,03	10,06	8,88	9,55	9,80	8,93	9,79
Ac. Aspartico	4,29	4,36	4,40	4,37	4,35	4,21	4,30	4,22	4,23
Alanina	4,99	4,74	4,86	4,87	4,73	4,98	4,90	4,91	4,93
Arginina	4,64	4,65	4,62	4,59	4,68	4,58	4,60	4,59	4,57
Cistina*	0,36	0,39	0,37	0,40	0,30	0,26	0,31	0,27	0,37
Cisteína	2,80	2,93	2,81	2,79	2,84	2,91	3,00	2,95	3,02
Fenilalanina	2,97	2,73	2,78	2,82	2,91	2,98	3,00	2,97	2,88
Glicina	3,07	3,06	2,95	3,19	3,17	3,20	3,10	3,14	3,08
Histidina*	2,36	2,39	2,31	2,29	2,39	2,22	2,30	2,20	2,27
Isoleucina *	1,87	1,96	1,84	1,96	1,92	1,87	2,00	2,08	1,83
Leucina*	4,58	4,47	4,48	4,55	4,69	4,66	4,60	4,63	4,59
Lisina*	1,92	1,93	1,91	1,80	1,81	1,82	1,90	1,99	1,92
Metionina	1,21	1,12	1,16	1,29	1,22	1,13	1,20	1,18	1,14
Prolina	2,58	2,62	2,54	2,64	2,59	2,61	2,60	2,57	2,51
Serina	3,76	3,87	3,80	3,86	3,77	3,73	3,80	3,75	3,84
Tirosina*	2,34	2,46	2,39	2,38	2,48	2,44	2,40	2,39	2,47
Treonina*	1,89	1,88	1,75	1,77	1,72	1,70	1,80	1,73	1,89
Triptofano*	0,39	0,30	0,38	0,32	0,34	0,39	0,41	0,38	0,33
Valina*	3,08	3,07	3,14	3,09	3,03	3,07	3,10	3,10	3,14
SUMA A.A TOTAL	58,93	58,74	57,52	59,04	57,82	58,31	59,12	57,98	58,80

* Aminoácidos esenciales

Nota: Existen compuestos nitrogenados que no necesariamente son aminoácidos que ocupan el porcentaje restante de la composición

TABLA 4. CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS EN HIDROLIZADO PROTEÍNICO DE HUESOS DE CERDO (temperatura 50°C) [g / 100 g proteína]

AMINOACIDOS	TRATAMIENTO								
	a1b0c0	a1b0c1	a1b0c2	a1b1c0	a1b1c1	a1b1c2	a1b2c0	a1b2c1	a1b2c2
Ac. Glutámico	10,29	10,33	10,13	10,40	10,11	10,36	10,23	10,43	10,51
Ac. Aspartico	4,61	4,56	4,83	4,70	4,55	4,21	4,78	4,67	4,66
Alanina	4,25	4,15	4,22	4,30	4,19	3,85	3,96	4,37	4,29
Arginina	4,55	4,33	4,41	4,70	4,48	4,61	4,52	3,37	4,67
Cistina*	0,25	0,21	0,27	0,23	0,22	0,24	0,20	0,21	0,24
Cisteína	2,89	2,95	2,67	3,10	3,06	3,07	2,94	3,03	3,12
Fenilalanina	2,90	2,99	2,87	3,00	2,89	2,92	2,97	2,74	2,83
Glicina	2,85	3,06	2,81	3,00	2,84	2,77	2,96	2,95	3,02
Histidina*	2,35	2,31	2,39	2,50	2,41	2,44	2,35	2,52	2,52
Isoleucina *	2,09	2,06	1,79	2,10	1,97	1,92	1,95	1,95	1,99
Leucina*	3,91	3,99	4,11	4,10	3,80	3,81	3,82	4,04	3,93
Lisina*	1,70	1,72	1,76	1,80	1,83	1,75	1,78	1,82	1,83
Metionina	1,28	1,21	1,28	1,30	1,33	1,32	1,22	1,30	1,34
Prolina	2,44	2,38	2,43	2,40	2,46	2,41	2,35	2,30	2,33
Serina	3,63	3,65	3,75	3,70	3,76	3,66	3,58	3,71	3,65
Tirosina*	2,33	2,34	2,26	2,30	2,29	2,21	2,34	2,29	2,25
Treonina*	1,69	1,58	1,73	1,70	1,69	1,78	1,67	1,48	1,68
Triptofano*	0,23	0,23	0,23	0,24	0,25	0,21	0,22	0,26	0,22
Valina*	3,09	3,05	3,07	3,10	3,04	3,11	3,08	3,16	2,94
SUMA A.A TOTAL	57,34	57,11	57,01	58,67	57,16	56,65	56,93	56,58	58,01

* Aminoácidos esenciales

Nota: Existen compuestos nitrogenados que no necesariamente son aminoácidos que ocupan el porcentaje restante de la composición

TABLA 5. CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS EN HIDROLIZADO PROTEÍNICO DE HUESOS DE CERDO (temperatura 55°C) [g / 100 g proteína]

AMINOACIDOS	TRATAMIENTO								
	a2b0c0	a2b0c1	a2b0c2	a2b1c0	a2b1c1	a2b1c2	a2b2c0	a2b2c1	a2b2c2
Ac. Glutamico	10,30	10,23	10,19	10,38	10,36	10,32	10,08	10,18	10,06
Ac.Aspartico	4,70	4,58	4,64	4,62	4,72	4,65	4,62	4,72	4,73
Alanina	4,70	4,64	4,62	4,74	4,73	4,60	4,64	4,73	4,65
Arginina	4,40	4,49	4,23	4,33	4,44	4,48	4,41	4,46	4,36
Cistina*	0,27	0,24	0,34	0,33	0,28	0,25	0,34	0,29	0,31
Cisteina	3,00	3,04	2,92	3,10	3,09	2,95	2,93	2,98	2,87
Fenilalanina	3,00	3,06	2,96	2,85	3,01	3,04	2,94	2,98	2,97
Glicina	3,40	3,40	3,35	3,31	3,32	3,28	3,44	3,41	3,47
Histidina*	2,30	2,39	2,34	2,22	2,28	2,27	2,30	2,32	2,31
Isoleucina *	2,07	1,99	2,02	2,04	2,09	2,10	2,05	1,93	1,91
Leucina*	4,30	4,39	4,29	4,20	4,21	4,38	4,19	4,28	4,36
Lisina*	1,70	1,68	1,74	1,71	1,62	1,64	1,60	1,73	1,63
Metionina	1,20	1,25	1,24	1,19	1,17	1,08	1,15	1,14	1,23
Prolina	2,20	2,21	2,19	2,13	2,29	2,24	2,14	2,21	2,16
Serina	3,40	3,32	3,34	3,41	3,31	3,34	3,36	3,38	3,31
Tirosina*	2,40	2,42	2,35	2,34	2,30	2,45	2,48	2,29	2,30
Treonina*	1,70	1,65	1,86	1,66	1,72	1,78	1,57	1,67	1,64
Triptofano*	0,37	0,41	0,34	0,37	0,41	0,36	0,42	0,41	0,38
Valina*	3,20	3,02	3,09	3,13	3,15	3,18	3,14	3,22	3,19
SUMA A.A TOTAL	58,61	58,41	58,05	58,06	58,50	58,39	57,80	58,33	57,84

* Aminoácidos esenciales

Nota: Existen compuestos nitrogenados que no necesariamente son aminoácidos que ocupan el porcentaje restante de la composición

PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA MODULAR PROCESADORA DE MORA EN LAS ZONAS RURALES DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA

Julio Zamora*
Luis Anda**

RESUMEN

El proyecto tiene como objetivo general mejorar las condiciones de vida de las comunidades indígenas de Pasa y Santa Rosa ubicadas en la provincia de Tungurahua, Zona Central de la sierra ecuatoriana, a través de la organización, capacitación y asistencia técnica para el cultivo, cosecha, comercialización y especialmente procesamiento de la mora. Es de esperar que los resultados obtenidos procuren elevar las condiciones de vida de las comunidades y sirvan de modelo para ser transferido a otros sectores.

La información sobre la productividad del cultivo en estos sectores es escasa, haciéndose necesaria la investigación directa en las comunidades para poder establecer su capacidad de producción agrícola y diseñar el modelo de planta industrial más adecuado con una tecnología simple que pueda ser operada por los campesinos. La poca disponibilidad de servicios como son agua potable y energía eléctrica no permite establecer centros de acopio para industrialización masiva de la mora, por tanto su procesamiento debe ser realizado en forma artesanal en las comunidades.

El estudio cubre varios aspectos en la fase agrícola, mediante una caracterización botánica de la fruta y el manejo agrícola del cultivo; en la fase tecnológica se definió la tecnología de producción y los equipos necesarios para la elaboración de mermeladas, pastas y pulpas, los mismos que fueron construidos en el país y se encuentran al momento en poder de las comunidades para su instalación. Además se ha diseñado un instructivo de transferencia tecnológica para la utilización de los beneficiarios y su posterior difusión a otras comunidades; el estudio y evaluación económicos establecen la factibilidad para la instalación de las unidades de producción en su parte operativa, en construcciones que han sido ejecutadas con el aporte de Instituciones locales y la participación de los productores campesinos.

INTRODUCCION.

El propósito del proyecto es el de establecer un proceso de elaboración que pueda ser asimilado por las comunidades campesinas; esto implica que la tecnología utilizada deberá estar acorde con su nivel educativo y de capacitación, y que los equipos necesarios esten al alcance de sus posibilidades económicas.

La anterior consideración implica el estudio de la tecnología adecuada y una posterior transferencia de la misma a las asociaciones campesinas, para luego ser difundida a nivel general dentro de las comunidades.

El 75% de las familias de estas comunidades tienen pequeños cultivos de mora junto a sus viviendas (entre 500 y 1500 m² de superficie), para ellas la mora es su principal fuente de ingresos en comparación con otras actividades agropecuarias; este ingreso es superado únicamente por el trabajo que realizan fuera del sector agrícola o por el comercio informal.

* Egresado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

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

Es importante destacar que el cultivo y procesamiento de la mora puede constituirse en una importante fuente de ingresos de las familias rurales, a la vez que permite la absorción de un numeroso contingente de mano de obra propia del sector.

MATERIA PRIMA

Composición de la Materia Prima.

La mora es una fruta de origen silvestre que se cultiva a lo largo de la sierra entre los 1200 y 3500 m.s.n.m., este producto pese a reportar una potencialidad económica significativa, no ha sido adecuadamente explotado, restringiéndose su producción a nivel casero en los sectores rurales e indígenas.

Es muy importante por el contenido de Vitamina C, Vitaminas del complejo B y minerales, especialmente el Calcio, Hierro y Fósforo, por lo que puede constituirse en un aporte importante a la insuficiente cantidad que de estos ingiere la población. En la **Tabla 1** se presenta el valor nutritivo en 100 gr. de porción aprovechable de mora de Castilla (*Rubus glaucus benth*) reportados por el Instituto Nacional de Nutrición del Ecuador.

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería, en el período 1.990 - 1.996 la producción de mora se ha incrementado significativamente en el país, y el interés por este cultivo es cada vez mayor debido a la gran demanda que tiene tanto en el mercado nacional como en el internacional. En la **Tabla 2** se presenta la producción de mora a nivel nacional y para la provincia de Tungurahua.

Para obtener una estimación de la producción de mora se parte de la serie histórica de producción de mora, aplicando una regresión de tipo lineal se obtienen las siguientes relaciones:

Producción Nacional:

$$y = 1082,2 X - 2153995,4 \quad (r = 0,88)$$

Producción Tungurahua:

$$y = 483,3 X - 961458,5 \quad (r = 0,93)$$

Utilizando estas ecuaciones se estiman los volúmenes de producción de mora; en la **Tabla 3** se presenta la estimación de la producción de mora en la provincia y el país.

Cuantificación del cultivo.

De las encuestas realizadas a los habitantes de las comunidades piloto se calcula que existen actualmente 3,5 hectáreas de mora cultivadas en la comunidad de Cuatro Esquinas de Pasa, y 10 hectáreas en la comunidad de San Pablo de Santa Rosa.

Se estima que en la actualidad por las condiciones tanto agroclimáticas como culturales que presentan las comunidades piloto y debido a que la mora se trata como un cultivo semi-intensivo y sin un manejo técnico adecuado, se considera un rendimiento promedio por hectárea de 7.000 Kg. por año. Considerando el rendimiento promedio anotado por hectárea se obtiene una producción anual de 24.500 y 70.000 kilogramos por año en las comunidades respectivamente.

Canales de comercialización de mora en fresco.

La mora pasa por distintos canales de comercialización hasta llegar al consumidor, estos canales tienen un orden y una secuencia dependiendo de la cantidad, calidad y utilización del producto, lo que influye también en el precio de compra - venta del mismo. En cada uno de estos pasos su manipulación provoca un perjuicio al productor como al consumidor final, beneficiando a la cadena de intermediarios, todo esto debido principalmente a que cada intermediario cambia de envases e incrementa los precios. Al acortar esta larga cadena de comercialización creando un vínculo directo entre el productor - procesador y el consumidor, todos se benefician al obtener precios justos de compra - venta. La **Figura 1** presenta un esquema del sistema de comercialización de la mora identificado en la provincia de Tungurahua.

MERCADO

Demanda actual.

Tanto la producción como la demanda de productos manufacturados como compotas, mermeladas y jaleas de frutas se ha incrementado a través de los años en forma significativa. En la **Tabla 4** se puede observar el volumen de la producción, mientras en la **Tabla 5** el consumo de estos productos.

Demanda futura.

En la **Tabla 6** se proyecta la cantidad de productos manufacturados, mermeladas y jaleas de frutas a consumir, utilizando la siguiente ecuación:

$$Y = 177,96 X - 352.397,97 \quad (r = 0.97)$$

Capacidad a instalarse en el proyecto.

Para establecer la capacidad a instalarse en el proyecto se ha considerado que el producto elaborado vendrá a sustituir en parte a productos similares que actualmente se comercializan en la Zona Central del país; ésta capacidad deberá estar de acuerdo con la de producción de mora en las comunidades piloto.

Inicialmente la planta se instalaría para procesar 25 Tm anuales (100 kg / día, en un año normal de producción), con proyecciones a incrementar la oferta según se incremente la producción de mora y la demanda de productos manufacturados.

Una alternativa viable en épocas de desabastecimiento de materia prima o cuando el precio como fruta fresca resulte muy excesivo para procesarla es la utilización de otras frutas, como la manzana, guayaba o babaco, ya sean propias del sector o adquiridas en el mercado local.

Formas de comercialización de los productos.

Pulpa de Mora.- El producto se ofrecerá al mercado en fundas de polietileno de baja densidad de 5 x 9 y 7 x 11 pulgadas, con una capacidad de 0,5 y 1 litros (0,5 y 1 kg. aproximadamente).

Jalea de Mora.- El producto se ofrecerá en el mercado en tarrinas de polietileno-polipropileno, con capacidad de 250 gr..

Pasta de Mora.- El producto se ofrecerá en varias presentaciones: cajas de madera de 50 gr. y 140 gr.; y paquetes de 70 y 130 gr. aproximadamente, envueltos con papel celofán.

INGENIERÍA

Para el diseño de la tecnología se realizaron pruebas experimentales que permitan establecer la mejor alternativa de producción, utilizando en lo posible los mismos equipos y cantidades de materiales que van a ser utilizados en las comunidades, a fin de que el rendimiento sea lo más próximo al que se va a obtener en las unidades de producción.

Procesos de producción.

Los procesos tanto para pulpa, jalea y pasta de mora no requieren de equipos ni procedimientos sofisticados, sino de equipos simples y al alcance de los campesinos productores que pueden ser operados sin una capacitación exigente.

Proceso de Producción de Pulpa de Mora.

El proceso de producción de pulpa contempla las siguientes etapas:

Recepción.- Se recibe la mora que ingresa a la planta e inmediatamente se pesa en la balanza prevista para el efecto. La mora debe ser fresca, en lo posible recién cosechada y con una madurez uniforme.

Selección.- En esta etapa se separa la fruta que tenga defectos, aquella que este dañada y demasiado verde, hojas e insectos que hayan caído durante la cosecha. La selección se realiza mientras se desocupan los canastos moreros y se coloca la fruta en recipientes plásticos perforados.

Lavado.- La fruta seleccionada se lava con abundante agua corriente utilizando duchas manuales, gracias a la utilización de los recipientes perforados el agua de lavado sale en forma rápida. El lavado se realiza por un tiempo máximo de 5 minutos; al final pese la fruta lavada.

Licudo.- Se utiliza una licuadora semi-industrial con una capacidad aproximada de 10 Kilogramos por parada, esta operación debe realizarse por un tiempo máximo de 3 minutos. Para facilitar la realización de esta operación se añade un 5% de agua hervida a la licuadora, lo cual evita la contaminación y permite maniobrar el equipo de mejor manera.

Pulpatado.- La separación de la pulpa se realiza en un pulpatador de alimentos; se debe controlar la alimentación del equipo para evitar la sobrecarga y su posterior atascamiento. La pulpa es recolectada en recipientes previamente lavados, mientras las semillas son colocadas en recipientes como material de desecho.

Dosificado.- En esta operación se añade un 0,05% de conservante (sorbato de potasio) a la pulpa extraída, la finalidad del mismo es alargar la vida útil del producto evitando los daños causados por los microorganismos.

Envasado - Sellado.- El envasado se realiza en fundas de polietileno de baja densidad (de 3,2 milésimas de pulgada), e inmediatamente se procede a sellar las mismas.

Congelado.- Las fundas con el producto son colocadas en una cámara de congelación y almacenadas a -15°C .

Proceso de Producción de Jalea de Mora.

El siguiente es el proceso para producir jalea de mora:

La Recepción, Selección y Lavado se realiza de igual manera que para la elaboración de la pulpa.

Licudo.- Se utiliza una licuadora semi-industrial con una capacidad aproximada de 10 Kilogramos por parada. Para facilitar la realización de esta operación se añade un **20%** de agua. El tiempo máximo de licuado será de 3 minutos por parada.

Pulpatado.- La separación de la pulpa se realiza en un pulpatador de alimentos, se debe controlar la alimentación del equipo para evitar una sobrecarga y su posterior atascamiento. Al final de la operación se añade un **10%** de agua (con respecto al peso de la fruta lavada) para recuperar toda la pulpa que se encuentre en el equipo.

Cocción.- Esta operación se realiza en ollas de tipo estacionario calentadas a gas. Se realiza la adición de azúcar en una relación **50-50** (50 partes de pulpa con 50 partes de azúcar), **0,6%** de pectina y **0,05%** de conservante, ingredientes necesarios para obtener un producto de calidad. Durante la cocción se debe realizar una constante agitación evitando en lo posible que la masa se pegue a la olla. La cocción se realiza hasta cuando la mezcla alcanza un grado brix final entre 65 y 68 aproximadamente.

Envasado.- Una vez que se ha alcanzado los grados brix deseados se deja enfriar el producto hasta llegar a 88°C . Se procede a llenar los recipientes (tarrinas plásticas) previamente lavados y esterilizados, se tapan y se dejan enfriar.

Etiquetado-Almacenado.- Los envases llenos se limpian y etiquetan, para identificar el producto elaborado, se colocan en cajas de cartón y se almacenan en un lugar fresco.

Proceso de Producción de Pasta de Mora.

El proceso de producción de la pasta es similar al de la jalea, excepto por La Cocción y el Envasado.

Cocción.- Se realiza la adición de azúcar en una relación **61-39** (61 partes de jugo con 39 partes de azúcar), **0,3%** de pectina y **0,05%** de conservante. Durante la cocción se realiza una agitación constante, evitando que la masa se pegue a la olla. La cocción se realiza hasta cuando la mezcla alcanza un grado brix final de 75 aproximadamente, por lo que se necesita un tiempo de cocción mayor al requerido para la elaboración de jalea.

Envasado.- Una vez que se han alcanzado los brix deseados se deja enfriar el producto hasta llegar a 88 °C. Se procede a llenar los recipientes de madera y los moldes de metal, se deja enfriar durante la noche; se procede a cortar y empaquetar el dulce de los moldes en papel de celofán.

Etiquetado-Almacenado.- Las cajas y los paquetes de pasta se etiquetan para identificar el producto elaborado, se colocan en cajas de cartón y se almacenan en un lugar fresco.

Balances de energía.

Elaboración de Pulpa de Mora

Durante la congelación el medio absorbe una cantidad de energía de la pulpa, para determinar la cantidad total de energía cedida se aplica la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{Total requerida}} = Q_1 + Q_2 + + Q_n$$

Datos:

m_{pulpa}	=	76,9 kg.	$C_{p_{\text{pulpa}}}$	=	0,85 kcal / kg.-°C (en estado líquido).
T_{ambiente}	=	15 °C	$T_{\text{congelación}}$	=	-1,72 °C
$\lambda_{\text{congelación}}$	=	- 69,3 kcal / kg	$C_{p_{\text{pulpa}}}$	=	0,46 kcal / kg.-°C (en estado sólido)
$T_{\text{almacenamiento}}$	=	- 15 °C			

Cálculo:

$$Q_1 = m \times C_{p_{\text{pulpa}}} \times (T_{\text{congelación}} - T_{\text{ambiente}}) = - 1092,9 \text{ kcal}$$

$$Q_2 = m_{\text{pulpa}} \times \lambda_{\text{congelación}} = - 5329,17 \text{ kcal}$$

$$Q_3 = m \times C_{p_{\text{pulpa}}} \times (T_{\text{almacenamiento}} - T_{\text{congelación}}) = - 469,77 \text{ kcal}$$

Cuantificación de la energía total

$$Q_{\text{Total requerido}} = -(1092,9 \text{ kcal} + 5329,17 \text{ kcal} + 469,77 \text{ kcal}) = - 6891,84 \text{ kcal / parada}$$

por kilogramo:

$$Q_{\text{Total requerido}} = - 6891,84 \text{ kcal / parada} / 76,9 \text{ kg./ parada} = - 89,62 \text{ kcal / kg.}$$

Elaboración de Jalea de Mora.

Para calcular la cantidad de calor requerido para elaborar jalea de mora se aplica la siguiente ecuación:

Datos:

m_{media}	=	167.215 kg.	$C_{p_{\text{medio}}}$	=	0.796 kcal / kg.-°C
T_{final}	=	91,8 °C.	T_{inicial}	=	15,0 °C
$m_{\text{agua evaporada}}$	=	54,0 kg.	$\lambda_{\text{vaporización}}$	=	543,82 kcal / kg

Cálculo:

$$Q_1 = m_{\text{media}} \times C_{p_{\text{medio}}} \times (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) = 10222.32 \text{ kcal}$$

$$Q_2 = m_{\text{agua evaporada}} \times \lambda_{\text{vaporización}} = 29366.28 \text{ kcal}$$

Cuantificación del calor total requerido:

$$Q_{\text{Total requerido}} = (10222.32 + 29366.28) \text{ kcal / parada} = 39588.6 \text{ kcal / parada}$$

por kilogramo:

$$Q_{\text{Total requerido}} = 39588.6 \text{ kcal / parada} / 140.2 \text{ kg. / parada} = 282.37 \text{ kcal / kg.}$$

Elaboración de Pasta de Mora.

Aplicando la fórmula enunciada anteriormente se calcula la energía necesaria para elaborar pasta de mora:

Datos:

m_{media}	=	129.74 kg.	$C_{p_{\text{medio}}}$	=	0.756 kcal / kg.-°C
T_{final}	=	91.8 °C.	T_{inicial}	=	15.0 °C
$m_{\text{agua evaporada}}$	=	58.6 kg.	$\lambda_{\text{vaporización}}$	=	543.82 kcal / kg

Cálculo:

$$Q_1 = m_{\text{media}} \times C_{p_{\text{medio}}} \times (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) = 7532.8 \text{ kcal}$$

$$Q_2 = m_{\text{agua evaporada}} \times \lambda_{\text{vaporización}} = 31867.85 \text{ kcal}$$

Cuantificación del calor total requerido:

$$Q_{\text{Total requerido}} = (7532.81 + 31867.85) \text{ kcal / parada} = 39400.66 \text{ kcal / parada}$$

por kilogramo:

$$Q_{\text{Total requerido}} = 39400.66 \text{ kcal / parada} / 100.4 \text{ kg. / parada} = 392.44 \text{ kcal / kg.}$$

Maquinaria y equipo.

El equipo esta determinado en función de la capacidad establecida del proyecto

CANTIDAD	EQUIPO	CAPACIDAD / DIMENSIONES
1	Licuadaora marca VISA	capac. 25 lts, una velocidad
1	Balanza Triple brazo	Marca OHAUS, sensibli 0.1 g
1	Pulpatadora-Refinadora, acero inox	2 HP, 60 hz.
1	Canastilla rectangular, acero inox.	AISI 304
1	Dosificador electrónico	
2	Escurreidor, acero inoxidable	AISI 304
1	Estantería metálica para enfriar	220x40x165cm, ruedas 11cm ϕ
2	Mesas metálicas	220x75x80cm
2	Ollas de cocción	AISI 304 de 50 lts
2	Ollas de cocción	AISI 304 de 100 lts

1	Paila de Bronce y cobre	capac. 50 lts
3	Quemadores industriales	Tres llamas
1	Selladora plástica de pie	
1	Congelador vertical	165x70x190cm
3	Baldes de acero inox.	AISI 304 capac. 15 lts
4	Baldes de plástico	capac. 10 lts
4	Baldes de plástico	capac. 20 lts
12	Canecas BCI.K.	
12	Canecas cerradas	
20	Charoles de tol galvanizado	50x35x3cm, espesor 1/32
1	Coche plataforma	80x100cm, ruedas 15cm ϕ
1	Extinguidor	tipo BC de 10 lbs
3	Tanques de gas con válvulas	capac. 15 kg.
1	Archivador de 3 gavetas	100x70x40cm
1	Escritorio modular con silla	100x70x75cm
1	Balanza electrónica OHAUS	capac. 400 g
1	Refractómetro marca ATAGO	escala 0-90, 0.2%
1	Medidor de pH marca OAKTON	digital escala 0 - 14
1	Termómetro bimetálico	escala 0 - 100 °C

Diseño de la planta.

Para el diseño de planta se ha tomado en consideración que la línea de producción tenga una secuencia lógica, facilitando además la circulación del personal como de materiales e insumos, ahorrando tiempos y movimientos. Una de las principales preocupaciones es construir un edificio que se adapte a las necesidades y que garantice total seguridad.

ESTUDIO ECONÓMICO

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

Inversión Fija

	71'670.000
Terreno y Construcciones	89'053.125
Maquinaria y Equipo	23'230.000
Otros Activos	
	183'953.125
Imprevistos de la inversión fija(5%)	9'197.656

SUMAN : **193'150.781**

Capital de Operación

Materiales Directos	15'729.694
Mano de Obra Directa	311.465
Carga Fabril	4'873.798
Gastos de Ventas	1'012.500
Gastos de Administración y Generales*	1'543.276

SUMAN : **23'470.732**

* No incluye rubros de amortizaciones y depreciaciones

Inversión Total **216'621.513**

Financiamiento (Corporación Financiera Nacional) **100'000.000**

Estado de Pérdidas y Ganancias	Sucres	%
Ventas Netas	748'804.500	100
Costos de Producción	457'680.646	
Utilidad bruta en ventas	291'123.854	39
Gastos de Ventas	12'150.000	
Utilidad neta en ventas	278'973.854	37
Gastos de Administración y Generales	19'249.306	
Utilidad Neta en Operaciones (BAII)	259'724.547	35
Gastos Financieros	54'100.000	
Utilidad Neta	205'624.547	27

Cálculo del Punto de Equilibrio:

Costo Fijo	101'364.583
Costo Variable	441'815.370
Costo Total	543'179.953
Ingreso Total	748'804.500

$$P. E. = \text{Costo Fijo} / [1 - (\text{Costo Variable} / \text{Ingreso Total})]$$

$$P.E. = 101'364.583 / [1 - (441'815.370 / 748'804.500)]$$

$$P.E. = 247'247.372 \text{ sucres ; } 33\%$$

Rentabilidad del Proyecto

$$R = 94.92\%$$

Rentabilidad Sobre la Inversión

$$ROI = 119.9\%$$

Rentabilidad Financiera

$$RF = 176.32\%$$

Período de Retorno de la Inversión

$$PRI = 1.05 \text{ años}$$

Tasa Interna de Retorno

$$TIR = 119.85\%$$

CONCLUSIONES

- Se ha cumplido el objetivo fundamental del trabajo, el cual estudia de la factibilidad para instalar una planta modular procesadora de mora en la provincia de Tungurahua; determinándose las comunidades piloto de San Pablo de Santa Rosa y Cuatro Esquinas de Pasa, donde los habitantes han mostrado un gran interés por el procesamiento de mora, ya que este vendría a dar al producto un mayor valor agregado al comercializarlo procesado.
- En base a la producción de materia prima se determina que es factible instalar una planta de tamaño modular para procesar 100 kg. de mora por día, en una jornada normal de 8 horas de trabajo; la capacidad puede aumentar según se incrementen los cultivos de mora en las comunidades.

- La instalación de plantas modulares para el procesamiento de mora manejada por los productores es una alternativa que a más de beneficiar al agricultor creando fuentes de trabajo, incentivando el cultivo de mora y expandiendo el mercado para productos procesados, beneficia al consumidor al obtener elaborados de calidad y a un precio conveniente.
- Se ha escogido una tecnología sencilla, donde el nivel cultural o de educación del agricultor no sea un limitante, elaborándose un manual de transferencia tecnológica con una descripción simple e ilustrada gráficamente para una fácil comprensión.
- En el estudio económico se contemplan todos los rubros relativos a la inversión fija y al capital de operación, con el fin de obtener precios reales sin considerar que las comunidades ya disponen de las edificaciones y los equipos básicos requeridos. Se determina la factibilidad de implementación de la planta, atractiva por la baja inversión que requiere y la rentabilidad que presenta con una tasa interna de retorno del 120% aproximadamente; factible ya que la recuperación de la inversión podría realizarse en un año, con un punto de equilibrio del 32% lo que da seguridad a la inversión. Cabe recalcar que este estudio esta sujeto a las variaciones que vive el país en materia económica, la misma que resulta de difícil pronóstico y afecta directamente al desarrollo agrícola e industrial.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALVARADO, Juan. 1996. "Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos". 1^{ra} edición. Quito, Ecuador. Radio Comunicaciones de Artes Gráficas. 524 p.
- ARBOLEDA, German. 1998. "Proyectos, Formulación, Evaluación y Control". AC Editores. Colombia. 593 p.
- BOUMA, Susana. 1996. "Proyecto de Factibilidad para la Instalación de una Planta Procesadora de Snacks Enriquecidos Proteínicamente con Quinoa". Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato, Ecuador.
- CAMPAÑA, Victor A. 1997. "Proyecto de Producción y Comercialización de la Mora de Castilla". CARE - PROMUSTA. Ambato, Ecuador.
- DE LA CADENA, J., ORELLANA, A. 1984. "El Cultivo de la Mora, Manual del Capacitador". Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito, Ecuador. 116 p.
- DESROSIER, W. 1974. "Conservación de Alimentos". 5^{ta} impresión. Compañía Editorial Continental, S.A.. México 22, D.F.
- FAO. CODEX ALIMENTARIUS. 1982. "Normas Codex para Frutas y Hortalizas Elaboradas y Hongos Comestibles." Volumen II.
- FLORES, Juan. 1979. "Análisis Pomológico de la Mora de Castilla en dos zonas del Ecuador con Fines Industriales". Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador.
- GARCES, F. y VON LIPPKE, D. 1994. "Elaboración de Néctar de Mora de Castilla". Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato, Ecuador.
- HARPER, E. 1981. "Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e industriales". Editorial Limusa. México.
- INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización. "Conservas Vegetales, Definiciones". Quito, Ecuador.
- INEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Encuesta Anual de Manufactura y Minería. Quito, Ecuador.
- LESS, R. "Análisis de los Alimentos". Editorial Acribia. Zaragoza, España. pág. 182-182.
- McCABE, W. y SMITH, J. "Operaciones Básicas de Ingeniería Química". 1015 p.
- MICIP, Ministerio de Industrias, Comercio, Integración y Pesca. 1996. Registro Oficial # 445. Quito, Ecuador.
- POHLMANN, W. 1971. "Manual de Técnica Frigorífica". 2^{da} edición. Barcelona, España. Ediciones Omega, S. A. 640 p.
- PROEXANT. 1991. "El Cultivo de la Mora de Castilla (*Rubus glaucus benth*)". Quito, Ecuador. 72 p.
- RAUCH, George. "Fabricación de Mermelada". Zaragoza, España. Editorial Acribia. 199 p.
- SALINAS, J. 1996. "Estudio de la Instalación de una Empresa de Comercialización de Frutas y sus Derivados en la provincia de Tungurahua". Ambato, Ecuador.
- SCHWARTZ, Marco. 1997. "Producción y Mercado Mundial de la Mora". Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago de Chile, Chile.

SAPAG, Nassir y SAPAG, Reinaldo. 1998. "Preparación y Evaluación de Proyectos". 3^a edición. McGraw-Hill Interamericana, S.A. Bogotá, Colombia. 404p.

ZAHARIA, Hélène. 1996. "Estudio de Comercialización y Transformación de La Manzana, La Mora y la Lana". Proyecto CORICAM. Ambato, Ecuador. 104 p.

Tabla 1. Características químico - nutricionales de la mora de Castilla, en 100 g de porción aprovechable.

DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
Humedad	84.2	g
Calorías	58.0	cal
Proteína	1.40	g
Extracto etéreo	0.70	g
Carbohidratos totales	13.2	g
Fibra	5.30	g
Ceniza	0.50	g
Calcio	38.0	mg
Fósforo	40.0	mg
Hierro	2.20	mg
Caroteno	0.03	mg
Tiamina	0.01	mg
	0.03	mg
Riboflavina		
Niacina	0.58	mg
Acido ascórbico	17.0	mg

Fuente: Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos. Instituto Nacional de Nutrición.

Tabla 2. Producción de Mora Nacional y de Tungurahua (en Tm)

Año	Nacional	Tungurahua
1993	2030.0	1380.0
1994	3967.0	2714.0
1995	6527.0	2815.0
1996	6039.0	3125.0
1997	6405.0	3591.0

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Tabla 3. Estimación de Producción de Mora Nacional y de Tungurahua (en Tm)

Año	Nacional	Tungurahua
1998	8240.0	4174.9
1999	9322.0	4658.2
2000	10404.6	5141.5
2001	11486.8	5624.8
2002	12569.0	6108.1

Tabla 4. Producción Actual de Productos Manufacturados.

Año	Compotas, Mermeladas, Jaleas de frutas (TM)
1993	3.575,031
1994	3.777,084
1995	3.981,137
1996	4.366,819
1997	4.564,766

Fuente: INEC. Encuesta Anual de Manufactura y Minería.

Tabla 5. Consumo Actual de Productos Manufacturados.

Año	Compotas, Mermeladas, Jaleas de frutas (TM)
1993	2.180,769
1994	2.543,030
1995	2.674,916
1996	2.806,797
1997	2.938,677

Fuente: INEC. Encuesta Anual de Manufactura y Minería.

Tabla 6. Estimación del Consumo de Productos Manufacturados.

Año	Compotas, Mermeladas, Jaleas de frutas (TM)
1999	3.340,67
2000	3.518,63
2001	3.696,59
2002	3.874,55
2003	4.052,50

Figura 1. Esquema de la comercialización de mora.

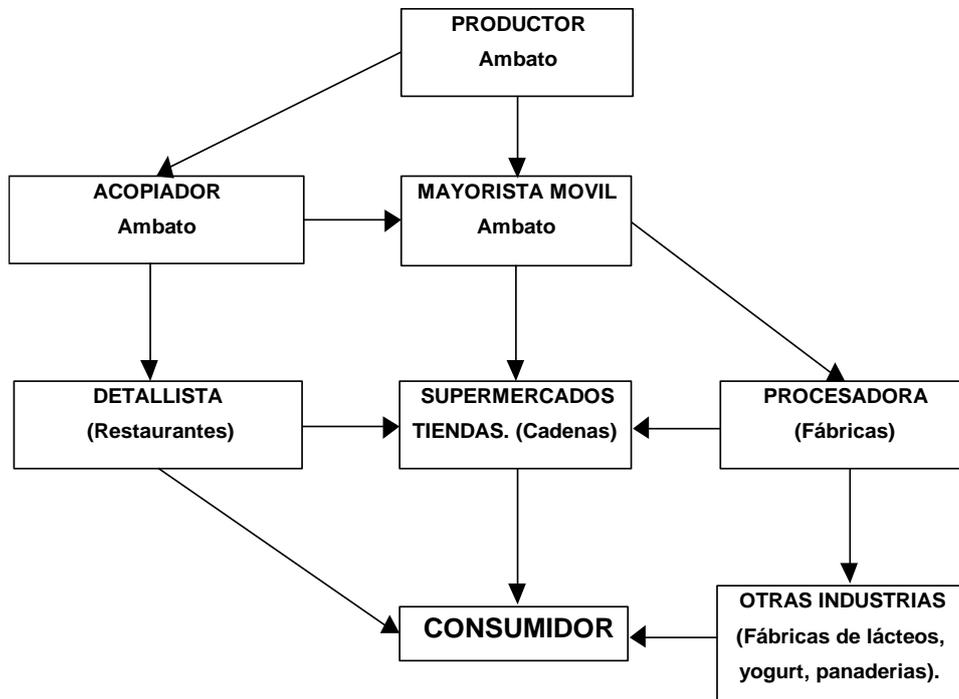


Diagrama de Bloques y Balance de Materia, Elaboración de Pulpa de Mora.

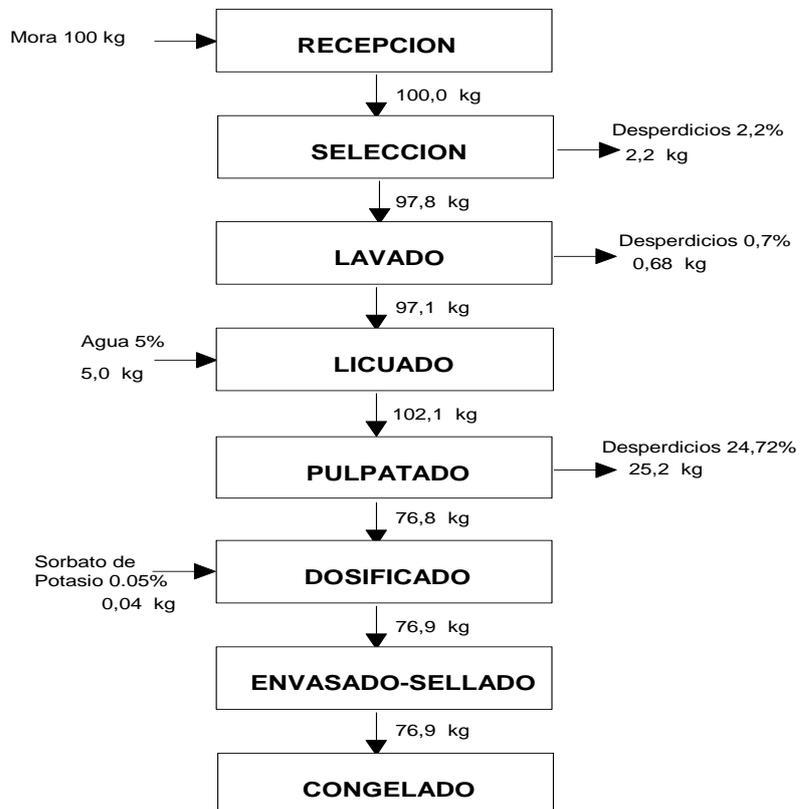


Diagrama de Bloques y Balance de Materia, Elaboración de Jalea de Mora.

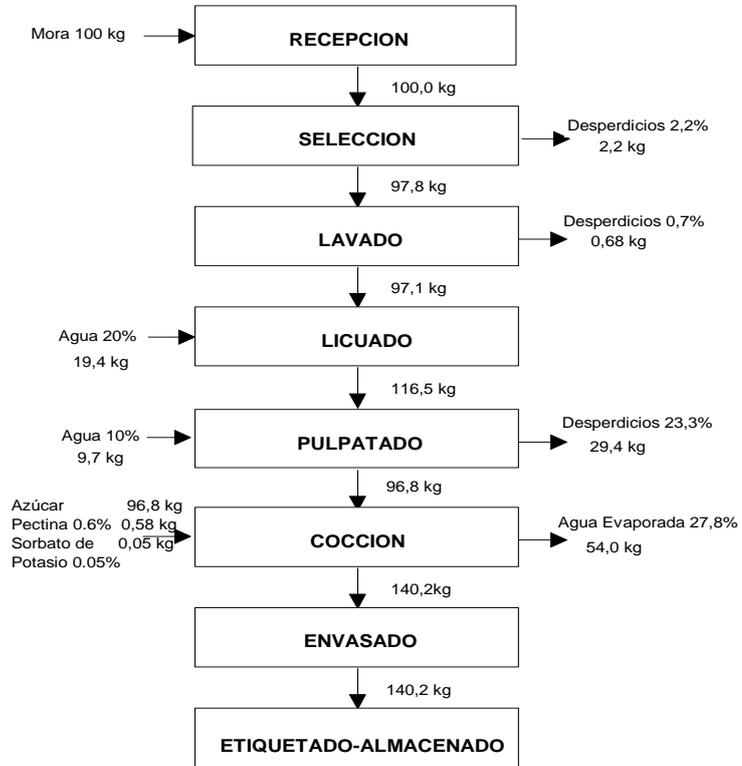
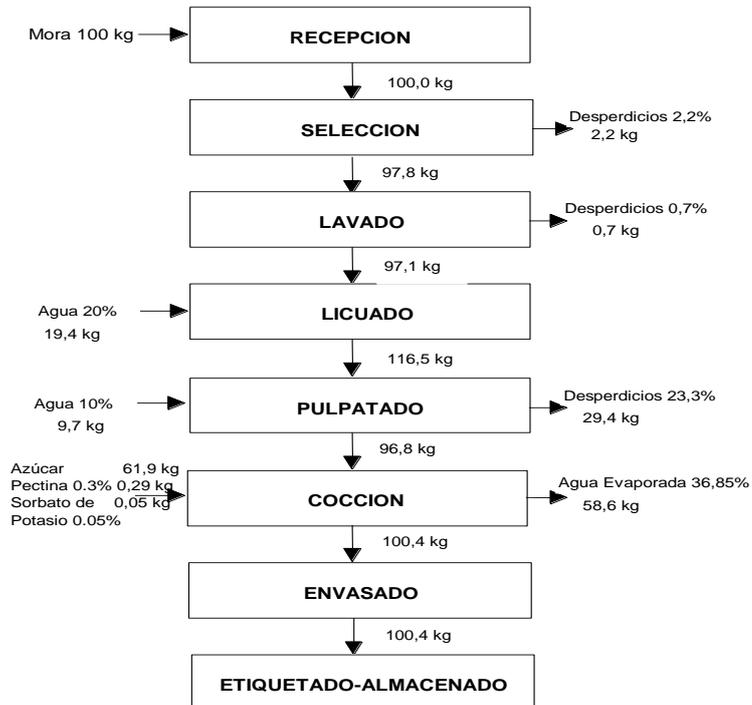


Diagrama de Bloques y Balance de Materia, Elaboración de Pasta de Mora.



ESTUDIO DE LA SINÉRESIS EN SALCHICHA FRANKFURT

María Yáñez *
Héctor Saltos**

RESUMEN

Por las características propias de la industria cárnica, detectar la causa de los defectos que se producen en los productos procesados resulta difícil. En el caso de las salchichas uno de tales defectos es el exudado. Aquel, como otras alteraciones de la calidad, es consecuencia de diversos factores, que influyen sobre el proceso de fabricación, etapas de elaboración, empaque de los productos y condiciones de almacenamiento.

El objetivo de esta investigación ha sido encontrar un mecanismo que permita reducir el porcentaje de exudado en salchicha Frankfurt, lo cual asegura la conservación del alimento en las mejores condiciones. Se analizó el efecto que produce el empleo de almidón modificado (*Firm-Tex*) en la fabricación de salchicha Frankfurt; y también el efecto del proceso de nebulización, con tres soluciones diferentes, sobre la cantidad de exudado resultante en el producto terminado.

Las lecturas relacionadas al porcentaje de líquido exudado, revelan que cualquiera de los tratamientos experimentales reducen la cantidad de líquido con respecto al tratamiento estándar. Sin embargo, la combinación almidón modificado 4% y solución de ácido cítrico al 2% para nebulización, generan un producto con menor porcentaje de líquido exudado a la tercera semana de almacenamiento. Por otro lado, se ha determinado que la temperatura de almacenamiento influye significativamente en la conservabilidad de este producto, pues la fluctuación marcada de este factor aumenta la cantidad de líquido exudado a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

INTRODUCCIÓN

La norma INEN 1338 sobre carne y productos cárnicos define a la salchicha como "El producto embutido elaborado a base de una masa hecha por trituración de carne de bovinos, porcinos y otros tejidos mezclados con condimentos y aditivos permitidos, ahumado o no y que puede ser madurado, crudo, escaldado o cocido". Además en la norma INEN 774 sobre carne y productos cárnicos se especifica que los embutidos escaldados son aquellos, que en su elaboración, no alcanzan temperaturas superiores a los 80°C. A estos pertenecen las salchichas tipo Frankfurt, vienas, las de coctel, mortadela, pastel mexicano, salchichones de cualquier tipo, entre otros. En tal norma también se incluyen disposiciones con respecto a la fabricación de los embutidos escaldados utilizando carne de vacuno mayor, carne de cerdo cruda y picada, grasa y en casos específicos, con inclusión de carne de cordero o cabra, así como determinados despojos y vísceras. Se pueden distinguir distintas clases de embutidos escaldados: fiambres (mortadelas o jamones cervecedores), embutidos de conservación media o larga (salamis cocidos) y salchichas dentro de las cuales existe una gran variedad.

Para la fabricación de salchichas, la carne inicialmente se desmenuza y pica. Luego es condimentada y mezclada con algún agente ligante y agua mientras se somete a la acción de la cutter. El propósito es conseguir una pasta homogénea, a la cual se agregarán cubos de tocino. Finalmente, la pasta se embute en una tripa, se ahuma y se escalda. El proceso continúa con el enfriamiento, que implica alcanzar alrededor de 30°C, para después aplicar un ducho con agua helada hasta que el producto alcance aproximadamente 12°C, temperatura a la cual es posible empaclarlo convenientemente. La conservación se limita a un corto lapso de tiempo y a 4°C, que es la temperatura usualmente empleada.

La elaboración de productos cárnicos constituía un arte que se transmitía de generación en generación. Actualmente se observa que la explotación animal ha adquirido una nueva dimensión con el desarrollo de nuevos productos y el mejoramiento de los ya existentes, constituyéndose en una ciencia. Por ello, importantes compañías elaboradoras de productos cárnicos, poseen amplios sectores de investigación, con el concurso de

* Egresado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

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

científicos y tecnólogos en alimentos.

Esta investigación se concentra en el estudio de la **sinéresis** en "salchicha Frankfurt". El fin es encontrar un procedimiento que permita reducir la cantidad de exudado en el producto, pues de esta forma se asegura la conservación del producto en las mejores condiciones. Específicamente se tratará de analizar el efecto que produce la utilización de almidones modificados en la fabricación de salchicha Frankfurt, así como el efecto del proceso de nebulización con diferentes soluciones sobre la cantidad de exudado resultante en el producto terminado.

La capacidad de retención de agua es particularmente crítica en los ingredientes de aquellos productos manufacturados que se someten a calentamiento, picado u otros procesos. Debe mencionarse que las pérdidas de peso durante la elaboración son en gran parte consecuencia de la evaporación de agua; por tanto, determinar causas y efectos de la alteración en la capacidad de retención de agua en el producto, será fundamental para el mejoramiento del embutido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia Prima y Proceso de Elaboración

El estudio se realiza en salchicha Frankfurt producida por PRONACA EMBUTIDOS con el empleo de grasa de cerdo, trimmins de cerdo y trimmins de res. El proceso de elaboración se describe continuación.

Recepción de carne congelada. La materia prima recibida es sometida a un proceso de congelamiento para su conservación, razón por la cual, el proceso se inicia con carne congelada.

Descongelamiento. La materia prima se descongela a temperatura ambiente por un lapso de 24 horas.

Deflecado. Las carnes se someten a un proceso de rebanado en una defleadora ENDE 2000 para facilitar la molienda.

Molido. Se realiza en un molino angular de carne KRAMER GREBE-MOD.

Dosificación de carnes. Se emplea balanzas marca TOLEDO de plataforma con el fin de determinar las cantidades de cada tipo de carne para la formulación correspondiente.

Mezclado. Se utiliza para ello una cutter KRAMER GREBE. En esta etapa se adicionan todos los aditivos, condimentos según la formulación establecida (Anexo C) y el almidón modificado de acuerdo al diseño experimental planteado para la investigación.

Emulsificado. Se emplea el emulsor KARL SCHNELL que permite una mejor incorporación de las fases acuosa y grasa.

Descarga en tolvas. La descarga se realiza con la ayuda de bombas CREPACO y TOWNSEND.

Embutido, Porción y Torsión. Se utiliza una embutidora del tipo VEMAG MOD. 119.

Ahumado. Se realiza con humo líquido

Lavado. Se efectúa con el fin de eliminar el exceso de humo.

Horneado. Comprende tres fases en los hornos VEMAG micromat. La primera de PRESECADO, que dura 16 minutos, la segunda de SECADO, cuya duración es de 8 minutos y finalmente la COCCION que tarda 18 minutos. Estas operaciones se realizan automáticamente mediante la programación del equipo.

Enfriamiento. Es el primer ducho que recibe el producto por 3 - 5 minutos con agua a temperatura ambiente, el objeto es bajar la temperatura a 30 °C.

Ducho. Se convierte en el segundo ducho, para lo cual se utiliza agua helada para bajar la temperatura a 12°C.

Cortado. Operación que permite obtener salchichas individuales.

Nebulización. Se realiza con las soluciones de ácido cítrico, lactato de sodio y ácido láctico en una concentración de 2%, el propósito es disminuir la posible contaminación externa del producto, misma que incidiría en la cantidad de exudado.

Las últimas operaciones como **moldeado**, **etiquetado** y **sellado** (al vacío) se realizan en la empaquetadora Tiromat. Finalmente el producto elaborado es **almacenado** para luego ser distribuido y comercializado.

Diseño Experimental

Se propone en la investigación el empleo de un Diseño Factorial 2x3, con los factores y niveles siguientes:

FACTORES

A: Estabilizador de consistencia

B: Solución para Nebulización

NIVELES

a₀: 2% almidón modificado

a₁: 4% almidón modificado

b₀: Solución de Acido Cítrico 2%

b₁: Solución de Lactato de Sodio 2%

b₂: Solución de Acido Láctico 2%

Como respuestas experimentales se han incluido las siguientes:

- Cantidad de exudado presente al final del proceso de elaboración y luego de cada semana (para el tratamiento estándar) y cada dos semanas (en los distintos tratamientos). Los ensayos requieren un período aproximado de 45 días de almacenamiento, que ha sido establecido como anclaje por el fabricante.
- Humedad
- Contenido de proteína
- Grasa
- Pérdida de grasa y agua
- Volumen de extracto liberado
- pH del líquido exudado

Una vez identificado el mejor tratamiento, se procederá a realizar los siguientes estudios:

- Determinación de parámetros reológicos en la pasta (Laboratorios FCIAL-UTA)
- Análisis microbiológicos de coliformes *E. coli*, aerobios, anaerobios, mohos y levaduras (Laboratorio PRONACA EMBUTIDOS)
- Determinación de actividad acuosa (Laboratorios FCIAL-UTA)
- Evaluación Sensorial (PRONACA EMBUTIDOS)

Métodos de Análisis

Determinación del Porcentaje de Exudado

Mediante diferencia de pesos

Determinación de la Humedad: Método pérdida por Secado

Referencia del Método: Método AOAC 925.09 (1990) modificado.

Determinación de Proteína Cruda: Método Kjeldahl

Referencia del Método:

- Método AOAC 920.87 (1990) modificado.
- Método Kjeldahl Ayres, Análisis Químico Cuantitativo, 1970.

Determinación de Proteína Soluble Métodos de:

- Pomeranz, Y and Meloan, C.E. (1987). Food Analysis: Theory and Practice, 2nd Edition, Van Nostrand Reinhold Company, NY, pp. 762-763.
- Pierce, (1997). Instructions: Coomassie Plus Protein Assay Reagent 23236,23237. Bulletin 0.229, Rockford, IL.

Determinación de Grasa Cruda..

Referencia del Método: Método AOAC 920.39 (1990) modificado (usando n - hexano).

Capacidad de Retención de Agua y de Grasa

Referencia del Método: Método modificado de Lee (1987).

Volumen de Extracto Liberado

Referencia del Método: Descrito por primera vez en 1964 y citado por Moreno y Villacís (1998).

Determinación de pH

Referencia del Método: Método AOAC 973.41.

Métodos de Análisis en el Mejor Tratamiento

Parámetros Reológicos en la Pasta. Los parámetros reológicos se han determinado mediante el uso del Rheotest (viscosímetro de cilindros concéntricos, cilindro H/H, velocidad 2), utilizando para las corridas

alrededor de 5 gramos de muestra.

Análisis Microbiológico. Se han efectuado análisis referentes a Coliformes, *E. coli*, Aerobios, Anaerobios, Mohos y Levaduras. Para cada uno de ellos se han considerado los siguientes parámetros:

- (a) Coliformes Totales:
- (b) *E. coli*
- (c) Aerobios
- (d) Anaerobios
- (e) Mohos y Levaduras

Actividad Acuosa. El medidor de actividad de agua A2101 se utiliza para determinar a_w entre 0,01 y 1,00 en alimentos y productos farmacéuticos. La sensibilidad del equipo es de 0,015 a_w .

Evaluación Sensorial. Se aplican dos tipos de pruebas, una para establecer el grado de aceptabilidad (Prueba Sensorial de Calidad y Aceptación) que presenta el mejor tratamiento y otra, con el fin de determinar posibles diferencias entre éste y el producto estándar (Prueba Triangular).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Materia Prima

En los resultados del análisis proximal de materias primas, los valores corresponden al promedio de 3 réplicas, pudiéndose advertir que todos los porcentajes se encuentran dentro de las especificaciones establecidas por el fabricante. En efecto, mientras el contenido de grasa ha sido del 73,07% para grasa de cerdo, los trimmins de cerdo alcanzan un porcentaje del 8,04% y los trimmins de res un 11,02%. En cuanto al porcentaje de humedad, la grasa de cerdo registra un valor de 25,18%, los trimmins de cerdo 71,12% y los trimmins de res 70,14%. El contenido proteico para grasa de cerdo es del 5,80%, para los trimmins de cerdo 20,09% y para los trimmins de res 19,58%.

Respuestas Experimentales en el Tratamiento Estándar

El monitoreo del producto estándar se ha realizado cada semana, durante el tiempo señalado como anclaje por el fabricante, es decir, 45 días. A continuación se discute cada variable, partiendo de la forma de cálculo.

Porcentaje de Líquido Exudado

El porcentaje de líquido exudado se ha determinado por diferencia de pesos. Los valores, durante las 7 semanas de almacenamiento, han fluctuado entre 2,62 % (primera semana) y 7,84% (séptima semana).

Esta respuesta experimental ha mostrado tendencia creciente conforme transcurre el tiempo de almacenamiento. Aunque en algunos casos parecería que el porcentaje decrece ligeramente, es necesario señalar que en ocasiones las lecturas se veían afectadas por la elevada viscosidad del líquido. Se ha observado también que a partir de la cuarta semana el olor del producto es más intenso y es notorio cierto abombamiento. Concomitante a ello, se ha detectado un marcado incremento de la cantidad de líquido exudado. En efecto, mientras que hasta la tercera semana el porcentaje de exudado ha alcanzado un valor de 3,61%, una semana más tarde este porcentaje prácticamente se ha duplicado (7,21%). Al final del ensayo, el porcentaje de líquido exudado alcanzó el 7,84%. Según Large, B. (1999) se considera como normal un porcentaje de líquido exudado alrededor del 2%, para el caso de salchichas empacadas al vacío. En consecuencia, valores superiores, alteran la calidad del producto, haciéndose indispensable buscar un mecanismo que permita reducir la cantidad de exudado.

La empresa fabricante ha estimado la vida útil del producto en 45 días, tomando en cuenta cámaras de refrigeración con temperatura relativamente estable, cuyos valores oscilan entre 2°C y 4°C. Sin embargo es necesario recalcar que en la presente investigación se emplearon cámaras con temperaturas fluctuantes en donde existe mayor variación dentro de rangos que van entre 5°C y 11°C, lo cual influye en la multiplicación y actividad metabólica de las bacterias y, por tanto incide sobre la conservabilidad del alimento refrigerado.

Humedad en Salchicha Frankfurt

Para el tratamiento estándar, el porcentaje de humedad ha fluctuado en un rango entre 60,55% y 62,97%, con una media de 61,52%. La Norma INEN 1338 (1988), sobre Carne y productos cárnicos, establece que el porcentaje de

humedad para salchichas no debe exceder al 65%. Por tanto, al comparar el promedio experimental con el valor máximo que permite el INEN, se concluye que el producto se encuentra dentro de la especificación mencionada.

Proteína Cruda en Salchicha Frankfurt

La Norma 1338 para Carne y productos cárnicos del INEN, indica que el porcentaje de proteína no debe ser inferior al 12%. Nótese que durante el almacenamiento el porcentaje de proteína ha variado en forma desordenada, siendo el valor mínimo 12,13% (segunda semana) y el máximo 13,54% (quinta semana). Para el tratamiento estándar se ha calculado un promedio general de 12,78%, lo cual supera al mínimo exigido por el INEN.

Proteína Cruda en el Líquido Exudado

Los valores permiten establecer un comportamiento desordenado para los datos experimentales de proteína cruda en el líquido exudado del tratamiento estándar. Se registra un rango igual a 1,06%, con valor máximo 2,07% y mínimo 1,01%.

Proteína Soluble en el Líquido Exudado

Conforme aumenta el tiempo de almacenamiento, la cantidad de proteína soluble existente en el líquido tiende a aumentar. A excepción del valor 10,33 mg/ml correspondiente a la quinta semana, los valores restantes aumentan progresivamente conforme transcurre el tiempo. El mínimo valor se ha registrado en la primera semana (8,48 mg/ml) y el máximo en la quinta (10,33 mg/ml). Se hace necesario indicar que las muestras de la quinta y séptima semana, presentaban elevada turbidez. Los resultados registrados incluyen una corrección del aporte de turbidez a la absorbancia.

Analizando los datos reportados se deduce que el producto ha experimentado fuertes pérdidas de proteína soluble durante el tiempo de almacenamiento, las cuales aumentan significativamente de semana a semana.

Grasa en Salchicha Frankfurt

Los valores experimentales del contenido de grasa en salchicha fluctúan sin seguir un orden determinado. De acuerdo a la norma 1338 para Carnes y productos cárnicos del INEN, el contenido de grasa máximo permitido es del 25%. Según la Tabla A.7, el porcentaje de grasa mínimo observado es 12,65% de la cuarta semana y el máximo es 19,72% que corresponde a la segunda semana de almacenamiento. El promedio global calculado alcanza 15,6%, lo cual confirma que el producto se encuentra dentro de la reglamentación exigida por la entidad de control.

Grasa en el Líquido Exudado

El porcentaje de grasa en el líquido exudado, varía entre un mínimo de 0,50%, correspondiente a la primera semana y máximo 1,30% (séptima semana), con una media aritmética de 0,98%.

Comparando el porcentaje de grasa que se pierde en el líquido con la cantidad de proteína soluble existente en el mismo, puede decirse que en la composición del exudado predomina el componente proteico y que la grasa puede considerarse como un constituyente secundario.

Capacidad de Retención de Agua y de Grasa

El método utilizado para medir las pérdidas de agua, también permite establecer las pérdidas de grasa.

El porcentaje de pérdida de agua para el tratamiento estándar, permite establecer un comportamiento desordenado en los resultados. Las pérdidas de agua han variado en un rango comprendido entre 13,26% correspondiente a la séptima semana (promedio de 2 réplicas) y 19,80% de la primera semana (promedio de 2 réplicas). Las pérdidas de agua para el tratamiento estándar son significativas. Cabe indicar que incluso a los primeros días de almacenamiento se observaba cantidades importantes de agua en los paquetes.

Al igual que en el caso de pérdidas de agua, la fluctuación de datos en la pérdida de grasa, no sigue un orden específico sino que se mantiene en un rango comprendido entre 8,26% de la séptima semana (promedio de 2 réplicas) y 11,29% de la séptima (promedio de 2 réplicas). El porcentaje de pérdida de grasa, presenta una tendencia muy similar a la observada para el porcentaje de pérdida de agua, lógicamente los porcentajes son menores debido a que el contenido de grasa en el producto cárnico es inferior al del agua.

Volumen de Extracto Liberado (V.E.L.)

El volumen de extracto liberado está asociado con la duración de productos cárnicos. Una vez que las carnes han sufrido alteraciones, el V.E.L. disminuye. A medida que aumenta el tiempo de almacenamiento puede apreciarse una disminución periódica de V.E.L., desde un valor de 48,20 ml de la primera semana a 36,20 ml de la séptima. Es decir, decrece en función al deterioro del producto cárnico. Con respecto al método utilizado, es necesario indicar que para obtener reproducibilidad en los resultados, se hace necesario efectuar varias repeticiones.

pH en el Líquido Exudado

El pH en el líquido exudado tiende a disminuir conforme el producto alcanza el tiempo máximo de almacenamiento. El descenso de pH no sigue un orden definido, sin embargo se observa una marcada disminución entre la segunda (6,43) y la tercera semana (5,45).

Relacionando los resultados de pH en el exudado con el reporte microbiológico puede indicarse que a la tercera semana que es en donde se detecta una fuerte caída del pH, el recuento total en placa a una dilución de 10^{-5} da como resultado un número incontable de colonias, lo que haría suponer que este aumento microbiológico sería el responsable del decrecimiento en los valores de pH.

Análisis Microbiológicos

La norma INEN 1338, para Carnes y productos cárnicos, tolera un máximo de $1,5 \cdot 10^5$ ufc/g en recuento estándar efectuado en placa, un reporte de $2,5 \cdot 10^5$ ufc/g es motivo de rechazo. A la tercera semana de almacenamiento existe un número incontable de colonias a la dilución 10^{-5} .

Evaluando los resultados y relacionándolos con los estandarizados por el INEN, el producto debería rechazarse a la tercera semana de almacenamiento. No obstante se insiste en señalar que la experimentación se realiza en cámaras de refrigeración, cuyas temperaturas fluctúan constantemente en rangos muy amplios, lo cual reduce prácticamente a la mitad el tiempo de vida útil establecido por el fabricante.

Para el caso de *E. Coli*, el INEN tolera hasta un valor de $1,0 \cdot 10^1$ y exige el rechazo con $1,0 \cdot 10^2$. El reporte en este caso, hasta la tercera semana de seguimiento indicaría ausencia de este microorganismo en el producto. El análisis microbiológico en el líquido exudado sólo se realiza hasta la tercera semana ya que el recuento total registrado supera al máximo permisible.

Discusión sobre los Tratamientos Experimentales

Los métodos que han sido descritos para el tratamiento estándar se han aplicado en las combinaciones experimentales.

Porcentaje de Líquido Exudado

Al igual que en el tratamiento estándar, el porcentaje de líquido exudado aumenta desordenadamente con el transcurso del tiempo de almacenamiento. Durante la primera semana los valores han fluctuado entre 1,74%* del tratamiento a_0b_1 y 2,10%* del experimento a_1b_2 . Para la tercera semana el menor registro corresponde al tratamiento a_1b_0 (1,41%*), en tanto que el mayor para a_1b_1 (2,19%*). En la séptima semana de almacenamiento el porcentaje más alto ha sido el del tratamiento a_0b_2 , con un promedio de 5,23%* y el menor, de 4,07%* para el a_0b_1 .

En todas las combinaciones experimentales puede apreciarse que el porcentaje de exudado es mucho menor al que se registra para el estándar; nótese además que en el caso de los tratamientos experimentales, estos presentan un comportamiento más homogéneo que el del tratamiento estándar. De otro lado debe indicarse que a excepción del tratamiento a_1b_2 (el cual presenta un ligero aumento en el porcentaje de líquido exudado, con relación a los otros tratamientos), el porcentaje de líquido exudado en los tratamientos experimentales muestran un comportamiento similar por lo que puede concluirse que el efecto de las soluciones utilizadas para la nebulización ejercen una acción semejante.

Humedad en Salchicha Frankfurt

El porcentaje de humedad para todos los tratamientos es muy similar, al igual que las variaciones que se producen de semana a semana. Transcurrida la primera semana de almacenamiento, el tratamiento a_1b_1 , registra un porcentaje ligeramente menor, 62,98%*, en tanto que el ensayo a_1b_0 , presenta el mayor porcentaje, 65,60%*. En la tercera semana, el menor porcentaje se ha registrado en el tratamiento a_0b_0 (63,64%*) y el porcentaje más alto el tratamiento a_0b_2 (64,57%). Al término del almacenamiento, el tratamiento a_1b_0 ha presentado el mayor porcentaje de humedad (64,38%*), en tanto que el porcentaje más bajo lo registra el a_1b_1 (61,59%*).

La mayoría de corridas experimentales siguen una trayectoria muy similar, a excepción del tratamiento a_1b_1 . Para el caso del tratamiento estándar, el porcentaje de humedad es inferior al de los experimentales. Comparando el porcentaje de humedad que registra el estándar, con relación al de los tratamientos experimentales, puede concluirse que el almidón modificado incluido en la formulación, permite una mayor retención de agua en el producto cárnico estudiado.

Proteína Cruda en Salchicha Frankfurt

El registro de proteína en salchicha muestra un decrecimiento conforme aumenta el tiempo de almacenamiento. Según Eskin, Henderson and Townsend (1971), las carnes almacenadas a baja temperatura sufren una hidrólisis parcial en las proteínas primarias. De acuerdo a este criterio, sumado a la acción que ejerce la fluctuación de temperatura, es posible pensar que mientras mayor sea el tiempo de almacenamiento, se produciría un incremento en el grado de proteólisis, ocasionando cambios bioquímicos y organolépticos significativos en el producto cárnico. En todos los casos el rango de fluctuación es más estrecho que el registrado para el tratamiento estándar.

El menor porcentaje registrado en la primera semana corresponde al tratamiento a_1b_0 (11,37%*) y el mayor al a_1b_2 (12,43%*). En la tercera y séptima semana de almacenamiento, el tratamiento a_0b_1 presenta mayor porcentaje de proteína en salchicha (11,12%* y 11,08%* respectivamente) y el a_0b_2 reporta el menor porcentaje (10,48%* y 10,23%*).

Proteína Cruda en el Líquido Exudado

El porcentaje de proteína en el líquido exudado aumenta durante el tiempo de almacenamiento. El registro (10,65%) se presenta en la Tabla A.17. El tratamiento a_0b_0 en la primera, tercera y séptima semana de almacenamiento ha registrado el porcentaje más alto (1,57%*, 1,70%* y 2,35%* respectivamente). Por otro lado, los porcentajes menores en la misma secuencia ha correspondido a los tratamientos a_0b_2 (1,44%*), a_1b_2 (1,58%*) y a_1b_0 (2,07%*) respectivamente. El Gráfico A.6 muestra la tendencia de todos los tratamientos experimentales, así como también la del estándar.

Al igual que en el caso de proteína cruda en salchicha, los valores de proteína en el líquido exudado de los tratamientos experimentales fluctúan en un rango más estrecho que en el estándar. Además para todos los tratamientos, el comportamiento es más uniforme que el reflejado por el estándar.

Proteína Soluble en el Líquido Exudado

En el caso de los tratamientos experimentales, los resultados se han calculado a partir de la curva estándar establecida para determinar proteína soluble. Las lecturas se realizan utilizando la ecuación polinomial de tercer orden: $y = 50,269 x^3 - 223,12 x^2 + 316,74x - 134,97$ que es la que presenta un mejor ajuste para la relación planteada. En la Tabla A.18 se presenta el registro de proteína soluble en el líquido exudado para las diferentes combinaciones experimentales.

Grasa en Salchicha Frankfurt

El registro de grasa en salchicha, permite establecer un comportamiento que no sigue un orden específico. El porcentaje de extracto etéreo no cambia significativamente durante el almacenamiento sino que fluctúa dentro de un rango estrecho de valores que van desde 13,54% de la tercera semana a 13,91% de la séptima.

Para la primera, tercera y séptima semana de almacenamiento, los tratamientos con mayor porcentaje de grasa en salchicha han sido el a_0b_0 (14,43%*) y el a_1b_1 (13,74%* y 14,06%*), respectivamente. En tanto que los porcentajes menores se registran en el tratamiento a_1b_0 (13,34%* en la primera semana, 13,24%* en la tercera y 13,79%* en la

* Promedio de 3 réplicas

* Promedio de 3 réplicas

séptima.

Grasa en el Líquido Exudado

El porcentaje de grasa en el líquido exudado, al igual que en salchicha, fluctúa desordenadamente en un rango bastante estrecho.

Luego de la primera semana de almacenamiento, el tratamiento con mayor porcentaje de grasa en el líquido exudado es el a_0b_1 (0,55%*) y el que presenta el menor porcentaje a_0b_0 (0,29%*). Un valor de 1,23%* de grasa corresponde al registro más alto para la tercera semana, en tanto que los tratamientos a_0b_1 y a_0b_2 presentan el menor porcentaje (0,65%*). Los tratamientos experimentales a_0b_2 y a_1b_0 presentan los porcentajes más alto y más bajo respectivamente (0,38%* y 0,14%*) a la séptima semana de almacenamiento.

Al igual que en el caso del porcentaje de grasa en salchicha, la fluctuación de datos se produce en un rango relativamente estrecho, que va desde 0,14% a 1,23%. Obsérvese además que el patrón del tratamiento estándar es similar a las tendencias que siguen las curvas correspondientes a los tratamientos experimentales.

El porcentaje de grasa, tanto en salchicha como en el líquido exudado, no ha sido mayormente influenciado por las condiciones de almacenamiento y el transcurso del tiempo. Se mantiene fluctuante dentro de un rango estrecho a diferencia de lo que ocurre en el caso de la proteína.

Capacidad de Retención de Agua y de Grasa

Los registros de pérdida de agua y de grasa, permiten establecer un comportamiento que no sigue una tendencia específica. En cuanto a las pérdidas de agua cabe indicar que fluctúan en el rango de 7,07%* (tratamiento a_0b_0) y 12,40%* (tratamiento a_0b_2) para la primera semana. Para la tercera semana los porcentajes de pérdida acuosa oscilan entre 11,14%* del tratamiento a_0b_1 y 20,23%* del a_1b_2 . En la séptima semana, el tratamiento a_1b_0 con un registro de 8,48%* es el ensayo con menor pérdida de agua y el tratamiento experimental a_0b_0 es el que presenta mayor porcentaje en pérdida de agua.

Se observa claramente que al término del almacenamiento las pérdidas de agua son inferiores para cualquiera de los tratamientos experimentales con relación al estándar. Un artículo sobre el uso de almidones en productos cárnicos de la Journal of Agriculture, Food Science and Technology (Hunt, 1994), indica que una mayor efectividad en la retención de agua se consigue utilizando almidones modificados que empleando los de tipo nativo. Esto explicaría que en los tratamientos experimentales se hayan registrado pérdidas de agua menores que las del estándar ya que este último contiene almidón nativo proveniente de la fécula de papa.

En cuanto a la pérdida de grasa se ha observado que sigue la tendencia observada para el porcentaje de pérdida de agua. Sin embargo los valores son menores, debido a que el componente grasa se encuentra en menor proporción. En la primera semana de almacenamiento, el tratamiento a_0b_0 , ha presentado el menor porcentaje en pérdida de grasa, 4,00%*, y el experimento a_0b_1 registra las mayores pérdidas, 6,45%*. Para la tercera semana, las menores y mayores pérdidas de grasa han correspondido a los tratamientos a_1b_0 y a_1b_2 (6,48%* y 12,36%*) respectivamente. En la séptima semana el tratamiento a_1b_0 ha registrado el menor porcentaje de pérdidas, 5,43%*, en tanto que el mayor porcentaje de pérdidas, 10,14%*, ha correspondido al tratamiento a_0b_0 .

Nótese que a excepción de las pérdidas de grasa que se producen en la tercera semana, el registro para cualquiera de los tratamientos experimentales es inferior al del estándar. La curva que representa los menores porcentajes de pérdida de grasa, corresponden al tratamiento a_1b_0 .

Volumen de Extracto Liberado (V.E.L.)

El V.E.L. disminuye conforme el producto alcanza las distintas etapas de deterioro. En la primera y tercera semana de almacenamiento, el tratamiento a_0b_1 ha presentado el mayor volumen de extracto liberado (24,63 ml* y 21,56 ml* respectivamente). A la séptima semana, el mayor registro corresponde al tratamiento a_0b_0 , con volumen de 10,66 ml*. El menor porcentaje para la primera, tercera y séptima semana han correspondido al ensayo a_1b_0 (13,3 ml*, 10,76 ml* y 7,16 ml* respectivamente).

pH en el Líquido Exudado

Durante la primera semana las lecturas fluctúan entre un máximo de 6,56* (de los tratamientos a_0b_1 , a_0b_2 , a_1b_1 y a_1b_2) y un mínimo de 6,53* del tratamiento a_0b_0 . Para la tercera semana los valores van desde un mínimo de 5,58* (tratamiento a_1b_0) a un máximo de 6,34*, a_1b_1 . En la séptima semana el menor registro, 5,02*, se tiene para el

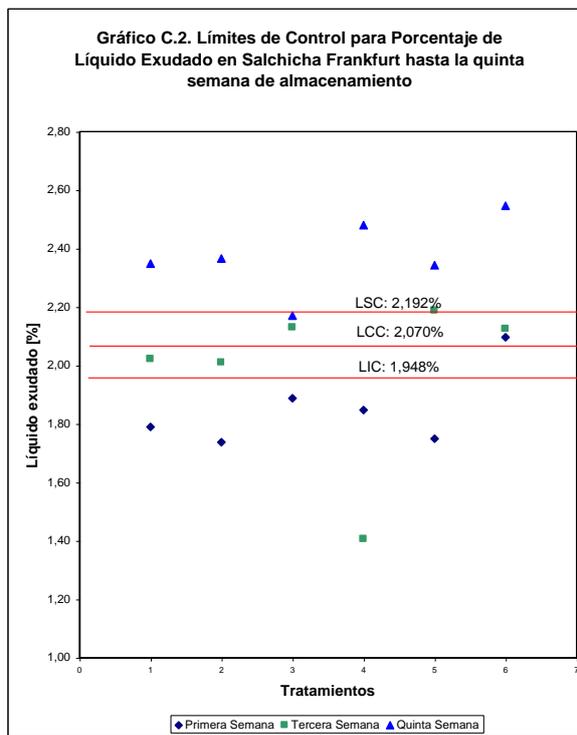
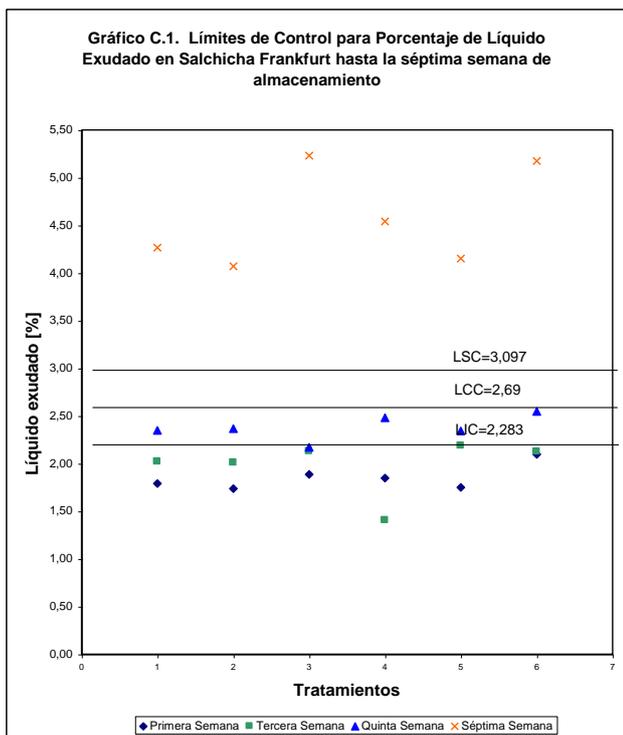
* Promedio de 3 réplicas

tratamiento a_1b_0 y la mayor lectura de 5,25*, corresponde al tratamiento a_0b_1 .

El pH del líquido se encuentra muy ligado al pH del producto, por lo que si existe una caída de pH en el líquido exudado también existirá un descenso de pH en las salchichas. Si bien es cierto que la caída del pH en la mayoría de veces coadyuva a la preservación del producto, sin embargo en este caso particular una marcada disminución en el pH ocasiona alteraciones en las características organolépticas del embutido, el sabor y el olor son los atributos que en mayor escala se ven afectados. Tanto para el tratamiento estándar como para los experimentales la fluctuación de datos es muy similar, a excepción de la lectura del tratamiento a_1b_2 para la quinta semana. El rango de variación general (estándar y experimentales), oscila entre 5,05 y 6,56.

Determinación del Mejor Tratamiento

El Gráfico C.1 corresponde a los "porcentajes de líquido exudado" de todas las semanas que ha durado el ensayo experimental, incluye 6 valores (cada dato representado es el promedio de 3 réplicas) para cada semana. Obsérvese que con respecto a los límites de control, todos los valores de la séptima semana de almacenamiento exceden al límite superior 3,10%. El Gráfico C.2 muestra los límites de control obtenidos luego de eliminar los porcentajes de la séptima semana. El nuevo límite superior de control es 2,19%, valor que de acuerdo a Large (1999) es un porcentaje considerado como normal en este tipo de embutidos empacados al vacío. Nótese que la mayoría de valores determinados en la quinta semana exceden al límite superior de control, además que los atributos sensoriales, principalmente sabor y olor, se ven totalmente alterados.



La curva que representa a la tercera semana de almacenamiento se encuentra bajo el límite de control superior. Por tal razón y considerando además que las características organolépticas del producto todavía se mantienen, el mejor tratamiento no ha sido escogido en la séptima semana, sino en la tercera. Cabe aclararse, no obstante que el tiempo de vida útil calculado por la empresa fabricante (45 días), podría aplicarse siempre y cuando las condiciones de refrigeración se mantuvieran entre 2°C y 4°C y no entre 5°C y 11°C que ha caracterizado a este estudio.

En base a lo expuesto se ha determinado que el factor de mayor relevancia ha sido "porcentaje de líquido exudado". El análisis estadístico de esta variable y las observaciones experimentales adicionales muestran que en la tercera semana de almacenamiento, el tratamiento a_1b_0 (4% de almidón modificado y nebulizado con solución de ácido cítrico al 2%) presenta el menor porcentaje de líquido exudado. Consecuentemente este tratamiento ha resultado ser la mejor combinación experimental. Si bien con el mismo criterio, se ha

determinado que a la séptima semana de almacenamiento el tratamiento a_0b_1 (2% de almidón modificado y nebulizado con solución de lactato de sodio al 2%) registra el menor porcentaje de líquido exudado, el producto ya no conserva sus características organolépticas.

Análisis del Mejor Tratamiento

Análisis Reológico

El análisis reológico de la pasta para salchicha Frankfurt correspondiente al tratamiento a_1b_0 , la muestra que el alimento en estudio pertenece al grupo de fluidos, en los cuales el término índice de consistencia es equivalente a una viscosidad no-newtoniana. Sin embargo, más apropiadamente el tipo de fluido se requieren de otros índices, como el de comportamiento al flujo y, en ocasiones, el esfuerzo de fluencia (tensión mínima de deformación o umbral de fluencia).

Con relación a los datos del índice de comportamiento de flujo (n), es necesario indicar que hasta ahora no existe una relación que permita establecer valores de n con respecto a la temperatura; a diferencia de lo que ocurre con el índice de consistencia (K), parámetro que se ve afectado por la temperatura. Obsérvese que a 4°C se tiene un índice de consistencia de 5385,18 Pa.s^{0,1567}, a 8°C 5396,34 Pa.s^{0,1194}, y para 12°C el valor asciende a 5473,94 Pa.s^{0,132}. Es evidente que a medida que aumenta la temperatura, el valor de K también se incrementa.

Análisis Microbiológicos

La empresa que elabora las salchichas, estima que el producto tiene un período de anclaje equivalente a 45 días, cuando el almacenamiento se lo realiza en cámaras de refrigeración en donde la temperatura oscila entre 2°C y 4°C. Los resultados del análisis microbiológico que se discuten a continuación, hacen referencia a una cámara en donde la temperatura puede alcanzar hasta 11 °C y en donde la fluctuación de este parámetro es muy marcada. Según la ICMSF (1980), la velocidad de crecimiento se ve afectada por los cambios de temperatura, probablemente éste sea el más importante de los factores que afectan la viabilidad y el desarrollo microbianos.

Al término de los 45 días de almacenamiento, el tratamiento a_1b_0 presenta un alto grado de deterioro reflejado por la presencia de líquido viscoso y olor rancio. Sin embargo la carga microbiológica para aerobios y anaerobios es bastante baja: Aerobios $8 \cdot 10^2$ ufc/g y Anaerobios $4 \cdot 10^3$ ufc/g (los estándares microbiológicos de la planta para "producto cocido y ahumado rebanado", admiten valores inferiores de $2 \cdot 10^5$ ufc/g para aerobios totales, no se especifica ningún valor para anaerobios). Puede decirse que dentro del período de crecimiento bacteriano se ha llegado a la fase en donde la población va progresivamente decreciendo a causa de las muertes celulares. El crecimiento en un ambiente confinado, incluso a la temperatura óptima, cesa llegado un momento determinado a causa del agotamiento de nutrientes (ICMSF, 1980).

En lo que respecta a la presencia de coliformes, tanto totales como fecales, se registra un valor de 1,0,0 es decir 4 NMP. Obsérvese que el estándar de la planta considera un valor inferior a 3 NMP como ausencia.

A diluciones de 10^{-1} y 10^{-2} se reporta ausencia de mohos y levaduras. La tolerancia máxima en cuanto a conteo de hongos para este producto, de acuerdo al fabricante, es inferior a $1 \cdot 10^2$ upl/g.

Exceptuándose los resultados de coliformes (4 NMP), microorganismos que al parecer se habrían desarrollado durante el almacenamiento, tanto el recuento total como el registro para anaerobios es bastante bajo debido al decremento de la flora microbiana.

Determinación de la Actividad de Acuosa (a_w)

La a_w de un alimento puede ser definida como el agua disponible para el crecimiento microbiano y demás reacciones de naturaleza química, física o enzimática. Los alimentos semiperecibles poseen valores de a_w entre 0,88 y 0,96, en donde es posible el desarrollo de gran variedad de microorganismos causantes de deterioro. A valores de a_w por debajo de 0,95 dejan de jugar un papel importante la mayoría de los bacilos Gram negativos y su lugar es ocupado progresivamente por los cocos y los lactobacilos, más osmotolerantes. (Cabral, A., 1980).

Nótese que en el tratamiento a_1b_0 , la actividad acuosa (a_w) oscila entre 0,926 y 0,933, lo que ubica al embutido estudiado en la categoría de los alimentos semiperecibles. En el tratamiento estándar, los valores de actividad acuosa fluctúan entre 0,919 y 0,937. Tomando en cuenta el criterio de Iglesias, H. y Chirife, J. (1982), el valor

de a_w a tomarse en cuenta como base para el análisis de riesgo debe ser el contenido probable de agua más elevado y nunca el valor medio.

Cabral, A., (1980). señala que el deterioro de origen microbiológico en alimentos depende de factores intrínsecos y extrínsecos. Los factores intrínsecos son inherentes al sustrato, siendo los principales la actividad de agua, pH y la composición química del alimento. Los factores extrínsecos son aquellos que dependen de condiciones externas al sustrato: humedad relativa, temperatura y oxígeno atmosférico.

Es importante indicar la actividad de agua está estrechamente ligada con el crecimiento microbiológico. Sin embargo, su influencia inhibitoria depende en gran medida de parámetros tales como la temperatura de conservación, el pH, o ambos, los cuales adquirirían también valores subinhibidores.

Evaluación Sensorial

En la prueba sensorial diseñada para establecer la calidad y aceptación del producto, se trabajó con 14 catadores quienes evaluaron los atributos: análisis externo, análisis interno, textura y sabor. Por otro lado, en el caso de la prueba triangular, el número de catadores fue 16.

Prueba Sensorial de Calidad y Aceptación

Análisis Externo.- El cálculo de regresión respecto al "Análisis Externo" caracterizado por sus subatributos: "Aspecto Externo" y "Color Externo", ha determinado un modelo de ajuste que explica alrededor del 79% de la variabilidad. El análisis de varianza global muestra que:

- No todos los catadores resultaron consistentes en sus apreciaciones. Globalmente se ha encontrado diferencia significativa ($p = 0,0159$) entre catadores, pues la consistencia en las respuestas de los jueces no es la misma. Efectivamente, mientras los catadores 2, 4 y 11 han variado su criterio, el resto no lo ha hecho.
- Los catadores no han detectado cambios significativos ($p = 0,0698$) entre subatributos para el "Análisis Externo". Las calificaciones han fluctuado entre 5,00 y 6, 5,82 para el subatributo "Color Externo" que equivale a bueno y 5.08 para el subatributo "Aspecto Externo", también equivalente a bueno.

Análisis Interno.- El estudio estadístico correspondiente a la valoración del "Aspecto Interno" de salchicha Frankfurt, ha determinado un modelo que explica alrededor del 67% de la variabilidad.

El análisis de varianza del modelo global y las pruebas de los efectos de los subatributos sobre el Análisis Interno, indican que:

- Globalmente se ha encontrado diferencia significativa ($p = 0,0010$) para los catadores que evaluaron la muestra presentada. La consistencia de las respuestas de los catadores no es la misma ya que mientras unos jueces no varían su criterio del producto de acuerdo a los tres subatributos estudiados, otros si lo han hecho.
- Los catadores no han detectado diferencias significativas ($p = 0,8055$) entre los tres subatributos del "Aspecto Interno". La codificación para esta característica de calidad se halla entre 5 y 6 puntos lo que en la escala equivale a bueno; 5,56 para el subatributo "Aspecto Interno", 5,74 para el subatributo "Color Interno" y 5,84 para el subatributo "Olor"

Análisis de Textura.- El análisis estadístico para textura, establece un modelo que explica alrededor del 44% de variabilidad. El análisis de varianza global de "Textura" y las pruebas de los efectos de los subatributos sobre el atributo determinan que:

- No existe diferencia significativa ($p = 0,6811$) del catador con respecto a la evaluación de los subatributos planteados.
- No existe diferencia significativa ($p = 0,4778$) entre los subatributos que caracterizan al atributo "Textura". Nótese que la calificación de esta característica fluctúa entre 5 y 6, siendo el promedio más alto 5,38 para el subatributo "Jugosidad" en tanto que para "Firmeza" se anota un valor de 5.02. En todo caso la calificación global para "Textura" equivale a bueno.

Sabor.- Para el caso del atributo "Sabor", por carecer de subatributos además de no existir réplicas y debido a

que la prueba sensorial está dirigida únicamente al mejor tratamiento experimental, la evaluación de calidad se limita al promedio de las respuestas de catación otorgadas por los jueces. El promedio encontrado es 6,17 lo que en la escala equivale a bueno.

Prueba Triangular

Desarrollo de la Prueba Estadística:

$$X^2_{cal} = \frac{(|4(8) - 2(8)| - 3)^2}{8(16)}$$

$$X^2_{calculado} = 1,3203$$

$$X^2_{tabular} = 3,84$$

Para encontrar el estimador "chi-cuadrado" en tablas (tabular) se ha utilizado 2-1=1 grados de libertad del error, pues se ha tratado de una prueba triangular aplicada a dos muestras.

Se concluye que hay evidencia estadística para decir que no existen diferencias entre muestras a un nivel de 5%. Por lo tanto, la formulación nueva puede sustituir a la existente ya que el mercado no encontrará diferencias entre el producto estándar y la nueva alternativa (formulación con almidón modificado al 4% y solución de ácido cítrico al 2% para nebulización).

CONCLUSIONES

- La utilización de almidón modificado como estabilizador de consistencia, reduce la cantidad de líquido exudado en salchicha tipo Frankfurt empacadas al vacío. Debido a que a este tipo de almidón garantiza una mejor estabilidad de los componentes de las salchichas a pH ácido, presenta menor retrogradación, resiste los procesos de congelamiento y descongelamiento. En sí, el almidón modificado incrementa la vida útil del producto cárnico en que se emplea.
- La inclusión de almidón modificado en una proporción del 4% en la formulación, conjuntamente con la aplicación de ácido cítrico al 2% en la nebulización, ofrece la mayor ventaja tecnológica en cuanto a la reducción de líquido exudado.
- Todos los tratamientos experimentales reducen el porcentaje de líquido exudado con respecto al porcentaje existente en el estándar. Además, las características del líquido exudado del estándar difieren considerablemente a las del líquido de las combinaciones experimentales. En los tratamientos experimentales, el líquido exudado se presenta más fluido y de coloración más clara que en el estándar, aún cuando el producto ya no conserva sus características organolépticas (principalmente sabor y olor).
- La fluctuación de temperatura es determinante en el porcentaje de líquido exudado que se registra en salchicha Frankfurt empacada al vacío: entre 2°C-4°C, la vida de anaquel calculada es de 45 días, y entre 5°C-11°C, el producto se conserva óptimo hasta la tercera semana de almacenamiento; es decir, que se produce una reducción del 43%, aproximadamente, en el tiempo de vida útil. En las combinaciones experimentales, el producto mantiene inalterable sus atributos sensoriales hasta la tercera semana de almacenamiento, lo que haría predecir que en condiciones adecuadas de refrigeración (2°C - 4°C), el embutido con las modificaciones propuestas, cumpliría satisfactoriamente el período de anclaje establecido por el fabricante.
- En base a las determinaciones de proteína cruda y grasa en el líquido exudado, se establece que el producto experimenta una severa proteólisis. Ello provoca que pierda su capacidad de retención de agua a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.
- La presencia de proteína en el líquido exudado hace posible la proliferación de una gran variedad de microorganismos proteolíticos. Sin embargo, la temperatura a la que se mantenga el producto así como el rango de fluctuación de la misma, son factores determinantes sobre la microflora a desarrollarse y por ende en las características sensoriales y físico-químicas que presente el líquido exudado.

- Las pruebas sensoriales aplicadas al mejor tratamiento, han permitido determinar dos aspectos fundamentales:
 - El producto goza de buen grado de aceptación; y,
 - Si la combinación experimental reemplaza al tratamiento estándar, el consumidor no detectaría diferencias entre ambas formulaciones.

- El rendimiento calculado para el proceso de elaboración de salchicha Frankfurt formulada con almidón al 4% y nebulizada con solución de ácido cítrico al 2% (mejor tratamiento), alcanza 98,31%. Este valor es similar al calculado por la empresa para el tratamiento estándar (99%). Sin embargo las pérdidas que se registran en el almacenamiento a causa de la exudación, son significativamente mayores en el estándar con respecto al tratamiento experimental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado J (1996). *Principios de Ingeniería aplicados a Alimentos*. pp. 285-287. Quito, Ecuador: Radiocomunicaciones División Artes Gráficas.
- Anónimo (2000) Valor nutritivo de la carne En *El Heraldo* 21-05-2000.
- Association of official analytical chemist. (AOAC), (1975) *Official Methods of Analysis of the Association of official Analytical Chemist*. Washington D.C. 12th ed.
- Association of official analytical chemist. (AOAC), (1975) *Official Methods of Analysis of the Association of official Analytical Chemist*. Washington D.C. 15th ed
- Ayres G (1970) *Análisis Químico Cuantitativo*. pp. 354-356, 644-645. Madrid España: Ediciones del Castillo. 2^{da}. ed.
- Cabral A (1980) Aspectos gerais sobre a vida-de-prateleira de produtos alimentícios. *Boletim ITAL*. 10-40.
- Collin D (1977). *La Carne y el Frío*. pp. 5-7 Madrid, España.
- Escuela Politécnica del Chimborazo ESPOCH. (1992) *Seminario Internacional: Tecnología de Carnes*. Riobamba, Ecuador.
- Eskin N, Herderson H and Townsend R (1971) *Biochemistry of Foods*. pp: 18-20, 24-25. New York: Academic Press.
- Forrest J y otros (1979) Propiedades de carne fresca. En: *Fundamentos de Ciencia de la Carne* pp: 150-249. Zaragoza, España: Acribia, S.A.
- Frazier W (1972) *Microbiología de los Alimentos*. pp: 264-278. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Frey W (1983) *Fabricación fiable de embutidos*. pp: 66-81 Zaragoza, España: Ed. Acribia
- García A (1994). *Durabilidad de los Alimentos.- Métodos de Estimación*. p: 7. La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia.
- Gartz E (1987) “Las carnes y su procesamiento”. Medellín, Colombia.
- Gehrke W y Camou J (1994). Empacado de Carnes y Productos Cárnicos. En: *Carnetec*. 5:32 -34.
- Girard J (1991) *Tecnología de la Carne y los Productos Cárnicos*. pp: 102-102, 112-116, 242-243, 263-267, 289 Zaragoza, España: Acribia.
- Guzmán R (1988). *Uso de aditivos y sus implicaciones en salud pública* En: Memorias del Curso “Tecnología de Productos Cárnicos” ICTA. Universidad Nacional de Bogotá.
- Hamm R (1975) On the rheology of minced meat. In: *Journal-of-Texture-Studies*. 6:281-296.
- Hofmann K (1994) Conceptos de Calidad en Carne y Productos Cárnicos: Su significado científico y práctico. En: *FLETSCHWIRTSCHAFT Español*. 2:3-12
- Honikel K & Hamm R (1994) Quality Attributes in Meat, Poultry and Fish Products, Measurement of Water – holding capacity and Juiciness. In: *Advances in meat research* 5:125-161
- Hunt C (1994) The use of starch in meat products. In: *Journal Agriculture, Food Science and Technology* 54; 8:39121.
- Iglesias H and Chirife J (1982) *Handbook of Isotherms*. pp. 1-10, 136. U.S.A.: Academic Press, Inc.

Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN). Norma INEN N° 774 "Carne y productos cárnico. Chacinado. Clasificación y designación" (1985); Normas INEN N° 1338 "Carne y productos cárnicos. Salchichas. Requisitos" (1988)

International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). (1980). *Ecología Microbiana de los Alimentos I.- Factores que afectan a la supervivencia de los microorganismos en los Alimentos*. pp. 2-3, 6-7, 28-29. Zaragoza, España: Acribia, S.A..

James M (1973). *Microbiología de los Alimentos*. pp: 76-78 Zaragoza, España.: Acribia, S.A.

Kirk R and Othmer D (1962) *Encyclopedia of Chemical Technology* Traducción en Inglés: Interscience Publishers, Inc, de Nueva York, EE. UU., Traducción en Español: Enciclopedia de Tecnología Química, Tomo 1, pág 991; Tomo II, pág; 617-618; 627-628; Tomo IX, pág 818, 827. México: Unión Tipográfica, Hispano-Americana (UTEHA)

Lee C et al (1987) Textura and sensory evaluations of frankfurters made with different formulations and processes In: *Journal of Food Science*. 52: 896-900.

López J (1997) *Curso Internacional Elaboración de Productos Cárnicos Madurados*. s/p Bogotá, Colombia: Cámara de Industrias.

Marketing & Technology Group (1997). El Uso de Almidones en los Productos Cárnicos. En: *CarneTec* 5:32 - 34.

Moreno N y Villacís C (1998) *Determinación de Vida Útil de Salchichas Frankfurt*. pp 87,106-107 Ambato, Ecuador: Tesis de Grado UTA-FCIAL

Morris M (1999) Nuevos Ingredientes para las Carnes Procesadas En: *Procesamiento de Carne*. 3:22-24.

Otting E (1994) Sistema de Aseguramiento de la Calidad Conforme Normas: Experiencias en su aplicación. En: *FLETSCHWIRTSCHAFT Español*. 2:41-43

Pearse M and Mackinlay V. (1989) Biochemical Aspects of Syneresis: A Review In: *Journal of Dairy Science*. 6: 1401-1406.

Quiroga G (1981) Principio sobre curado de carnes. En: *Memorias del Curso de tecnología y control de calidad*. 19-28.

Rödel W y colaboradores (1990) Nuevo método para la determinación de la actividad de agua en productos cárnicos. En: *FLETSCHWIRTSCHAFT Español*. 2:36-39.

Sanz C (1967) Chacinería. En *Enciclopedia de la Carne*. pp: 573-608. Madrid, España: Espasa Calpe, S.A.

Saltos H (1993) *Diseño Experimental* pp: 3-12, 60-61. Ambato, Ecuador: Pío XII.

Sarantopoulos G (1991) Embalagen para productos carneos. En: ITAL

Technical Service Bulletin, Firm-Tex: National Starch and Chemical Company Ficha Técnica. New Jersey.

Trillas (1987). *Taller de Carne*. pp. 45-74 México.

Trillas (1986) *Elaboración de Productos Cárnicos*. pp: 24-60 México.

Ureña M y colaboradores (1999) *Evaluación Sensorial de los Alimentos (Aplicación Didáctica)*, pp: 65-67, 74, 101-108. Lima, Perú: Agraria., Universidad Agraria, La Molina.

Watts B y colaboradores (1989), *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. pp: 7-10, 20-26, 31-38, 51-60, 66-75. Ontario Canadá: International Development Research Center.

Yúfera P y Carrasco J (1981) *Productos para el Campo y Propiedades de los Alimentos. Tecnología Química y Agroindustrial*. Tomo III/1 pp: 91-109 Madrid: Alhambra, S.A.

INDICE

	Pág.
ELABORACIÓN DE ZUMO DE MANZANA UTILIZANDO EN EL PROCESO, DOS TIPOS DE ENZIMAS PARA EL TRATAMIENTO DE LA PULPA Y SU CLARIFICACIÓN.	1
OBTENCIÓN DE MALTODEXTRINAS A PARTIR DE LA HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DEL ALMIDÓN DE BANANO VERDE (<i>Musa Cavendishii</i>)	13
DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DEL FRÉJOL TIPO HABA (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	22
EFFECTO DEL ANTIOXIDANTE TBHQ (THER BUTIL HIDROXI QUINONA) EN LA OXIDACIÓN DEL ACEITE DE SOYA DURANTE EL CALENTAMIENTO A TEMPERATURA CONSTANTE.	34
ELABORACIÓN DE ALCOHOL Y VINAGRE A PARTIR DE ARAZÁ (<i>EUGENIA STIPITATA</i>)	44
EXTRACCIÓN DE PROTEÍNA DE HUESOS DE CERDO (<i>Sus scrofa domesticus</i>) POR HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA, VALORACIÓN PROXIMAL Y BIOLÓGICA.	58
PROYECTO DE FACIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA MODULAR PROCESADORA DE MORA EN LAS ZONAS RURALES DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.	72
ESTUDIO DE LA SINÉRESIS EN SALCHICHA FRANKFURT.	87