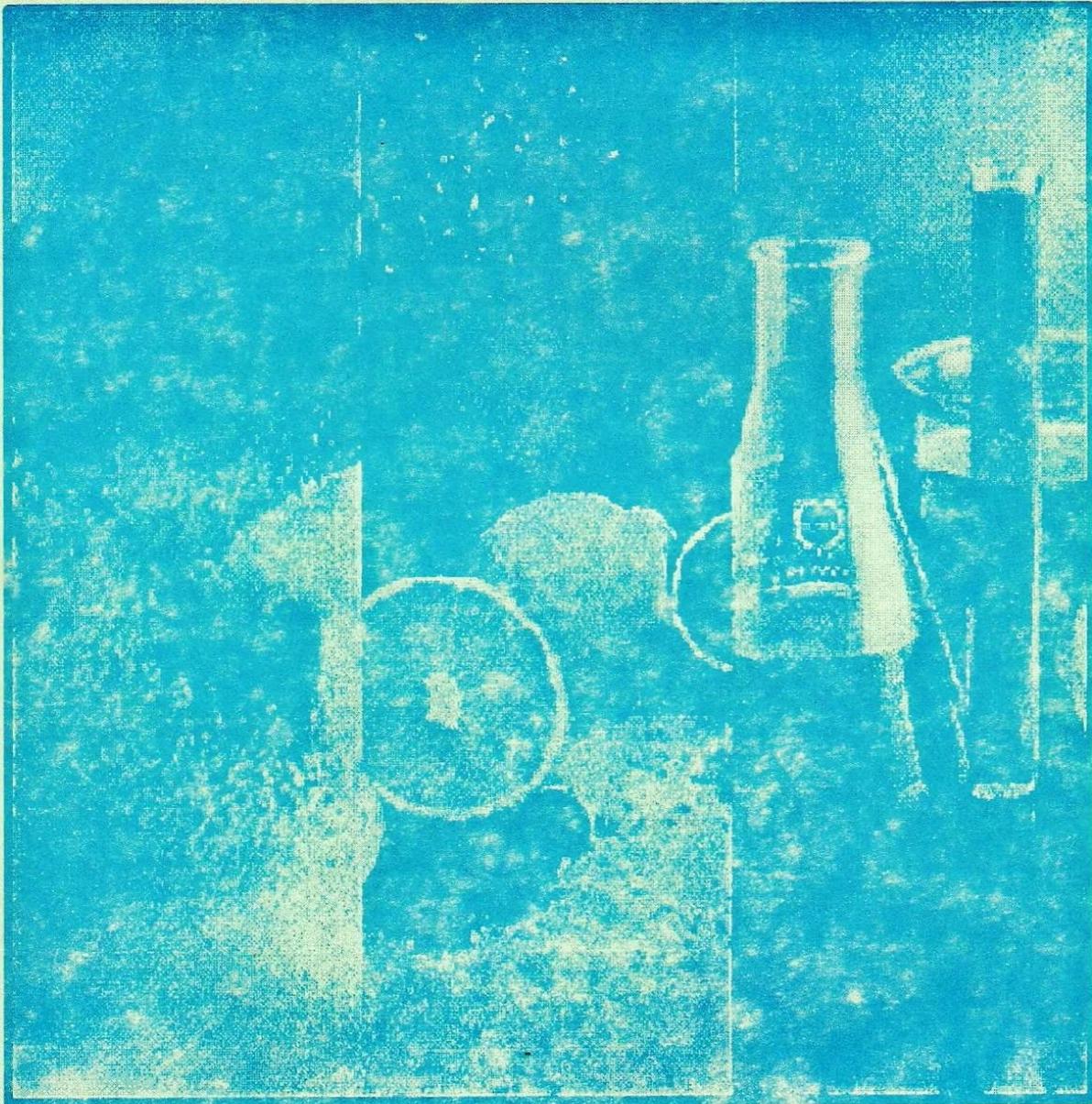


# ALIMENTOS

*CIENCIA E INGENIERIA*



**N° 6 (1)**

***Febrero de 1998***

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

## AUTORIDADES

### RECTOR

Ing. Víctor Hugo Jaramillo

### VICERRECTOR

Ldo. Aníbal Jara A.

### DECANO

Ing. Mario Manjarrez

### SUBDECANO

Ing. Rommel Rivera

.....

### DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Teresa Freire

### REVISIÓN

Ing. Lenín Garcés

### IMPRESIÓN

ENCUADERNACIÓN

Arturo Freire

## EDITORIAL

*Presenciamos grandes cambios de modernización en la industria de los alimentos. Muchos de estos cambios han sido generados por el planteamiento racional de controlar los riesgos microbiológicos y la calidad de los alimentos. Entonces si las fuerzas del mercado de alimentos están actualmente orientados a producir rubros con mejor calidad y precios, para consumidores más exigentes, las plantas procesadoras de alimentos deben implementar buenas prácticas de manufactura que cumplan con requerimientos mínimos de higiene y sanidad.*

*Son innumerables las regulaciones, códigos de prácticas y leyes sobre procesado, manipulación y venta de alimentos que han promulgado organismos nacionales e internacionales con la intención de proteger al público de adulteraciones, fraudes y enfermedades, sin embargo en su gran mayoría contemplan métodos convencionales de análisis que han perdido vigencia dentro de los esquemas modernos del control de la calidad. Las nuevas regulaciones buscan un enfoque más efectivo en el control de riesgos y en su aplicabilidad a todos los eslabones de la cadena alimentaria.*

*La mayor parte de contribuciones significativas en este tema lo han realizado los ingenieros de proceso con el objetivo de determinar y cuantificar los factores de calidad que rigen la aceptación de los alimentos.*

*Estas exigencias se resuelven actualmente con la implementación de métodos que presentan una interesante perspectiva de ser aplicados en las industrias del país, así tenemos las buenas prácticas de manufactura (BMP), que son regulaciones de carácter obligatorio en México y Estados Unidos de América orientadas a reducir las posibilidades de que un alimento se contamine física, química o microbiológicamente y dañe la salud del consumidor. Las BMP deben aplicarse en todas las áreas y procesos como son recursos humanos, instalaciones, programas de limpieza y sanitización, etc.*

*De otro lado cada planta debe implementar y mantener procedimientos estándar de sanidad (POE), los POE son procedimientos que definen ordenadamente los pasos a seguir para realizar una tarea que se debe escribir en forma de manuales. A cada BMP, corresponden uno o varios POE. El cumplimiento de los POE demuestra un compromiso con la producción de alimentos seguros.*

*Además la implementación del sistema de análisis de riesgos y puntos críticos de control (HACCP) desde 1995 en los Estados Unidos tiene el propósito de mejorar la eficiencia del proceso productivo y reemplaza en las plantas procesadoras de alimentos al sistema tradicional de controlar el producto final, el cual se ha comprobado que es insuficiente para garantizar la seguridad de los alimentos.*

*Los planes HACCP son muy específicos y deben desarrollarse para cada producto y para cada planta procesadora pueden implementarse seriamente cuando se utilizan como una mejora de las buenas prácticas de manufactura (BPM). BMP es la base y sin ésta, no se puede implementar un plan HACCP.*

*Hay que manifestar que nunca las medidas de seguridad e higiene serán exageradas y que al alcanzar altos estándares en el aseguramiento de la calidad de los alimentos, las industrias lograrán ser más competitivos y eficientes y conseguirán la expansión del consumo interno y el incremento del comercio exterior.*

Ing. Mario Manjarrez L.  
DECANO

**CONTENIDO**

Extracción del colorante de Cúrcuma (C. Longa) para la utilización en la Industria de los Alimentos S. Escalante, S. Villacís, C. Vásconez.....	1
Elaboración de Queso Mozzarella P. Herrera, P. Iza, D. Morales .....	15
Utilización de Harina de Quinua en la Elaboración de Fideos. S. Castro, C. Vásconez .....	29
Proyecto de Factibilidad para la instalación de una Planta Productora de Almidón de papa. J. López, G. Poveda .....	44
Obtención de goma de semilla de Tamarindo para sustitución de Pectina L. Malo, C. Moreno, C. Vásconez.....	55
Determinación de Parámetros Reológicos en suspensión de raíces y tubérculos. F. Ortega, J. Alvarado.....	68
Obtención de un Alimento Infantil para la Amazonía Ecuatoriana L. Alvarez, G. Acurio, C. German .....	85

11-06-2008

HASS-032-08

(1314)

## EXTRACCION DEL COLORANTE DE CURCUMA (*C. longa*) PARA LA UTILIZACION EN LA INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS

Silvia Escalante\*  
Silvia Villacís\*  
César Vásconez\*\*

### RESUMEN

Se estudia la influencia del estado de los rizomas de Cúrcuma (*C. longa*), esto es en estado fresco y seco; además se estudian otros parámetros como: métodos de extracción, utilizándose para ello alcohol y agua alcalina; las influencias de temperatura de extracción a (20, 45, y 60°C) en diferentes tiempos de extracción (15, 30, 45 min.).

De acuerdo a los resultados obtenidos se establece la posibilidad de extraer el colorante ya sea de los rizomas frescos o de los rizomas secos de cúrcuma, obteniéndose mejor calidad de producto a partir de rizomas secos.

Se obtuvieron al final cuatro mejores tratamientos, los mismos que fueron escogidos a partir de pruebas de Tuckey realizadas tanto para cúrcuma fresca como para seca.

Se realizaron pruebas de tinción y de estabilidad a la luz del colorante, con el propósito de determinar su eficacia en queso fundido, a partir de lo cual se pudo determinar el mejor tratamiento de entre los cuatro. Las pruebas de estabilidad a la luz del colorante se realizaron por un tiempo aproximado de tres semanas.

También se efectuaron ensayos con ácido bórico con el fin de detectar la presencia del colorante, obteniéndose como resultados un color rojo carmín característico del colorante en estudio.

Se determinaron valores de coeficiente de transferencia de masa para cúrcuma fresca y seca.

### INTRODUCCION

La Cúrcuma, Cúrcuma doméstica (*C. longa*), contiene en los rizomas una sustancia, curcumina; que forma cristales anaranjados y sirve para dar color al arroz y otros alimentos; el producto comercial obtenido de los rizomas es un polvo cristalino, anaranjado, de olor picante, que se utiliza como condimento. Su uso en Asia está muy extendido, especialmente en la preparación de curries; en América en cambio su uso es limitado debido a que el achiote se usa para propósitos similares, y a que se preparan los platos ricos en especias y colorantes que son comunes en Asia.

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

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

En el Ecuador se ha iniciado el cultivo de cúrcuma, se encuentra en su fase primaria de explotación, que consiste en la deshidratación de los rizomas y la venta del material molido, para ser usado como colorante y condimento, en la elaboración de polvos "curry", preparados de mostaza y encurtidos. Una aplicación agroindustrial más significativa de esta materia prima es la extracción de la oleoresina de dicho colorante, las alternativas de procesamiento en cierta forma están limitadas, debido a que se trata de un cultivo nuevo en el país.

Se ha desarrollado un proceso tecnológico para la obtención de colorante natural de curcumina, a partir de los rizomas de cúrcuma, la extracción de la materia colorante constituye un caso típico de extracción sólido-líquido, por la naturaleza del fenómeno extractivo.

La extracción de un sólido mediante la fase líquida, reúne varios procesos químico-técnicos, la disolución de la fase sólida en el solvente adecuado, la transferencia de masa del sólido al líquido, la desintegración del sólido para aumentar la superficie de contacto sólido-líquido entre otros, son operaciones que deben ser analizadas, considerando las variables que intervienen en el proceso.

El colorante curcumina es un colorante de amplia aplicación en la Industria Alimentaria, se utiliza para productos cárnicos, encurtidos, quesos elaborados; se emplea usualmente en gran proporción como soporífero en salsas.

## MATERIALES Y METODO

### MATERIA PRIMA

La materia prima utilizada para llevar a acabo este estudio, Cúrcuma (*C. longa*), fue obtenida en Santo Domingo de los Colorados por medio de la Empresa Globe (Extractos Andinos), se obtuvo la materia prima tanto fresca como seca.

### EQUIPOS

- Balanza Analítica
- Molino Manual
- Termómetro
- Estufa Bravender modelo Mettler PE 160
- Agitador Magnético (Magnetir) # 1250.
- Rotavapor al vacío (BUCHI HB - 140).
- Bomba de vacío (SARGEPT-VELCH) mod. 1406151405
- Centrifuga (SAFETY-HEAD) 0011.
- Equipo Soxhlet (PYREX 55/50).
- Filtro Seitz.
- Espectrofotómetro VARIAN serie 634 Doble Ház
- Equipo de Reflujo (PYREX 24/40).

### REACTIVOS

- Etanol 95%
- Amoníaco
- Acido Clorhídrico
- Acido Bórico
- n-Hexano
- Acido Acético Glacial
- Acido Sulfúrico
- Curcumina pura

## **METODOLOGIA**

Para efectuar el presente estudio se utiliza una variedad de cúrcuma proveniente de la región de Santo Domingo de los Colorados.

Esta variedad será tratada como se indica a continuación:

### **EXTRACCION CON ETANOL AL 95%**

Haciendo uso del solvente etanol 95% se efectúan series completas de extracción en un número total de seis contactos, partiendo de un tamaño de muestra de material molido de cúrcuma de 10 gr en cada experimento.

La extracción de oleoresina de cúrcuma se efectúa con agitación magnética a temperatura de 20, 45 y 60°C; según el caso se empleará 30 ml de solvente en cada contacto.

La mezcla de extracción de cada contacto se separa del residuo por filtración, a través de papel filtro.

La recuperación del producto oleoresina de cúrcuma se efectúa por evaporación de las mezclas acumuladas, en rotavapor y al vacío, hasta cese de destilación.

### **EXTRACCION CON AGUA ALCALINA**

Se utilizan 10 gr de rizomas rallados de cúrcuma, se extraerán con agua alcalina (NH<sub>3</sub>), a pH 8, mediante agitación magnética a temperatura de 20, 45 y 60°C, en un total de seis contactos de media hora cada uno.

Las mezclas de extracción de cada contacto se separan del residuo mediante centrifugación a 2500 rpm.

La recuperación de la oleoresina extraída se efectúa por precipitación ácida (HCl), a pH 4.5 y el precipitado se lo separó por centrifugación.

### **TRATAMIENTO DE LA OLEORESINA**

Se procede al desengrasamiento directo de oleoresina de cúrcuma, mediante extracción hexánica, provista de instalación a reflujo, a 60°C, se utilizan 80 ml de solvente en cada contacto, en un número total de siete contactos, siendo cada contacto de 20 minutos. La mezcla de extracción de cada contacto se separa del residuo por filtración previo enfriamiento de la mezcla.

El residuo de extracción corresponde al producto oleoresina desengrasada, cuya humedad hexánica se la agotó, mediante evaporación en rotavapor a 60°C y al vacío hasta cese de destilación.

### **BALANCE DE MATERIALES Y COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE MASA**

Se realiza un balance de materiales tanto para cúrcuma fresca como para cúrcuma seca; así como también la medición de valores de absorvancia para la determinación del Coeficiente Total de Transferencia de Masa.

### **ESTIMACION DEL PODER DE TINCION DEL COLORANTE.**

Se disuelve completamente un gramo de colorante sólido en 500 ml de agua (Disolución A). Se diluye A hasta alcanzar una concentración de 0.001-0.003% (disolución B) y se busca la longitud de onda de máxima absorción.

Se ajusta la concentración hasta que la absorvancia esté entre 0.4 y 0.65 (disolución C). Entonces se mide la absorvancia de una serie de disoluciones que contienen 0.8%, 1.1% y 1.2% de colorante en la longitud de onda de máxima absorción.

Tales absorvancias se representan gráficamente frente a la concentración expresada como porcentaje del colorante standard presente, se lleva el colorante a la concentración X% y se mide de nuevo la absorvancia a la longitud de onda correspondiente.

### ESTABILIDAD A LA LUZ

Se exponen 200 ml de la disolución A del colorante al 2% a una luz fuerte durante varias semanas. Se mide la absorvancia después de unos periodos convenientemente elegidos. A la vez, se mide la absorvancia de otro volumen que se habrá guardado durante el mismo tiempo dentro de un lugar oscuro.

### ENSAYOS DE IDENTIFICACION

El extracto etanólico de cúrcuma se caracteriza por su color amarillo puro y por una fluorescencia verde claro; si a éste extracto etanólico se añade ácido sulfúrico concentrado, se produce un intenso color carmesí.

Además se realizan pruebas de identificación mediante puntos de fusión.

Se realizan ensayos de ácido bórico para lo cual se trata una solución acuosa o etanólica diluida de Curcumina, con ácido clorhídrico hasta que comience a aparecer una coloración ligeramente anaranjada. Dividir la mezcla en dos porciones y añadir un poco de ácido bórico en polvo o cristalino en una de las dos porciones. Prontamente se aprecia un enrojecimiento, que se ve mejor por comparación con la porción a la que no se añadió ácido bórico.

## CALCULOS

### PORCENTAJE DE CURCUMINA (PIGMENTOS TOTALES)

Para determinar los pigmentos totales se realizan las mediciones de porcentaje de Transmancia de una muestra estándar, la misma que se la prepara de la siguiente forma: se disuelve 0.100 gr de curcumina pura calentando con ácido acético glacial en un matraz aforado de 1000 ml, con una pipeta pesar 5, 10, 15 ml etc. de esta solución a matraces aforados de 100 ml junto con 2 gr de ácido bórico y 2 gr de ácido oxálico. Medir luego en el espectrofotómetro a 428 nm. Luego se determinan los porcentajes de trasmancia para muestras preparadas con la curcumina obtenida. Estas muestras se preparan de la siguiente manera: se coloca en un baño de agua a 90 °C un matraz aforado que contenga 60 ml de ácido acético glacial y 0.100 gr de curcumina; mantener el matraz en el baño durante una hora, añadir luego 2 gr de ácido bórico y 2 gr de ácido oxálico y mantener en el baño 10 min. más. Luego enfriar a temperatura ambiente y llevar el matraz hasta el enrase con ácido acético glacial. Agitar bien y con una pipeta pesar 5ml de la solución a un matraz aforado de 50ml llenando hasta el aforo con ácido acético glacial. seguidamente realizar las mediciones de absorvancia a 428 nm.

Se utilizan las siguientes formulas de cálculo:

Muestra Estándar                      Muestra desconocida

$$A = 2 - \log \%T$$

$$A = 2 - \log \%T$$

$$A = a * b * c$$

A= absorvancia

a= absortividad

b= espesor de la celda utilizada

c= concentración de la muestra

### RENDIMIENTO DEL COLORANTE

Se determina con respecto al peso de la semilla inicial en base húmeda y base seca.

### BALANCE DE MATERIALES

El balance de materiales se realiza tomando como base 100 gr.

Se realizó el balance tanto para la extracción de cúrcuma fresca como para cúrcuma seca.

### COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE MASA

Para este caso se realizan mediciones de valores de absorvancia en cada una de las extracciones, aplicando temperaturas de 20, 45, 60°C. Se toman muestras a tiempos de 3, 6, 9, 12, 15, 20 min. Se determina valore de absorvancia en soluciones saturadas de colorante.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### DISCUSION SOBRE EL RENDIMIENTO DEL COLORANTE OBTENIDO A PARTIR DE CURCUMA FRESCA

En la tabla A3 se reportan los valores correspondientes al rendimiento en colorante de cúrcuma fresca para los diferentes tratamientos.

Los datos reportados, presentan un rendimiento mayor a T1 (20°C)(tratamiento T1M1t3), y T3 (60°C)(tratamiento T3M1t1).

### DISCUSION SOBRE EL PORCENTAJE DE PIGMENTOS TOTALES EN CURCUMA FRESCA

El porcentaje de pigmentos totales para cada uno de los tratamientos se reportan en la tabla A5. Se puede observar que se obtiene los valores más altos al trabajar con T1(20°C), seguido de T2 (45°C), mientras que los valores menores comprenden T3 (60°C). De igual forma se puede notar con claridad que se obtienen mejores resultados al trabajar con M2 (extracción con agua alcalina) y t3 (60 min).

### DISCUSION SOBRE EL RENDIMIENTO DEL COLORANTE OBTENIDO A PARTIR DE CURCUMA SECA

En la tabla A4 se reportan los valores correspondientes al rendimiento del colorante de cúrcuma seca para los diferentes tratamientos. De acuerdo a los datos reportados en la tabla los mayores rendimientos se obtienen trabajando con T2 (45°), M1 (extracción con alcohol), t1 (15 min).

### DISCUSION SOBRE EL PORCENTAJE DE PIGMENTOS TOTALES A PARTIR DE CURCUMA SECA

El porcentaje de pigmentos totales para cada uno de los tratamientos se reportan en la tabla A6, de acuerdo a estos datos el mayor rendimiento de pigmentos totales se obtiene al trabajar con la interacción T3 (60°), M1(extracción con alcohol), t2 (30 min). Seguido del tratamiento T1 (20°), M1 (extracción con alcohol), t1 (15 min).

### DISCUSION SOBRE EL PODER DE TINCION DEL COLORANTE

Con el tratamiento T2M1t1, se tiene un porcentaje del 83% en relación al estándar. Para obtener el mismo poder de tinción del estándar de debe usar 100/83 veces la cantidad de la receta normal.

Con el tratamiento T3M1t1 se tiene un porcentaje de tinción de 93% en relación al estándar. Para poder obtener el mismo poder de tinción se debe usar 100/93 veces la cantidad de la receta normal.

De acuerdo a estos resultados se tiene que el mejor tratamiento corresponde al de pigmentos totales en cúrcuma fresca (T1M1t2), seguido muy de cerca del tratamiento de pigmentos totales para cúrcuma seca (T3M1t1). De estos dos tratamientos es conveniente trabajar con éste último, por utilizar el menor tiempo y por presentar mejor calidad del producto final.

### **DISCUSION SOBRE LA ESTABILIDAD A LA LUZ DEL COLORANTE**

Según los gráficos obtenidos de los datos de estabilidad a la luz del colorante se puede observar que el colorante no presenta variación significativa durante las dos primeras semanas, durante la tercera semana la estabilidad disminuye un poco pero en menor grado, lo que se puede verificar de acuerdo a los datos de absorvancia leídos.

Se observa que el tratamiento T1M1t3 y T2M1t1 presentan buena estabilidad durante las dos primeras semanas, el tratamiento T1M2t3 presenta estabilidad durante la primera semana, según el gráfico se puede apreciar que hay una tendencia a disminuir, alcanzando valores de absorvancia de hasta 0.44.

De acuerdo a los ensayos realizados en el colorante sin exponerle a la luz; se observa que las curvas presentan similitud con los obtenidos en el caso de los ensayos realizados con luz.

### **CONCLUSIONES**

La temperatura de extracción en el rendimiento del colorante tiene influencia tanto para cúrcuma fresca como seca, se puede decir que en los dos casos se rechaza la temperatura más alta pues a esta temperatura empieza a evaporarse el solvente y por tanto disminuye la posibilidad de extraer más cantidad de colorante. Para cúrcuma fresca se determinó que la temperatura óptima de extracción es de 20°C, para cúrcuma seca es de 45°C.

La temperatura de extracción en cuanto al contenido de pigmentos totales en cúrcuma fresca, la temperatura óptima corresponde a 20°C lo que difiere de la cúrcuma seca que presenta un mejor resultado a 60°C.

El método de extracción para el mejor rendimiento del colorante en cúrcuma fresca y seca se puede decir que es el método de extracción 1, que es con etanol; debemos indicar que el método 2 con Agua Alcalina presenta valores cercanos. Para pigmentos totales en cúrcuma fresca el mejor método de extracción resultó ser el método 2 con agua alcalina con un valor en contenido de pigmentos totales mayor, sin embargo el mayor contenido en pigmentos para cúrcuma seca se obtuvo con el método de extracción 1.

El tiempo de extracción para obtener el mayor rendimiento de colorante corresponde el tiempo 3 esto para cúrcuma fresca y seca. Para pigmentos totales en cúrcuma fresca el tiempo óptimo es el tiempo 2, para cúrcuma seca el tiempo 1, concluyéndose que para pigmentos totales se puede trabajar con cualquiera de estos tiempos.

Según los resultados del presente estudio, se han determinado cuatro mejores tratamientos que corresponden: (1) al rendimiento del colorante para cúrcuma fresca T1M1t3. (2) contenido de pigmentos totales para cúrcuma fresca T1M2t2. (3) rendimiento del colorante para cúrcuma seca T2M1t1. (4) pigmentos totales en cúrcuma seca T3M1t1.

En la determinación del Poder de Tinción y de Estabilidad a la luz de los mejores tratamientos, se concluye que existe proximidad entre los resultados obtenidos.

### **BIBLIOGRAFIA**

ALDRICH CATALOG, Handbook of fine Chemicals 1984-1985.

AUSTIN GEORGE T, Manual de Procesos Químicos en la Industria. Mc Graw-Hill Tomo III pag. 923.

BEN HILL, LEE OVERHOTS, Tratado de Botánica Ed. Omega S.A., Casanova 220 Barcelona 1967.

DAVILA JORGE, Escuela Politécnica Nacional. Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Boletín Técnico N-4 . El Jengibre y la Cúrcuma en el Ecuador. Quito-Enero 1973.

FOOD ANALYSIS, "Las regiones visibles y Ultravioleta " Chapter 6.

GHIA FELIPE, Dpto. de Botánica Económica, artículo sobre esencias de productos vegetales a producirse en el Ecuador.

LAURO G. J., Ph. D, Handbook of Natural Colors.

MAYER FRITZ, "La Química de las Materias Colorantes Naturales" Constitución, Propiedades y Correlaciones Biológicas de los Pigmentos Naturales Importantes. Printed in Spain pp 103-104.

MONTES ADOLFO LEANDRO, Curso de Bromatología Ed. Troel Buenos Aires 1961. pag. 181.

NORMAS DE IDENTIFICACION Y PUREZA PARA LOS ADITIVOS ALIMENTARIOS Vol. II Colores Alimentarios FAO-OMS. Roma, Italia 1983.

PAREDES C. ALFREDO , "Especies Aromáticas de la Flora Ecuatoriana " Revista Politécnica Vol. II 1971

TREYBAL E. "Operaciones de Transferencia de Masa" ed. Hispano Americana S.A. Buenos Aires.

TABLA A3. RENDIMIENTO EN COLORANTE DE LOS RIZOMAS DE CURCUMA (C. LONGA) FRESCA EN BASE HÚMEDA.

TRATAMIENTOS	PORCENTAJE DE COLORANTE		
	R1	R2	R3
T1M1t1	1.00	3.60	2.30
T1M1t2	2.60	1.80	2.20
T1M1t3	18.50	15.10	16.80
T1M2t1	7.10	4.90	6.00
T1M2t2	3.50	5.70	4.60
T1M2t3	3.60	3.10	3.35
T2M1t1	2.00	4.30	3.15
T2M1t2	3.50	2.10	2.80
T2M1t3	1.40	3.60	2.50
T2M2t1	5.30	5.50	5.40
T2M2t2	1.70	1.00	1.35
T2M2t3	2.50	5.60	4.05
T3M1t1	6.10	6.60	6.35
T3M1t2	5.20	5.00	5.10
T3M1t3	3.10	4.40	3.75
T3M2t1	1.00	1.20	1.10
T3M2t2	1.90	1.90	1.90
T3M2t3	1.00	1.00	1.00

DONDE :

T1 : Temperatura 1  
T2 : Temperatura 2  
T3 : Temperatura 3

M1 : Extracción #1  
M2 : Extracción #2

t1 : Tiempo 1  
t2 : Tiempo 2  
t3 : Tiempo 3

**TABLA A4. RENDIMIENTO EN COLORANTE DE LOS RIZOMAS DE CURCUMA (C. LONGA) SECA EN BASE SECA.**

TRATAMIENTOS	PORCENTAJE DE COLORANTE		
	R1	R2	R3
T1M1t1	2.30	3.70	3.00
T1M1t2	3.00	3.30	3.15
T1M1t3	6.30	3.50	4.90
T1M2t1	4.00	4.20	4.10
T1M2t2	2.00	2.00	2.00
T1M2t3	5.30	10.20	7.75
T2M1t1	18.80	19.30	19.05
T2M1t2	8.20	6.10	7.15
T2M1t3	6.00	7.30	6.65
T2M2t1	7.90	11.20	9.55
T2M2t2	13.40	12.00	12.70
T2M2t3	10.30	6.50	8.40
T3M1t1	4.30	7.10	5.70
T3M1t2	6.60	9.30	7.95
T3M1t3	17.60	15.00	16.30
T3M2t1	5.60	5.00	5.30
T3M2t2	12.20	12.10	12.15
T3M2t3	6.50	6.50	6.50

DONDE :

T1 : Temperatura 1  
T2 : Temperatura 2  
T3 : Temperatura 3

M1 : Extracción #1  
M2 : Extracción #2

t1 : Tiempo 1  
t2 : Tiempo 2  
t3 : Tiempo 3

TABLA A5. PORCENTAJE DE PIGMENTOS TOTALES EN EL COLORANTE DE CURCUMA .  
(C. LONGA) FRESCA .

TRATAMIENTOS	PORCENTAJE DE COLORANTE		
	R1	R2	R3
T1M1t1	53.00	51.00	52.00
T1M1t2	45.00	45.00	45.00
T1M1t3	15.00	16.00	15.50
T1M2t1	56.00	58.00	57.00
T1M2t2	54.00	56.00	55.00
T1M2t3	58.00	61.00	59.50
T2M1t1	10.80	12.00	11.40
T2M1t2	56.00	56.00	56.00
T2M1t3	13.00	14.00	13.50
T2M2t1	56.00	52.00	54.00
T2M2t2	56.00	58.00	57.00
T2M2t3	54.00	54.00	54.00
T3M1t1	16.30	17.60	16.95
T3M1t2	13.80	14.20	14.00
T3M1t3	12.00	17.90	14.95
T3M2t1	16.40	17.40	16.90
T3M2t2	17.20	17.90	17.55
T3M2t3	43.00	42.00	42.50

DONDE :

T1 : Temperatura 1  
T2 : Temperatura 2  
T3 : Temperatura 3

M1 : Extracción #1  
M2 : Extracción #2

t1 : Tiempo 1  
t2 : Tiempo 2  
t3 : Tiempo 3

**TABLA A6. PORCENTAJE DE PIGMENTOS TOTALES EN EL COLORANTE DE CURCUMA . (C. LONGA) SECA.**

TRATAMIENTOS	PORCENTAJE DE COLORANTE		
	R1	R2	R3
T1M1t1	60.00	50.00	55.00
T1M1t2	46.00	45.00	45.50
T1M1t3	42.00	46.00	44.00
T1M2t1	16.00	19.00	17.50
T1M2t2	12.00	16.00	14.00
T1M2t3	9.00	10.00	9.50
T2M1t1	16.00	20.00	18.00
T2M1t2	9.90	12.30	11.10
T2M1t3	14.80	18.50	16.65
T2M2t1	15.50	17.00	16.25
T2M2t2	15.30	18.70	17.00
T2M2t3	11.00	13.00	12.00
T3M1t1	62.00	47.00	54.50
T3M1t2	59.80	54.00	56.90
T3M1t3	47.00	45.00	46.00
T3M2t1	14.60	18.50	16.55
T3M2t2	18.50	12.90	15.70
T3M2t3	14.70	18.00	16.35

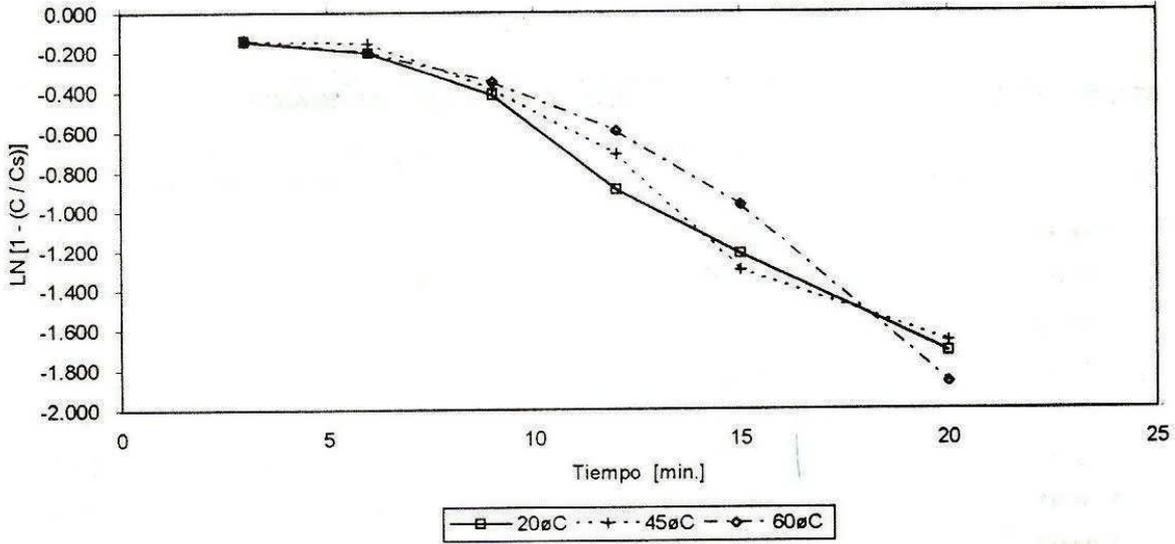
DONDE :

T1 : Temperatura 1  
T2 : Temperatura 2  
T3 : Temperatura 3

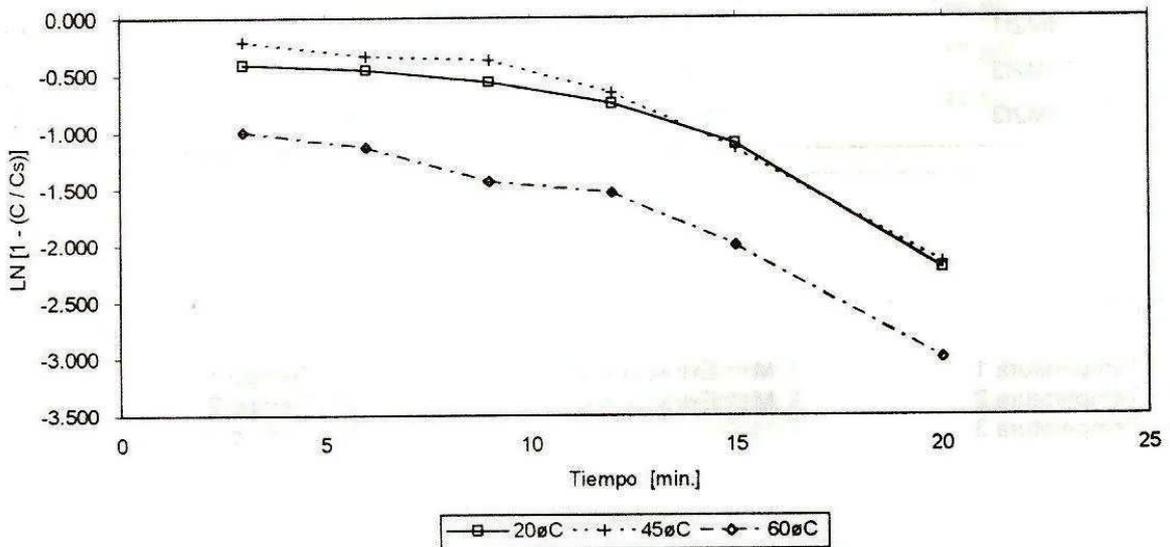
M1 : Extracción #1  
M2 : Extracción #2

t1 : Tiempo 1  
t2 : Tiempo 2  
t3 : Tiempo 3

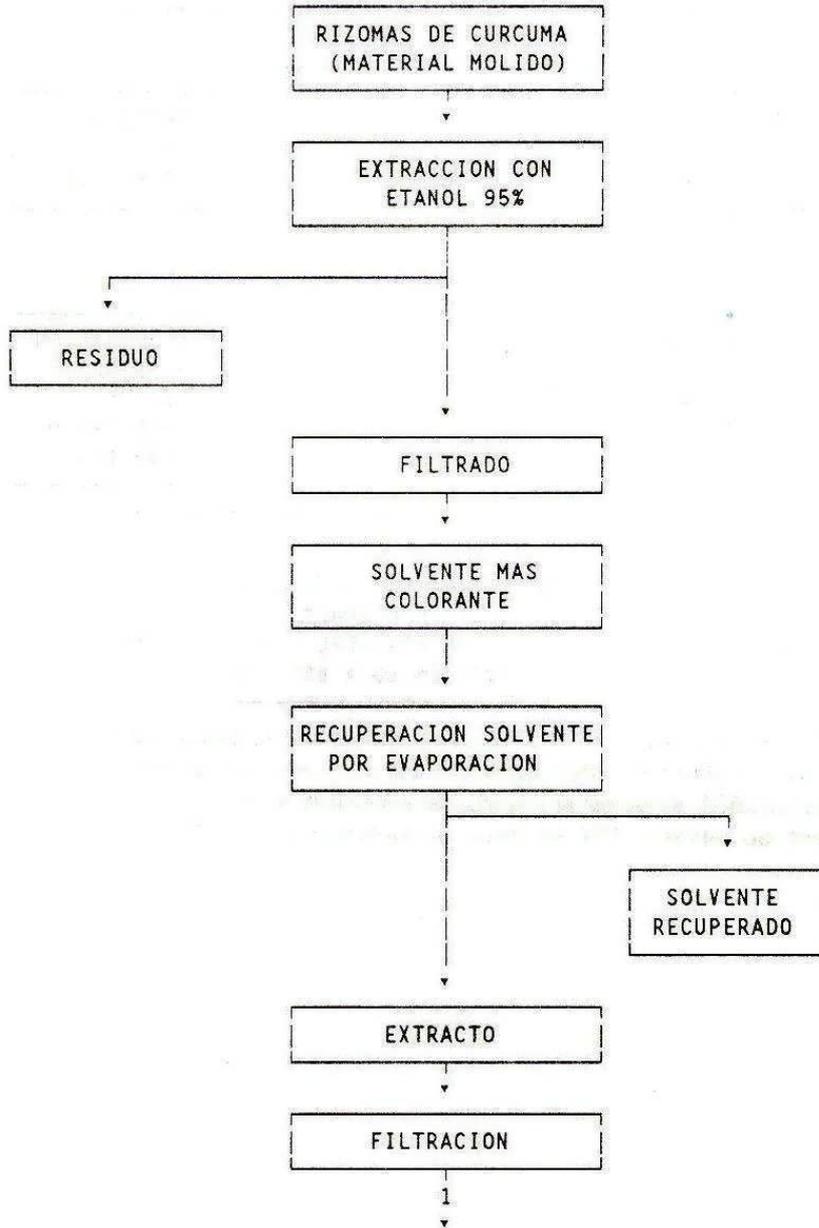
COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE MASA  
Curcuma Fresca

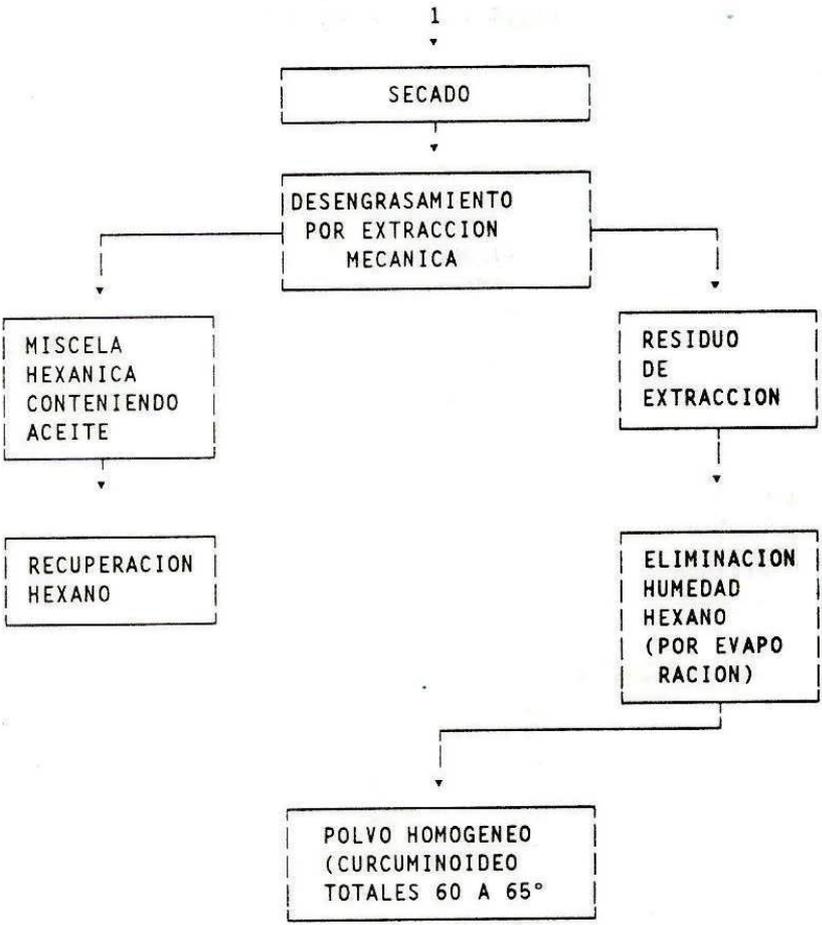


COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE MASA  
Curcuma Seca



**DIAGRAMA DE FLUJO**





## ELABORACION DE QUESO "MOZZARELLA"

Pablo Herrera\*  
Patricia Iza\*  
Danilo Morales\*\*

### RESUMEN

El presente trabajo tiene la finalidad de buscar una tecnología adecuada para la elaboración de queso MOZZARELLA a nivel industrial.

Se aplicó un diseño tipo A\*B\*C en el cual los factores estudiados son: FACTOR A: Cloruro de calcio, con 2 niveles de trabajo; A0: Adición de Cloruro de Calcio (0.02%); A1: Ausencia de cloruro de calcio. FACTOR B: Temperatura, con 3 niveles; B0:30°C, B1:33°C y B2: 36°C. FACTOR C: Acidez, con 3 niveles; C0:22°D, C1:24°D y C2:26°D.

Durante el proceso tecnológico fue determinada la acidez del suero sobrenadante que queda luego del corte de la cuajada, dicha determinación se la realizó cada 30 minutos hasta alcanzar la acidez requerida. Luego se procedió a realizar el hilado de la cuajada, sumergiéndole ésta en agua a 70-80°C; se enrolló la masa de queso, se la enfrió para luego someterla a un salado en solución salina al 15% durante 2 horas. Finalmente se realizó el empaquetado en fundas de polietileno.

Considerándose las características de las evaluaciones tanto físico – química como microbiológicas y sensoriales; de manera general los quesos de los diferentes tratamientos fueron considerados como buenos, estableciéndose como la mejor alternativa tecnológica la siguiente: A0B2C2 que corresponde a Adición de Cloruro de calcio (0.02%), temperatura del suero de 36°C y acidez del suero sobrenadante de 26°D.

### INTRODUCCION

El queso ha sido siempre y sigue siendo hoy, un producto alimenticio de consumo muy apreciado por toda persona.

Todas las sustancias que le confieren a la leche su gran valor nutritivo también están en el queso; y en muchos casos de forma aún más apetitosa y nutritiva.

En nuestro país la producción de quesos, que no sea el fresco, se ha visto incrementada en gran medida en los últimos años; caso particular, el queso mozzarella, que ha sido aceptado de muy buena forma por todos los estratos sociales que cuentan con el recurso económico para adquirirlo. Sin bien es cierto, aún no se tienen estadísticas concretas y totales de producción de Mozzarella en el país, sin embargo es importante resaltar que es en la pequeña industria en la que más ha proliferado este tipo de queso a lo largo y ancho de la patria.

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

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

Por otro lado se sabe que grandes empresas de productos lácteos también han decidido producir este tipo de queso, tratando de disminuir los costos de producción sin desmejorar la calidad de éstos.

## OBJETIVOS

### OBJETIVOS GENERALES

Elaborar Queso "Mozzarella" de buena calidad a partir de leche cruda, y con una acidez de 16 - 22°D, mediante la acidificación natural de la cuajada, tratando de cumplir la mayoría de los requisitos establecidos en la norma INEN 82 para queso MOZZARELLA.

Aportar conocimientos básicos sobre la elaboración de Queso Mozzarella que contribuyan a mejorar su aceptabilidad y consumo.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

Estudiar el proceso de acidificación de la cuajada y su incidencia en el hilado.

Realizar análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos del producto terminado.

Realizar un Análisis Organoléptico del Queso obtenido por diferentes tratamientos y determinar el método más adecuado para ser aplicado en la Industria.

## MATERIALES Y METODO

### MATERIALES

#### MATERIA PRIMA

**LECHE CRUDA.-** La leche de vaca para elaborar el queso Mozzarella proviene de los alrededores de la zona de Ayora, cantón Cayambe, cuyo contenido de grasa está entre 3.0 a 3.9 y la acidez fluctúa de 14 a 28°D. La leche es recibida en dos turnos: por la mañana desde las 6H:00 hasta las 11H:00 y por la noche desde las 19H:00 hasta las 22H:00.

**CUAJO.-** Se utilizó cuajo en polvo "El quesero". Al realizar el título del cuajo se determinó que para tener una cuajada suave en 30 minutos se necesitó 0.03 gramos por cada litro de leche.

#### EQUIPOS Y REACTIVOS

- Balanza Analítica METTLER PE 360. Sensibilidad 0.1 mg.
- Equipo Micro Kjeldahl LABCONCO 165179-CAT 65000.
- Mufla THERMOLYNE F-D 1525M.
- Centrífuga GERBER 12009.
- pH-metro ORION RESEARCH 407 A.
- Hidróxido de sodio.
- Acido Sulfúrico.

- Cloruro de calcio.
- Acido Clorhídrico.
- Alcohol amílico.
- Fenoltaleína.
- Rojo de metilo.
- Agar para recuento de aerobio totales.
- Agar para recuento de coliformes totales.

## METODOLOGIA

**RECEPCION.-** Se procedió a realizar una mezcla en partes iguales de leche del ordeño del día anterior y del ordeño de la mañana para obtener una leche con una acidez entre 16 - 22°D. Seguidamente se realizaron los análisis físico-químicos y microbiológicos.

**CALENTAMIENTO.-** La leche entera cruda fue colocada en recipientes redondos de acero inoxidable en un volumen de 5 litros y calentada en baño termostático hasta una temperatura de 30°C. Una vez llegada la temperatura de la leche a 30°C, se adicionó cloruro de calcio en una proporción de 0.02%.

Luego del cloruro de calcio se procedió a agregar el cuajo, el cual previamente se lo disolvió en suero fisiológico y fue incorporado a la leche seguido de una fuerte agitación durante 2 minutos.

**COAGULACION.-** Una vez que el cuajo fue mezclado perfectamente con la leche se la dejó en reposo a una temperatura de 30°C durante un tiempo aproximado de 30 minutos, tiempo en el cual se obtuvo una cuajada suave.

Luego de haberse realizado la coagulación, se procedió a cortar la cuajada lentamente con una lira de acero inoxidable de un diámetro de 10 cm. formada por piolas de nylon con separaciones de 2 cm. entre ellas.

La cuajada ya cortada fue sometida a un batido lento y circular. El tiempo de batido fue de 5 min., tiempo suficiente para lograr la separación del suero y la caseína.

**ACIDIFICACION DE LA CUAJADA.-** Luego de haber realizado el batido, se procedió a incrementar la temperatura del suero de 30 a 36°C para acelerar la acidificación de la cuajada. Se tomaron cada 30 min. muestras del suero sobrenadante para determinar la acidez, la misma que debió llegar hasta 22 - 26°D; aproximadamente en 2-3 horas. En el transcurso de la acidificación se tomaron porciones de cuajada de unos 5 gramos para realizar la prueba de la elasticidad, la misma que consiste en sumergir dicha muestra en un vaso de precipitación conteniendo agua a 70 - 80°C para ir verificando si la cuajada se estira sin romperse que es el momento en el cual está lista para el hilado.

**DESUERADO.-** Cuando se alcanzó la acidificación deseada del suero, se sacó la cuajada con la ayuda de una malla de nylon de 30 cm. x 30 cm. y se la dejó escurrir en la mesa de quesería la misma que tiene una inclinación de aproximadamente 5°. La cuajada una vez escurrida fue cortada en tiras o fajas de 2 cm aproximadamente.

**HILADO.-** Los trozos de cuajada fueron sumergidos en una tina de acero inoxidable con unos 5 litros de agua a 70 - 80°C al tiempo que eran removidas suavemente con una paleta de acero inoxidable y estiradas poco a poco manualmente hasta lograr formar el cordón caseoso, al mismo que se lo fue estirando lenta y homogéneamente hasta terminar con toda la masa.

Se dejó caer la masa nuevamente en la tina y se procedió manualmente a formar un nuevo cordón para ir halando poco a poco e ir enrollándolo hasta formar una bola de queso de un diámetro de aproximadamente 30 cm. el mismo que fue envuelto en un trozo de liencillo para darle mejor forma y extraerle el exceso de agua.

**ENFRIAMIENTO.-** Para lograr un rápido endurecimiento de la masa de queso se procedió a sumergirlo en un tanque de acero inoxidable con agua a 8 - 10°C donde permanecieron por un tiempo de 30 minutos.

**SALADO:** Luego del enfriamiento los quesos fueron colocados en un tanque conteniendo una solución de sal del 15%. El tiempo de salado fue de 2 horas. Después de haber salado los quesos "Mozzarella" se dejó orear en la mesa de quesería durante 10 minutos.

**EMPAQUETADO:** Luego los quesos fueron embalados en fundas de polietileno.

**ALMACENAMIENTO:** Finalmente se los almacenó en una cámara de refrigeración con una temperatura de 6 - 8°C, esperándose que el tiempo de vida útil sea de 30 días aproximadamente, teniendo en cuenta que éste queso es de tipo fresco y de alta humedad.

## METODOS DE ANALISIS

### EN LA MATERIA PRIMA

Análisis Físicos:	Densidad	Lactodensímetro
	pH	pH-metro
	Humedad	Balanza Mettler
	Cenizas	Norma INEN No. 14
Análisis Químicos:	Grasa	Norma INEN No. 12
	Proteína	Método Kjeldahl(micro)
	Acidez	Norma INEN No. 13
Análisis Microbiológicos:	Lactosa	Por diferencia
	Recuento Total	Método de Recuento total en placa.

### DURANTE EL PROCESO

Acidez del suero sobrenadante	Norma INEN No.13
Porcentaje de desuerado	
Tiempo de acidificación	

### EN EL PRODUCTO TERMINADO

Análisis Físicos	Humedad	Balanza Mettler
	Cenizas	Norma INEN No. 14
Análisis Químicos	Grasa	Norma INEN No. 12
	Proteína	Método Kjeldahl (micro)
	Acidez	Norma HERTO B
Análisis Microbiológicos	Recuento total	Método de recuento total en placa.
	Lactosa	Por diferencia

## RESULTADOS Y DISCUSION

### ANALISIS EN EL PROCESO

Durante el proceso se puso énfasis en lo siguiente:

#### ACIDEZ DEL SUERO

Si se trabajó con leche más ácida de la normal, también el suero tuvo una acidez alta, debiendo indicar que cuanto la acidez del suero está alrededor de 11 – 17 °D, el incremento cada 30 minutos es de 1° D aproximadamente; mientras que en el rango de los 17 – 26 °D, la acidez va acelerándose paulatinamente con el transcurso del tiempo y el incremento de la temperatura; esto se explica ya que en el suero se produce una elevada y progresiva transformación de la lactosa en ácido láctico por parte de los microorganismos.

#### HILADO DE LA CUAJADA

A medida que se va desarrollando la acidez en la cuajada, se va formando mayor cantidad de paracaseinato monocálcico el cual es el responsable de la elasticidad de la cuajada; por lo tanto cuando en el proceso se tuvieron cuajadas a partir de la acidez del suero sobrenadante entre 24-26°D, fué cuando el estiramiento se hizo más sencillo especialmente cuando se alcanzó los 26°D. Un incremento de la acidez del suero sobrenadante da lugar a la formación de paracaseinato libre provocando la pérdida progresiva de la elasticidad.

### ANALISIS DEL PRODUCTO TERMINADO

#### ACIDEZ

La adición del 0.02% de CaCl<sub>2</sub> no afecta la acidez de éste queso, ya que, en la coagulación el calcio añadido forma las uniones intermicelares sin que exista cambio de pH, además el calcio restante se combina con ácido para formar la respectiva sal; teniéndose que el ácido utilizado en la formación del lactato es recompensado con la producción de más ácido por parte de las bacterias lácticas.

Por otro lado, el incremento tanto en la acidez del suero así como la temperatura del mismo, hasta los límites establecidos para estos dos factores; ayudan a incrementar la acidez de la cuajada en un tiempo más corto debido a que gran parte del ácido láctico del suero pasa a la masa de queso, lo que se demuestra con los promedios de los tratamientos AoBoCo: (Adición de 0.02% CaCl<sub>2</sub>, 30°C, 22° D); AoB1C1 : (Adición de 0.02% CaCl<sub>2</sub>, 33°C, 24°D), y AoB2C2: (Adición de 0.02% CaCl<sub>2</sub>, 36°C, 26°D) que son 63.8°D, 69.8°D y 74.4°D respectivamente.

#### HUMEDAD

El aumento de la temperatura en el suero conlleva a que se retenga menor cantidad de agua en el queso; lo cual se observa en los valores de los tratamientos AoBoC2: (Adición de 0.02% CaCl<sub>2</sub>, 30°C, 26°D) igual a 55.0%; AoB1C2: (Adición de 0.02% CaCl<sub>2</sub>, 33° C, 26° D) igual 53.85% y AoB2C2: (Adición de 0.02% CaCl<sub>2</sub>, 36° C, 26°D), igual a 52.89%; éste incremento de la temperatura favorece el aumento de la acidez del suero ante lo cual la carga eléctrica de las proteínas desciende por lo tanto hay mayor deshidratación de ellas como se ve en la réplica 2 de los tratamientos A1BoCo: (Ausencia de CaCl<sub>2</sub>, 30° C, 22°D); A1BoC1: (Ausencia de CaCl<sub>2</sub>, 30°C, 24°D) y A1BoC2: (Ausencia de CaCl<sub>2</sub>, 30°C, 26°D) cuyos respectivos porcentajes de humedad son: 55.79%, 55.00% y 54.70%.

## CENIZAS

En general, se obtuvo mayor porcentaje en los tratamientos en donde intervino el nivel Ao (Adición de 0.02% CaCl<sub>2</sub>); ya que el calcio añadido se incorpora a la proteína del queso, teniéndose el más alto promedio en el tratamiento AoB2Co (Adición de 0.02% CaCl<sub>2</sub>, 36°C, 22°D) con un valor de 7.207%; mientras que cuando intervino el nivel A1: (Ausencia de CaCl<sub>2</sub>) la cantidad de cenizas fue menor cuyo valor más bajo presentó el tratamiento A1BoCo: (Ausencia de CaCl<sub>2</sub>, 30° C, 22°D.) igual a 3,207%. La temperatura y acidez del suero no afectan la cantidad de cenizas en este caso.

## GRASA Y PROTEINA

Ya que la grasa tiene puntos de fusión bajos, rinde más en grasa los quesos cuya cuajada se someten a tratamientos térmicos bajos; mientras en los que la cuajada se calienta más como es el caso del Mozzarella, los rendimientos en grasas son menores debido a que parte de esta grasa se funde y se va en el suero.

La acidez también tiene un efecto negativo en relación a la retención de grasa ya que actúa indirectamente al permitir mayor desuerado del queso y como ya se anotó en el suero hay grasa fundida, ésta se pierde en la evacuación de dicho suero.

Por otro lado la cantidad de proteína se ve incrementada con la adición del CaCl<sub>2</sub> ya que como se conoce se forman micelas más grandes de caseína. Además la variación de la acidez y de la temperatura del suero en los rangos establecidos para el presente trabajo no afectan mayormente la cantidad de proteína.

## RECUENTO TOTAL Y RECUENTO DE COLIFORMES TOTALES

Dado que la masa del queso fue sometida a una ligera pasteurización durante el hilado, se tuvo igualmente un alto número de microorganismos, ya que como se sabe se retiene en la cuajada aproximadamente el 90% de los microorganismos, que en su gran mayoría ayudan en el aroma y sabor del queso.

El incremento de la temperatura hasta los 36°C permite un mayor desarrollo de los microorganismos, ya que estos se adaptan al medio y cumplen de mejor manera su reproducción.

Por otra parte, si bien es cierto que se tuvieron un notable número de coliformes totales, no es alarmante, ya que se sabe que existiría peligro de presencia de coliformes fecales cuando el recuento de coliformes totales está alrededor de 106 u.f.c/g. lo cual no está en nuestro caso ya que el valor experimental máximo obtenido fue de 37 u.f.c/g.

## RENDIMIENTO

El rendimiento en general se ve incrementado por la adición de CaCl<sub>2</sub>, ya que se logra obtener mayor cantidad de proteína, grasa y agua, por lo tanto el mayor rendimiento se tiene para el tratamiento AoB1C1: (Adición de 0.02% CaCl<sub>2</sub>, 33°C, 24°D) cuyo promedio es de 12.43%; y, el menor rendimiento se observa en el tratamiento A1B2C2: (Ausencia de CaCl<sub>2</sub>, 36°C, 26°D) con 9.51% de promedio.

## COEFICIENTES DE TRANSICION

De los resultados obtenidos en la evaluación sensorial, se determinó que el mejor tratamiento fue A0B2C2. Por lo tanto se proceden a utilizar los coeficientes de transición para calcular el rendimiento esperado.

Para el caso del Queso "Mozzarella", está alrededor del 20% de materia grasa en el queso, entonces; el porcentaje de los diferentes componentes que pasan de la leche al queso son:

Proteína	72	%
Grasa	86	%
Lactosa	4	%
Cenizas	35	%

La leche utilizada para el tratamiento A0B2C2 tuvo las siguientes características:

Densidad	1.0299	kg./lt
Proteína	3.40	%
Grasa	3.35	%
Lactosa	5.65	%
Cenizas	0.721	%

Por lo tanto en 1 litro de leche se debe tener:

Proteína	1029.9 g.	x	0.0340	=	35.017 g.
Grasa	1029.9 g.	x	0.0335	=	34.502 g.
Lactosa	1029.9 g.	x	0.0565	=	58.189 g.
Cenizas	1029.9 g.	X	0.00721	=	<u>7.415 g.</u>
					135.123 g. S.T.

Por otro lado se tiene que al queso pasan:

Proteína	35.017 g.	x	0.72	=	25.212 g.
Grasa	34.502 g.	x	0.86	=	29.672 g.
Lactosa	58.189 g.	x	0.04	=	2.328 g.
Cenizas	7.415 g.	X	0.35	=	<u>2.595 g.</u>
					59.807 g. S.T.

Entonces el porcentaje de sólidos totales que pasa de la leche al queso es:

$$\frac{59.807 \text{ g. S. T.}}{135.123 \text{ g. S. T.}} \times 100 = 44.26\%$$

Ahora bien, el queso obtenido con el tratamiento A0B2C2, Réplica 2, tiene las siguientes características.

Peso	568.90 g./5	=	113.78 g.
Humedad		=	53.48 %
S.T.	100 - 53.48%	=	46.52 %

La cantidad de queso "Mozzarella" que debería haberse obtenido es:

$$\frac{46.52\% \text{ S.T.}}{100\%} \times \frac{59.807 \text{ g. S.T.}}{1} = 128.562 \text{ g.}$$

por lo que el rendimiento esperado sería:

$$\frac{128.562 \text{ g.}}{1029.9 \text{ g.}} \times 100 = 12.48\%$$

Pero como la cantidad que se obtuvo experimentalmente de queso "Mozzarella" fue de 113.78 g. ; las pérdidas son:

$$128.562 \text{ g.} - 113.78 \text{ g.} = 14.782 \text{ g.}$$

que expresado en porcentaje es:

$$\frac{14.782 \text{ g.}}{113.78 \text{ g.}} \times 100 = 12.99 \%$$

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez finalizado el presente estudio, se logró cumplir con el objetivo general planteado, consistente en la elaboración de queso Mozzarella utilizando leche con una acidez de 16-22°D. Con respecto a la materia prima, es conveniente trabajar con el contenido de grasa más bajo de la leche, que para nuestro caso fue de 3.1% ya que existe mucha pérdida de grasa en el desuerado y no importa si la leche tiene más grasa, pues el producto final, o sea el queso Mozzarella; presentó en general un 17% de grasa.

Así mismo resultó más fácil trabajar con leche de una acidez alrededor de 18 - 19°D, ya que es más fácil el control de la acidez en el suero sobrenadante. Además con la acidez mencionada anteriormente, se logra que la cuajada una vez madurada en el suero tenga un mejor estiramiento y presente mayor suavidad en el hilado, lo que no ocurre, si se utiliza una leche muy fresca ya que al final la cuajada sale un tanto dura y hace más difícil el hilado.

Por otra parte, durante el proceso; se determinó que existe mayor porcentaje de desuerado cuando el suero sobrenadante presenta mayor acidez y mayor temperatura.

En lo que respecta a los factores considerados para este estudio, se puede indicar que la adición del cloruro de calcio ayuda en el rendimiento de los quesos; mientras que el incremento de la temperatura en el suero sobrenadante disminuye el tiempo de acidificación y permitió tener una cuajada de más fácil manipulación; por último, al variar la acidez del suero sobrenadante de 22 - 26°D se tiene que es mucho mejor trabajar con el límite superior, es decir 26°D; ya que a ésta acidez, la cuajada es más elástica permitiendo un hilado más rápido y fácil.

Por otro lado, se puede manifestar que, al comparar los rendimientos obtenidos experimentalmente con el rendimiento esperado en base a los coeficientes de transición, se tiene que existió alrededor de un 13% de pérdidas. Dichas pérdidas pueden ser justificadas si se admite que posiblemente hubo desperdicios especialmente en la etapa de desuerado, así como posibles errores en las mediciones de volúmenes y pesos.

En lo que se refiere a la evaluación sensorial, se debe indicar que únicamente existió diferencia significativa entre los tratamientos para el sabor, mientras que para el color, textura y olor no existió diferencia significativa. En el sabor se tuvo como mejor tratamiento el A0B2C2 que corresponde a Adición de cloruro de calcio; 36°C y 26°D en el suero sobrenadante.

Finalmente hay que señalar que los quesos mantenidos en refrigeración a 6°C tuvieron una vida útil de 25 - 28 días tiempo luego del cual empiezan a contaminarse de hongos y además la masa se torna un poco pastosa.

Como recomendaciones es necesario manifestar primeramente, que para la elaboración de queso Mozzarella utilizando las propias bacterias lácticas que contiene la leche para llegar a la acidez requerida, nunca se debe utilizar la leche recién ordeñada ya que ésta presentará una acidez máxima de 12-14°D y con ella el tiempo de proceso será demasiado largo utilizando alrededor de 15 horas para lograr la acidez requerida del suero.

Durante el hilado de la cuajada, no se debe manipularla demasiado para evitar pérdidas de grasa en el queso; además, es importante indicar que en el hilado no se debe por ningún motivo presionar con las manos la masa ya que elimina demasiada lechada y al final el queso queda bien duro y muy seco.

Además; se recomienda que cuando se está realizando el enrollado de la masa para darle forma al queso, se debe tratar de eliminar con las manos el exceso de agua que queda luego de que la masa ha sido introducida en el agua caliente, para evitar que al final el queso pierda la forma antes de ser puesto en el agua helada.

**BIBLIOGRAFIA**

- ALVARADO, J. Propiedades Físicas de la Leche Vol. 4. Ed. UTA. Ambato, 1987, pp.48-49
- BARTHOLOMAI, A. Food Factorías. Processes, Equipment, Costs. VCH Publishers, 1987.
- CARK, J. Chesse, Chemistry, Physics and Microbiology Ed. PF. FOX. USA.
- COMPAIRE, C. Quesos Tecnología y Control de Calidad. Ministerio de Agricultura, 2da Ed. Madrid 1976. pp.334-352.
- CHAMPAGNE, C.P. Caracteristiques et emploi de cultures lactiques in industrie, Ministere de O'agriculture. Paris
- CHECHETKIN, A.V. Prácticas de Bioquímica del ganado y aves de corral, Ed. Mir, Moscú 1984.
- DAVIS, J.G. Cheese, Manufacturing Methods. Vol. III, Ed. Conetable Ltd. London and New York, 1976.
- DILAJAN, S.H. Fundamentos de la Elaboración de Quesos, Ed. Acriba, Zaragoza, 1970.
- ECK, A. Le Fromage, Centre National, París. 1987.
- FAO, Manual de Elaboración de Quesos. ERECLAL, 1986.
- FENEMA, O.R. Introducción a la Ciencia de los Alimentos, Ed. Reverte S.A.
- GALLOIS, J.P. Le Grand Livre des Fromages. Ed. de Vacchi S.A. París, 1976.
- GODED Y MUR, Técnicas Modernas Aplicadas al Análisis de la Leche. Ed. Dossat, S.A. Madrid. 1966.
- GUZMAN, E. Elaboración de Quesos. Ed, Espansande. S.R.L. Caracas, 1989. pp.60-163.
- HELEN, Ch. Tecnología de Alimentos. Procesos Químicos y Físicos en la Preparación de Alimentos, Ed, Limusa,.
- HOWELL, J.A. Process Engineering in the Food Industry. Science Publishers. Ltd. 1989. pp.253-255.
- INEN. Norma INEN N°-11. Leche. Determinación de la Densidad Relativa, Quito, 1983.
- INEN. Norma INEN N°-12. Leche. Determinación del Contenido de Grasa, Quito. 1973.
- INEN Norma INEN N°-13. Leche Determinación de la Acidez Titulable, Quito 1983.
- INEN Norma INEN N°-14. Leche. Determinación de Sólidos Totales y Cenizas; Quito, 1983.
- INEN. Norma INEN N°-16. Leche. Determinaciones de Proteínas, Quito, 1983.
- INEN. Norma INEN N°-17. Leche y Productos Lácteos, Examen Microbiológico. Disposiciones Generales, Quito,.
- INEN. Norma INEN N°-63. Quesos. Determinación del Contenido de Humedad, Quito, 1973.
- INEN Norma INEN N°-64. Quesos. Determinación del Contenido de Grasa, Quito, 1973.
- INEN Norma INEN N°-82. Quesos Mozzarella. Requisitos, Quito, 1973.

- JUDKINS, H. La Leche. Su Producción y Procesos Industriales. Ed. Continental, México, 1981.
- KIRK-OTHMER, Tecnología Química, Vol. 10. Ed. Acribia España 1972.
- KOSIKOWSKI, F. Cheese and Fermented Milk Foods. Ed. Edwars Brothers Ann Arbour Mich, 1970.
- LEES, R. Análisis de los Alimentos - Métodos Analíticos y de Control de Calidad, Ed, Acriba, España, 1982.
- MACKEY, C. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Ed. CIEPE, Venezuela, 1985.
- MUÑOZ, J. La Leche y sus Derivados; Ed. Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito, 1978.
- RANKEN, M.D. Food Industries Manual, Published with the authority of BEMIRA. Kapitan Szabres Publishers. W.D.C., 1984. pp. 94.
- SAINZ, R. Quesería Moderna, Ed. Sintes, Barcelona, 1962.
- SALTOS, H.A. Diseño Experimental - Aplicación de Procesos Tecnológicos, Ed. Pio XII. Ambato, 1993.
- SCHMIDT, K.F. Elaboración Artesanal de Mantequilla, Yogur y Queso. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, 1988. pp.2-5.
- SCHWATRZ, M.E, Cheese Making Tecnology. Ed. Noyes Data. Park, Ridge N.Y. 1973.
- VEISSEYRE, R. Lactología Técnica, Segunda Edición, Ed. Acribia, Zaragoza, 1980.
- WALTER, W.G. Microbiología General. Ed. Continental. México. 1972.
- ZINSSER; H. Microbiología, Cuarta Edición, Ed. UTEHA, México. 1971.

**DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA ELABORACION DE QUESO MOZZARELLA**

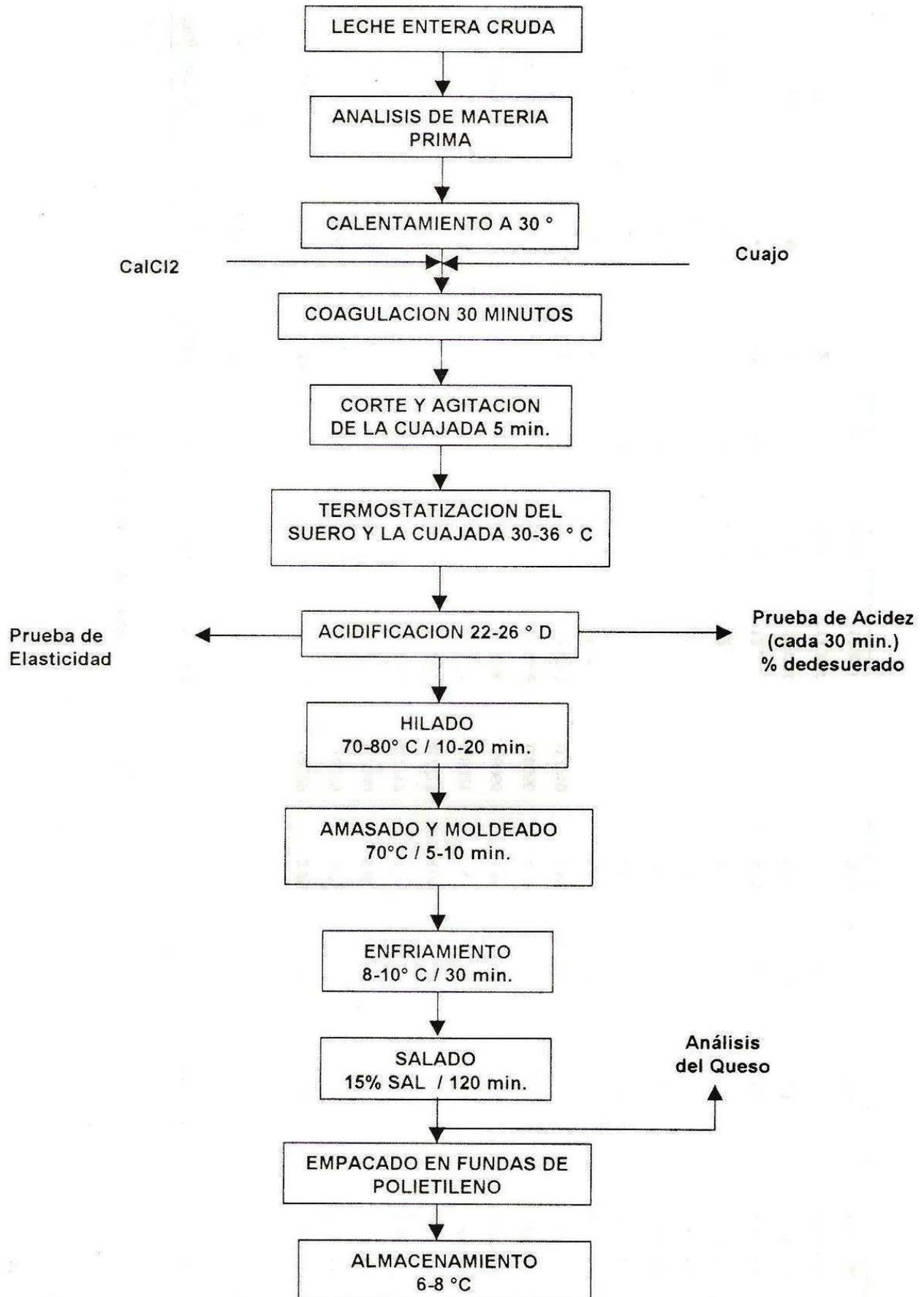


TABLA 1:

## ANÁLISIS DE MATERIA PRIMA

DÍA	TRATAMIENTO	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	ACIDEZ (D)	PH	HUMEDAD (%)	S.TOTALES (%)	CENIZAS (%)	LACTOSA (%)	GRASA (%)	PROTEINA (%)	RECuento TOTAL (u.f./cm <sup>3</sup> )
17-07-94	AoBoCo	1,0299	19,14	6,6	88,6	11,3979	0,8279	3,79	3,3	3,48	4.000.000
17-07-94	AoBoC1	1,0299	19,14	6,6	88,6	11,3979	0,8279	3,79	3,3	3,48	4.000.000
14-07-94	AoBoC2	1,0302	21	6,3	86,73	13,2740	0,7040	5,85	3,4	3,32	4.100.000
16-07-94	AoB1Co	1,0302	19,61	6,5	88,6	11,4012	0,7712	4,01	3,2	3,42	4.500.000
16-07-94	AoB1C1	1,0302	19,61	6,5	88,6	11,4012	0,7712	4,01	3,2	3,42	4.500.000
09-07-94	AoB1C2	1,0304	18,05	6,7	88,8	11,2021	0,8021	4	3,1	3,3	1.900.000
15-07-94	AoB2Co	1,0302	17,1	6,8	88,61	11,3866	0,6966	4,19	3,2	3,3	1.900.000
15-07-94	AoB2C1	1,0302	17,1	6,8	88,61	11,3866	0,6966	4,19	3,2	3,3	1.900.000
08-07-94	AoB2C2	1,0299	19	6,6	86,88	13,1210	0,7210	5,65	3,35	3,4	4.500.000
14-07-94	A1BoCo	1,0302	21	6,3	86,73	13,2740	0,7040	5,85	3,4	3,32	4.100.000
07-07-94	A1BoC1	1,0302	19,95	6,4	88,9	11,1009	0,7009	3,87	3,2	3,33	1.800.000
07-07-94	A1BoC2	1,0302	19,95	6,4	88,9	11,1009	0,7009	3,87	3,2	3,33	1.800.000
09-07-94	A1B1Co	1,0304	18,05	6,7	88,8	11,2021	0,8021	4	3,1	3,3	1.900.000
06-07-94	A1B1C1	1,0306	19,95	6,4	87,74	12,2601	0,6801	4,78	3,3	3,5	4.400.000
06-07-94	A1B1C2	1,0306	19,95	6,4	87,74	12,2601	0,6801	4,78	3,3	3,5	4.400.000
08-07-94	A1B2Co	1,0299	19	6,6	86,88	13,1210	0,7210	5,65	3,35	3,4	4.500.000
05-07-94	A1B2C1	1,0288	22	6,3	86,65	13,3598	0,8798	5,14	3,8	3,54	4.600.000
05-07-94	A1B2C2	1,0288	22	6,3	86,65	13,3598	0,8798	5,14	3,8	3,54	4.600.000

TABLA 2: VARIACION DE LA ACIDEZ DEL SUERO SOBRENADANTE A DIFERENTES CONDICIONES DE TRABAJO

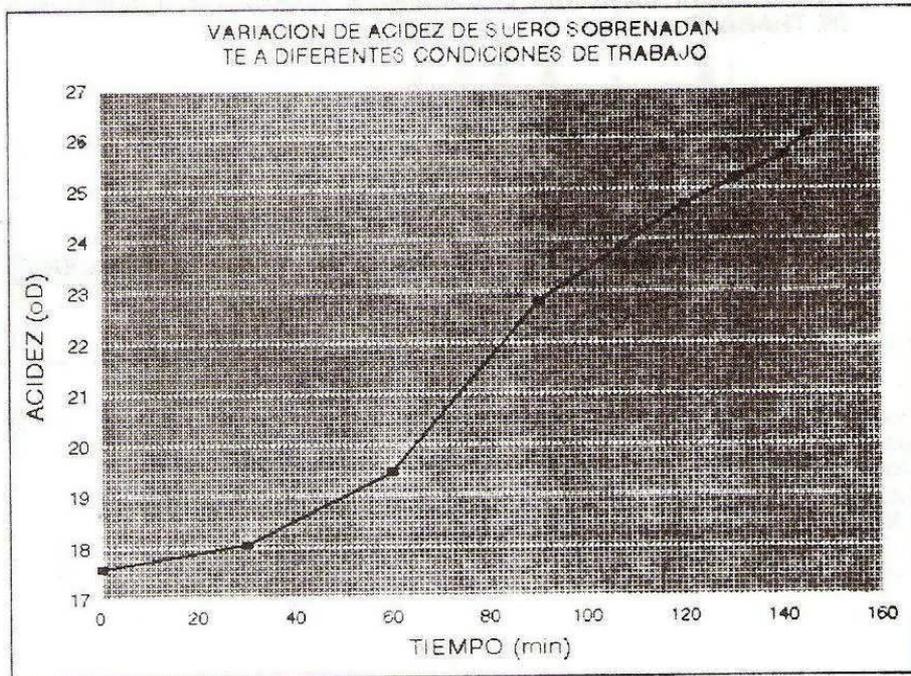
**TRATAMIENTO AoB2C2**

TIEMPO		ACIDEZ	
R1 (min.)	R2 (min.)	R1 (°D)	R2 (°D)
0	0	17.58	17.10
30	30	18.05	18.05
60	60	19.48	19.95
90	90	22.8	22.33
120	120	24.70	24.70
130	130	25.18	26.10
140		25.65	
145		26.10	

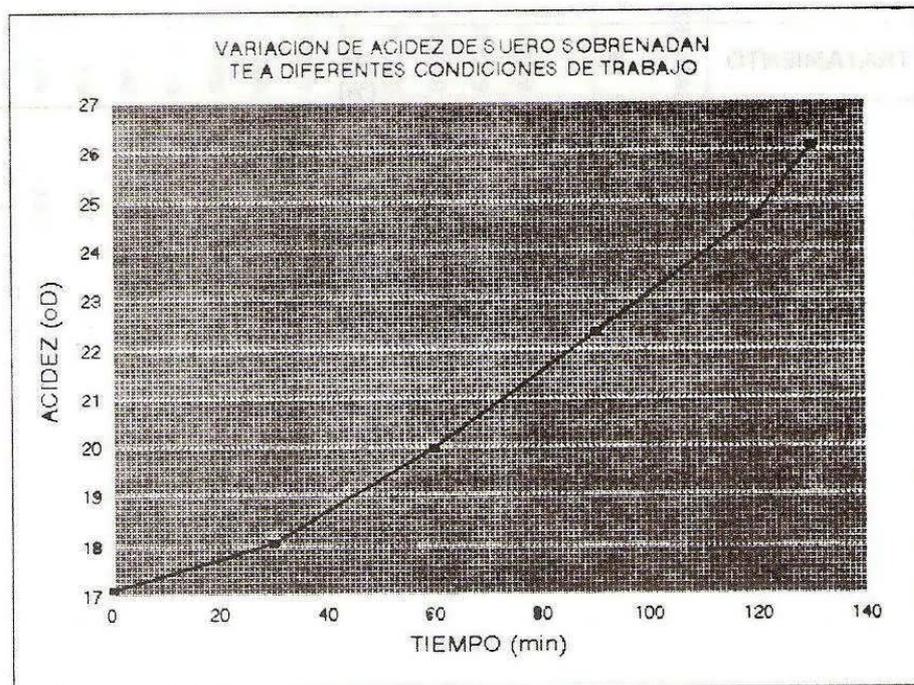
TABLA 3: DETERMINACION DEL RENDIMIENTO DE QUESO MOZZARELLA

TRATAMIENTO	R1 (%)	R2 (%)
AoBoCo	10.67	10.71
AoBoC1	11.46	11.51
AoBoC2	11.30	11.80
AoB1Co	11.70	11.84
AoB1C1	12.56	12.30
AoB1C2	10.64	10.72
AoB2Co	9.69	9.63
AoB2C1	9.67	9.98
AoB2C2	9.87	11.05
A1BoCo	11.05	11.23
A1BoC1	10.30	10.70
A1BoC2	10.29	10.74
A1B1Co	10.03	10.25
A1B1C1	9.12	10.36
A1B1C2	10.16	10.78
A1B2Co	10.01	10.68
A1B2C1	9.93	9.93
A1B2C2	9.63	9.39

**REPLICA 1**



**REPLICA 2**



## UTILIZACION DE HARINA DE QUINUA EN LA ELABORACION DE FIDEOS

Sandra Castro\*  
César Vásconez\*\*

### RESUMEN

En este trabajo se indican lineamientos generales sobre la quinua, características y formas de consumo, la importancia de las proteínas, aminoácidos y nutrientes que son de importancia en la dieta diaria.

El primer factor de estudio, es la variedad de quinua: Imbaya (Amarga) y Tunkahuan (Dulce).

Para la elaboración de los fideos a base de quinua, se utilizaron porcentajes de sustitución de 15, 25, 30 y 40 % de harina de quinua, con 85, 75, 70 y 60 % de harina de trigo (*Triticum durum*) respectivamente, siendo el segundo factor de estudio.

Los análisis reportados para la materia prima son: tamaño de partícula, humedad, acidez, proteína, cenizas, gluten, microscopía y análisis microbiológicos.

En las mezclas se reportan análisis farinográficos, extensográficos y alveográficos, que sirven para obtener diferencias en el comportamiento de las masas.

Se reporta en los fideos: humedad, proteína, fibra, cenizas, densidad aparente, densidad verdadera, y resistencia a la rotura.

Para la evaluación del mejor tratamiento se elaboró una tabla hedónica, la misma que consta de atributos como: olor, color, sabor, consistencia y aceptabilidad.

Para seleccionar el mejor tratamiento, se tomó como factor primordial el grado de aceptación, a la vez se indica que el mejor tratamiento contiene un porcentaje de proteína aceptable para una dieta balanceada y proteínica.

### INTRODUCCION

La Quinua es un grano nativo de los Andes, es decir un alimento autóctono. Este grano fue el principal alimento de nuestros antepasados y también debería ser considerado en la actualidad.

En los tiempos actuales aunque relegado al consumo tradicional en el área campesina se continúa reconociendo su valor alimenticio, sin embargo las ponderaciones del valor nutritivo a veces han sido exageradas o distorsionadas.

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

\*\* Doctor en Bioquímica y Farmacia, Profesor de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Razones suficientes para utilizar la quinua en sustitución con otro tipo de cereales para obtener así productos que sean consumidos, especialmente, por la población de bajos recursos que tienen problemas de desnutrición.

## MATERIALES Y METODO

### Diseño experimental

Para el estudio de la mejor alternativa en la elaboración de fideos a base de quinua se utilizó un diseño de dos factores A X B, siendo estos los siguientes:

FACTOR	NIVELES
A ( Variedades de quinua )	2
B ( Porcentajes de sustitución )	4

Entonces se tiene un Diseño Factorial 2 X 4

#### A : Variedades de quinua

- A<sub>1</sub> = Variedad Amarga (Imbaya, Imbabura 1980)
- A<sub>2</sub> = Variedad Dulce (Tunkahuán, Carchi 1985)

#### B : Porcentajes de Sustitución

- B<sub>1</sub> = 15 %
- B<sub>2</sub> = 25 %
- B<sub>3</sub> = 30 %
- B<sub>4</sub> = 40 %

### Materiales utilizados

Materia Prima. La quinua utilizada para el presente trabajo se obtuvo del Instituto de investigaciones agropecuarias, INIAP.

La variedad amarga (Imbaya) originaria de una población de germoplasma recolectada en la Provincia de Imbabura, 1980.

La variedad dulce (Tunkahuán) originaria de una población de germoplasma recolectada en la Provincia de Carchi, 1985.

La harina de trigo (*Triticum durum*) que se utilizó es procedente de los Molinos Poutier.

### Materiales y Equipos de Laboratorio

A excepción de los Ensayos alveográficos y la molienda, los demás análisis se efectuaron en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, a continuación se detallan los materiales y los equipos utilizados:

Balanza Analítica	Pesos diversos
Estufa Brabender	Humedad
Digestor y equipo Microkjeldahl	Proteína
Mufla	Cenizas
Extractor Labconco	Fibra
Molino de piedra	Molienda
Farinógrafo Brabender	Ensayos Farinográficos
Extensógrafo Brabender	Ensayos Extensográficos
Alveógrafo de Chopin	Ensayos Alveográficos
Caminadora Cortadora	Elaboración de fideos
Secador de Túnel	Secado de fideos
Recipientes de plástico	Almacenamiento
Tamizador Vibrador	Tamaño de partícula
Penetrómetro	Resistencia a la rotura
Microscopios	Microscopía
Material de vidrio	Análisis de rutina

## METODOLOGIA

La quinua se somete primeramente a un lavado, en la lavadora industrial según método (Proyecto Quinua 1990). Después de lavada se dió un secado al ambiente, en bandejas de malla plástica hasta una humedad del 10-12%.

Se procede inmediatamente a la molienda para obtener de este modo la harina de quinua que será utilizada para las mezclas con harina de trigo.

Se realizan las mezclas mediante el diseño experimental empleado en este estudio, y de esta manera se procede a elaborar los fideos en una máquina manual pequeña:

Se pesan 300 g. de mezcla y se le adicionan 130 ml. de agua destilada para continuar con el amasado que se realiza en una amasadora pequeña de laboratorio por un tiempo de 15 minutos, luego de lo cual se pasa la masa a la laminadora cortadora donde se obtienen los fideos tipo tallarín.

En este punto se realiza el análisis de humedad inicial del producto.

Elaborados los fideos se llenan en bandejas de 29x40 cm. y se las coloca en carros portadores para llevarlos al secador de túnel a una temperatura de 55°C por un tiempo de 4 horas, en este paso se toma cada hora la temperatura del secador para evitar que haya alteraciones.

Pasado el tiempo de secado se toma una muestra de fideos para determinar la humedad final del producto. A los fideos se les deja enfriar a temperatura ambiente para luego ser embalados en fundas de polietileno.

### Métodos:

#### Análisis Físicos:

Humedad	Norma INEN 518
Tamaño de partícula	Norma INEN 517
Farinografía, Extensografía y Alveografía	Según Bennion E.
Microscopía	Según R. Lees
Densidad aparente, verdadera	
espacios libres, resistencia a la rotura	Método (Amaluisa, Buenaño 1989).

**Análisis Químicos:**

Proteína Total	Norma INEN 519
Proteína Verdadera	Según (Barbano y Linch 1991) con modificaciones
Fibra	AOAC 14065 (7065)
Cenizas	Norma INEN 520
Gluten	AOAC
Acidimetría	Norma INEN 521
Estabilidad en el agua de cocción	Norma INEN 390 (con modificaciones).

**Análisis Microbiológicos:** Manual DIFCO

Evaluación Sensorial: Consistencia, sabor, olor, color y aceptabilidad.

**RESULTADOS Y DISCUSION**

En este estudio se trata de obtener diferentes parámetros del producto elaborado a base de quinua; comparado con un producto elaborado bajo las mismas condiciones con 100% de harina de trigo.

**Discusión de Análisis Proximales de la materia prima.**

De estos análisis se obtiene que las harinas de quinua presentan una humedad promedio de 13% y la harina de trigo 15%, que son valores aceptables.

Para proteína se observa que las harinas de quinua tienen un valor promedio de 16%, y para la harina de trigo se tiene un valor de 6%.

Para cenizas se encuentran valores promedios de 2.6% para harina de quinua, y para trigo un valor de 0.46.

En cuanto al gluten se observa que las harinas de quinua carecen de gluten, y la harina de trigo utilizada tiene valores de 10.5% de gluten húmedo y 2.6% de gluten seco.

**Discusión de Análisis del Producto Terminado.**

En humedad para producto terminado se tienen valores acordes a lo que se planteó al inicio del estudio, obteniéndose humedades que van desde el 10.25% hasta 11.87%, lo que indica que el producto se puede conservar envasado en óptimas condiciones.

Para proteína, cenizas y fibra los valores están influenciados por la variedad de quinua y el porcentaje de sustitución.

Para el análisis de densidad aparente, el producto elaborado con quinua dulce presenta valores mayores que los de quinua amarga. En el caso de densidad verdadera, espacios libres y resistencia a la rotura, valores mayores presenta la quinua amarga. Cabe indicar por tanto, que los fideos elaborados con quinua amarga serán más resistentes a la rotura que los elaborados con quinua dulce, dependiendo también del porcentaje de sustitución empleado.

Se presentan también resultados del análisis del agua producto de la cocción del fideo: encontrándose que mientras más trigo tenga la mezcla el contenido de almidón en el agua de cocción será alto y por lo tanto la transmitancia será menor, al mismo tiempo se debe indicar que a más de la cantidad de harina de trigo presente en la mezcla se nota

cambios también con la variedad de quinua, así por ejemplo para una sustitución del 15% con quinua amarga se tiene un valor de 0.168 gr/100 ml, la misma sustitución con quinua dulce presenta un valor de 0.128 gr/100 ml, indicando que la quinua amarga aporta más almidón que la quinua dulce.

#### **Discusión de resultados farinográficos.**

Absorción de agua. Está en relación con la variedad de quinua y el porcentaje de sustitución.

Estabilidad. Se observa que para la quinua amarga los valores disminuyen mientras aumenta el porcentaje de sustitución, en cambio para la quinua dulce se observan valores variables indicando de este modo que la harina no es estable al amasado.

Elasticidad. Para quinua amarga los resultados disminuyen mientras aumenta el porcentaje de sustitución, y para quinua dulce los valores son variables, indicando que es poco elástica.

#### **Discusión de resultados extensográficos.**

Extensibilidad. Se tiene una relación inversa, al aumentar la cantidad de quinua la extensibilidad disminuye.

Para los parámetros como energía y resistencia a la extensión se tiene que la mayor energía presenta la quinua dulce con una sustitución de 15% de quinua.

En cuanto al índice extensográfico se observa que aumenta mientras aumenta la cantidad de quinua.

#### **Discusión de resultados alveográficos.**

Para los parámetros como son: máxima sobrepresión, proporción P/L y trabajo, se observa que existe una relación de aumento con respecto a la sustitución, por lo tanto la resistencia de la masa a deformarse es mayor.

Para los parámetros como son: largo de la curva e índice de inflación, se observa lo contrario, estos valores descienden mientras el porcentaje de sustitución aumenta.

#### **Discusión de resultados de las pruebas sensoriales.**

Consistencia. Los tratamientos obtenidos difieren entre sí, encontrándose que los valores más bajos los tienen los tratamientos A1B4 y A2B4, que representan una consistencia Muy Suave, y los valores más altos lo tienen los tratamientos A1B1 y A2B1, que representan una consistencia Normal.

Color. Los valores más altos se reportan para los tratamientos A1B1 y A2B1, que corresponde a un color ligeramente claro y normal, y los valores más bajos se reportan para los tratamientos A1B4 y A2B4, que corresponde a un color ligeramente oscuro.

Olor. Los valores más altos lo tienen los tratamientos A1B1 y A2B1 que corresponden a un olor normal y agradable, los valores más bajos lo presentan los tratamientos A1B4 y A2B4 que corresponden a un olor ligeramente perceptible.

Sabor. Los valores más altos se reportan para los tratamientos A1B1 y A2B1, correspondiendo a un sabor característico y muy bueno, los valores más bajos lo tienen los tratamientos A1B4 y A2B4, que corresponden a un sabor agradable.

Aceptabilidad. Los valores más altos lo tienen los tratamientos A1B1 y A2B1 que corresponden a gusta mucho, y los valores más bajos lo tienen los tratamientos A1B4 y A2B4 que corresponden a ni gusta ni desagrada.

## CONCLUSIONES

- Se determinó que el mejor tratamiento en base a las pruebas de degustación y aceptabilidad, fué el correspondiente a la Variedad Dulce con una sustitución del 15% de quinua y 85% de trigo.
- En la elaboración de fideos se deberá controlar principalmente la cantidad de absorción de agua que tenga una mezcla, con el objeto de tener una masa de consistencia correcta.
- Este estudio llevado a nivel industrial podría ser una buena fuente de ingresos, y si se dispone de los equipos necesarios para su fabricación, el producto será aceptado de inmediato.

## REFERENCIAS

AGUILAR - NIETO. Origen y Evaluación de la quinua. Universidad Nacional Agraria, La Molina. Perú pp. 2-3

AMALUISA M, BUENAÑO W. Estudio del Secado de Fideos, Universidad Técnica de Ambato, 1989.

BARBANO Y LINCH. Direct and Indirect-Determination of true Protein Content of Milk by Kjeldahl, análisis colaborative study. J. Assoc. off. anal. chem. Vol 74. No 1991.

BENNION, Edmundo. Panaderías, Zaragoza España, Editorial Acribia 1970.

DIFCO, Manual de Microbiología. Décima Edición. Gráficos Letra S.A. Pedro Campos 20-28019. Madrid.

LEES, R. Manual de Análisis de los alimentos. Editorial Acribia-España 1969.

SORIA, M., MARCIAL, M. Y PEÑALOZA, M. Lavado de quinua, procesos y prototipos. En: Seminario Taller sobre investigación en post producción de quinua en Ecuador. INIAP, UTA, CIID. Quito Ecuador 1990.

TAPIA, Mario. Quinua Cultivos Andinos Centro Internacional de investigaciones para el desarrollo CIID, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas IICA. Editorial IICA. Bogotá-Colombia 1979.

**DIAGRAMA DE FLUJO PARA  
LA ELABORACION DE FIDEOS**



**TABLA 1: ANALISIS PROXIMALES INICIALES DE LAS HARINAS DE QUINUA Y TRIGO EN BASE SECA**

HARINA	HUMEDAD %		PROTEINA %		CENIZAS %	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
TRIGO	15.3	15.02	6.9	5.8	0.45	0.48
QUINUA AMARGA	12.9	13.10	17.5	17.2	2.52	2.47
QUINUA DULCE	13.4	12.90	14.8	15.2	2.78	2.81

**TABLA 2: ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE LA MATERIA PRIMA**

MUESTRA	RECUESTO TOTAL DE LEVADURAS Y HONGOS UFC / g		ESPORULADOS UFC / g	
	R1	R2	R1	R2
Harina de Trigo	65	12	< 10	< 10
Harina de quinua amarga	105	65	< 10	< 10
Harina de quinua dulce	< 10	< 10	< 10	< 10

**TABLA 3: ANALISIS PROXIMALES DEL PRODUCTO TERMINADO**

TRATAMIENTO	SUSTITUC. %	HUMEDAD		PROT. TOTAL		PROT. VERDAD.		CENIZAS		FIBRA	
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
		R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
A1B1	15	11.82	11.75	10.52	10.90	10.39	9.96	0.62	0.65	3.12	3.05
A1B2	25	11.22	11.35	11.03	11.82	11.05	10.83	0.88	0.91	3.26	3.30
A1B3	30	10.42	10.25	12.72	12.19	11.48	11.26	1.25	1.03	3.32	3.28
A1B4	40	10.75	10.81	12.95	13.01	13.64	12.35	1.61	1.65	3.84	3.79
A2B1	15	11.23	11.87	10.60	10.40	11.91	9.31	1.02	0.95	3.68	3.52
A2B2	25	11.75	11.63	11.06	10.80	12.34	10.83	1.11	1.03	3.95	4.01
A2B3	30	11.43	11.72	12.03	11.37	13.21	13.21	1.58	1.72	4.11	4.15
A2B4	40	10.25	10.42	11.92	12.69	14.06	14.51	1.79	1.82	4.29	4.35

**TABLA 4: ANALISIS MICROBIOLÓGICOS DEL PRODUCTO TERMINADO**

TRATAMIENTO	SUSTITUCION %	RECUEENTO TOTAL DE LEVADURAS Y HONGOS UFC / g		ESPORULADOS UFC / g	
		R1	R2	R1	R2
A1B1	15	90	120	< 10	< 10
A1B2	25	130	125	< 10	< 10
A1B3	30	170	130	< 10	< 10
A1B4	40	115	140	< 10	< 10
A2B1	15	70	90	< 10	< 10
A2B2	25	65	110	< 10	< 10
A2B3	30	170	130	< 10	< 10
A2B4	40	80	120	< 10	< 10

**TABLA 5: DETERMINACIONES DE DENSIDAD APARENTE – VERDADERA ESPACIOS LIBRES Y RESISTENCIA A LA ROTURA DEL PRODUCTO TERMINADO**

TRATAMIENTO	SUSTITUCION %	DENSID. APARENTE (Kg / m <sup>3</sup> )		DENSID. VERDAERA (Kg / m <sup>3</sup> )		ESP. LIBRES %		RESIST. ROTURA (Kg / c m <sup>2</sup> )	
		R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
A1B1	15	587	585	3551	3569	83.47	83.61	2.7	2.5
A1B2	25	591	594	3528	3360	82.25	82.32	2.5	2.6
A1B3	30	623	617	2695	2644	76.66	76.82	1.9	1.9
A1B4	40	664	673	1951	1887	65.97	64.33	1.7	1.8
A2B1	15	607	611	2731	2688	77.77	77.27	2.5	2.6
A2B2	25	627	633	2553	2458	75.44	74.25	2.3	2.1
A2B3	30	657	650	2158	2201	69.56	70.47	2.0	2.1
A2B4	40	668	682	1974	1883	66.16	63.78	1.8	1.9

**TABLA 6: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE ALMIDON EN EL AGUA DE COCCION DEL PRODUCTO TERMINADO**

TRATAMIENTO	SUSTITUCION %	TRANSMITANCIA %		CONCENTRACION g / 100 ml	
		R1	R2	R1	R2
A1B1	15	42.5	40.0	0.168	0.175
A1B2	25	65.2	66.5	0.077	0.065
A1B3	30	71.4	72.4	0.055	0.047
A1B4	40	85.0	83.8	0.0061	0.0078
A2B1	15	52.2	48.1	0.128	0.140
A2B2	25	67.3	69.2	0.072	0.062
A2B3	30	77.6	75.0	0.037	0.045
A2B4	40	90.1	87.3	0.0018	0.0041

**TABLA 7: PRINCIPALES DETERMINACIONES DEL PRODUCTO TERMINADO SIN SUSTITUCION CON HARINA DE QUINUA (100% HARINA DE TRIGO - PATRON)**

DETERMINACION	UNIDAD	FIDEO R1	TRIGO R2
CENIZAS	%	0.52	0.51
PROTEINA	%	6.05	6.23
FIBRA	%	2.15	2.18
HUMEDAD	%	11.00	11.30
DENS. APARENTE	Kg / m <sup>3</sup>	594.00	583.00
DENS. VERDADERA	Kg / m <sup>3</sup>	2990.00	3268.00
ESPACIOS LIBRES	%	80.13	82.16
RESIST. A LA ROTURA	Kg / m <sup>2</sup>	2.90	3.10
CONTENIDO DE ALMIDON	G / 100 ml	0.181	0.175
<b>FARINOGRAMA:</b>			
Absorción (A)		57.0	57.0
Tiempo de desarrollo (D)	Min.	2.5	2.5
Primera Intersección (PI)	Min.	1.0	1.2
Última Intersección (UI)	Min.	13.0	14.0
Estabilidad (E)	Min.	13.0	12.0
Índice de tolerancia al amasado	*UF	32.0	33.0
Caída a los 15 minutos (H)	UF	50.0	51.0
Elasticidad (C)	UF	147.0	150.0
Índice Valorimétrico (IV)	UF	52.0	50.0
<b>EXTENSOGRAMA:</b>			
Energía (E)	Cm <sup>2</sup>	101.0	101.0
Resistencia a la extensión (RE)	**UE	605.0	602.0
Extensibilidad (Ex)	mm	122.1	115.0
Índice Extensográfico (IE)		5.0	4.0
<b>ALVEOGRAMA:</b>			
Máxima sobrepresión (P)	mm	119.0	122.0
Largo de la curva (L)	mm	93.0	98.0
Proporción (P/L)		1.3	1.2
Índice de inflación (G)		19.0	18.0
Trabajo (W)	10 <sup>4</sup> Julios	310.0	334.0

**TABLA 8: DETERMINACIONES DE DENSIDAD APARENTE – VERDADERA ESPACIOS LIBRES Y RESISTENCIA A LA ROTURA DEL PRODUCTO TERMINADO**

TRATAMIENTO	SUSTITUCION %	ABSORCION (A)		TIEM. DESARROLLO (D) (min.)		1 <sup>ra</sup> INTERSECCIÓN (PI)(min)		ULTIMA INTERS. (UI) (min)	
		R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
A1B1	15	56.8	56.9	3.70	2.50	0.4	0.6	15.0	15.0
A1B2	25	57.8	57.6	2.50	5.60	0.6	1.4	15.0	14.2
A1B3	30	59.0	59.1	3.70	4.20	0.4	0.5	10.5	11.3
A1B4	40	58.4	58.2	1.00	2.50	0.8	1.5	10.0	10.5
A2B1	15	57.0	57.2	8.50	5.50	1.6	0.8	10.0	9.0
A2B2	25	57.2	57.3	2.50	1.80	0.8	1.1	15.0	15.0
A2B3	30	59.0	59.2	1.40	2.50	0.5	0.8	12.0	11.2
A2B4	40	58.4	58.3	1.00	1.50	0.2	0.5	9.0	8.2

**TABLA 8: CONTINUACION**

TRATAMIENTO	SUSTITUC. %	ESTABILIDAD		IND. TOLERANCIA AL AMASADO		CAIDA A LOS 15 MINUTOS		ELASTICIDAD		INDICE VALORIMETR.	
		(E) UF		(TA) UF		(H) UF		(C) UF		(IV) UF	
		R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
A1B1	15	14.6	14.4	25.0	29.0	20.0	40.0	140.0	145.0	56.0	58.0
A1B2	25	12.8	14.0	40.0	45.0	30.0	25.0	120.0	125.0	58.0	56.0
A1B3	30	10.1	10.8	50.0	42.0	65.0	57.0	100.0	112.0	48.0	42.0
A1B4	40	9.2	9.0	15.0	12.0	99.0	92.0	82.0	78.0	46.0	48.0
A2B1	15	8.4	8.2	57.0	47.0	99.0	40.0	62.0	70.0	56.0	36.0
A2B2	25	14.2	13.9	55.0	62.0	25.0	15.0	80.0	75.0	58.0	54.0
A2B3	30	11.5	10.4	15.0	25.0	62.0	85.0	65.0	70.0	52.0	50.0
A2B4	40	8.8	7.7	50.0	55.0	60.0	65.0	50.0	45.0	48.0	50.0

**TABLA 9: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EXTENSOGRAFICOS DE LAS MEZCLAS DE HARINAS.**

TRATAMIENTO	SUSTITUCION %	ENERGIA		RESISTENCIA A LA EXTENSIBILIDAD EXTENSION				INDICE EXTENSOGRAF.	
		(E) cm <sup>2</sup>		(RE) UE		(EX) mm		(IE)	
		R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
A1B1	15	44.2	45.5	247.0	248.0	122.5	124.0	2.0	1.9
A1B2	25	42.7	45.0	252.9	276.5	117.0	118.0	2.2	2.3
A1B3	30	28.5	28.2	167.6	182.4	106.0	103.0	1.6	1.7
A1B4	40	43.5	43.2	252.9	264.7	84.5	81.0	3.0	3.3
A2B1	15	59.0	54.5	305.9	305.9	135.0	138.0	2.3	2.2
A2B2	25	45.7	42.8	258.8	247.0	111.0	112.0	2.3	2.2
A2B3	30	46.2	49.5	282.3	300.0	92.0	98.0	3.1	3.1
A2B4	40	39.8	41.5	241.2	276.4	81.0	81.0	2.9	3.4

**TABLA 10: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS ALVEOGRAFICOS EN LAS MEZCLAS DE HARINAS**

TRATAMIENTO	SUSTITUC. %	MAX. SOBREPRESION (P) mm		LARGO CURVA (L) mm		PROPORCION (P / L)		INICIO INFLACION (G)		TRABAJO (W) 10 <sup>-4</sup> J	
		R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
A1B1	15	113	116	43	45	2.6	2.6	15	16	197	206
A1B2	25	124	120	40	38	3.1	3.2	14	13	221	206
A1B3	30	102	98	25	22	4.1	4.4	11	10	125	114
A1B4	40	105	111	20	23	5.3	4.8	10	11	105	109
A2B1	15	87	91	53	60	1.6	1.5	19	20	215	219
A2B2	25	95	96	35	37	2.7	2.6	13	15	140	146
A2B3	30	85	87	21	23	4.0	3.8	10	11	95	103
A2B4	40	100	102	22	25	4.5	4.1	11	12	123	132

GRAFICO 1: FARINOGRAMA MEJOR TRATAMIENTO

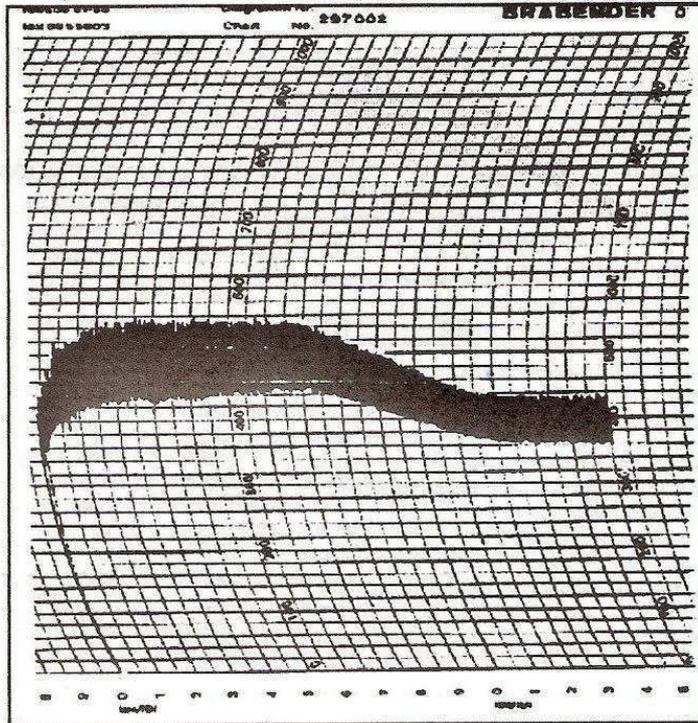


GRAFICO 2: EXTENSOGRAMA MEJOR TRATAMIENTO

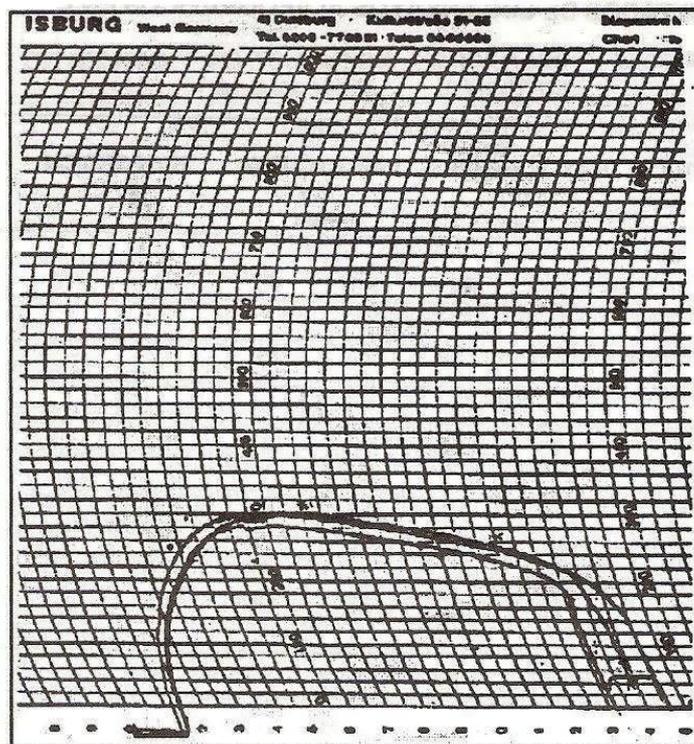
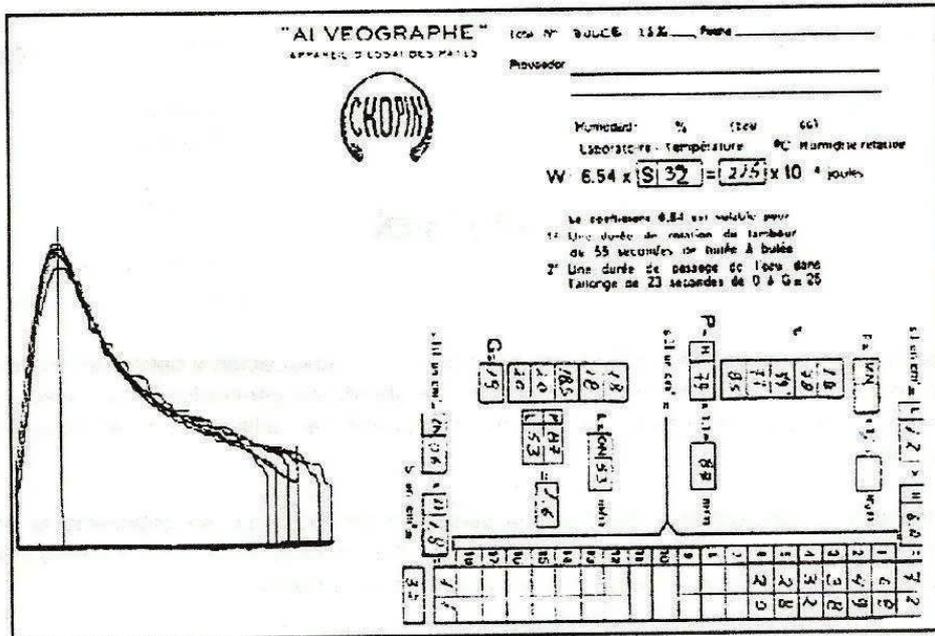


GRAFICO 3: ALVEOGRAMA MEJOR TRATAMIENTO



## PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACION DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE ALMIDON DE PAPA

Jorge A López  
Guillermo Poveda

### RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló como parte del trabajo de readecuación y optimización de recursos en la planta Doraves C.A. Se pretende aprovechar los desperdicios generados en el pelado y picado de papa, para la obtención de almidón, el mismo que puede ser utilizado a nivel industrial o para el consumo humano.

Con la finalidad de demostrar e incentivar la viabilidad del proyecto, se estableció la producción y consumo, tanto de materia prima (papas 6.153 Kg. por día) y producto final a obtenerse (196.09 Kg. de almidón), datos que nos permitió establecer la capacidad de la planta.

Para determinar la producción adecuada, fué necesario realizar varios ensayos con lo que se eligió la tecnología para el presente caso, es decir, pelado, recolección de almidón, secado, molido y pulverizado.

Desde el punto de vista económico, se demostró que el estudio es sumamente viable puesto que los índices de rentabilidad así lo expresan.

### INTRODUCCION

Una de las alternativas en la industrialización de la papa, es obtener el almidón, proceso que permite recuperar y aprovechar de mejor manera los valores energéticos que el almidón provee a la dieta humana, así como también obtener productos útiles en la industria tales como: Elaboración de dextrinas (jarabes de almidón), tiene su importancia también en la elaboración de cerveza y es de gran uso en las panaderías.

El almidón es el más importante de los polisacáridos y está ampliamente difundido en la naturaleza; se reserva en casi todos los vegetales. Se produce industrialmente a partir de los tubérculos (patatas) o en los boniatos o cereales (trigo, maíz, arroz etc.), aproximadamente del 16 al 22% de almidón se puede obtener a partir de las patatas

El proceso de obtención básicamente consiste en: Lavado a fondo para eliminar impurezas, desintegración completa del material empleado para romper todas las células, lavado de los granulos de almidón y separación de los mismos mediante tamices, centrifugación que permite la separación de impurezas solubles y finalmente secado con lo que se consigue obtener almidón con un 12% de humedad. (Braverman 1978).

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

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

## REVISION BIBLIOGRAFICA

La papa es el segundo alimento en importancia y cantidad en el consumo, después de los cereales y los primeros en producción mundial.

El tubérculo de papa se produce dentro del suelo por el alargamiento apical de una porción lateral del estolón.

En un corte longitudinal, se distinguen el epidermo constituido por una capa corchosa de células llamadas piel. A continuación se encuentra el parenquima externo de almacenamiento, rico en contenido de almidón.

La papa puede ser procesada en diversas formas, para alimentación humana, industria química y alimento animal.

La papa para producción de almidón, alcohol, deben tener alto contenido de almidón, es también importante el contenido de amilasa y el tamaño de grano de almidón.

La materia seca representa aproximadamente el 20% del peso total del tubérculo y está compuesto por:

- Carbohidratos: Almidones, azúcares, celulosa y pectina.
- Compuestos nitrogenados: Proteínas y aminoácidos libres.
- Glucoalcaloides: Derivados del alcaloide solanidina.  
(Arevalo, 1992)

En la tabla número 1 se reporta el contenido promedio de los principales constituyentes del tubérculo de papa.

En el Ecuador, el producto que más se consume es la papa, ya sea en sopas, cocinadas, cremas, fritas, en hojuelas o tiras. En los últimos años el consumo de la papa frita tiene su incremento debido a su apariencia, sabor, textura, que éstas presentan luego de ser fritas (Cendes 1993).

En la tabla 2 se reporta la composición química de la papa.

## METODOLOGIA

Los cuadros No. 3,4,5,6 y 7, nos permiten analizar con toda claridad el comportamiento tanto de producción de papa como la producción de almidón en los últimos 6 años. Considerando estos análisis se relacionó con la capacidad de producción del proyecto, para lo cual fué necesario realizar varios ensayos de obtención de almidón. Sus resultados se detallan en la tabla No. 8.

La tecnología utilizada para el presente caso se puede observar en el anexo 1.

### Recepción de Materia Prima

La papa debe reunir estándares de calidad establecidos.

### Pelado de la Papa

Se realiza utilizando una peladora automática por el lapso de 1,20 min., el agua utilizada para esta operación se recoge en tanques de sedimentación. Los residuos de cascara presentes en la papa se retira manualmente.

**Picado**

Se realiza para romper todas las células y facilitar la sedimentación del almidón contenidos en las papas y en las cáscaras.

**Lavado y Macerado Preliminar**

Se utiliza antioxidante para evitar empardamiento enzimático.

**Maceración**

Se utiliza agua a 14-16 °C. con un tiempo de 20 a 24 horas y permitir la sedimentación del almidón.

**Sedimentación**

Es un proceso paralelo a los demás, se utilizan tamices.

**Centrifugación**

Permite eliminar impurezas

**Secado.**

El tiempo de secado debe estar relacionado con la temperatura a secarse. Se emplean temperaturas entre 40 a 45°C.

**Pulverizado.**

Se utiliza un molino para obtener el polvo fino deseado.

**Empaquetado..**

Se realiza en fundas de 1 Kg

**DISEÑO DE PLANTA**

Se consideran los siguientes aspectos:

Superficie estática (Ss)	=	B*A	(Dimensiones de maquinaria).
Superficie Gravitacional (Sg)	=	Ss*N	(N = # de lados libres).
Superficie de Evolución (Se)	=	(Sg + Ss)K	(K = 2 para alimentos)
Superficie Total (St)	=	Ss + Sg + Se	

Tomado del ESI Prom # 29.

Los resultados se presentan en la tabla No 9.

## MANO DE OBRA

Esta dado por el tamaño y naturaleza del proceso de producción, para el proyecto se utilizaron las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned} T_e &= T_n (1 + K) \\ T_n &= T_c(A_o/A_n) \end{aligned}$$

Donde:

$T_e$  = Tiempo estándar  
 $T_n$  = Tiempo elemental  
 $K$  = Porcentaje de suplementos.  
 $T_c$  = Tiempo cronom.  
 $A_o$  = Actividad Obser.  
 $A_n$  = Actividad normal.

Tomado del ESI Prom. # 29.

La tabla # 10 presenta las necesidades de mano de obra para cada operación.

## EVALUACION ECONOMICA

Para procesar 6153 Kg. de papa y obtener 196.09 Kg de Almidón por día es necesario revisar el siguiente análisis económico:

	(Suces)
INVERSION	262'394.674
GASTOS FINANCIEROS	65'619.661
INVERSION FIJA	182'652.777
CAPITAL DE OPERACION	79'741.897
VENTAS NETAS	1.449'229.110
COSTOS DE PRODUCCION	907'275.986
GASTOS DE VENTA	9'276.400
GASTOS ADMINISTRATIVOS	40'350.380

De acuerdo a lo anterior se obtiene que:

UTILIDAD BRUTA EN VENTAS	541'953.124
UTILIDAD NETA EN VENTAS	532'676.724
UTILIDAD NETA EN OPERACION	
ANTES DEL IMPUESTO A LA RENTA	492'326.344
BENEFICIO NETO	426'706.683

El punto de equilibrio se lo establece en \$/ 397'106.350 que representa el 27.4 %.

## CONCLUSIONES

Como se ha observado, la papa es el alimento más comercial en el Ecuador, producto que por sus características y su relativo bajo costo es el componente principal en casi toda dieta humana. La compra - venta se establece en una cadena agricultor – intermediario - consumidor, lo cual influye en el costo final de la papa.

Con la industrialización de la papa se pretende reducir los costos para lo cual es necesario efectuar convenios entre el agricultor y la empresa.

De acuerdo a lo estudiado se observa que la materia prima es suficiente y su demanda futura tiende a incrementarse, por tanto si bien la capacidad instalada para el presente estudio cubre un cierto porcentaje de la demanda, este es factible puesto que el volumen a producirse tendrá cabida en el mercado.

La tecnología empleada nos permite aprovechar materia prima, mano de obra, equipos nacionales y extranjeros contribuyendo así a la economía del país.

A partir del estudio económico se puede establecer que se obtiene el 163% como beneficio total, el 188% de rentabilidad sobre la inversión, 407% en la rentabilidad financiera y un período de recuperación de la inversión de 7 meses. Estos índices nos permiten concluir que el proyecto es altamente rentable.

## BIBLIOGRAFIA

- AREVALO, Héctor. 1992. La papa, el descubrimiento que conquistó el mundo. Curso internacional de papa. Ed. Fonaiap. Pamplona pp. 73-76
- BALGUER Y VIDAL. Almidones, Féculas y sus derivados
- BRAVERMAN, J.B.S. 1978. Introducción a la Bioquímica de los alimentos. Ed. Omega. Barcelona - España. pp 100 – 107.
- CENDES. Estudio del mercado de almidón.
- CONADE. Abril 1992. Programa de encuestas de coyuntura, sector agropecuario No. 64. pp 15.
- DIRECCION NACIONAL DE INFORMATICA. 1991. Subsecretaría de la sierra centro norte pp 22.
- ESI. 1993. Planificación y control de la producción.
- MICIP. 1992. Ley de fomento industrial pp 84 - 86.
- MONTES, Adolfo. Tratado de bromatología tomo II.
- WESTINGHOUSE. 1970. Manual de alumbrado

**Tabla 1: CONTENIDO PROMEDIO DE LOS PRINCIPALES CONSTITUYENTES DEL TUBÉRCULO DE PAPA:**

CONSTITUYENTE	PESO % DEL TUBERCULO TOTAL
Agua	80.0
Materia Seca	20.0
Carbohidratos	26.9
Proteínas	2.0
Lípidos	0.1
Cenizas	1.0

Fuente: Ardila Becerra 1992

**Tabla 2: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PAPA.**

Valor Energético	84.00	Calorías
Hidratos de Carbono	19 – 20	gr.
Grasa	-	
Proteínas	2.00	gr.
Agua	75 / 80	
Calcio	10.00	mg.
Fósforo	60.00	mg.
Hierro	0.50	mg.
Sodio	100.00	mg.
Potasio	600.00	mg.
Vitamina C	5.50	mg.
Tiamina (B1)	0.11	mg.
Riboflavina (B2)	0.04	mg.
Niacina (B3)	0.05	mg.
Piridoxina (B6)	0.30	mg.

Fuente: Ardila Becerra 1992

**Tabla 3: PRODUCCIÓN DE PAPA A NIVEL NACIONAL Y PROVINCIAL (PICHINCHA).**

AÑO	NIVEL NACIONAL		NIVEL PICHINCHA	
	T.M.	RENT. (TM/HA)	T.M.	RENT (TE/HA)
1988				
1989	353.920.00	6.30	55.838.00	5.30
1990	338.206.02	7.11	39.975.67	6.23
1991	362.228.64	7.43	41.395.81	7.82
1992	368.604.35	7.16	44.420.49	8.39
1993	372.291.40	7.13	41.800.47	8.16
	379.192.43	7.54	48.803.02	9.54

Fuente: INEC

Tabla 4: PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PAPA A NIVEL NACIONAL.

AÑO	T.M.	RENT (TM/HA)
1994	385.907.00	7.71
1995	392.621.00	7.88
1996	399.335.00	8.05
1997	405.049.00	8.72
1998	412.763.00	8.40
1999	419.477.00	8.57
2000	426.191.00	8.74

Elaborado : Jorge A. López

Tabla 5: PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA A NIVEL NACIONAL

AÑO	CANTIDAD (kg)
1987	4'108.074
1988	4'259.492
1989	4'328.390
1990	4'727.370
1991	4'388.940
1992	4'671.336
1993	4'774.971

Fuente: Sistema Estadístico Agropecuario Nacional INEC.

Tabla 6: PRODUCCIÓN DE PAPA PELADA, PAPA PICADA Y RESIDUOS (KG).

AÑO	MAT. PRIMA Kg	PAPA PELADA Kg	PAPA PICADA Kg	RESIDUOS Kg
1988	1'442.671	693.925	158.694	590.052
1989	1'522.747	811.624	137.047	574.076
1990	1'432.664	710.601	143.266	578.797
1991	1'612.143	760.932	161.214	689.997
1992	1'684.724	778.342	235.861	670.521
1993	1'736.118	869.137	164.478	697.733

Fuente : Doraves C.A.

Tabla 7: PROYECCIÓN DE PAPA PROCESADA Y RESIDUOS EXPRESADOS EN KG.

AÑO	MAT. PRIMA Kg	PAPA PELADA Kg	PAPA PICADA Kg	RESIDUOS Kg
1994	1'785.109	853.415	201.091	727.423
1995	1'846.041	877.030	210.900	754.250
1996	1'906.974	900.646	220.709	781.077
1997	1'967.907	924.261	230.518	807.904
1998	2'028.839	947.877	240.326	834.731
1999	2'089.772	971.493	250.135	861.558
2000	2'150.705	995.108	259.944	888.385

Tabla 8: DATOS OBTENIDOS DURANTE 5 ENSAYOS EN LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN.

FECHA	PAPA BOLA (Kg)	PAPA PIC. (Kg)	CASCARA (Kg)	OJOS (Kg)	TIERRA (Kg)	ALMIDON (Kg)	RESIDUO (Kg)
2/6/93	220.50	58.50	7.47	21.51	1.35	10.91	129.76
3/6/93	216.20	49.50	9.90	22.05	0.98	12.15	139.42
5/6/93	211.50	58.50	7.56	20.49	0.87	11.74	139.34
7/6/93	229.50	45.00	8.86	20.24	1.02	12.26	133.12
9/6/93	225.00	40.50	8.91	20.34	0.95	16.67	141.63
PROM.	220.50	50.40	8.54	20.93	1.03	11.95	136.65

Fuente : Doraves C.A.

Tabla 9: SUPERFICIE REQUERIDA PARA LOS EQUIPOS

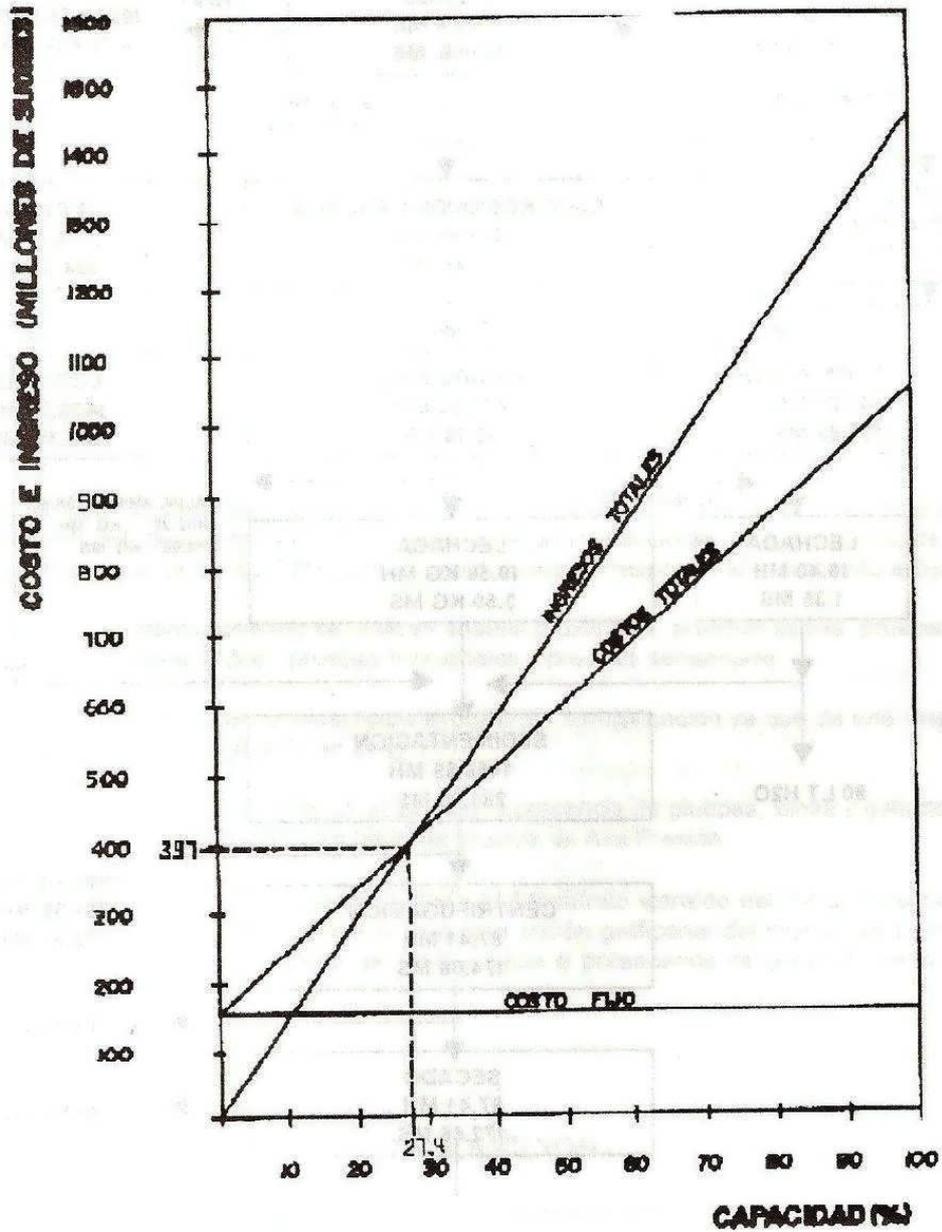
Maq/Equipos	Cant.	Ss.	N	Sg.	Se.
Balanza	1	(0.70*1.10)	3	2.31	6.16
Peladora	1	(0.73*0.73)	4	2.12	5.30
Tanque Macer	1	(2.00*0.60)	3	3.60	9.60
Kavetas Plastic.	4	(0.60*0.40)	4	3.84	8.16
Picadora	1	(0.65*.085)	3	1.65	4.40
Centrífuga	1	(1.10*0.80)	3	2.64	7.04
Secadero	1	(3.00*0.80)	4	9.60	24.00
Molino	1	(1.50*1.00)	2	3.00	9.00
Selladora	1	(1.80*0.75)	4	5.40	13.50
Sedimentación	1	(1.12*1.67)	3	5.61	14.96
Total	13	11.29		39.77	102.12

Elaborado: Jorge A. López

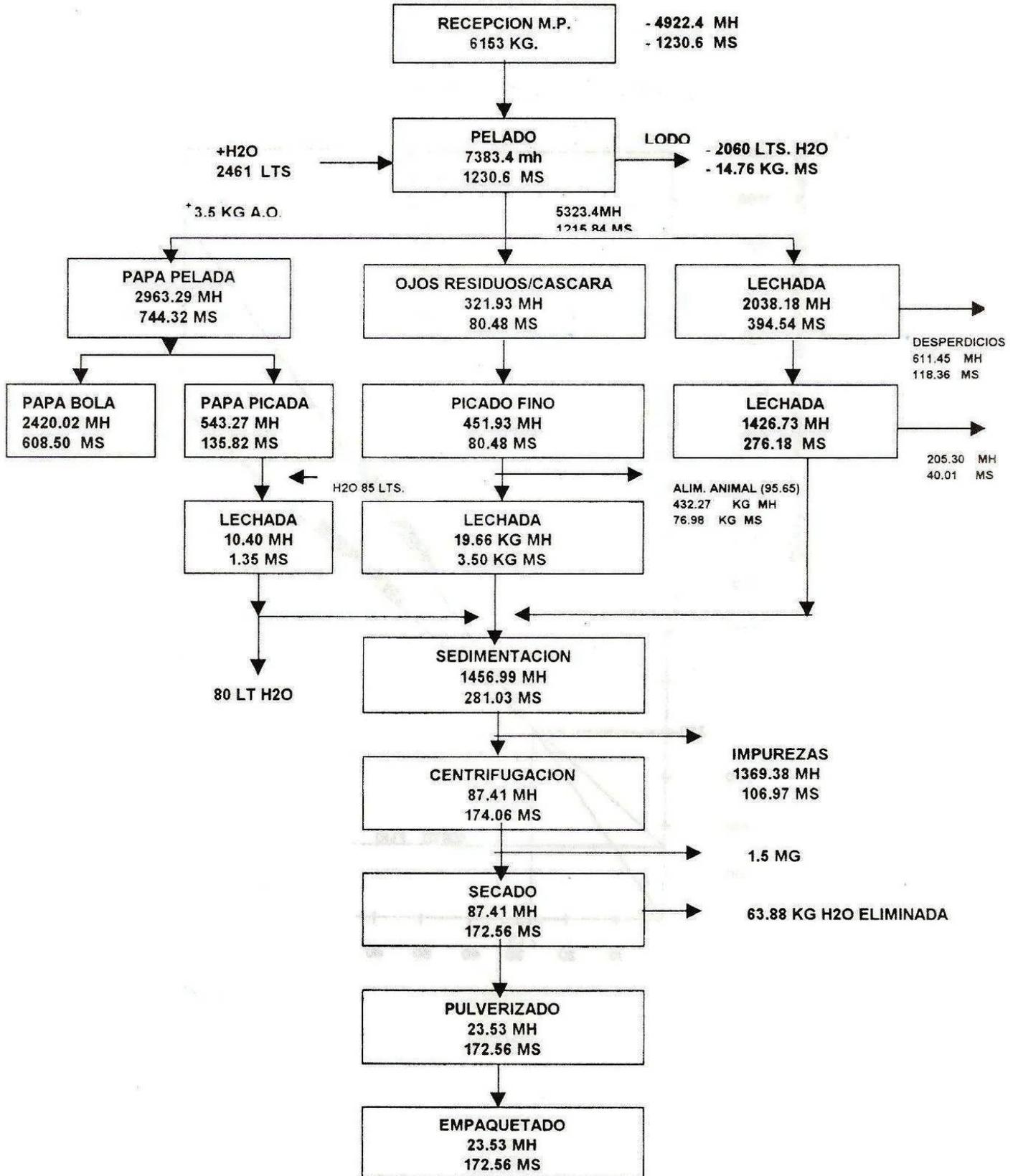
Tabla 10: MANO DE OBRA REQUERIDA

No.	Descripción	Cant.	T.E. / 45Kg.	Observación
1	Recepción M. Prima	6153.00	1:20 min-II	Manual
2	Pelado	6153.00	1:35 min-II	Peladora
3	Retiro de ojos	4106.50	13:15 min-II	Manual
4	Pesado	4106.50	1:05 min-II	Balanza
5	Picado	1081.50	12:20 min-II	Picadora
6	Sedimentación	1737.82	1:20 min-II	Tanque
7	Centrifugación	261.47	10:20 min-II	Centrífuga
8	Secado	261.47	0:45 min-II	Secadero
9	Pulverizado	196.09	8:30 min-II	Molino
10	Empaquetado	196.09	20:20 min-II	Manual

**PUNTO DE EQUILIBRIO**



**BALANCE DE MATERIALES**



**OBTENCION DE GOMA DE SEMILLA DE TAMARINDO PARA SUSTITUCION DE PECTINA**

Liliana Malo\*  
Carlos Moreno\*  
César Vásconez\*\*

**RESUMEN**

Se partió de semillas de tamarindo (*Tamarindus indica*), secadas a temperatura ambiente, proporcionadas por establecimientos comerciales de la ciudad de Ambato, tostadas y quitadas la corteza o testa. El grano obtenido se molió y se obtuvo la harina de la semilla.

Se extrajo el polisacárido, manteniendo como constantes la suspensión harina- agua acidulada en la proporción de 1:30, tiempo y velocidad de centrifugación de 15 minutos a 3500 rpm, el coágulo obtenido se seca y se determina el porcentaje de rendimiento de extracción.

Se aplicó un diseño factorial AxBxC (pH: 3,5,7; Temperatura: 60,70°C y tiempo: 5,10 y 15 min.), con 2 repeticiones, obteniéndose como respuesta experimental el porcentaje de rendimiento de extracción.

Mediante el Análisis de varianza respectivo a un  $\alpha = 0,05$ , se observa que existe diferencia significativa entre los factores pH, temperatura y tiempo, igual entre las interacciones de los mismos, de ahí que el mejor tratamiento es a un pH 5 a 70°C por 15 minutos que corresponde al tratamiento a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>3</sub>.

En el polisacárido en polvo obtenido se realizan análisis proximales, pruebas físicas, pruebas químicas (composición en monosacáridos), pruebas funcionales y pruebas sensoriales.

De las propiedades funcionales se caracteriza el poder de emulsificación ya que de una dispersión del 1% se mantiene en emulsión el 41% en peso.

De la composición en monosacáridos se determinó la presencia de glucosa, xilosa y galactosa en una razón molar de 2:1:1, mediante la Cromatografía Líquida de Alta Presión.

Se realizó la aplicación del polisacárido de semilla de tamarindo extraído del mejor tratamiento en un producto tipo mermelada, logrando observar la buena acción gelificante del mismo, se llegó a obtener un producto de aceptación, por lo tanto, se concluye que el polisacárido de la semilla de tamarindo es un buen sustituto de la pectina.

**INTRODUCCION**

El tamarindo (*Tamarindus indica*), es un árbol hermoso y muy extendido e importante de la India, pertenece a la familia de las leguminosas, es un cultivo de los climas cálidos.

En el Ecuador es cultivado principalmente en la provincia del Guayas con una cantidad de 322,45 toneladas métricas, con un rendimiento de 8,04 TM/HA (INEC 1990) y pequeñas cantidades en Manabí.

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

\*\* Doctor en Bioquímica y Farmacia, Profesor de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

El árbol frutal es de gran talla, de hojas alternas, sus flores amarillas o rojizas y su fruto curvado.

La semilla es un subproducto en la industria, son de un color café rojizas siendo en su parte central más acentuado tendiendo a marrón, esto es debido a la testa que las cubre, y blancas en su interior, cuando es eliminada la misma.

La testa es removida por un proceso de tostamiento o por un proceso de remojo-secado y tostamiento para que se elimine completamente la misma, para evitar efectos indeseables, tales como: depresión, estreñimiento y diarrea (Rao y Srivastava, 1974), aunque los análisis de los granos no indicaron ningún componente tóxico (Forest Research Institute, 1955).

Una vez libre de la testa, se puede obtener un producto denominado polvo de semilla de tamarindo.

De este polvo se extrae un polisacárido o goma que tiene la propiedad de formar geles en un amplio intervalo de pH. Además posee excelentes características para actuar como espesante y emulsificante, por lo que puede actuar como un buen sustituto de la pectina.

Un estudio de la composición química como de las propiedades físicas e ingenieriles de la semilla y del grano de tamarindo es esencial en el desarrollo, mezcla de alimentos, en el diseño de equipos y operaciones de procesamiento. (4).

## OBJETIVOS

### Objetivo General

- Estudiar un método adecuado para aislar el polisacárido de la semilla de tamarindo (Tamarindus indica).

### Objetivos Específicos

- Trabajar a varias temperaturas de extracción acuosa para identificar la más apropiada.
- Estudiar el tiempo de extracción del coágulo y establecer su actividad gelificante.
- Estudiar la influencia del pH en el proceso de extracción del polisacárido.
- Probar la sustitución del polisacárido por pectina en un producto elaborado tipo mermelada.
- Determinar la aceptabilidad del producto mediante análisis sensorial.
- Conocer las propiedades físicas, químicas y funcionales del polisacárido extraído.

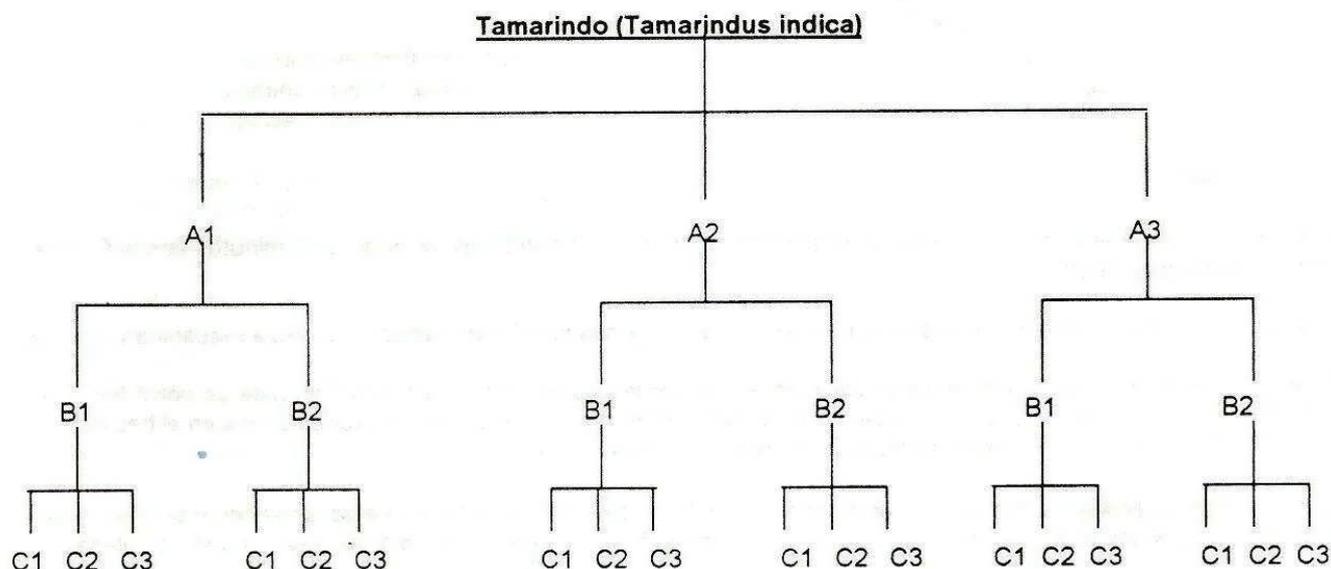
## MATERIALES Y METODOS

### Diseño experimental

El diseño a emplearse es el modelo factorial  $axbxc$ , donde:

- a: pH de agua acidulada 3, 5 y 7
- b: temperatura de extracción 60 y 70°C
- c: tiempo de calentamiento 5, 10 y 15 min.

**Esquema del Diseño Experimental AxBxC.**



**Materia prima**

- Se utilizan la semillas de tamarindo (Tamarindus indica). Libre de la testa que las recubre, es de color blanco cremosa.

**Equipos utilizados**

- Cromatógrafo Perkin Elmer Serie 3B Liquid Chromatograph.
- Columna Biorad, Aminex-Carbohydrate HPX-87P.
- Un inyector Rheodyne 7125.
- Horno LC-100 a 80°C.
- Detector LC- 25RI.
- Integrador LCI - 100.
- Equipo Soxhlet, Heraeus Henau EX,
- Equipo Digestor y Destilador Microkjeldahl.
- Viscosímetros de Otswald
- Penetrómetro tipo Universal Laboratory, fabricado de acuerdo a las especificaciones ASTM- D217.
- Balanza Metler LP-16, con dispositivo para humedad.
- Centrifuga HERMLE 2230; con 8 tubos plásticos cónicos de 10 ml.
- Estufa para secado VWR- 1520 y BlueM Electric Company
- Medidor de pH Orion Research. Ionalyzer/ mod 399 A
- Molino manual para granos (tipo casero)
- Molino Culatti 5 DEN48.
- Termómetro (- 10 a 110 °C)

**Reactivos**

- Acido sulfúrico
- Acido clorhídrico
- Agua destilada
- Alcohol 95%
- Carrez I y II
- Estándares de mono y polisacáridos.
- Hidróxido de sodio 50%
- Resina aniónica Dowex I
- Resina catiónica Dowex 50

- Rojo de metilo
- Solución estandarizada NaOH .1N
- Solución estandarizada H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> .1N
- Sulfato de cobre
- Sulfato de potasio

### Metodología

Las semillas previamente seleccionadas y secas se tostaron por un período aproximado de 5 minutos con la finalidad de facilitar el siguiente paso.

El pelado se lo realizó para eliminar la corteza o testa que cubre a la semilla aplicando una fuerza mecánica y manual.

Para la molienda, se utilizó un molino manual además un mortero y pistilo comunes, obteniéndose un polvo fino. Para reducir el tamaño de partícula, se pasó a través de un tamiz de 80 mesh y así permitir mayor eficiencia en el trabajo. Una vez obtenido el polvo de la semilla, se efectuó análisis proximales.

La suspensión se preparó pesando porciones de 5 gr.  $\pm$  0,01 gr. de la harina de la semilla de tamarindo y se añadió agua acidulada ( agua destilada más ácido clorhídrico), a pH de 3, 5; y 7, en una relación 1:30(polvo - agua acidulada).

Luego se calentó la mezcla a temperaturas de 60 y 70 °C a tiempos de 5, 10 y 15 minutos, con agitación continua.

Posteriormente se centrifugó a 3500 rpm en tubos plásticos con un volumen de 10 ml en cada uno por un tiempo de 15 minutos, los precipitados de los tubos fueron eliminados y los líquidos sobrenadantes recolectados con la ayuda de una varilla de agitación y transferidos a una probeta para el estudio respectivo.

El sobrenadante es precipitado - purificado con alcohol de 95°, en una proporción del 60% del volumen total de sobrenadante, se agitó en forma manual y se dejó en reposo por 15 minutos.

El coágulo obtenido se filtró con la utilización de un lienzo fino en forma manual, hasta lo máximo que se pueda y permitir el siguiente paso.

Se efectuó el secado en recipientes de papel aluminio, en una estufa a 40 °C x 17 horas, tiempo requerido para que la goma (polisacárido) alcance una humedad aproximada del 10%.

Una vez seco el polisacárido se pasó por un molino Culatti 5 DEN 48 para reducir el tamaño de partícula, seguidamente se pasó la muestra por un tamiz Resh de 25 mesh (0.7 mm de diámetro), para obtener un producto homogéneo.

Con los polisacáridos obtenidos, se realizó la determinación de rendimientos, para con estos valores efectuar el Análisis de Varianza respectivo, y obtener el mejor tratamiento con el que se determinó: pruebas físicas, pruebas químicas, pruebas funcionales y pruebas sensoriales.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Para caracterizar a la materia prima a emplearse se efectuaron los análisis respectivos en la harina del Tamarindus indica. Los datos de composición, se presentan en la Tabla 1. Se establece que los valores obtenidos son casi cercanos al endospermo de la semilla de tamarindo reportados por Montealegre, 1986; así: los valores de cenizas y carbohidratos(monosacáridos incluido la fibra) son ligeramente mayores al límite superior para el endospermo, algo parecido sucede con el valor de proteína, que se encuentra bajo el límite inferior. Sólo el porcentaje de grasa se encuentra dentro del rango establecido para dicho endospermo. El porcentaje de humedad es menor al citado bibliográficamente 11.4° 0.9% (Sila Battacharya y Colab., 1993). El porcentaje de proteína se encuentra dentro del rango citado en bibliografía que es de 15.4 a 22.7% del grano de tamarindo, según Rao y Srivastava, 1973.

## Discusión de la respuesta experimental

### Rendimiento

En la Tabla 2 se reporta el rendimiento en porcentaje de polisacárido extraído, que efectuando el Análisis de Varianza respectivo, existe diferencia significativa en los efectos producidos por los factores A, B y C (pH, temperatura y tiempo), así como también de las interacciones AB, AC y BC. a un  $\alpha = 0,05$

Analizando el factor A, los efectos producidos en los tratamientos de extracción a pH: 3.0 y 7.0 son casi parecidos, pero, se diferencian al producido a pH 5.0. Por lo tanto se escogerá el que presenta mayor promedio o sea a pH 5.0 (valor intermedio al dado por Rao, 1959 de 4.0 - 6.0, para extracción de pectina.)

Con respecto al factor B, el valor más alto de las medias de los tratamientos corresponde a la temperatura de 70°C.

Para el factor C, los efectos que producen los tiempos 5, 10 y 15 minutos de extracción del polisacárido son diferentes, por lo tanto se escoge el que presenta mayor media, es decir a un tiempo correspondiente a 15 minutos.

En la interacción AB, el tratamiento que presenta mayor rendimiento es a una temperatura de 70°C y pH 5.0.

En la interacción BC, las medias de comparación son diferentes y se escoge la que presenta mayor promedio que corresponde a una temperatura de 70°C y tiempo de 15 minutos.

En la interacción AC, los mejores efectos se tienen en los tratamientos en los que se combinan pH 3.0 y tiempo 15 minutos; y, pH 5.0 y tiempo 10 minutos, los valores son iguales, seguidos por el tratamiento a pH 5.0 por tiempo de 5 minutos. Sin embargo, se escoge al que presenta mayor media, es decir a pH 5 por 15 minutos, para fines de estudios respectivos.

### Pruebas en la goma (polisacárido) de la semilla de tamarindo.

Una vez establecido el mejor tratamiento  $a_2b_2c_3$  (Ver Gráfico 1.), para la obtención de la goma (polisacárido) de color blanco - crema, de la semilla de tamarindo se efectuaron análisis proximales, pruebas físicas, pruebas químicas (constitución en monosacáridos), pruebas funcionales y prueba sensorial.

### Análisis Proximales.

El análisis proximal del polisacárido de la semilla de tamarindo se presenta en la Tabla 3

El contenido de carbohidratos (monosacáridos), aumenta con respecto a la materia prima original, lo contrario ocurre con los valores de cenizas, grasa y proteína que disminuye luego de la extracción y purificación.

El valor de proteína es mayor al reportado por Savur y Sreenivasan, 1956 con 0.93%. Pero inferior al reportado por Rao y Srivastava, 1973, que tiene un valor del 14%.

Esta diferencia se debe tal vez al pretratamiento de la materia prima y al método de extracción - purificación del polisacárido que difieren según lo indica Rao y Srivastava, 1973.

### Pruebas Físicas.

#### Volumen Específico

El volumen específico medido en el mejor tratamiento de extracción del polisacárido de semilla de tamarindo, tiene un valor medio de 0,56 g/ml con una humedad del 10,14%. Bhattacharya y Mukherjee, 1992 reportan un valor de 0,76 - 0,77 g/ml cuando el grano es tostado con una humedad del 5,7%, incrementándose el valor cuando la semilla es íntegramente cruda a 0,82 - 0.84 g/ml con 12.8% de humedad.

#### Viscosidad y Peso molecular; y, Temperatura de Gelificación

La calidad del polisacárido de la semilla de tamarindo se aprecia aproximadamente midiendo la viscosidad de las soluciones acuosas.

La viscosidad se incrementa rápidamente con la concentración, no es afectada por el pH de la solución o por adición de sodio, calcio o sales de hierro. La adición de sucrosa, D-glucosa, jarabe de almidón y otros oligosacáridos, incrementan la viscosidad; así como el peróxido de hidrógeno decrece. (Rao y Srivastava, 1973).

Al graficar los datos, concentración de polisacárido vs  $(\mu_r - 1)/c$ , se obtiene por regresión lineal el valor del intercepto que corresponde al valor de la viscosidad intrínseca igual a 10.53 con un coeficiente de correlación de 0.86, El dato de viscosidad intrínseca al ser utilizado en la ecuación de Mark- Houwink y empleando las constantes para pectinas (por no disponer de constantes para el polisacárido), permite obtener el valor de peso molecular aproximado a 344726 g/ml. Según bibliografía indican que el promedio de los pesos moleculares hallados en el polisacárido de la semilla de tamarindo varía entre 52350 y 115000 basados en métodos de reducción de polisacáridos (Rao y Srivastava, 1973).

En cuanto a la temperatura de gelificación, a mayor temperatura menor viscosidad y viceversa de la solución al 1 % del polisacárido de la semilla de tamarindo. Se determinó con esta relación la temperatura de gelificación que constituye a 39°C, es decir, la temperatura a la cual hay un incremento repentino de la viscosidad.

**Pruebas Químicas**

**Constitución en monosacáridos**

Rao y colaboradores demostraron que el polisacárido de la semilla de tamarindo está compuesto de D - galactosa, 4 -xilosa y D - glucosa en un radio molar 1:2:3.

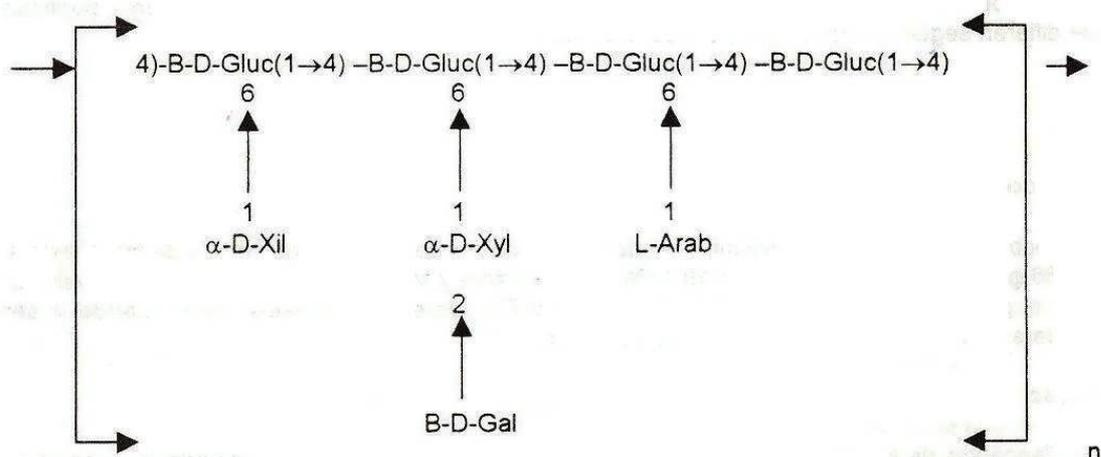
Experimentalmente en un Cromatógrafo Líquido de Alta Presión se pudo determinar la presencia de estos tres monosacáridos: glucosa - xilosa - galactosa. Además se inyectaron otros estándares de mono y disacáridos los mismos que no se encuentran en el polisacárido ,ya que no fueron detectados en el cromatograma entendiéndose que la hidrólisis ácida del polisacárido fue completa.

Al observar la Tabla 4, se aprecia que la glucosa tiene una mayor concentración en la muestra de polisacárido de semilla de tamarindo con 37.82%, xilosa 17.14% y galactosa 19.66%, dando un porcentaje total del 74.62%; con una humedad del 10,14%. La razón molar de glucosa - xilosa - galactosa es 2:1:1, obtenida en el análisis, son cercanos a los reportados por Link, citado por Rao, 1948. Esta diferencia puede deberse a los métodos utilizados en la degradación del polisacárido a monosacáridos, presencia de otros productos, estación, localidad y factores de edad.

Finalmente en un Cromatógrafo de Gases con detector de espectrometría de masas, luego de realizar una derivatización de la muestra de polisacárido, a base de componentes químicos que permiten mediante estas reacciones la formación de grupos sensibles a la volatilización (grupo éster), pudo ser detectada a más de glucosa, xilosa, galactosa la presencia de arabinosa, concordando así con Damoradan y Rangachari quienes manifiestan la presencia de ésta en el polisacárido en menor proporción.

La presencia de Arabinosa en la semilla de tamarindo ha sido objeto de controversia, por lo tanto sería motivo de confirmación.

Belitz y Grosch, 1988, citan la presencia de L-arabinosa en menor proporción a más de los componentes plenamente identificados (Ver fig.1).



**Fig.1** Estructura propuesta para el Polisacárido de semilla de tamarindo

## Pruebas Funcionales

### Absorción de Agua, Absorción de Aceite, Emulsificación y Gelificación.

La funcionalidad se ve conectada a la proteína, a las propiedades químico - físicas, posteriormente se han agregado los atributos sensoriales. Los valores correspondientes a los porcentajes de absorción de agua y absorción de aceite; emulsificación; gelificación del polisacárido de la semilla de tamarindo se encuentra en la Tabla 5,6 y 7. respectivamente.

En cuanto al porcentaje de absorción de agua, aceite y emulsificación no se cuenta con valores reportados para poder compararlos, razón por la que solo nos sujetamos al dato obtenido, es decir, en una dispersión del 1% (P/V), del polisacárido en agua, mantiene en emulsión un 41% en peso, de una mezcla con un volumen doble de aceite. Los valores de gelificación expresados en mm de penetración, .

Comparándole con la pectina a las mismas concentraciones el polisacárido resulta mejor, ya que los valores de mm de penetración son altos y por tanto no gelifican igual.

### Evaluación del análisis sensorial

Se reemplazó la pectina en una proporción del 0.3% por el polisacárido obtenido . Se trabajó con una escala hedónica de cinco alternativas y cinco características.

De acuerdo al Análisis de Varianza, se observa que hay diferencia significativa en la característica textura y en aceptabilidad puesto que su razón de varianza excede al estadístico de prueba F, para un nivel de significación  $\alpha=0.05$ , lo que no ocurre con las otras características o variables. Por lo tanto la sustitución de pectina por polisacárido es aconsejable en productos con pH ácido y la consistencia de la mermelada sea mayor (Formoso, 1975).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Con el objeto de aprovechar íntegramente los productos de desecho de las leguminosas a la que pertenece el tamarindo, se utilizó el endospermo de la semilla que posee excelentes propiedades gelificantes como sustituto de pectina.

Se encontró un método adecuado para la extracción del polisacárido de la semilla de tamarindo, mediante la precipitación con alcohol 95°C.

Al analizar los tratamientos en base a determinación de rendimientos de extracción del polisacárido influyen los factores pH, temperatura y tiempo, así como la interacción de los mismos.

El mejor pH obtenido luego del análisis de los resultados aplicando el diseño experimental fue un pH 5, a una temperatura de 70°C que son valores intermedios a los recomendados por Rao, 1954 y Belitz, 1988 para extracción de pectinas respectivamente, a un tiempo de 15 minutos, que corresponde al mejor tratamiento de extracción  $a_2b_2c_3$  con un rendimiento promedio alto de 43.83%.

En lo que respecta al volumen específico se obtuvo un valor de 0,56 g/ml, que se acerca al reportado por Battacharya y Murkherjee, 1992, con su respectiva variación del porcentaje de humedad.

En cuanto a viscosidad intrínseca se obtiene un valor de 10.53 con un peso molecular aproximado de 344.726 g/ml .

La temperatura de gelificación de la solución al 1% del polisacárido de la semilla de tamarindo es a 39°C.

Los monosacáridos presentes en el polisacárido de la semilla de tamarindo son: glucosa, xilosa y galactosa en una razón molar 2:1:1, que varían de los reportados por Rao, 1973 de 3:2:1; y, de (Pers) Link, de 3:1:1, variaciones que se deben tal vez a diversos métodos de degradación del polisacárido.

Al estudiar las propiedades funcionales del polisacárido no se encuentran datos bibliográficos de trabajos similares, ya que la funcionalidad se ve conectada a la proteína, razón por la que los porcentajes de absorción de agua y aceite se los comparó con los obtenidos para la soya por ser cercanos a los mismos. En cuanto al poder de emulsificación queda el 41% como masa emulsificada.

Los valores en mm de penetración para gelificación son muy bajos y por ende mayor es la resistencia del gel.

Con respecto a las características sensoriales analizadas, no existen diferencias entre los productos testigo y prueba, a excepción de la característica textura y aceptabilidad, razón por la que se deberá añadir mayor cantidad de polisacárido para obtener la consistencia requerida y evitar la presencia de arenosidad o partículas de polisacárido presentes en la mermelada respectivamente con lo que se obtendría un producto con las condiciones deseadas.

### Recomendaciones

Se recomienda para futuros estudios que la extracción del polisacárido se realice en tres etapas: con agua fría, con agua a temperatura ambiente, y con agua a ebullición, además probando la relación agua: harina de la semilla, ya que el polisacárido tiene tres fracciones de solubilidad.

Realizar un análisis minucioso en cuanto a la constitución en monosacáridos para comprobar la presencia de L-arabinosa ya que experimentalmente se determinó en Cromatografía de gas, lo que no se pudo detectar en Cromatografía Líquida de Alta Presión y así afirmar que el polisacárido de la semilla de tamarindo está constituido por L-arabinosa, glucosa, xilosa y galactosa.

Para la determinación de viscosidad y peso molecular se busque un método apropiado, ya que se adaptó un método para pectinas que son de cadenas lineales (homopolisacárido), y el polisacárido de semilla de tamarindo es de cadena ramificada (heteropolisacárido), además no se dispone de constantes para el reemplazo en la ecuación de Mark Houwink.

En cuanto al producto elaborado tipo mermelada, sería apropiado disolver el polisacárido en agua fría, debido a las tres fracciones de solubilidad que posee el polisacárido.

Su uso como espesante y estabilizante, está en discusión, debiéndose dar mayor aplicación de estudio, para el empleo en el amplio campo de alimentos.

### BIBLIOGRAFIA

BHATTACHARYA, S. Bal, R.K. Mukherjee., Some Physical and Engineering Properties of Tamarind (Tamarindus indica) Seed, Journal of Food Engineering, Vol. 18, No.1, 1993, pp. 78-89.

BELITZ, H.D., Química de los Alimentos, Ed. Acribia, España 1988, pp. 254-256.

CHAPLIN, M.F. KENNEDY, J.F., Carbohydrate Analysis, Printed in England by Information Printing, Oxford 1986, pp. 55-66.

CHEFTEL, J.C., CHEFTEL, H., BESACON P., Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos, Ed. Acribia, Zaragoza-España 1983, pp. 61-63.

GOLA, NEGRI, CAPPELLETTI, Tratado de Botánica, Ed. Labor S.A., pp. 940-941.

HART, F.L., FISHER H.J., Análisis Moderno de los Alimentos, Ed. Acribia, España 1971, pp.345.

LEON, J., Botánica de los Cultivos Tropicales, Ed. IICA, San José-Costa Rica 1987, p. 297.

MARANGONI, A. ALLI, I. AND KERMASHA, S., Composition and Properties of Seed of the Tree Legume Tamarindus indica, Journal of Food Science, Vol. 53, No.5, 1988, pp. 1452-1455.

ONUMA OKEZIE B. and BELLO, A.B., Physicochemical and Funtional Properties of Winged Bean Flour and Isolate Compared with Soy Isolate, J.Food Science, Vol. 53, No. 2, 1986, pp. 5-

PAREDES, M, Principios básicos de evaluación sensorial, Curso de procesamiento de lácteos y cárnicos, Proyecto UTA-MEC/BID PROMEET, Ambato 1995.

PEARSON,D., Técnicas de Laboratorio para el Análisis de alimentos, Ed. Acribia, Zaragoza-España 1976, pp. 257-258.

RAO, P. y SRIVASTAVA, H., Industrial gums polisaccharides and their derivates, New York-USA 1973, pp. 370-406.

RAO, P.S. SRIVASTAVA, H.C. In WHISTLER, R.L. BEMILLER, J.N., Polysaccharides and their derivates, 2da. ed., Academic press, New York-USA 1973, pp. 370-378.

ROMO, L. , Coloideofísica, coloideoquímica, fenómenos de superficie, Ed. Universitaria, Quito 1981.

VASCONEZ, C, Agentes de suspensión, UTA-FCIAL, Ambato 1995.

**TABLA 1: COMPOSICION DE LA MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCION DEL POLISACARIDO DE LA SEMILLA DE TAMARINDO ( En base seca)**

ANALISIS	R1	R2	X	BIBLIOGRAFÍA	
	%	%	%	*	**
Proteína	15.45	15.60	15.67	20.40	15.40-22.70
Grasa	6.69	6.09	6.39	8.10	
Cenizas	3.53	3.37	3.45	2.90	2.45-3.30
Fibra				2.80	0.70-8.20
Carbohidratos			<sup>a</sup> 74.49	65.80	65.10-72.20
Humedad	7.82	7.64	7.73	11.40	

• Sila Battacharya y colab., 1993.

\*\* Rao y Srivastava, 1973

<sup>a</sup> Incluido la fibra. Se obtiene por diferencia.

TABLA 2: VALORES DEL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCION DEL POLISACARIDO DE SEMILLA DE TAMARINDO EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS (h=10, 14%).

TRATAMIENTOS	R1 (%)	R2(%)	X
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	14,20	16,11	15,15
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	20,92	20,61	20,76
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub>	20,59	22,02	21,30
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	27,29	29,97	28,63
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	35,60	36,20	35,90
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub>	37,80	38,00	37,90
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	28,43	22,89	25,66
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	20,64	22,52	21,58
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub>	23,98	23,57	23,77
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	34,60	34,00	34,30
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	35,74	39,51	37,62
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub>	43,08	43,69	43,38
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	15,40	15,40	15,40
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	16,40	17,00	16,70
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub>	16,40	15,80	16,10
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	34,00	33,20	33,60
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	36,20	36,00	36,10
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub>	36,80	38,60	37,70

Malo y Moreno, 1995, experimentales

TABLA 3: COMPOSICION QUIMICA DEL POLISACARIDO DE SEMILLA DE TAMARINDO DEL MEJOR TRATAMIENTO (En base seca)

ANALISIS	R <sub>1</sub> (%)	R <sub>2</sub> (%)	X	Bibliografía *
Proteína	12,49	12,33	12,41	0,93
Grasa	3,00	3,03	3,02	
Cenizas	0,91	0,86	0,89	1,33
Humedad	10,17	10,11	10,14	5,63
Monosacáridos			83,04	97,74

Malo y Moreno, 1995, experimentales

\* Savur y Sreenivasan, 1956

TABLA 4: VALORES DE LOS MONOSACARIDOS PRESENTES EN EL POLISACARIDO HIDROLIZADO DEL MEJOR TRATAMIENTO DE EXTRACCION

MUESTRA	CONCENTRACION (%)	#MOLES	X <sub>i</sub>	RAZON MOLAR
Glucosa	37,82	0,2099	0,4846	2
Xilosa	17,14	0,1141	0,2634	1
Galactosa	19,66	0,1093	0,2519	1
TOTAL	74,62	0,4331		

Malo y Moreno, 1995, experimentales

TABLA 5: ABSORCION DE AGUA Y ACEITE DEL POLISACARIDO DE LA SEMILLA DEL TAMARINDO EN EL MEJOR TRATAMIENTO.

PROPIEDADES	PESO DE MUESTRA (g)	VOLUMEN AÑADIDO (ml)	% DE ABSORCION	Bibliografía *
ABSORCION DE AGUA:				
R <sub>1</sub>	0,5	4,0	319,36	
R <sub>2</sub>	0,5	4,0	339,32	
X'			329,34	410
ABSORCION DE ACEITE:				
R <sub>1</sub>	0,5	4,0	580,00	
R <sub>2</sub>	0,5	4,0	560,00	
X'			570,00	488

Malo y Moreno, 1995, experimentales

\* Onuma y Bello, 1988 (Para proteína de soya)

TABLA 6: PODER EMULSIFICANTE DEL POLISACARIDO DE LA SEMILLA DE TAMARINDO EN EL MEJOR TRATAMIENTO

	R1	R2	x
Cantidad Emulsificada (ml)	2,1	2,0	
% de Emulsificación	42,0	40,0	41,0

Malo y Moreno, 1995, experimentales

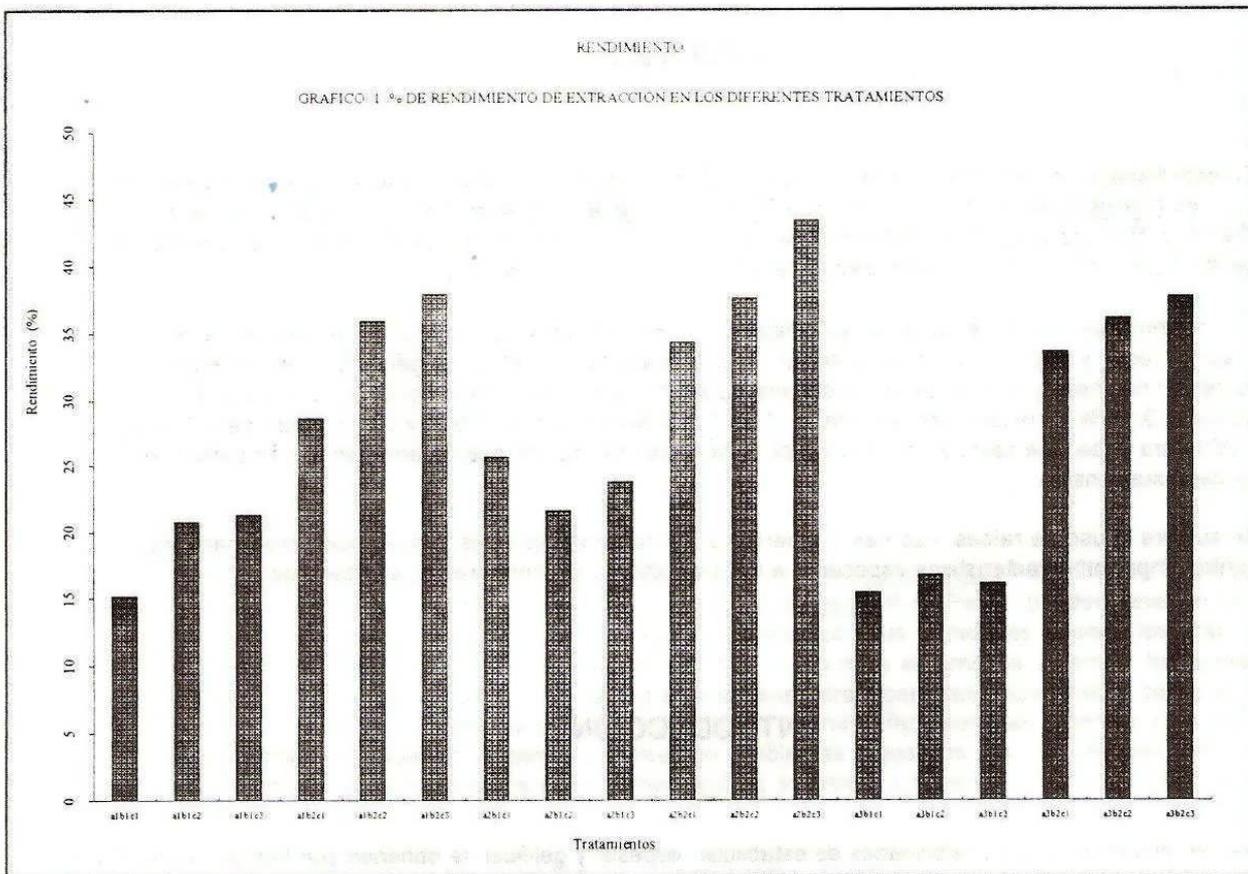
TABLA 7: VALORES DEL PODER GELIFICANTE DE POLISACARIDO DE SEMILLA DE TAMARINDO Y DE PECTINA EN mm DE PENETRACION.

TRATAMIENTO	CONCENTRACION (%)	R1 (mm)	R2 (m)	X (mm)
POLISACARIDO:	1.0	152.0	145.5	148.75
	1.5	114.5	130.0	122.25
*PECTINA:	1.0	204.0	248.0	226.00
	1.5	165.0	161.0	163.00

Malo y Moreno, 1995, experimentales

\* Datos experimentales

**GRAFICO 1: PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE EXTRACCION EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS**



## DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS REOLÓGICOS EN SUSPENSIONES DE RAÍCES Y TUBÉRCULOS

Fernando Ortega<sup>\*</sup>  
Juan de Dios Alvarado<sup>\*\*</sup>

### RESUMEN

En este trabajo, utilizando almidones de achira (*Canna edulis* Ker - Gawl.), papa (*Solanum tuberosum* L.), oca (*Oxalis tuberosa* Molina), mashua (*Tropaelum tuberosum* R et. Pav.), en suspensiones al 3 y 6% (5 y 10% para oca), se determinaron ( $p < 0,05$ ) los intervalos de gelatinización, la cinética de gelatinización a la *temperatura de gelatinización*, y los parámetros reológicos.

Se encontró que la temperatura de gelatinización es 64, 54, 55 y 62°C para los almidones de achira, mashua, oca y papa, respectivamente. En lo que respecta a cinética de gelatinización (obtenida por regresión no lineal, y a la temperatura de gelatinización), la constante de reacción es 0,018 y 0,006 para achira al 3 y 6% correspondientemente; 0,014 y 0,047 para mashua; 0,016 y 0,018 para oca y 0,029 y 0,069 para papa. Se calcularon además los parámetros reológicos que determinan el comportamiento de cada suspensión.

Se sugiere el uso de raíces, rizomas y tubérculos no tradicionales pues con un buen procesamiento y control imparten características especiales a los productos, y adicionalmente, son baratos.

### INTRODUCCIÓN

En general, en el comercio, las posibilidades de estabilizar, espesar y gelificar se obtienen con hidrocoloides. De entre ellos, el almidón es generalmente preferido, pero en su forma derivada. Como ejemplo, el sorbitol, se prepara a partir de la dextrosa obtenida por hidrólisis enzimática del almidón, esta es hidrogenada en presencia de un catalizador de níquel a fuerte presión. El mencionado poliol puede estar como polvo, producto puro o en solución con un tenor de materias secas del 70% (Lecallier, 1982). El sorbitol es un humectante y un estabilizador de humedad; limita pues, los intercambios de agua de los productos húmedos, dado que el agua es muy volátil en una atmósfera seca: por ejemplo en confitería y en galletería, donde los artículos deben conservar una humedad del 10%. La humedad relativa de la atmósfera con la que los intercambios de agua se hacen nulos varía con el concentración de materia seca.

Sin embargo, los alimentos a base de almidones, como sopas de crema y otros, pueden mantenerse a elevadas temperaturas por sostenidos períodos de tiempo sin que se deformen o desarrollen sabores objetables, de allí, que el uso del almidón en la alimentación es muy generalizado; así, se los emplea en la elaboración de sopas, salsas, postres, helados, harina lacteada, tortas, bebidas de varios tipos y otros, además los almidones son materia prima para la producción de derivados como la glucosa y fructosa, destinados a su vez para la confección de bombones, caramelos, bebidas gaseosas, entre muchos otros productos.

<sup>\*</sup> Egresado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

<sup>\*\*</sup> Ingeniero en Alimentos, MSc. Profesor de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

Por complementar, debe conocerse además (Radley, 1976), que las áreas en orden descendente donde el almidón es empleado en mayores proporciones son: la industria de adhesivos, industria de alimentos, industria textil y la industria del papel, además de las industrias del jabón, de lavandería, de cosméticos y farmacéutica, horticultura, de productos a prueba de fuego, de explosivos y combustibles, de construcciones, de películas plásticas, de baterías de células secas, y otras no clasificadas.

Generalmente, el empleo del almidón en las industrias involucra una transformación de este mediante agentes químicos y/o físicos, que le imparten características especiales, así: resistencia al agua, bajas razones de carga, poder de adhesión, deformabilidad, humedad relativa, elasticidad, flexibilidad, tensión, y otras. (Radley, 1976b). En adición, la química y físico - química de los almidones es de mucho interés para las industrias alimenticias, pues se constituye en excelente materia prima que puede usarse cuando se requiere un componente de relleno inerte, neutro y comestible; donde líquidos tales como sopas deben espesarse o donde se emplean geles, así, en polvos de flanes, y otros. (Radley, 1976). En reportes de resultados sensoriales (Radley, 1976), se indica que los almidones naturales tienen un menor efecto reprimiendo los sabores naturales del alimento, no así las gomas, que afectan grandemente; los almidones modificados tienen un efecto intermedio.

Los almidones puros cuando son agregados a los alimentos, tienen buena influencia sobre la textura y la consistencia, además de impartir en el producto las propias características del almidón que a menudo son deseadas: color, ausencia de impurezas y fibra, viscosidad, propiedades de gel (cuerpo) y el intervalo de temperaturas y amplitud de gelatinización durante el calentamiento en presencia de agua o en medio acuoso (Radley, 1976b). La estabilidad de los geles y pastas a la deformación mecánica y al almacenamiento, a bajas temperaturas o a temperatura ambiente, y a menudo, la opacidad de las pastas y geles, son los factores que influyen en el escogitamiento de los productores (Radley, 1976b). No siempre el sabor del almidón tiene gran importancia, pues este es fácilmente enmascarable en el producto final.

## JUSTIFICACIÓN

Las raíces, rizomas y tubérculos andinos no tradicionales como la achira (*Canna edulis* Ker - Gawl.), papa (*Solanum tuberosum* L.), oca (*Oxalis tuberosa* Molina), mashua (*Tropaelum tuberosum* R et. Pav.), pueden tener un futuro muy brillante tanto como cultivo alimenticio, cuanto como cultivo económico. Sus almidones poseen los gránulos más grandes (el de achira, por ejemplo, triplica al de papa en tamaño) y son ricos en amilosa. Además, los almidones de estos vegetales son claros y, cuando se cocinan se tornan lustrosos y transparentes, algo opacos como el de papa, maíz y el de arroz. El almidón de achira, en particular, cuando se cocina parece ser más digerible y de importantes características para infantes, inválidos, ancianos y gente con problemas digestivos. Estos inusuales almidones son posibles complementos de otros hoy usados en la alimentación e industria, y tienen el potencial para producirse en grandes cantidades.

Como las harinas (cereales y otros productos), y sus subproductos suelen alcanzar costes y precios elevados, en muchas partes del mundo se han buscado por fuerza o costumbre otras fuentes de uso e importancia semejantes; de entre ellas, las raíces y tubérculos prometen bastante y en algunos lugares son ya fundamentales en la dieta y a menudo en la industria, no obstante la relativamente poca investigación desarrollada en torno suyo. Se conoce que los cultivos de tubérculos y raíces son alta fuente de alimentación energética y no protéica; además, son de producción barata y generosa.

## OBJETIVOS

Los objetivos generales son: Establecer los parámetros que determinan el comportamiento reológico de las suspensiones gelificadas de los almidones presentes en algunas raíces no tradicionales y Determinar la estabilidad de las suspensiones sometidas a almacenamiento.

Los objetivos específicos son: Seguir los cambios de la viscosidad aparente en suspensiones a dos concentraciones de almidón de cuatro raíces y tubérculos durante su gelificación, Investigar la influencia que tiene el tiempo sobre la viscosidad aparente de las anotadas suspensiones y Determinar el comportamiento reológico que tienen estas suspensiones durante el almacenamiento mediante el análisis de la relación existente entre la viscosidad aparente y la velocidad de deformación.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

#### ACHIRA

**Generalidades:** La achira (*Canna edulis*) es una CANNACEAE; son hierbas perennes de 1,5 a 3 m de altura, pulverulentas (Montaldo, 1972.). Los gránulos de almidón de la achira son los más grandes que se conoce: 63,6 $\mu$ m (Morales 1969, mencionado por Bernal y Correa, 1990), lo que es dos y hasta tres veces el tamaño de los gránulos de papa; debido a ello, son particularmente translucientes.

**Usos:** La achira es una de las pocas raíces que puede consumirse en crudo, además, suele tratarse como a la papa, camote, yuca o papa china. Más a menudo es horneada, debido a que se torna trasluciente, mucilaginoso y dulce. Para el uso como almidón, los rizomas son pelados, secados y molidos. Además de los tubérculos, los brotes jóvenes pueden comerse como vegetales verdes. El volumen de cosecha varía de 23 ton/Ha a los 4 meses de plantación, hasta 85 ton/Ha al año de plantación.

**Nutrición:** Los rizomas frescos contienen cerca del 75% de humedad. La materia seca contiene del 75 al 80% de almidón, con cerca del 40% de amilosa, valor muy elevado respecto al normal para almidones (Tu y Tscheuschner, 1981, reportado por Montaldo, 1972; Morales 1969, mencionado por Bernal y Correa, 1990), de 6 a 14% de azúcar (glucosa y fructosa en su mayoría) y de 1 a 3% de proteína. El contenido de potasio es elevado, no así los de calcio y fósforo. Las hojas y brotes también son nutritivos, contienen al menos 10% de proteína.

#### MASHUA

**Generalidades:** La mashua (*Tropaeolum tuberosum*) es una TROPAEOLACEAE; es originaria de la Meseta Perú-Boliviana (Montaldo, 1972.). Anual, con tallos muy ramificados. Se cultiva en las laderas de los cerros, a grandes altitudes, es decir con clima fresco, 12 a 14°C, pero bajo condiciones de día corto. Produce tubérculos pequeños con yemas bastante profundas. Los tubérculos están listos para ser cosechados de 6 a 8 meses. Los tubérculos pueden almacenarse hasta 6 meses en frío (2°C), con buena ventilación, y protegidos de la luz fuerte. La mashua es muy cultivada. Siempre bajo condiciones no muy controladas. Se han reportado cultivos de entre 20 y 30 toneladas por hectárea. No obstante, en campos experimentales se reportan volúmenes de hasta 50 toneladas por hectárea (Cortes, 1982, mencionado por The National Research Council, 1989).

**Usos:** No ha sido un cultivo muy importante, quizás por el olor desagradable de sus tubérculos que no pueden comerse crudos. Es recomendable para enfermos del hígado y riñones y tiene propiedades antiafrodisíacas (The National Research Council, 1989). Debido a su sabor, la mashua suele hervirse con carne para formar un estofado. También se la consume horneada y frita con huevo y cebolla. En algunos casos, se la mezcla con melaza para producir un dulce.

**Nutrición:** El sabor irritante de los tubérculos hace que la mashua no pueda comerse en crudo. El sabor picante se debe a los isotiocianatos (aceites mostaza), que también son responsables del sabor picante de los rábanos, mostaza, y muchas crucíferas, que además es poco conocido. Sin embargo, hay muchas variedades de mashua blandas. Además de los tubérculos, las hojas jóvenes se comen como cualquier vegetal hervido y también las flores. La mashua es nutritiva; los sólidos comprenden cerca del 20 por ciento y las proteínas están alrededor de 16 por ciento de la materia seca. Sin embargo, el contenido de proteína es altamente variable. Se encontró una variedad que contenía de 14 a 16 por ciento de proteína (en peso seco).

La mashua, entre los aborígenes tiene varios usos medicinales. Se le considera un antiafrodisiaco. Ratas macho alimentadas con una dieta de mashua no mostraron disminución de la fertilidad, pero se notó una caída en sus niveles de testosterona y dehidrotestosterona (The National Research Council, 1989).

## OCA

**Generalidades:** La oca (*Oxalis tuberosa*) es una OXALIDACEAE; un cultivo importante en las tierras frías altas sobre 3000m de los Andes de Sudamérica (Montaldo, 1972). Es una hierba anual de tallos erguidos de 20-30cm y hojas carnosas. Produce tubérculos comestibles que son generalmente ovoides, blancos, amarillos o rojos, de tamaño pequeño. La parte subterránea de la oca es un rizoma - tallo engrosado corto- con hojas escamiformes, la mayoría de las veces prominente y en cuyas axilas u ojos se encuentra una sola yema. Son de forma y coloración variados. La cosecha se efectúa de seis a ocho meses. Los tratamientos que se dan al cultivo son bastante similares a los que se dan a la papa. La oca es autógama no obstante la heterostilia que caracteriza esta especie. Se obtiene producción de semilla sexual protegiendo las plantas de influencias adversas del medio. La viabilidad de la semilla, bajo condiciones de ambiente, en su área de cultivo, se mantiene hasta un año. La obtención de plantas de semilla requiere de los cuidados adecuados recomendados para los almárgos y semilleros.

**Usos:** Todas las variedades se comen cocidas, y las hay que se comen en crudo (heladas ó tayacha). Su sabor va desde el dulce al amargo. Las ocas amargas se usan en la preparación del chuño. En los Andes, los tubérculos se ponen al sol por unos pocos días, luego de los cuales se tornan dulces, pues la cantidad de glucosa casi se duplica. Muchas variedades son convertidas en productos secos, tras lo cual su sabor picante se pierde y se torna más delicado, pudiéndose almacenar incluso sin refrigeración. Por la gran cantidad de materia seca, los tubérculos tienen gran potencial para la extracción de almidón o alcohol.

**Nutrición:** Se anota que los tubérculos frescos poseen 1,1 - 1,9 % de proteína, las hojas tienen 1% de proteína y también son comestibles. Debe tomarse en cuenta que los tubérculos no pueden consumirse inmediatamente después de cosechados, pues contienen cristales de oxalato cálcico. Por ello se colocan varios días al sol, para que terminen de madurar y puedan comerse crudos y cocidos. Los tubérculos de oca muestran gran variabilidad en sus niveles de nutrición. Sin embargo, por muchas razones, son tanto o más nutritivos que la papa. Los niveles de proteína (que es de alta calidad) varían mucho; incluso hay una variedad que tiene más del 9 por ciento en base seca. (Montaldo, 1972.). El sabor "picante" de los tubérculos se debe a la gran cantidad de ácido oxálico, que puede llegar a 500 ppm; no obstante, hay variedades dulces cuyo contenido en oxálico es insignificante (79ppm).

## PAPA

**Generalidades:** La papa (*Solanum tuberosum*) es una SOLANACEAE; Es el tubérculo más conocido y cultivado a nivel mundial. Es una planta herbácea, anual; el tallo aéreo, es anguloso, erecto, de color verdoso y a veces puede tener coloración rojizo - violáceo (pigmentos antociánicos), el tallo es ramificado y pubescente. El tubérculo es un tallo subterráneo feculento muy semejante al aéreo. Los tubérculos son tallos modificados y se originan por el engrosamiento y acortamiento del tallo subterráneo (esto se comprueba por el hecho de que, con alta humedad ambiental, se desarrollan en las axilas de las hojas tubérculos aéreos semejantes a los subterráneos, que adquieren un color verdoso por la acción de la luz, y aparecen en ellos hojitas con yemas en posición axilar). Se une al estolón o tallo subterráneo mediante el cordón tuberífero. La masa feculenta puede ser amarilla o blanca, aunque hay cultivares rojos o violetas. Los tubérculos de masa amarilla o blanca son los más aceptados por su aspecto y mejor palatabilidad. El gránulo del almidón de papa es el segundo más grande conocido (después del de achira), promediando en 39,7% (Morales 1969, mencionado por Bernal y Correa, 1990).

**Usos:** Sus posibilidades de consumo son amplias, siendo utilizada como alimento para el hombre y los animales, como materia prima en la obtención de fécula, en la elaboración de gaseosas y dextrinas, en la obtención de etanol, butanol, acetona y etil propil, estos tres últimos muy apreciados para la perfumería y productos de belleza. Por fermentación, la fécula es transformada en glucosa, utilizada a su vez en confitería y la industria de endulzantes.

**Nutrición:** El valor nutritivo de la papa es elevado debido a su contenido en almidón y azúcares. Al consumir 200g de producto se cubre el 40% de vitamina C, el 20% de B<sub>1</sub> y el 5-10% de ácido nicotínico. El contenido de L-ascórbico depende más del cultivar que del tamaño o peso del tubérculo, la fertilización o el tipo de suelo. En los cultivares de cáscara rosada, los valores nutritivos no difieren notablemente de sus correspondientes de cáscara blanca (Zabala y Ojeda, 1988) El almidón de papa, al igual que el otros tubérculos, es rico también en amilosa.

## EL ALMIDÓN

**Generalidades:** El almidón, una gran estructura que forma hidrocoloides comestibles, es una mezcla polimérica de moléculas  $\alpha$ -D-glucopiranososa en configuración en su mayoría lineal (amilosa) y regularmente ramificada (amilopectina). El tercer componente que suele estar presente en algunos tipos de almidón, usualmente es llamado fracción intermedia (Hood, 1982). Adicionalmente, pequeñas cantidades de constituyentes no-carbohidratos (lípidos, fósforos y proteínas) presentes en el almidón nativo también contribuyen a su funcionalidad (Galliard y Bowler, reportados por Biliaderis, 1992). Las moléculas del almidón están organizadas en agregados macromoleculares *cuasi* cristalinos, denominados gránulos.

**Amilosa.-** Esta estructura, no muy bien definida, consta de 200-1000 unidades de glucopiranososa unidas mediante enlaces  $\alpha$ -(1Y4); tiene un peso molecular de entre 150000 y 1000000, dependiendo de su origen biológico. Hoy se reconoce que la amilosa posee elementos no lineales (Hood, 1982). Banks y Greenwood (1975), reportados por Hood (1982), concluyeron en base a ensayos enzimáticos, que la amilosa consiste de una mezcla de moléculas lineales, y moléculas con limitadas ramificaciones de cadenas semilargas que involucran enlaces  $\alpha$ -(1Y6). Las ramificaciones pueden ser en longitud, de muchos miles de residuos de glucosa, y ser multi ramificadas. La amilosa lixiviada de los gránulos a relativamente baja temperatura, tiene más bajo peso molecular y es esencialmente lineal.

**Amilopectina.-** Es una estructura ramificada que contiene 94-96% enlaces  $\alpha$ -(1Y4) y 4-6% enlaces  $\alpha$ -(1Y6). La longitud promedio de las cadenas 14-26 unidades de glucosa (Hood, 1982)(Robin *et al.*, 1974, reportado por Biliaderis, 1992). Se forma por 1500 ó más unidades del mismo tipo, teniendo un diámetro de 100-150Å y una longitud de 1200-400Å (French, 1982, reportado por Hood, 1982). El peso molecular de la amilopectina está en el orden de  $10^7$ - $10^8$ , no obstante, especificaciones precisas son muy difíciles de lograr.

Robin y col., (1974, 1975), reportados por Hood (1982), propusieron el modelo para la amilopectina, basados en la estructura de "racimo" expuesta por Nikuni (1969) y French (1972). En adición, para evitar confusiones en los modelos previos empleados, una convención basada en el grado de polimerización (DP) de cada subtipo de cadena puede ser más precisa que la sola designación con letras (A, B y C). En el modelo propuesto, se denotan 2 tipos de cadenas: A y B, las cuales son lineales y tienen un DP de 15 y 45 respectivamente. Las cadenas B forman el tronco principal de la molécula de amilopectina y se extienden por dos o más racimos. Cada racimo contiene de dos a cuatro cadenas A bien apretadas.

Los racimos asociados con las cadenas A, son los responsables primarios de las regiones cristalinas dentro del gránulo (Hood, 1982). Las áreas intercristalinas (amorfas) ocurren a intervalos de 50-70Å (Kassenbeck, 1978; Frech, 1982, reportados por Hood, 1982) (Robin *et al.*, 1974, reportado por Biliaderis, 1992), y contienen la mayoría de los enlaces  $\alpha$ -(1Y6) y son relativamente susceptibles de hidrólisis.

La amilopectina y las moléculas anexas de amilosa están arregladas a través de la superficie granular, dentro de una unidad de radialidad anisotrópica, semicristalina (entre 14 y 45% de cristalinidad)(Aguilera y Stanley, 1990). Por otro lado, el arreglo es tal que los gránulos son insolubles en el agua fría y algo resistentes a las enzimas hidrolíticas naturales, a menos que se rompan mecánicamente (Dawes, 1961; Aguilera y Stanley, 1990).

Recientes trabajos en estructuras de almidones tipo A y B (Imberty y Pérez, 1988; Imberty y col., 1988, reportados por Biliaderis, 1992), establecieron que la estructura tridimensional corresponde al empaque hexagonal paralelo levógiro, a las doble hélices libres formadas por pares de cadenas exteriores de DP igual a 15 (Kainuma y French, 1972, reportados por Hood, 1982). Esta estructura helicoidal altamente organizada contribuye a las propiedades cristalinas de los gránulos (French, 1982, reportado por Hood, 1982). Mencionan además, que las características estructurales derivadas de los datos de defracción de rayos-X (cuyo patrón está determinado primariamente por la amilopectina) en fibras artificiales son válidos para los polimorfos nativos. Sin embargo, la geometría de doble hélices es idéntica en las formas A y B, las dos estructuras difieren en el contenido de agua y en los arreglos cristalinos.

Dentro del gránulo, la amilosa puede localizarse entre las moléculas de amilopectina, y puede asociarse con las regiones lineales de esta. Tal arreglo contribuye al alto grado de ordenamiento en las regiones cristalinas de la amilopectina. La amilopectina se une a la amilosa por enlaces  $\alpha$ -(1Y6) en la relación 1:25, aproximadamente. Por otro lado, Robin y col., (1974, 1975), mencionados por Hood (1982), han sugerido que las regiones de amilopectina ricas en enlaces  $\alpha$ -(1Y6) son relativamente amorfas. El polímero *lineal* y las ramas más largas del polímero *no lineal* tienden a orientarse y asociarse con otros miembros *lineales*. Esta propiedad es característica de muchas moléculas filamentosas que contienen gran número de hidroxilos o de otros grupos que forman enlaces de hidrógeno a lo largo de la cadena.

En adición, la propiedad química más útil del almidón es la relativa facilidad con que su enlace polimérico es hidrolizado por los enzimas y ácidos (Dawes, 1961). Cuando ocurre hidratación, la región amorfa es la primera en sufrir cambios (French, 1982, reportado por Hood, 1982).

**Gránulo de almidón:** Cuando el gránulo de almidón intacto es examinado con microscopía de luz polarizada, la anisotropía radial se evidencia, pues aparece una cruz oscura (cruz de malta) y el estado semicristalino se hace aparente cuando se lo estudia bajo difracción de rayos-X (Aguilera y Stanley, 1990). En general, se exhibe un bien definido patrón de birrefringencia, lo que es un indicativo de la naturaleza altamente organizada del gránulo. Muchos gránulos poseen solo una cruz (Hood, 1982).

La forma y tamaño del gránulo no están bien correlacionados con el contenido de amilosa. El diámetro de los gránulos de almidón es variado, entre 3 y 20 $\mu$  para cereales, 10 y 100 $\mu$  para tubérculos y raíces y 50 $\mu$  para palma. Por difracción de rayos X se han medido algunos tipos de células unitarias de la red cristalina; por ejemplo para el maíz, las dimensiones de la célula elemental son:  $a=15,4\text{Å}$ ,  $b=8,87\text{Å}$ ,  $c=6,18\text{Å}$ .

Después de la completa dispersión en agua y tras una deshidratación, los componentes del almidón, separados o en mezcla, pueden solubilizar o no al dispersarse nuevamente. Así, la simple evaporación del agua de las mezclas naturales de polímeros del almidón, el enfriamiento o envejecimiento, permiten que las moléculas de almidón pueden reasociarse en segmentos cristalinos (retrogradación) muy extensos, los cuales dependen de factores tales como la longitud de la cadena, linealidad de la molécula, temperatura de enfriamiento, tiempo y concentración del almidón (Sterling, 1978, reportado por Aguilera y Stanley, 1990). La amilopectina recristalizada, parcialmente responsable del envejecimiento del pan, puede disgregarse de modo amorfo si es calentada en presencia de agua a 55-90°C.

De otro lado, la amilosa retrograda más fácilmente que la amilopectina, formando agregados insolubles si procede de suspensiones débiles y geles irreversibles si de suspensiones más concentradas. Las propiedades coloidales más importantes del almidón en dispersión o en solución acuosa son la transparencia, el color, la viscosidad, fluencia, resistencia del gel, potencia adhesiva y capacidad de formar película, sin contar las propiedades del polvo seco. En adición, la fase amorfa del almidón granular es también heterogénea, consiste de amilosa amorfa y regiones intercristalinas con ramificaciones densas de amilopectina. La implicación de tal morfología compleja es que las propiedades térmicas y el comportamiento de plastificación del almidón por el agua pueden variar a lo largo de la fase amorfa (Biliaderis, 1992).

Sterling, reportado por Radley (1976), menciona que los patrones de difracción de los geles secados a 70°C parecen ser relativamente menores que aquellos de geles secados a temperatura ambiente, y sugiere que la floja fuerza del gel a altas temperaturas resulta de la baja cristalinidad. Otros investigadores (Sterling, 1960; Katz y col., 1933; Bear y col. 1941; mencionados por Radley, 1976) reportan que los patrones de rayos X de geles de almidón mantenidos y secados a elevadas temperaturas indican una estructura cristalina, el tipo A aparece a temperaturas por sobre 50°C y el tipo B para pastas a 20°C. La fuerza de gel en geles de almidón de maíz mantenidos a 5°C y elevados a 25°C, se aproxima a la de los geles mantenidos a la mayor temperatura (Teegarden, 1961, mencionado por Radley, 1976). Los almidones purificados, con su estructura ramificada de amilopectina, previenen la formación de geles a bajas concentraciones, pero forman pastas a concentraciones cercanas al 30%, en el caso de maíz (Schoch y col., 1955, mencionados por Radley, 1976).

**Hinchamiento del Almidón:** Los gránulos de almidón en su forma nativa contienen gran cantidad de agua (aproximadamente 10-12%), misma que es muy importante respecto a las propiedades físicas y el modo de reacción del gránulo. Del agua ligada, cerca de 70% es accesible como solvente de la D-Glucosa (Brown y French, 1977, reportados por Biliaderis, 1992). Los gránulos de almidón dispersos en exceso de agua fría exhiben un limitado grado de hinchamiento reversible, en una reacción endotérmica (Katz y Derksen, 1932; Schierbaum y otros, 1962, reportados por Biliaderis, 1992).

**Gelatinización del Almidón:** El hinchamiento irreversible de los gránulos ocurre si en el calentamiento la temperatura aproximada excede un valor típico para cada especie de planta (entre 65 y 80°C), la estructura semicristalina es destruida por gelatinización; que microestructuralmente, es el desdoblamiento de la red en los gránulos, por lo que los polímeros lineales más cortos se difunden al medio acuoso, incrementando su viscosidad (Aguilera y Stanley, 1990). Si el agua es reducida o se agrega soluto, la temperatura de gelatinización se incrementa.

Acotando, debido a que el almidón puede considerarse un polímero esferoide, la gelatinización puede ser vista como un proceso de fusión y corresponde a la transición de primer orden (Aguilera y Stanley, 1990). En otras palabras, la gelatinización puede caracterizarse por dos fenómenos correlacionados estrechamente: la transición vítrea del componente amorfo y la fusión del componente cristalino.

La transición vítrea, la cual se caracteriza por una temperatura de transición ( $T_g$ ) y corresponde a un incremento de la capacidad calórica del sistema, puede detectarse como un ligero aumento de la línea de base DSC (Calorimetría Diferencial de Barrido) con altos niveles de humedad. Esta transición puede notarse, a bajos niveles de humedad, como un notorio incremento de la línea base (durante 5-10°C), el cual simula un pico endotérmico (correspondiente al primer pico endotérmico observado, de acuerdo a muchos autores)(Zazoni y col., 1995). El "derretimiento" o fusión del componente cristalino, la cual ocurre a  $T_f$  ( $T_f > T_g$ ), se evidencia por un pico endotérmico real. Éste, corresponde al único pico del trazado DSC a altos niveles de humedad, mientras que, a bajos niveles de humedad, el pico ocurre sobre  $T_g$  y aparece como un segundo pico endotérmico en la mencionada curva (correspondiente al segundo pico endotérmico, según muchos autores)(Zazoni y col., 1995).

Cada gránulo de almidón se hincha de modo diferente, reflejando muchas diferencias en la organización molecular dentro del gránulo. Al gelatinizar, el gránulo pierde la birrefringencia y origina una pasta, un gel o un sol, según el origen y la concentración del almidón. En general, los gránulos pequeños gelatinizan más lentamente y a mayores temperaturas que los grandes. Por ejemplo, el almidón de maíz gelatiniza y se hincha bastante dentro del intervalo de temperaturas de 62-72°C, pero se hincha algo lentamente a temperaturas mayores. En contraste, el almidón de papa gelatiniza a temperaturas inferiores y se hincha muy rápidamente. El almidón de papa tiene una débil organización interna; se hincha libre y grandemente en exceso de agua. En contraste, el almidón de maíz exhibe una relajación inicial de los gránulos inmediatamente sobre el rango de gelatinización, y una segunda relajación e hinchamiento persisten hasta que se alcanzan los 90-95°C (Kokini, *et al.*, 1992). No obstante, el intervalo de gelatinización es función del pH.

**Cinética de Gelatinización:** De acuerdo a muchos autores, la gelatinización del almidón en sistemas agua/almidón (Lund, 1984, reportado por Zazoni y col., 1995) sigue la cinética de primer orden:

$$(1 - \alpha) = e^{-kt}$$

donde  $\alpha$  es la fracción de almidón gelatinizada.  $k$  es la constante de la velocidad de reacción, y  $t$  es el tiempo.

Por otro lado, de acuerdo a Lund y Wirakartakusumah (1984), reportados por Zazoni y col. (1995), quienes estudiaron la cinética de gelatinización en almidón de arroz utilizando DSC, la gelatinización sigue la cinética de primer orden solo dentro de un cierto grado de gelatinización. Durante la fase inicial de calentamiento, ligeramente por sobre 65°C, la gelatinización puede solo afectar las regiones amorfas y podría no seguir una cinética de primer orden. Durante la subsecuente fase del proceso, las regiones cristalinas, desestabilizadas por el componente amorfo, se "fundan" según una cinética de primer orden.

## FUNDAMENTOS DE REOLOGÍA

**Generalidades.**- La Reología está definida por varios autores como "el estudio de los cambios en forma y flujo de la materia, abarcando elasticidad, viscosidad, y plasticidad".

La viscosidad es la medida de la fricción interna de un fluido, causada por atracción molecular, la cual resiste la tendencia al flujo. Esta fricción se vuelve aparente cuando una capa es obligada a moverse respecto a otra capa. Mientras mayor es la fricción, mayor es la cantidad de fuerza requerida para causar ese movimiento, la cual es denominada "corte" ó "cizalla". El corte ocurre siempre y cuando el fluido sea físicamente movido o distribuido, como en el vertido, aspersión, rociado, mezclado, etc. Los fluidos de alta viscosidad, además, necesitan más fuerza para moverse que los materiales de baja viscosidad.

De acuerdo al modelo de Newton, respecto a la viscosidad, se consideran dos planos paralelos de fluido cuya área ( $A$ ) es igual. Los planos están separados por una distancia ( $dx$ ), y se mueven en la misma dirección, a velocidades distintas ( $V_1$ ) y ( $V_2$ ). Newton asumió que la fuerza requerida para mantener esta diferencia de velocidades es proporcional a la diferencia de velocidades a través del líquido, o gradiente de velocidad; expresado de otro modo:

$$F/A = \mu(\partial v/\partial x)$$

donde  $\mu$  es una constante para cada material y se denomina "viscosidad".

El gradiente de velocidad,  $\partial v/\partial x$ , es una medida de la velocidad a la cual las capas intermedias se mueven respecto a las otras. Esta describe la deformación del líquido y se le llama "velocidad de deformación en cizalla" o abreviadamente "velocidad de cizalla" o "razón de deformación" ( $\dot{\gamma}$ ) cuyas unidades de medida se denominan "segundos recíprocos" ( $s^{-1}$ ).

El término F/A indica la fuerza por unidad de área que es necesaria para producir la deformación. Es referida como "esfuerzo de cizalla" o "esfuerzo cortante", ( $\tau$ ) siendo sus unidades "newtons por metro cuadrado" ( $N \cdot m^{-2}$ ).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### EQUIPOS

- Reómetro Digital Brookfield modelo DV-III equipado con rotores universales para cilindros concéntricos de abertura ancha. Sistema auxiliado con paquete Rheocalc Versión 1,2.
- Ordenador personal IBM-XT con tarjeta y monitor CGA, y puerto serial RS232 (especificaciones mínimas requeridas por el Reómetro).
- Baño termostático Brookfield TC-500
- Balanza Analítica.
- Refrigerador.

### MATERIALES

- Material de vidrio para la preparación y monitoreo de las suspensiones.
- Cocineta y accesorios para el calentamiento de las suspensiones.
- Espátulas.
- Benzoato potásico (bacteriostático).
- Materiales varios para la ayuda en las distintas labores y procedimientos.

### PREPARACIÓN DE LAS SUSPENSIONES.

Para cada ensayo y producto, se preparan en agua destilada 500ml de suspensión del almidón al 5 y 10% (p/V), o según el origen del almidón, se trabajó con los niveles de concentración 3 y 6% (p/V); operando con vasos de precipitación de 600ml (tipo cilindro largo).

### Intervalo de Gelatinización

Debido a que los intervalos de gelatinización de los almidones estudiados empiezan a temperaturas relativamente bajas respecto del punto de ebullición del agua, se utilizó agua refrigerada en la preparación de las suspensiones, de modo que la temperatura de partida (en la muestra) en cada corrida no supere los 30°C.

### Cinética de Gelatinización

Para esta etapa, el agua de suspensión debe ser calentada hasta la "temperatura de gelatinización" que se determinó en la fase anterior, de manera que al iniciar las corridas los datos leídos correspondan al fenómeno de gelatinización, no antes, y peor después.

### Estabilidad de la Suspensión

La suspensión se prepara como para cinética, pero se lleva toda ella a ebullición para conseguir que el almidón total gelatinice. Luego de que la suspensión hierva por lo menos diez minutos, se agrega 0,2% de benzoato potásico para evitar el crecimiento microbiano y la consecuente destrucción de la muestra. Esta es enfriada luego hasta 25°C para las lecturas.

## CORRIDAS EXPERIMENTALES.

Se desarrollan luego de la preparación de las muestras, y son distintas, según la característica estudiada, así:

### Intervalo de Gelatinización

Se calienta el baño hasta 80°C. La muestra refrigerada es entonces introducida en el agua caliente; luego del **rápido encendido** del equipo (de acuerdo al procedimiento detallado en los manuales provistos con el reómetro), se inicia la corrida, operando con el rotor y la velocidad de rotación que permitan mayor sensibilidad en el aparato. El rotor más adecuado para la primera concentración es el LV1 trabajando a mínimo 200rpm y el LV4 (cuando la concentración es 6%, puede recurrirse al uso del rotor LV3), a mínimo 150rpm para la segunda concentración.

A medida que la muestra se calienta desde los 20°C hasta aproximadamente 80°C, se van registrando los valores de viscosidad aparente. El intervalo de gelatinización corresponde o se registra en donde la curva modifica su pendiente. Tras una espera prudente (para registrar cualquier otro fenómeno residual), se termina el ensayo. El procedimiento se repite para cada una de las muestras y productos ensayados.

### Cinética de Gelatinización.

Una vez preparada la suspensión, a la *temperatura de gelatinización* constante, y encendido el equipo, se corre el ensayo con el mismo rotor usado para la etapa anterior y a una velocidad constante. De este modo se registran con la mayor sensibilidad posible los cambios que sufre el almidón al inicio y durante su gelatinización.

El ensayo termina cuando se presenta en la curva de datos una tendencia asintótica, el procedimiento es el mismo en todos los casos.

### Estabilidad de la Suspensión.

Cuando se ha preparado la suspensión, se corren los ensayos a temperatura constante (25°C) y con los rotores y velocidades que permitan la mayor cantidad de puntos para el cálculo de los parámetros reológicos. Las determinaciones se repiten, sobre la misma muestra, luego de transcurridos 1, 3 y 5 días, para cuantificar el efecto del tiempo de almacenamiento sobre las características del almidón.

### Cinética de la Gelatinización, Modelo

Las cinéticas de gelatinización de almidones han sido investigadas por varios autores (Pravisan y col., 1995; Chedid, 1989, mencionado por Kokini y col., 1992; Verlinden y col., 1995; Zazoni y col., 1995; Lund, 1984, reportado por Zazoni y col., 1995), los cuales confirman que la reacción *general* se muestra como de primer orden:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = -k M$$

donde, M es la fracción de almidón no gelatinizado [adimensional], y k es la constante de reacción de pseudo - primer orden [s<sup>-1</sup>].

Los cambios de viscosidad durante la cocción (que involucran directamente cambios de textura; anotados por Verlinden y col., 1995), pueden también ser descritos usando un modelo de primer orden *modificado* en el presente trabajo, a partir del presentado por Harada y col. (1985), Kozempel (1988), Verlinden y col. (1992), todos mencionados por Verlinden y col. (1995), y Harper y col. (1978).

Si se signa como M<sub>c</sub> a la fracción de almidón en cualquier momento, se tendrá la ecuación:

$$\frac{\partial M_c}{\partial t} = -k M_c$$

integrándola respecto a cualquier tiempo t:

$$M_c = M_c^0 e^{-kt}$$

donde  $M_c^0$  es la concentración inicial de almidón. La constante  $k$  describe la velocidad o tasa de cambio de la reacción.

Además, la temperatura puede asumirse constante e igual a la temperatura de cocción en estos experimentos, por ello, las  $k$  serán constantes para una cierta temperatura.

Por otro lado, considerando el efecto del grado de polimerización ( $DP_n$ ), reportado para polímeros (Harper y col., 1978; Williams, 1971, mencionado por Harper y col., 1978), y que podría estimarse de la ecuación anterior:

$$DP_n = (M_c^0 - M_c) / P_c = M_c^0 / P_c (1 - e^{-kt})$$

donde  $P_c$  representa a la especie polimérica que está transformándose. En adición, la correlación entre la viscosidad de la suspensión de un polímero y el peso molecular del polímero está dada por una ley potencial (Graessley, 1974, mencionado por Harper y col., 1978):

$$\mu = K P M_p^n = K (P M_m D P_m)^n$$

donde los subíndices  $p$  y  $m$  en el peso molecular y el grado de polimerización, signan las especies poliméricas y monoméricas, respectivamente. En este caso,  $K$  es una constante de proporcionalidad [mPa mol/g].

Reemplazando la viscosidad verdadera por la viscosidad aparente, y tomando a  $n$  como la unidad, se obtiene una ecuación que describe la reología del sistema.

$$\mu_a = (k P_m M_c^0) / P_c (1 - e^{-kt})$$

Se introduce el término Índice de Viscosidad Asintótica,  $A$  [mPa], el cual además, es el encargado de corregir la curvatura de la función:

$$\mu_a = A(1 - e^{-kt})$$

La función anterior se ajusta a los datos de viscosidad aparente y tiempo mediante el método de regresión no lineal desarrollado por Marquardt (1963) (mencionado por Harper y col., 1978; Verlinden y col., 1995).

### Parámetros Reológicos, Cálculo

Para calcular los parámetros reológicos cuando se trabaja con geometrías infinitas (cilindros simples o cilindros concéntricos de abertura ancha), es posible emplear un método indirecto propuesto por Heldman y Singh (1981) y utilizado por Alvarado (1994). El método permite determinar: el índice de comportamiento al flujo ( $n$ ) y el coeficiente de consistencia ( $K$ ), a partir de la pendiente y la ordenada en el origen de la ecuación de recta:

$$\log \mu_a = [n \log(1/n) + \log K] + (n - 1) \log(4\pi N)$$

Una ecuación más simple, válida para fluidos pseudoplásticos (Zuritz, 1995) es:

$$\log \mu_a = \log K + (n - 1) \log(4\pi N)$$

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### Intervalo de Gelatinización.

Cuando una solución acuosa de almidón se calienta, sus gránulos se hinchan y producen una suspensión viscosa, más o menos estable al calentamiento, y que al enfriarse puede o no producir geles de diferente grado de firmeza y estabilidad.

Las suspensiones previa la gelatinización son bastante opacas debido a que los gránulos no están bien distribuidos en el medio, y todavía presentan sus características nativas. Tras el rompimiento y gelatinización, las suspensiones formadas son cristalinas (cuando el almidón empleado está limpio) o máximo tienen un tono grisáceo

Lo anterior, podría explicarse porque a las concentraciones de los geles de almidón encontradas en alimentos, se forman tres redes dimensionales en el gel y sus moléculas, parcialmente por agregación y parcialmente por cristalización (retrogradación). Esto conlleva a un incremento en la opacidad del sistema y, debido a que los almidones varían en su capacidad de retrogradación, algunos de ellos dan geles más transparentes o traslucidos que otros, ya sea en el enfriamiento o almacenamiento (Radley, 1976a). Además, en el calentamiento de las suspensiones de almidón, la opacidad cae al mínimo valor al finalizar la gelatinización (Samec, 1912, mencionado por Radley, 1976a), bajando rápidamente al inicio de la gelatinización y lentamente en su desarrollo, hasta el final. El mínimo valor que corresponde, no se ve afectado por períodos largos de tiempo o temperaturas altas relativamente constantes, necesarios para finalizar la gelatinización. El calentamiento hasta el punto de claridad óptima es, sin embargo, insuficiente para desarrollar completamente la fuerza de gel, debido a que los gránulos aun permanecen poco dispersos, dando partículas discretamente gelificadas, las cuales no están completamente hinchadas. Por ensayos adicionales, desde el punto de vista de claridad, se nota que los almidones de raíz o tubérculos, son superiores a los almidones de cereales.

#### **Achira**

Los geles de almidón de achira son claros, brillantes, poco fluidos, firmes y ligeramente cohesivos a las concentraciones ensayadas, siendo más pronunciadas las características en la mayor de ellas. Además, estos geles son fuertes (inclusive a bajas concentraciones) pues no se destruyen fácilmente, y muy estables tras calentamiento a altas temperaturas. Todo esto debido probablemente al elevado contenido de amilosa (fracciones virtualmente lineales). El intervalo de gelatinización del almidón de achira está entre 50 y 75°C, con un máximo aproximado entre 64 y 66°C, de modo que se asume el promedio de 64°C como temperatura de gelatinización. Estos valores son similares a los reportados en otros trabajos (Morales 1969, mencionado por Bernal y Correa, 1990; Montaldo, 1972; Pérez y Pacheco, 1989).

#### **Mashua**

Se nota una ligera diferencia en el final del intervalo de gelatinización. La gelatinización en la concentración más baja (3%), se da entre los 50 y 57°C con una inflexión entre 53 y 55°C, mientras que en la concentración de 6%, este intervalo va desde 49 hasta 59°C con una inflexión entre 52 y 56°C. Se estima que la temperatura de gelatinización es 54°C (valor promedio).

#### **Oca**

El intervalo de gelatinización de entre 43 y 59°C, con una inflexión de 54-58°C. Este comportamiento varía un poco para la concentración de 10%, donde el intervalo es 40-58°C con una inflexión entre 51 y 56°C. Se asume promediando que la temperatura de gelatinización de este almidón es 55°C.

#### **Papa**

El almidón de papa da geles suaves y algo fluidos al trabajar con las concentraciones previstas. Los geles de papa son deformes, transparentes (probablemente debido al tamaño del gránulo) y de fácil destrucción (poca firmeza), además son poco estables a elevadas temperaturas, no obstante el relativo alto contenido de amilosa.

Las temperaturas iniciales de gelatinización son muy bajas, para la concentración 3%, el intervalo es 40-58°C con una inflexión entre 43 y 50°C. Por otro lado, la concentración 6% presenta el intervalo 36-58°C con una inflexión entre 39 y 48°C. En adición, en este almidón particularmente, se verifica un máximo en la curva de viscosidad, lo que caracterizaría a la gelatinización global; después, se da un posterior descenso de la misma, a los 62°C (curva de 3%) y 64°C (curva de 6%). El promedio general de la temperatura de gelatinización es 62°C, pues no hay diferencia significativa en los niveles de concentración ( $p < 0,05$ ).

A ese respecto, Verlinden y col. (1995) establecen por DSC que la temperatura de gelatinización del almidón de papa es 67,5°C. Por otro lado, Morales (1969), mencionado por Bernal y Correa (1990), reporta que la temperatura de gelatinización del almidón de papa es aproximadamente 55°C. Las diferencias obviamente se deben a la distinta sensibilidad de los métodos.

**Cinética de Gelatinización**

Se estimaron la constante de velocidad,  $k_1$ , y el índice de viscosidad asintótica,  $A$ . Ambas constantes se especificaron como mayores a cero para el análisis de Marquardt. En las Figuras 6-9 se representan los datos crudos con marcadores, y la línea de regresión Marquardt mediante una línea. Se nota, en cada caso, que los valores de  $k_1$  y  $A$  aumentan junto con la concentración de la suspensión. Esto es más visible en el almidón de achira, en donde probablemente el gran tamaño del gránulo, el elevado contenido de amilosa y sus demás características tienen mucho que ver. A continuación y en orden descendente están los almidones de oca, mashua y papa. El siguiente cuadro es un resumen de los parámetros de cinética:

Almidón	Concentración (%)	A	K	R <sup>2</sup>
Achira	3	13.338	0.018	0.913
	6	45.202	0.006	0.972
Mashua	3	3.166	0.014	0.994
	6	13.595	0.047	0.921
Oca	5	12.710	0.016	0.950
	10	20.455	0.018	0.952
Papa	3	4.319	0.029	0.952
	6	4.862	0.069	0.972

**Cinética de Pérdida de Consistencia**

En general, la masa recién gelatinizada presenta una textura gomosa, uniforme, que mantiene unido al producto (efecto Weissenberg, mencionado por Steffe, 1992) y persiste por algún tiempo (aproximadamente 30min). Luego a medida que se enfría, la suspensión pierde esta cualidad y se compacta. Por esta razón el coeficiente de consistencia se ve aumentado grandemente a partir de esta etapa. Adicionalmente, se inicia en algo, el fenómeno de sinéresis. Ya completamente fría (a la temperatura ambiente) y transcurrido el tercer día, la masa que es ya bastante dura, pierde más cohesión al ser cortada, se separa completamente. Hay adicionalmente liberación de pequeñas miscelas. La agitación y rompimiento de la masa así estructurada termina en la formación de una estructura grumosa, nada uniforme. En pruebas adicionales realizadas hasta el séptimo día se nota una pérdida global de consistencia; la masa se torna prácticamente fluida, esto influenciado además por la cantidad de veces que fue cortada; los valores registrados son a menudo inferiores a los del producto inicial (fenómeno registrado en fluidos tixotrópicos)(Lacroix, 1995). Por otro lado, se conoce que la retrogradación es reponsable del encogimiento y sinéresis de los geles de almidón cuando se mantienen por largos períodos de tiempo, más aun si estos alimentos presentan características tixotrópicas (Romo y Peña, 1987). Así mismo, la retrogradación fomenta la formación de una "piel" en la superficie de la pasta de almidón cuando se enfría; esta se engrosa con el tiempo y no desaparece con calentamiento o mezclado.

Los índices de comportamiento al flujo, siempre caracterizando a un fluido pseudoplástico, en todo caso mantienen su tendencia a disminuir con el tiempo, en un fenómeno relativamente *inverso* al del coeficiente de consistencia. Se nota en todos los casos que sobre ambos parámetros tiene mucha influencia tanto el tiempo de almacenamiento, cuanto la concentración de la suspensión ensayada. No obstante, en achira y mashua importa de modo marcado la concentración, más que el tiempo de almacenamiento; esto sugiere que los dos almidones pueden durar más tiempo en el mercado, controlando tan solo (o en mayor grado) la concentración. En trabajos posteriores y con más énfasis en vida útil, debería evaluarse el aparente hecho de que mientras se incrementa el nivel de concentración de una suspensión de almidón, más alto es su periodo de duración. Por otro lado, en un producto alimenticio, se podría además monitorear mejor otras condiciones tales como la temperatura, el agregado de aditivos preservantes o/y otros espesantes menos lábiles (goma xanthan, agar, etc.).

### Achira

Luego de un día de preparación, el valor del coeficiente se incrementa ligeramente. Es en el tercer día cuando se registra un máximo, duplicando la magnitud inicial. Para el quinto día, el coeficiente de consistencia empieza a descender. Más comúnmente, al día de preparada la suspensión, el coeficiente de consistencia se duplica, de allí, hasta el quinto día ese valor decrece a casi el estado inicial.

En lo que respecta al índice de comportamiento al flujo, se muestra la tendencia descendente que se evidencia al principio, luego hay una relativa estabilización de los valores, hasta el final, en la concentración 3%, y un ascenso en el quinto día, para la concentración 6%. Lo último se pronuncia en este tipo de almidón, fenómeno que talvés se deba al gran contenido de amilosa que a su vez contribuiría de alguna manera a preservar o atenuar el cambio en la cohesión de la suspensión.

Como se mencionó, la concentración de la suspensión es el efecto principal que más influye sobre el índice de comportamiento al flujo y sobre el coeficiente de consistencia ( $p < 0,05$ ). Sobre  $n$ , los niveles que más descenso ocasionan son 6% en concentración y 3-5 días en tiempo. Sobre  $K$ , ocurre el fenómeno inverso, el nivel que más influye en su descenso es 3% en concentración y 3 a 5 días en tiempo.

### Mashua

El coeficiente de consistencia del almidón de mashua al 3% se incrementa ligeramente a partir de su preparación. El índice de comportamiento al flujo (Figura 20) presenta la tendencia general de curva descendente en función del tiempo. En la suspensión de concentración 6%, el coeficiente disminuye bruscamente hasta el primer día, después, hay un ligero ascenso hacia el tercer día, y finalmente una caída hacia el quinto. El índice de comportamiento crece hasta el primer día, a continuación tiende a estabilizarse hasta el día final. Lo peculiar es que luego del primer día, en ambas concentraciones, el cambio de consistencia no es muy importante respecto de cambio inicial. Al igual que en el caso anterior, la concentración de la suspensión es el efecto principal que más influye sobre el índice de comportamiento al flujo y sobre el coeficiente de consistencia ( $p < 0,05$ ). A diferencia de los demás almidones, en este caso, los niveles que registraron más bajo  $n$  fueron 3% en concentración y 3-4-2 días en tiempo. Sobre  $K$ , ocurre el fenómeno inverso (común en todos los casos), el nivel que más influye en su descenso es 3% en concentración y 5 días en tiempo.

### Oca

El coeficiente de consistencia aumenta (casi al cuádruple) durante el primer y tercer día y finalmente desciende hasta cerca del valor inicial, por el día cinco. Esto en ambas concentraciones, de 5 y 10%. Hay un descenso de los índice de comportamiento a medida que pasa el tiempo (como ya se explicó). La concentración de la suspensión, en este almidón, también es el efecto principal que más influye sobre los dos parámetros reológicos ( $p < 0,05$ ). Sobre  $n$ , los niveles que más descenso ocasionan son 6% (aunque no hay diferencia significativa con 3%) en concentración y 5 días en tiempo.

Sobre  $K$ , de modo inverso, el que más influye en su descenso es 3% en concentración y 5 días en tiempo.

### Papa

El índice de comportamiento al flujo se modifica mayormente desde la preparación de la suspensión hasta el primer día, después hay una cierta estabilización hacia el tercer día y un ligero aumento al finalizar, con el quinto día. Como en los otros casos, la concentración de la suspensión es el efecto que más influye sobre el índice de comportamiento al flujo y sobre el coeficiente de consistencia ( $p < 0,05$ ). Sobre  $n$ , los niveles que más descenso ocasionan son 6% en concentración y 3-2 días (sin diferencia significativa) en tiempo. El nivel que más influye en el descenso de  $K$ , es 3% en concentración y 5 días en tiempo.

## CONCLUSIONES

En los almidones estudiados, se comprueba el comportamiento pseudoplástico, caracterizado por la disminución de la viscosidad y el coeficiente de consistencia de la suspensión a medida que se incrementa la velocidad de rotación (incremento del esfuerzo de cizalla con el aumento de la velocidad de cizalla). Por la naturaleza del experimento, no se verificó el comportamiento tixotrópico que ya ha sido reportado para estos productos (Romo y Peña, 1987; Ferrero y col. 1993).

El almidón de achira tiene una "temperatura de gelatinización" de aproximadamente 64°C; relativamente más alta que la de mashua, oca, papa, yuca (este último usado como referencia general). Este valor o su aproximación es reportado por otros autores (Montaldo, 1972; Pérez y Pacheco, 1989). Por otro lado, se nota una ligera demora para conseguir que el almidón de achira alcance el cocimiento. Además, este almidón tiende mucho a gelificar (más allá de formar soles), tras lo cual se puede esperar que la *masa* permanezca estable por más tiempo que el de los otros productos. Así mismo, cuando se enfrían las suspensiones de achira, el valor de viscosidad se incrementa con respecto a los otros almidones. La mashua exhibe una temperatura de gelatinización que está alrededor de 54°C; para la oca este valor es 55°C y para la papa, 62°C. Es notable el similar comportamiento de los almidones de tubérculos, cuyas temperaturas de gelatinización son de cierto modo bajas respecto de las correspondientes a raíces (la yuca mostró en ensayos de prueba una temperatura de gelatinización aproximada de 59°C).

Desde un punto de vista particular, se comprueba que el comportamiento reológico de una suspensión de almidón depende **de la forma de las partículas** que la contienen, de la forma de empaque de las partículas y **de la concentración**, tal como es reportado por varios autores (Radley, 1976a; Romo, 1981).

En cuanto al atributo claridad, se nota que los almidones de raíz o tubérculos, son superiores a los almidones de cereales (por ensayos adicionales). En general, todos los almidones estudiados (particularmente el de achira) poseen muy buenas características como para la sustitución parcial o total de los tradicionales espesantes, en alimentos de consumo rápido.

Se nota en general, en las pruebas de estabilidad, que el almidón gelatinizado se debilita y empieza a perder viscosidad entre el tercer y quinto día luego de su preparación.

Entre el día 0 y el 3, la suspensión incrementa en algo su viscosidad, pese a no tener ya esa cohesión (gomosidad) del inicio. En ensayos de prueba, se notó que al séptimo día la viscosidad de las suspensiones se hizo muy de menos, perdiéndose completamente las características iniciales.

El registro de valores (para el estudio de estabilidad) debe hacerse inmediatamente luego de preparada la suspensión gelatinizada, de otro modo, con el enfriamiento la masa habrá modificado ya su comportamiento.

De cierto modo, si se pretendería obtener una consistencia que *mimetiza* a la "consistencia inicial" de la preparación, debe fraccionarse al extremo cada uno de los minúsculos *trocillos* de suspensión, de manera que se minimice la consistencia grumosa que impide la uniformidad del producto, *reincorporando* además el agua expulsada.

Es importante, para quien decida utilizar cualquiera de estos buenos y prometedores productos como espesadores o coadyuvantes, que durante el proceso de fabricación de un alimento se mantengan las más altas condiciones de asepsia, para que no haya que recurrir a los preservantes, en un intento por conservar las características de textura y presencia del alimento.

Si se desea obtener mayor tiempo de duración del producto (más estabilidad de la suspensión) se podría emplear en último caso, un hidrocoloide de carácter inócuo. Por ejemplo, 0,3% de goma xanthan en mezcla con almidón, logrando un enfriamiento rápido hasta -10°C, pueden proporcionar hasta 12 semanas de relativa estabilidad, reduciendo considerablemente el fenómeno de sinéresis (Ferrero y col., 1994). En el mismo sentido, Kímura y col. (1971), reportados por Radley (1976a), mencionan que algunas sustancias no iónicas, por ejemplo ésteres de ácidos grasos y sacarosa, tienen efectos anti-envejecimiento sobre geles de almidón de papa.

El equipo, posee una sensibilidad elevada, por lo que se recomienda tener precaución en la preparación de las muestras y en la manera de realizar la captura de datos. En ese contexto y por ejemplo, en papa el proceso de gelatinización es muy rápido respecto del cambio global de textura, y además, esto puede ser únicamente importante

durante los primeros 120s de proceso (Verlinden y col., 1995). Para minimizar el riesgo de fallas operativas, es prudente realizar al menos cuatro repeticiones de cada ensayo.

El modelo matemático presentado en este trabajo permite explicar de buen modo y de manera *casual* el fenómeno de gelatinización. Es evidente por los resultados, que la constante o velocidad de reacción (gelatinización en este caso) es proporcional a la concentración de la suspensión, que también influye sobre el índice de viscosidad asintótica, estrechamente relacionado con la concentración. Se nota además que el almidón de achira posee los más altos valores para ambas constantes, luego le sigue el almidón de oca, mashua y papa. Los valores presentados, tienen mucha semejanza con algunos reportados en literatura (Harper y col., 1978, para polímeros en sangre; Suzuki y col., 1976, Kubota y col., 1979 y Verlinden y col., 1995, para almidones).

En lo que se refiere únicamente a cinética de gelatinización, se podrá emplear el modelo aquí propuesto, siempre bajo la asunción de que la gelatinización del almidón tiene un efecto real sobre los cambios de textura en un producto. Se llevará a cabo además, con una cinética aparente de primer orden y de mejor modo para trabajos prácticos, por ejemplo, en el cálculo de procesos térmicos.

Se sugiere que se realicen más pruebas en el área de vida útil de las suspensiones de almidones, ya sea nativos o modificados. En especial se propone como caso excepcional al almidón de achira (planta de fácil cultivo), que reúne un buen grupo de características tales como: gran tamaño de gránulo, estructura y contenido de amilosa, alta viscosidad en suspensión, mayor estabilidad tras cocimiento prolongado y/o enfriamiento, elevada digestibilidad y otras, que en particular lo hacen distinto y posiblemente el mejor de los hasta ahora descubiertos.

Por otro lado, sería importante que además o en lugar del maíz y el trigo se explotaran las raíces y tubérculos andinos como otras posibles fuentes amiláceas, fomentando así su cultivo y desarrollo (muy deteriorados en la actualidad), y con él, nuestro nivel de vida.

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Aguilera, J.M. y Stanley, D.W. 1990. "Microestructural Principles of Food Processing & Engineering", Elsevier App. Sci., Londres y N.Y.

Aguilera, J.M. 1995. Gelation of whey proteins. *Food Technol.*, (10):83-89.

Alvarado, J. 1979. "Ensayos de Almacenaje y Estudio de un Mecanismo de Secado a Temperaturas Bajas en Patatas (*Solanum tuberosum*)", INCAP, CESNA, Tesis MSc, Guatemala.

Alvarado, J. 1991. Ingeniería de los Procesos de los Alimentos I, Apuntes de Clase.

Alvarado, J. 1994. "Determinación de Parámetros Reológicos en Pulpas de Frutas". Informe Final de Proyecto de Investigación UTA - CONUEP. Ambato, Ecuador, p. 3-4.

Bagley, E.B. 1983. Large deformations in testing and processing of food materials, En: Peleg, M. y E.B. Bagley (Editores). *Physical Properties of Foods*, AVI Pub. Co., Westport, Conn., pp. 325-341.

Duxbury, D.D. 1988. Synergistic benefits of gum/starch blends enhance food textures, *Food Processing*, pp. 12:120-121.

Ferrero, C., Martino, M.N. y Zaritzky, N.E. 1993. Stability of frozen starch pastes: Effect of freezing, storage and xanthan gum addition, *J. Fd Process. and Preserv.*, 17:191-121.

Ferrero, C., Martino, M.N. y Zaritzky, N.E. 1993. Effect of freezing rate and xanthan gum on the properties of corn starch and wheat flour pastes, *International J. Fd. Sci. and Technol.*, 28:481-498.

Ferrero, C., Martino, M.N. y Zaritzky, N.E. 1994. Corn starch-xanthan gum interaction and its effect on the stability during storage of frozen gelatinized suspensions, *Starch/Stärke*, 46(8):300-308.

- González, G. 1974. "Métodos Estadísticos y Principios de Diseño Experimental", Ed. Universitaria, UC, Quito.
- Gudmundsson, M. 1992. Cereal Starch: Physicochemical Properties and Retrogradation, Dep. Food Tech., Lund, Suecia.
- Haake Rheometers, 1994. Gebrueder HAAKE GmbH.
- Hamann, D.D. 1983. Structural failure in solid foods, En: Peleg, M. y E.B. Bagley (Editores). Physical Properties of Foods, AVI Pub. Co., Westport, Conn., pp. 351-383.
- Harper, J.P., Suter, D.A., Dill, C.W. y Jones, E.R. 1978. Effect of heat treatment and protein concentration on the rheology of bovine plasma protein suspensions, J. Fd. Sci., 43:1204-1209.
- Heldman, D. 1981 "Food Process Engineering", 2º ed., Westport Conn., The AVI Pub. Co.
- Hill, C.G. y Grieger-Block, R.A. 1980 Kinetic data: generation, interpretation, and use, Food Technol., pp. 2:56-66.
- Hood, L. F. 1982. Current concepts of starch structure, En: Lineback, D.R. e Inglett, G.E. Food Carbohidrates, 2º ed., Westport Conn., The AVI Pub. Co.
- IICA, 1980. "II Congreso Internacional de Cultivos Andinos", ESPOCH, Riobamba, pp. 175-214.
- Krieger, I.M. 1983. Rheology of emulsions and dispersions, En: Peleg, M. y E.B. Bagley (Editores). Physical Properties of Foods, AVI Pub. Co., Westport, Conn., pp. 385-397.
- Kokini, J.L.; Lai, L-S. and Chedid, L.L. 1992. Effect of starch structure on starch rheological properties, Food Technol., 46(6):124-139.
- Kokini, J.L., Cocero, A.M. y Madeka, H. 1995. State diagrams help predict rheology of cereal proteins, Food Technol., (10):74-82.
- Kubota, K., Hosokawa, Y., Suzuki, K. y Hosaka H., 1979 Studies on the gelatinization rate of rice and potato starches, J. of Food Sci., 44:1394-1397.
- Lacroix, P. 1995. Comunicación personal.
- Lecallier, Ph. 1982. Espesadores, gelificadores y estabilizantes para la industria alimenticia; partes I y II, Ind. Alimentaria, pp. 38-45,40-46
- Lineback, D. e Inglett, G.E. 1982 "Food Carbohidrates", Westport Conn., The AVI Pub. Co.
- Ma, L. y Barbosa-Cánovas, G.V. 1993 Rheological properties of food gums and food gum mixtures, Rev. Española de Ciencia y Tecnol. de Alimentos, 33(2):133-163.
- Macosko, C. W. 1993. Rheology: Principles, Measurements, and Applications, VCH ed.
- Montaldo, A. 1972 "Cultivo de Raíces y Tubérculos Tropicales", IICA, Lima.
- National Research Council. 1989. "Lost Crops of the Incas: Little-known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation", National Academy Press. Washington, D.C. p:27-37.
- Olorunda, A.O. y Tung, M.A. 1977. Rheology of fresh and frozen okra dispersions, J. Fd. Technol., 12:593-598.
- Pérez, M. y Pacheco, E. 1989 "Extracción y Estudio del Almidón de Achira (*Canna edulis*)", Tesis de Ingeniería en Alimentos, UTA, FCIAL, Ambato.
- Pravisani, C.I., Califano, A.N. y Calvelo, A. 1985 Kinetics of starch gelatinization in potato, J. of Food Sci., 50:657-660.
- Radley, J.A. 1976a. "Examination and Analysis of Starch and Starch Products", Applied Science Pub., London, U.K.
- Radley, J.A. 1976b. "Industrial Uses of Starch and its Derivatives", Applied Science Pub., London, U.K.

Rha, C. 1978 Rheology of fluid foods, Food Technol., :77-82.

Romo, L.A. 1981 "Coloideofísica, Coloideoquímica, Fenómenos de Superficie", Ed. Universitaria, Quito, Ecuador, pp.817-847.

Romo, L.A. y Peña, A.J. 1987 Comportamiento reológico de pastas de almidones, Memorias del I Congreso Nacional de Ciencias de la Comunidad Científica Ecuatoriana, Vol. 1, Quito, pp. 162-166.

Salto, H.A. 1993 "Diseño Experimental", Ambato, Ecuador.

Šesták, J.; Jitný, R. y Houša, M. 1983 Simple rheological models of liquids for process design and quality assessment, J. of Food Eng., 2:35-49.

Suzuki, K., Kubota, K., Omichi, M. y Hosaka, H. 1976 Kinetic studies on cooking of rice, J. of Food Sci., 41:1180-1183.

Verlinden, B.E., Nicolaï, B.M. y Baerdemaeker, J. De 1995 The starch gelatinization in potatoes during cooking in relation to the modelling of texture kinetics, Journal of Food Engineering, 24(2):165-179.

Waniska, R.D. y Gómez, M.H. 1992. Dispersion behaviour of starch, Food Technol., 6:110-123.

Zabala, M. y Ojeda, L. 1988 "Fitotecnia Especial", Tomo II, Ed. Pueblo y Educación, Cuba, pp.7-15.

Zazoni, B., Schiraldi A. y Simonetta R. 1995. A naive model of starch gelatinization kinetics. J. Food Eng., 24:25-33.

Zuritz, C.A. 1995. Comunicación personal.

**OBTENCION DE UN ALIMENTO INFANTIL PARA LA AMAZONIA ECUATORIANA**

LILIAM ALVAREZ\*  
BYRON ACURIO\*  
CESAR GERMAN\*\*

**RESUMEN**

En los granos de maíz, fréjol y la mezcla maíz-fréjol (70:30), se aplicaron la tecnología de germinación a 24 °C por 24/48 horas y una fermentación láctica a 24 °C por 24/48 horas con m/o provenientes del propio grano. En las papillas de los granos germinados y fermentados se realizaron análisis proximales, cálculo de calorías y análisis sensoriales en madres y niños de hasta 5 años. La papilla seleccionada por análisis sensorial, contenido de proteína y calorías fue la mezcla de maíz y fréjol sometida a 24 horas de germinación y 24 horas de fermentación; esta papilla presenta un olor agradable, un color blanco, un sabor ligeramente ácido, una textura muy suave y sobre todo buena aceptabilidad en madres y niños, constituyendo una posible alternativa de alimentación para la Región Amazónica Ecuatoriana. La papilla precocida tiene 15.73% de proteína, 4.18% de grasa, 399.95 calorías/100 gramos de materia seca; 42.72 g de aminoácidos esenciales/100 g de proteína, 91.4% de proteína verdadera, mayor solubilidad de la proteína a pH entre 4 y 6 y ausencia de actividad ureásica.

**INTRODUCCION**

Una causa inmediata de la desnutrición y la mala salud en los niños pequeños es la ingesta inadecuada de alimentos, particularmente en el primer año de vida. Aún cuando se practica la lactancia materna, se suministra a los niños alimentos y bebidas adicionales a la leche materna mucho antes de la edad recomendada de los seis meses y se los suministran en cantidades inadecuadas con una frecuencia menor a la deseable y con una densidad calórica disminuída (además con alimentos contaminados). En conjunto estos factores conducen a una alta incidencia de diarreas, combinados con cuadros agudos de desnutrición que afectan a los niños a partir del sexto mes de vida que persiste hasta los 36 meses.

Dentro de los objetivos de los programa de investigación que el país debe realizar para contribuir a la solución del problema nutricional y alimentario de la población ecuatoriana, está aprovechar al máximo la capacidad de utilización de proteínas y carbohidratos de origen vegetal y, que es un problema general en los países en vías de desarrollo.

La tecnología que se convalida en el presente estudio se encuentra muy difundida en los países de Africa como Kenia, Etiopía y Uganda y se basa en los procesos de fermentación de cereales, leguminosas y tubérculos de los cuales se obtiene productos con sabor similar al yogurth. El producto se denomina ogí.

Las proteínas de cereales son de pobre calidad debido a la falta de cantidades suficientes de lisina, triptófano y otros aminoácidos esenciales. Uno de los métodos más rentables para corregir esta deficiencia es la germinación y fermentación de los granos.

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

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

Recientes estudios han determinado la influencia de la germinación sobre el valor nutritivo de las semillas, señalan que durante el proceso de la germinación. Las sustancias almacenadas se convierten en formas más utilizadas tanto para la planta como para el hombre.

Wang, V. and Fields M. 1978, indicaron que durante la germinación de maíz en casa, se incrementó el valor relativo nutricional (RNV) calculado en *Tetrahimena pyriformis w* de 66.8 a 99.5 a 30°C por 3 a 4 días y 1.8 a 2.5 en su valor PER; se incrementa también los valores de aminoácidos de lisina de 22.5 mg/g N. a 56.5 mg/g N. (2.5 veces el incremento) de 9.0 mg metionina/g N. a 45 mg/g N. (5 veces el incremento) y de 2.0 mg triptófano/g N. a 13 mg/g N. (incremento de 6.5 veces).

Hamad, A. y Fields, M. colaboradores (1979) demostraron que la fermentación láctica de maíz molido por un tiempo de 2 días a la temperatura de 22-25°C, aumentó el valor nutritivo medido por el *Tetrahimena pyriformis w*. de 67 a 80%, un 13% de incremento; la lisina disponible se incrementa de 17.4 mg a 47.4 mg en granos de maíz fermentado a 22-25°C y a 51.6 mg/ g N. fermentado a 37°C. El porcentaje de proteína disminuye de 9.9% a 9.8% en granos fementados a 22-25EC y 9.65% en grano fermentado a 37°C.

## MATERIALES Y METODOS

### Diseño Experimental

FACTORES	NIVELES
A: Granos	A0: Maíz A1: Maíz – Fréjol (70:30)* A2: Fréjol
B: Tiempo de Germinación	B0: 24 Horas B1: 48 Horas
C: Tiempo de Fermentación	C0: 24 Horas C1: 48 Horas

\*La mejor mezcla de maíz y fréjol, para obtener un buen balance de aminoácidos, según LUTZ, M."Alimentos enriquecidos con proteínas". Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Bogotá-Colombia.

### Materia Prima

En el presente estudio se emplean maíz (*Zea mays*) y fréjol (*Phaseolus vulgaris*) blanco caballero que son cultivados en la provincia de Pastaza.

### Proceso y Metodos Empleados

#### Remojo

Los granos fueron previamente claseados, seleccionados y lavados con abundante agua corriente. Los granos lavados se colocaron en vasos de 1000 ml por separado. En el primer vaso se colocaron 150 g de maíz, en el segundo vaso 150 g de fréjol y en el tercer vaso 150 g de la mezcla maíz y fréjol relación ( 70:30 en peso), con 450 ml de agua.

El proceso de remojo de los granos se realiza en una incubadora a 24 ± 1°C por 8 horas.

### Germinación

Después de las 8 horas de remojo los granos de maíz y fréjol fueron lavados con abundante agua y colocadas dentro de un germinador a la temperatura similar de la Región amazónica ( $24 \pm 1^\circ\text{C}$ ) por 24/48 horas. Al final de la germinación se mide el tamaño de la radícula y el número de granos germinados en cada tratamiento.

### Fermentación

Los granos germinados de cada tratamiento y de cada replicación y por separado fueron previamente lavados con abundante agua hervida y fría. El fréjol fue descascarado manualmente, posteriormente el maíz, fréjol y la mezcla de granos maíz-fréjol fueron triturados por separados en un molino manual por tres veces con adición de agua hervida y fría. La masa molida se pasa por un tamiz con mesh # 80 (0.07 pulg.) para extraer las cáscaras y una parte de los gérmenes; la masa tamizada se coloca en un vaso de 1000 ml. Los vasos con las diferentes papillas de cada tratamiento fueron incubados a una temperatura de  $24 \pm 1^\circ\text{C}$  por el tiempo de 24/48 horas. Las bacterias responsables de la fermentación son provenientes del mismo grano por ejemplo: Corynebacterium, Clostridium, y Enterobacter cloacae.

### Precocción.

El caldo ogi obtenido después de la fermentación se lo hace hervir a  $92^\circ\text{C}$  por 10 minutos para obtener la papilla cocida.

### Secado.

La papilla ogi obtenido después de la precocción se somete a un proceso de secado en un secador de bandejas a  $50-60^\circ\text{C}$ .

### Molienda

Una vez seca la papilla de cereal, se procede a una molienda y tamizado hasta obtener un producto similar a los cereales instantáneos que se ofrecen en el mercado como alimento para infantes.

### Envasado.

Para el envasado se utilizaron fundas de polietileno y se dosificaron con 250 g de papilla infantil y fueron almacenadas en lugar seco y fresco.

### Análisis

- Al final de la germinación de 24 y 48 horas se mide el tamaño de la radícula.
- Análisis de composición Química General. Al final de cada tratamiento, se determinaron los valores de contenido de humedad ( $105^\circ\text{C}$ ), cenizas a  $550-570^\circ\text{C}$  (8), proteína por microkjeldahl (3), grasa (3), fibra bruta (3), carbohidratos por diferencia y su contenido calórico (13). En las papillas seleccionadas y en materia prima se realizaron: proteína verdadera (12), digestibilidad in vitro (9), actividad ureásica (9), nitrógeno soluble (13), análisis microbiológico (5). Aminoácidos, método de Shimadzu: cromatografía líquida de alta presión (14). Triptófano por cromatografía de capa fina (11). Coeficiente Proteico (2)
- Análisis sensoriales, los cereales germinados y fermentados obtenidos de los diferentes tratamientos fueron preparados en forma de papilla cocida, agregando azúcar y agua y llevadas a un análisis sensorial con pruebas de aceptabilidad, en niños menores de cinco años y con las madres se realizaron pruebas de calidad y aceptabilidad para escoger el mejor tratamiento mediante hojas de catación.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los granos secos de maíz, como los de fréjol blanco caballero, son fuentes de proteína, grasa, fibra, minerales, carbohidratos. Su contenido de proteína es de 9.25% y 24.03% para maíz y fréjol respectivamente como se muestra en la tabla 2. El primer paso de la tecnología consistió en germinar a los granos a 24 °C . El maíz germina un 88% a 24 horas y presenta un tamaño promedio de radícula de 0.34 cm y al tiempo de 48 horas germina un 91% y un tamaño promedio de radícula de 1.50 cm. En el fréjol se tiene un promedio de germinación del 87%, con un tamaño de radícula de 1.15 cm a las 24 horas y del 89% con un tamaño de radícula de 2.5 cm, a las 48 horas.

En la tabla 3. se presenta el contenido de proteína de las diferentes papillas al final de la germinación y fermentación natural de los granos . El maíz tiene un contenido de 9.25% de proteína en b.s., durante el proceso de germinación de 24/48 horas y de fermentación de 24/48 horas, ha ocurrido un ligero aumento que va desde 9.54% b.s. a 24 horas de germinación y 24 horas de fermentación a 10.84% b.s. a 48 horas de germinación y 48 horas de fermentación. El incremento de la proteína se debe sobre todo al proceso bioquímico durante la germinación y que va aumentando a medida que al tiempo de germinación se incrementa.

Eric, G. Okoli y A, Adeyemi, comprobaron que durante la germinación de maíz a 30°C por 48 horas existe un incremento de 0.78% de proteína; también se detecta un incremento de proteína de alrededor de 0.80% cuando 600 gramos de granos germinados, secos y molidos fueron sometidos a un proceso de fermentación con 1800 ml de agua a 30°C de temperatura por un tiempo de 48 horas.

En los granos de fréjol el incremento de proteína es notorio, va desde 24.03% b. s. , en el grano (con 8.15% de fibra y 4.15 de cenizas b.s.) hasta un 30.25% de proteína a 24 horas de germinación y 24 horas de fermentación (y tiene 2.7% de fibra y 5.5% de cenizas en b.s). El incremento se debe al descascarado del fréjol antes de la molienda, proceso en el que se elimina la fibra y las cenizas de las papillas y sobre todo al aumento de la proteína que ocurre durante la germinación.

En la mezcla de granos: maíz-fréjol, sometidos a los procesos de germinación y fermentación ocurre lo mismo que los casos anteriores, incrementándose de 13.7% de proteína en la mezcla no germinada a 15.5% en b.s. cuando se somete a los procesos de 48 horas de germinación y 48 horas y fermentación .

Hamad, A. y Fields, M. demostraron que en la fermentación del grano de maíz no germinado ocurre una ligera disminución del porcentaje de proteína de 0.13% cuando se somete a fermentación por 48 horas a 22-25°C y 0.25% de proteína se decrementa, cuando el grano fue fermentado a 37°C por 48 horas, lo que indica que durante la fermentación ocurre una ligera disminución de la proteína debido a la acción de los microorganismos responsables de la fermentación y que es aproximadamente el 25% de la proteína que se incrementa durante la germinación

En la tabla 4. se observa el contenido de grasa al final de la germinación y fermentación natural de los granos de los diferentes tratamientos. En las papillas de los granos de maíz, fréjol y la mezcla existe una ligera variación que depende mucho del proceso de molienda, tamizado y del proceso germinativo y fermentativo. En los alimentos fermentados existen casi siempre una mezcla compleja de carbohidratos, proteínas, grasas, etc, que experimentan modificaciones bajo la acción de una variedad de tipos de m/o y enzimas. Los desdoblamientos de sustancias grasas son calificadas de lipolíticas. Cuando los alimentos complejos se fermentan en condiciones naturales, experimentan aunque en grado variable este cambio.

La tabla 5. indica el contenido de calorías al final de la germinación y fermentación natural de los granos de los diferentes tratamientos. Los granos de maíz y fréjol presentan un contenido de 409.61 calorías/100 g m.s. y 362.82 calorías/100 g m.s.respectivamente. Durante el proceso de germinación y fermentación existe un incremento en el contenido de calorías. Así tenemos que para el maíz sometido a 24 horas de germinación y 24 horas de fermentación presenta un contenido de 423.30 calorías/100 g m.s. Para la mezcla de granos, existe también un aumento y presenta un contenido calórico de 398.49 calorías/100 g m.s. a 24 horas de germinación y 24 horas de fermentación; y un contenido de 402.42 calorías/100 g m.s. cuando se someten a 48 horas de germinación y 48 horas de fermentación. Lo mismo ocurre en los granos de fréjol, que presenta un contenido calórico de 347.35 calorías/100 g m.s. cuando se somete a 24 horas de germinación y 24 horas de fermentación, y 361.47 calorías/100 g m.s. cuando se germina a 48 horas y fermenta a 48 horas. Estos cambios se deben a la eliminación de las fibras y cenizas durante la separación de las cáscaras en la molienda y en el tamizado de los granos germinados y sobre todo a los cambios que ocurren por acción de las enzimas que desdoblan las macromoléculas en la germinación y fermentación.

En la tabla 6. observamos los valores del contenido de acidez en porcentaje de ácido láctico de los granos al final de la germinación y fermentación. Los granos de maíz presentan un aumento progresivo de la acidez durante la fermentación, las papillas de maíz tiene 0.62% de acidez cuando se someten a 24 horas de germinación y 24 horas de fermentación y 1.03% cuando se someten a 48 horas de germinación y 48 horas de fermentación. De igual manera ocurre en la mezcla de granos y en el fréjol. Este incremento se debe a que en el proceso de fermentación se produce una cantidad apreciable de ácido láctico y en menor cantidad ácido acético por parte de ciertos m/o propios del grano durante la fermentación. Los datos muestran que en el fréjol la fermentación es menor y por lo tanto se produce menor acidez

La tabla 7. se reporta los valores del análisis sensorial global en cereales tipo papilla listo para consumir en madres, aquí se ha tomado en cuenta los análisis sensoriales de olor, color, sabor, acidez, textura, aceptabilidad, a los cuales se les dió una calificación de acuerdo a su importancia, se multiplican estos valores por el valor de cada tratamiento y se suma al final estos valores para dar el análisis global. De acuerdo a nuestras madres catadoras aceptaron las papillas obtenidas del tratamiento de los granos de maíz a 48 horas de germinación y 24 horas de fermentación con un valor medio de 3.5, debido a que esta papilla presentó un color agradable, olor normal característico, un buen sabor, poca acidez, de textura consistente y de aceptabilidad gusta poco.

La tabla 8. presenta los valores del análisis sensorial de aceptabilidad en cereal tipo papilla listo para consumir de niños menores de cinco años. Esta es la prueba de análisis sensorial más sencilla que se puede adaptar para niños, quienes escogieron como mejor tratamiento a la papilla de maíz sometida a 24 horas de germinación y 24 horas de fermentación con un valor medio de 4.5. El número de niños que aceptaron la papilla fueron 7 y 3 calificaron como no gusta ni disgusta.

En la tabla 9. se indica el contenido de gramos de aminoácido/16 gramos de nitrógeno. Los aminoácidos del maíz y fréjol determinado por nosotros son similares a los reportados por Adenije (1) para el caso de maíz y de Amancha (2) para el fréjol. En maíz fermentado el contenido de aminoácidos es diferente al reportado por Adenije, esto puede deberse a que germinamos el maíz antes de las 24 horas de fermentación y el autor solo fermenta por 48 horas. Con respecto a la mezcla de maíz y fréjol fermentado no se puede comparar por no tener datos bibliográficos.

TABLA 1: RECOMENDACIONES DE LA FAO(1985) SOBRE LOS REQUERIMIENTOS DIARIOS DE LOS AMINOACIDOS ESENCIALES Y VALORES OBTENIDOS CON LAS PAPILLAS DE MAIZ FERMENTADO Y MEZCLA FERMENTADA.

(g Aminonoácido/16 g de nitrógeno).

AMINOACIDOS	FAO (1985)	* MAIZ FREM.	* MEZCLA FERM.
Lisina	5.5	2.54	4.41
Metionina + Sistina	3.5	2.04	1.76
Treonina	4.0	3.69	4.02
Isoleucina	4.0	2.93	4.32
Leucina	7.0	7.63	9.91
Valina	5.0	3.69	5.49
Fenilalanina + Tirosina	6.0	7.12	11.77
Triptófano	1.0	0.39	0.66

\* Papilla de maíz seca a 24 horas de germinación a 24°C y 24 horas de fermentación a 24°C.

De la tabla No 1. se puede comparar el contenido de aminoácidos esenciales en las papillas seleccionadas con el contenido de aminoácidos esenciales del PATRON FAO. La FAO recomienda un contenido de 5.5 g de lisina/16 g de Nitrógeno, y se tiene que la papilla obtenida de la mezcla de granos germinados y fermentados contiene 4.41 de lisina/16 g de nitrógeno, notándose que el valor se acerca a lo recomendado, con respecto a Metionina y Cistina (aminoácido limitante) en la papilla de la mezcla se tiene 1.76 g/16 g.N., (posee cerca del 50% de lo requerido por la FAO), si comparamos con el contenido de triptófano, vemos que el contenido de la papilla es de 0.66 g triptófano/16 g de nitrógeno, muy cercano a lo recomendado por la FAO que es de 1.0 g de triptófano/16 g de nitrógeno, treonina aumenta a un valor de 4.02 g /16 g de nitrógeno, cuando la FAO recomienda 4.0 g /16 g de nitrógeno.

En la papilla obtenidas a partir de granos de maíz fermentado, el contenido de lisina es de 2.54 g/16 g de nitrógeno cerca de la mitad de lo recomendado por la FAO que es de 5.5 g de lisina/16 g de nitrógeno, triptófano, aminoácido limitante tiene un valor de 0.39 g/16 g de nitrógeno, 0.61 g menos del recomendado por la FAO, además tiene los siguientes aminoácidos deficitarios: metionina, cistina, treonina, isoleucina y valina.

## CONCLUSIONES

La germinación es un proceso bioquímico, hidroliza los almidones, proteínas y lípidos de los granos, posibilitando alta densidad calórica, buena digestibilidad proteica, la biodisponibilidad de minerales y demás propiedades adecuadas para alimentos infantiles.

Durante la fermentación anaeróbica de los granos ocurre una selección natural de flora microbiana debido a los cambios de pH. A pH inferiores a 3.7 las bacterias responsables de la putrefacción se inactivan quedando solamente las bacterias responsables de la fermentación. Las bacterias lácticas producen ácido láctico y diacetilo, contribuyendo así al sabor y al aroma del producto.

La papilla seleccionada fue la mezcla de maíz y fréjol sometida a 24 horas de germinación y 24 horas de fermentación, y que presenta un contenido de 15.73% de proteína, 4.18% de grasa en base seca, un contenido calórico de 399.95 calorías/100 g m.s., 99% de digestibilidad in vitro, 91.4% de proteína verdadera, presenta más solubilidad de su proteína de pH 4 a 6; no presenta actividad ureásica y su papilla lista para consumir tiene 16.77 P.s<sup>n</sup> de viscosidad.

Adicionalmente escogimos como segundo mejor tratamiento al maíz con 24 horas de germinación y 24 horas de fermentación como alternativa de alimento infantil por ser más aceptado por los niños y tiene 9.71% proteína, 6.74% de grasa en b.s. y 424.0 calorías/100 g m.s., digestibilidad in vitro de 98.2%, 91.2% de proteína verdadera; presenta más solubilidad de su proteína a pH 6 y su papilla lista para consumir tiene 15.18 P.s<sup>n</sup> de viscosidad.

Realizando el análisis económico de la instalación de la planta se determinó que el costo del producto es de US \$0.50 por cada funda de 250 g. Este valor se considera que está realmente al alcance de la población Amazónica en relación al precio de otros productos similares existentes en el mercado.

Dentro de la elaboración de la papilla, se puede enriquecer el producto con la adición de vitaminas y hierro.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Adenije, A. y Potter, N. Properties of ogi powders made from normal, fortified an opaque-2 corn. Journal of food science. 1978. 1571-1574.

Amancha, A. y Ruiz, A. Obtención de aislados proteicos a partir de semillas de fréjol (Phaseolus vulgaris) y arveja (Pisum sativum) y determinación de su calidad nutritiva. Tesis Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato 1992.

Asociation Of Official Analytical Chemist. Washington D.C. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 12 thed. Washington D.C. 1975-1095

Chen, L. ; Wells, C. ;Fordham, J. Germinated seeds for human consumption Journal of food science. 1975 40: 1290-1294.

DIFCO. Manual DIFCO. Décima edición. Madrid, España 1984

Hamad, A. y Fields, M. Evaluation of the protein quality and available lysine of germinated and fermented cereals. Journal of Food Science. 1979 44(2): 456-459.

Keith, H. Hanbook of indigenous fermented foods Marcel Dekken inc. New York and Bavel 1983 pp 184-198

Lees, R. Manual de Análisis de Alimentos. Traducido del Inglés por Andrés Barrado Zaragoza, España. Editorial Acribia, 1969. pp 281.

Métodos Oficiales de Análisis de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid, 1986. Impreso C.. Marcelo Gandhi 17-28017. Madrid, España Tomo I.

Okoli, E. y Adeyemi, I. Manufacturing of OGI from malted (Germinated) corn ( Zea mays). Evaluation of chemical pesting and sensory properties. Journal of Food Science 54(4): 971-973

Sardi, J. y Torres, O. Estudio de Aminoácidos de las variedades de soya cultivados en Tucumán. Archivo de Bioquímica y Farmacia. Tucumán 1988. pp 73-75.

Sathe, S. y Salunkhe, D. Funtional properties of lupin seed (Lupinus mutabilis) proteins and protein concentrates Volume 47 (1982). Journal of Food Science 491-493

Schmidt, H. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Chile. Santiago de Chile, Septiembre de 1973. Editorial Universitaria.

SHIMADZU. Shimadzu High Perfomance liquid Chromatograp LC- SA Amino Acid Analysis System Instruction Manual. Shimadzu Corporation Analytical Instruments Plant. Kioto Japón. 1989.

Wang, V. y Fields, M. Germination of corn and sorghum in the home to improve nutritive value. Journal of Food Science 1978. 43(4): 1113-1115

Witting, E. Evaluación Sensorial. Una metodología actual para tecnología de Alimentos . Talleres Gráficos USACH. Inf. No. 52676 pp. 32-134

**TABLA 2: ANALISIS FISICO QUIMICO DE MATERIAS PRIMAS (BASE SECA)**

%	Maíz	Fréjol
Humedad **	13.75	15.87
Proteína	9.25	24.03
Grasa	5.83	2.78
Fibra	4.80	8.15
Cenizas	1.08	4.15
Carbohidratos	79.04	60.89
Solubles		
Calorías *	409.61	362.82

Acurio y Alvarez , 1996, Experimentales.

\*Calorías/100 g. de muestra seca.

\*\* %Humedad en base al peso total del grano.

**TABLA 3: ANALISIS DE PROTEINA EN CEREALES TIPO PAPILLA FINAL DE LA FERMENTACION. (% EN BASE SECA).**

Tratamiento	Granos	*t Germinación	T Fermentación	**R1	R2
AoBoCo	Maíz	24	24	9.88	9.54
AoBoC1	Maíz	24	48	9.65	9.49
AoB1Co	Maíz	48	24	9.59	10.84
AoB1C1	Maíz	48	48	10.92	9.71
A1BoCo	Mezcla	24	24	16.24	15.22
A1BoC1	Mezcla	24	48	15.56	15.94
A1B1Co	Mezcla	48	24	14.83	15.04
A1B1C1	Mezcla	48	48	15.19	15.78
A2BoCo	Fréjol	24	24	30.47	30.04
A2BoC1	Fréjol	24	48	30.52	32.15
A2B1Co	Fréjol	48	24	29.18	28.81
A2B1C1	Fréjol	48	48	32.79	32.32

Acurio y Alvarez, 1996, experimentales

\*t = tiempo

\*\*R= réplica

**TABLA 4 ANALISIS DE GRASA EN CEREALES TIPO PAPILLA FINAL DE LA FERMENTACION. (% EN BASE SECA)**

Granos	*t Germinación	T Fermentación	**R1	R2
Maíz	24	24	6.92	6.56
Maíz	24	48	7.15	5.91
Maíz	48	24	5.26	4.90
Maíz	48	48	6.68	4.50
Mezcla	24	24	4.25	4.11
Mezcla	24	48	4.16	4.36
Mezcla	48	24	3.93	4.30
Mezcla	48	48	3.84	3.68
Fréjol	24	24	1.50	1.50
Fréjol	24	48	2.34	1.47
Fréjol	48	24	2.21	1.89
Fréjol	48	48	1.90	1.30

Acurio y Alvarez, 1996, experimentales.

\*t = tiempo

\*\*R= réplica

**TABLA 5: ANALISIS DE CALORIAS EN CEREALES TIPO PAPILLA FINAL DE LA FERMENTACION. (Cal/100 g M.S.)**

Granos	*t Germinación	T Fermentación	**R1	R2
Maíz	24	24	425.00	423.30
Maíz	24	48	429.28	422.52
Maíz	48	24	421.92	418.84
Maíz	48	48	425.20	418.61
Mezcla	24	24	399.96	398.65
Mezcla	24	48	400.89	392.49
Mezcla	48	24	401.36	400.85
Mezcla	48	48	402.42	401.65
Fréjol	24	24	347.35	348.55
Fréjol	24	48	359.24	342.79
Fréjol	48	24	365.85	364.74
Fréjol	48	48	361.12	361.47

Acurio y Alvarez, 1996, experimental.

\*t = tiempo

\*\*R= réplica

**TABLA 6: ANALISIS DE ACIDEZ EN CEREALES TIPO PAPILLA FINAL DE LA FERMENTACION. (% ACIDO LACTICO).**

Granos	*t Germinación	T Fermentación	**R1	R2
Maíz	24	24	0.62	0.63
Maíz	24	48	0.77	0.72
Maíz	48	24	0.80	0.85
Maíz	48	48	1.03	0.96
Mezcla	24	24	0.65	0.63
Mezcla	24	48	0.77	0.77
Mezcla	48	24	0.83	0.80
Mezcla	48	48	0.93	1.22
Fréjol	24	24	0.63	0.65
Fréjol	24	48	0.65	0.67
Fréjol	48	24	0.72	0.69
Fréjol	48	48	0.73	0.88

Acurio y Alvarez, 1996, experimentales.

\*t = tiempo

\*\*R= réplica

**TABLA 7: ANALISIS SENSORIAL GLOBAL EN CEREAL TIPO PAPILLA LISTO PARA CONSUMIR EN MADRES**

Granos	*t Germinación	T Fermentación	**R1	R2
Maíz	24	24	3.23	3.43
Maíz	24	48	3.21	3.44
Maíz	48	24	3.61	3.46
Maíz	48	48	3.28	3.34
Mezcla	24	24	3.18	2.44
Mezcla	24	48	3.23	2.87
Mezcla	48	24	2.55	2.60
Mezcla	48	48	2.78	2.88
Fréjol	24	24	2.02	2.02
Fréjol	24	48	1.87	1.87
Fréjol	48	24	2.34	2.14
Fréjol	48	48	1.88	1.88

Acurio y Alvarez, 1996, experimentales.

\*t = tiempo

\*\*R= réplica

**TABLA 8: ANALISIS SENSORIAL DE ACEPTABILIDAD EN CEREAL TIPO PAPILLA LISTO PARA CONSUMIR DE NIÑOS MENORES DE CINCO AÑOS.**

Granos	*t Germinación	T Fermentación	**R1	R2
Maíz	24	24	4.60	4.40
Maíz	24	48	4.00	4.40
Maíz	48	24	3.60	3.20
Maíz	48	48	4.20	4.00
Mezcla	24	24	4.20	4.00
Mezcla	24	48	3.00	4.20
Mezcla	48	24	2.20	1.60
Mezcla	48	48	2.60	1.60
Fréjol	24	24	2.00	2.00
Fréjol	24	48	1.00	1.00
Fréjol	48	24	2.00	1.40
Fréjol	48	48	1.20	1.20

Acurio y Alvarez, 1996, experimental.

\*t = tiempo

\*\*R= réplica

**TABLA 9: GRAMOS DE AMINOACIDO/16 GRAMOS DE NITROGENO**

AMINOACIDO	MAIZ DURO	FREJOL BLANCO CABALLERO	MEZCLA * NO FERMENTADA	MAIZ DURO FEREMENT.	MEZCLA FERMENTADA
A. Aspirina	5.76	11.84	8.77	7.11	10.89
Treonina	3.33	3.89	3.57	3.68	4.02
Serina	4.77	5.69	5.12	5.58	5.79
Glutámico	22.79	17.46	20.15	23.49	19.14
Prolina	7.65	2.17	4.87	14.98	4.41
Glicina	3.24	3.97	3.57	4.06	3.92
Alanina	8.46	5.16	6.70	8.38	5.59
Cistina**	1.35	1.02	1.19	0.88	0.68
Valina	4.59	4.96	4.71	3.68	5.49
Metionina	1.08	1.22	1.16	1.14	1.08
Isoleucina	3.24	4.05	3.65	2.92	4.32
Leucina	13.69	7.87	10.81	7.62	9.91
Tirosina	4.68	3.93	4.22	2.79	3.14
Fenilalanina	6.21	7.00	6.50	4.31	8.63
Histidina	3.06	5.45	4.22	1.27	3.14
Lisina	1.80	7.41	4.55	2.54	4.41
Arginina	3.87	5.90	4.79	4.95	4.81
***Triptófano	0.36	0.98	0.66	0.50	0.66

Acurio y Alvarez, 1996

\* Obtenido por balance de aminoácidos de maíz (70) y fréjol (30).

\*\*Pérdida por hidrólisis

\*\*\*Método Sardí 1980

---

## EN EL PROXIMO NUMERO

---

Características Principales relacionadas con la maduración de naranjillas (*Solanum quitoense*).

Determinación de la estabilidad de soluciones de jugo de limón en envases plásticos (OPPALYTE).

Fermentación alcohólica del líquido (*Chahuar Mishque*) obtenido del cabuyo negro (*Agave Americano*).

Papilla a base de arroz (*Oryza sativa*) y arveja (*Pisum sativum*) fermentados.

Acondicionamiento de semilla de palma africana (*Elaeis guineensis*) para la extracción de aceite.

Camarón subproductos de camarón (*Penaeus vannamei*) :secado por asperción.

Proyecto de factibilidad para la Instalación de una Planta Procesadora de "Snacks" enriquecidos proteínicamente con quinua (*Chenopodium quinua*).

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

**Se acepta canje y donación de publicaciones**