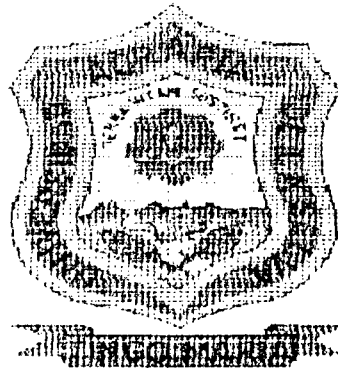


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**Departamento Académico de Ciencia, Tecnología e Ingeniería de
Alimentos**



**"POLIGALACTURONASA (E.C.3.2.1.15) EN EL TRATAMIENTO DE
PULPA DE COCONA (*Solanum tojiro*), PARA LA OBTENCION DE
MERMELADA**

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

NIDIA ALICE GONZALES LIMAY

Tingo María Perú

2 001



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 25 de octubre del 2001, a horas 6:00 pm., en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentada por la Bachiller en Ciencias Industrias Alimentarias: **Nidia Alice GONZALES LIMAY**.

“Poligalacturonasa EC. 3.2.1.15 en el Tratamiento de Pulpa de Cocona (*Solanum topiro*) para la Obtención de Mermelada”

Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, la declaran aprobada con el calificativo de **Bueno**, en consecuencia la Bachiller: **Nidia Alice GONZALES LIMAY**, queda apto para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art.22° de la Ley Universitaria 23733; los artículos 43° y 45° del Estatuto y los artículos 95° y 96° del Reglamento General de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, octubre 29 del 2001

Blgo. Julio Girardo Huayta
Presidente



Ing. Eduardo Cáceres Almenara
Vocal

Ing. Raida Matos Bustamante
Vocal

Ing. Pedro Peláez Sánchez
Asesor

Carmen B.

DEDICATORIA

A Dios por ser la luz que me alumbra
cada día y por ser amor y verdad

A los míos de hoy y siempre,
TINO y CELIA mi eterno
agradecimiento, por su ejemplo
de trabajo y sencillez, con, amor,
cariño y respeto de siempre, por
su comprensión y abnegado
esfuerzo hicieron posible que
llegará a ser profesional.

A mis hermanos: Silvia, Miller, Noemi,
Marco, Edwin, Mery, Lida y Rosa, con
el recuerdo de siempre por sus sabios
consejos

A mis sobrinos.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, Alma Mater

A la biblioteca de la UNAS y de la Facultad de Industrias Alimentarias.

Al Ing. MSc. Pedro P. Pelaez Sánchez, patrocinador del trabajo de investigación.

Por su valioso apoyo durante la culminación de mi carrera

Al Ing. Eduardo Caceres Almenara, gran amigo y orientador profesional

A cada uno de los docentes de la facultad de Industrias Alimentarias, porque este trabajo es el resultado de la formación recibida

A los trabajadores de la UNAS, todos mis hermanos; conocí en ellos las privaciones y la consecuencia, su causa es la mía

A quienes finalmente me expresaron solidaridad en esta tarea, le retribuyo aquí con gratitud

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la planta piloto de procesamiento de frutas y hortalizas E-.5 y en los laboratorios de: Análisis de Alimentos, Nutrición Animal, Bioquímica, Microbiología de Alimentos, Análisis Sensorial de Alimentos y Fitopatología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, el estudio se llevo acabo en el período comprendido entre Octubre de 2000 a Enero de 2001.

Se empleo como materia prima cocona (*Solanum topiro*) tipo aperada. Los objetivos planteados fueron los siguientes: Determinar el efecto de la enzima poligalacturonasa (PG) en las características reológicas de la pulpa de cocona, determinar los parámetros tecnológicos óptimos para la obtención de mermelada de cocona a partir de la pulpa tratada con la enzima (PG), determinar las característica físico – químicas, microbiológicas y organolépticas de la mermelada de cocona. Cuya finalidad fue disminuir el índice de consistencia (m) para mejorar las características organolépticas de la mermelada utilizando la enzima poligalacturonasa para el tratamiento enzimático de la pulpa. El trabajo se realizo en cuatro etapas: Caracterización de la materia prima, encontrándose un 1,36% de pectina, la segunda etapa consistió en la determinación de la actividad enzimática de la poligalacturonasa (PG) y obtención de la pulpa, encontrándose una actividad de 974,7U/ml a 30°C y pH 4,5, la obtención de la pulpa se realizó de acuerdo a trabajos ya existentes , la tercera etapa consistió en el tratamiento enzimático de la pulpa y elaboración de la mermelada, el

tratamiento enzimático de la pulpa consistió en hidrolizar la pectina presente en la pulpa a diferentes concentraciones de enzima (0,025%, 0,050%, 0,075%), tiempo (40, 50, 60 min), temperatura de actividad enzimática 50°C y pH 4,5, para cuantificarla actividad enzimática se evaluó el índice de flujo (n) e índice de consistencia (m). En la elaboración de mermelada se tuvo en cuenta los parámetros óptimos que fueran aceptables sensorialmente. La cuarta etapa consistió en caracterización de la mermelada.

Las conclusiones a las que se llegaron fueron las siguientes: Se determinó el efecto de la enzima Poligalacturonasa (PG) en la caracterización reológica (índice de flujo e índice de consistencia) de la pulpa de cocona, el índice de flujo tiende a aumentar de 0,2842 a 0,3704, en cuanto al índice de consistencia (m) tiende a disminuir de 13,239 (Pa*s)ⁿ a 4,5798 (Pa*s)ⁿ. Los parámetros óptimos más adecuados para la elaboración de mermelada con tratamiento enzimático de la pulpa fueron: concentración de Poligalacturonasa 0,025% (v/p), 50°C, 50 minutos y pH 4,5. Para el estandarizado: pH 3,5, relación 1/1 (Pulpa /Azúcar); concentrado 65° Brix.. La mermelada obtenida se caracterizó por tener un pH de 3,5, 65°Brix, Índice de consistencia (m) 100,593 (Pa*s)ⁿ e Índice de flujo (n): 0,4755, calificándose sensorialmente por su buena aceptación.

SUMMARY

The present research was developed in the pilot plant E-5 of processing of fruits and vegetables and in the laboratories: Analysis of Foods, Animal Nutrition Biochemistry, Food Microbiology, Sensorial Analysis of Foods and fitopathology of the university: Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo Maria, Perú, the study takes it end up in period understood among October from 2000 to January of the 2001.

It was used as raw material cocona (*solanum tojiro*) type pear. The outlined objectives were the following: Determine the effect of the enzyme polygalacturonase (PG) in characteristic rheology of the cocona pulp, to determine the good technological parameters for the obtaining of cocona marmalade starting from the pulp treated with the enzyme (PG), determine the characteristic organoleptic of the marmalade using the enzyme polygalacturonase for the enzymatic treatment of the pulp. The work one carries out in four stages: Characterization of the raw material, being 1.36% of pectin, the second stage consisted on the determination of the enzymatic activity of the polygalacturonase (PG) and obtaining of the pulp one already carries out according to works existent; the third stage consisted on the enzymatic treatment of the pulp and elaboration of the marmalade, the enzymatic treatment of the pulp consisted on hydrolysis the present pectin in the pulp to different enzyme concentrations (0.025%, 0.050%, 0.075%), time (40, 50, 60 min), temperature of enzymatic activity 50°C and pH 4,5 to quantify its enzymatic activity the index of

flow are evaluated (n) and index of consistency (m). In the elaboration of marmalade one kept sensorially in mind the good parameters that were acceptable. The fourth stage consisted on characterization of the marmalade.

The conclusions to those that were arrived were the followings: It was determine the effect of the enzyme Polygalacturonase (PG) in the characterization reology (index of flow in index of consistency) of the cocona pulp, the index of flow spreads the index to increase from 0.2842 to 0.3704 as for the index of consistency (m) it spreads to diminish of 13.239 (Pa*s)^n to 4057.98 (Pa*s)^n . The good bet appropriate parameters for the elaboration of marmalade with enzymatic treatment of the pulp were: concentration of polygalacturonase 0.025% (v/p), 50°C , 50 minutes and pH 4,5., for the one stndardized: pH 3,5 relationship 1/1 (pulp/sugar) concentration of marmalade was characterizes to have a pH of 3,5, 65°Brix , index of consistency (m) 100, 583 (Pa*s)^n and index of flow (n): 0.4755, being qualified sensorially by their good acceptance.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	2
A. ANTECEDENTES.....	2
B. ASPECTOS GENERALES DE LA COCONA.....	3
1. Origen.....	3
2. Clasificación Taxonómica.....	4
3. Descripción Botánica.....	4
4. Tipos.....	5
5. Clima y suelo.....	6
6. Producción.....	6
7. Características físico Químicas y valor nutricional de la pulpa de cocona.....	7
8. Importancia Económica potencial y comercialización.....	7
9. Utilización de la cocona.....	8
C. SUSTANCIAS PECTICAS Y ENZIMAS.....	8
1. Sustancias pécticas.....	8
2. Enzimas.....	10
a. Definición.....	10
b. Naturaleza de las enzimas.....	11
c. Enzimas pécticas o pectinasas.....	11
1)Poligalacturonasas (PG) (EC. 3. 2.1.15).....	12
2)Pectinesterasa (PE) (EC. 3.1.1.11).....	13
3)Pectin liasa (PL) (EC. 4.2.2.10).....	14

d.	Factores que afectan la actividad enzimática	15
	1)Efecto de la temperatura	15
	2)Efecto del pH y el estado iónico	17
	3)Efecto de la humedad	18
	4)Efecto de las radiaciones	18
	5)Efecto del tiempo	19
	6)Efecto de la concentración del sustrato	19
	7)Efecto de la concentración de enzima.....	20
	8)Sitio activo y especificidad enzimática.....	20
e.	Modo de acción de las enzimas pecticas.....	21
f.	Cinetica enzimatica	24
	1) Actividad enzimática.....	24
g.	Empleo de enzimas en el procesamiento de frutas.....	25
D.	ELABORACIÓN DE MERMELADA.....	28
	1. Definición.....	28
	2. Composición.....	28
	a. Ingrediente básicos	28
	b. Ingredientes facultativos.....	29
	3. Formulación.....	29
	4. Defectos en la elaboración de la mermelada	30
	a. Mermelada Floja.....	30
	b. Sinéresis (Llorar o sangrar).	31
	c. Cristalización.....	31
	d. Cambio de color.	31

e. Crecimiento de Mohos y Levaduras.....	32
5. Análisis de la mermelada.....	32
6. Conservadores químicos.....	33
7. Higiene.....	34
8. Etiquetado.....	34
E. ENVASES DE VIDRIO.....	35
F. TIPOS DE TAPAS.....	36
G. ASPECTOS REOLÓGICOS DE PULPAS Y ZUMOS DE FRUTAS.....	36
1. Reología.....	36
2. Aplicaciones.....	37
3. Viscosidad.....	37
4. Tipos de fluidos alimenticios.....	38
a. Fluido Newtoniano.....	38
b. Fluidos no Newtonianos.....	39
1) Fluidos tiempo independiente.....	40
III. MATERIALES Y METODOS.....	44
A. LUGAR DE EJECUCION.....	44
B. MATERIALES.....	44
1. Materia prima.....	44
2. Enzima Poligalacturonasa (E.C. 3.2.1.15).....	44
3. Equipos de laboratorio.....	45
4. Materiales de laboratorio.....	46
5. Reactivos y soluciones.....	47
6. Envases.....	47

C. MÉTODOS DE ANÁLISIS	48
1. Caracterización de la materia prima	48
a. Medidas biométricas.....	48
b. Análisis Químico proximal	48
c. Análisis Físico - químico.....	49
d. Análisis reológico.....	50
2 Determinación de la actividad enzimática de la poligalacturonasa (PG) y obtención de la pulpa de cocona	50
a Actividad enzimática.....	50
3 Tratamiento enzimático de la pulpa de cocona.....	50
a. Análisis reológico.....	50
4 Caracterización de la mermelada	50
a. Análisis físico químico	50
b. Análisis reológico.....	51
c. Análisis microbiológico	51
d. Evaluación sensorial.....	51
D. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	51
1 Caracterización de la materia prima	52
a. Medidas biométricas.....	52
b. Análisis Químico proximal	52
c. Análisis Físico - químico	52
d. Análisis reológico.....	52
2. Determinación de la actividad enzimática de la poligalacturonasa (PG) y obtención de la pulpa de cocona	52

a.	Actividad enzimática.....	52
b.	Obtención de la pulpa.....	52
3.	Tratamiento enzimático de la pulpa y elaboración de la mermelada.....	55
a.	Tratamiento enzimático de la pulpa	55
b.	Elaboración de la mermelada	55
4.	Caracterización de la mermelada	58
a.	Análisis físico químico de la mermelada	58
b.	Análisis microbiológico	58
c.	Evaluación sensorial.....	58
E.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	59
1.	Tratamiento enzimático de la pulpa.	59
2.	Efecto del pH en las características de la mermelada.....	61
F.	ANALISIS ESTADISTICO	62
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	63
A.	CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA.....	63
1.	Medidas biométricas.....	63
2.	Análisis químico proximal	64
3.	Análisis físico químico de la cocona	64
B.	DETERMINACION DE LA ACTIVIDAD ENZIMATICA DE LA POLIGALACTURONASA (PG) Y OBTENCION DE LA PULPA.....	66
1.	Actividad enzimática de la poligalacturonasa (PG),	66
2.	Obtención de la pulpa.....	67
C.	TRATAMIENTO ENZIMATICO DE LA PULPA Y ELABORACION DE LA MERMELADA	68

1. Tratamiento enzimático de la pulpa	68
2. Elaboración de la mermelada	78
D. CARACTERIZACION DE LA MERMELADA.....	81
1. Análisis físico químico	81
2. Análisis microbiológico	82
3. Análisis sensorial	82
V. CONCLUSIONES.....	84
VI. RECOMENDACIONES.....	85
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	86
VIII. ANEXOS.....	94

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Composición Físico química, valor nutricional de la pulpa de cocona para 100 gr de parte comestible	7
Tabla 2. Resultado del análisis físico químico de la mermelada del pedúnculo de marañón	33
Tabla 3. Comportamiento reológico de fluidos newtonianos y, no newtonianos	44
Tabla 4. Medidas biométricas promedio de la cocona	63
Tabla 5. Resultado del análisis químico proximal de la cocona	64
Tabla 6. Características físico químicas de la cocona en 100 gr de pulpa	65
Tabla 7. Resultados experimentales para la determinación de la actividad enzimática de la poligalacturonasa, [E] 0,1 ml PG/5ml.....	66
Tabla 8. Efecto del tratamiento enzimático sobre los parámetros reológicos de la pulpa de cocona	68
Tabla 9. Análisis de variancia del índice de flujo (n) de la pulpa (25°C, Viscosímetro Brookfield RVT, Spindle 4	71
Tabla 10. Prueba de tukey al 5% para el índice de flujo (n) con respecto a la concentración de enzima	72
Tabla 11. Análisis de variancia del índice de consistencia (m) de la pulpa (25°C, Viscosímetro Brookfield RVT, Spindle 4)	72
Tabla 12. Prueba de tukey al 5% para el índice de consistencia (m) con respecto al tiempo de actividad enzimática de la pulpa tratada con enzima	73

Tabla 13. Prueba de tukey al 5% para el índice de consistencia (m) con respecto a la concentración de enzima de la pulpa tratada con enzima	73
Tabla 14. Efecto de la concentración del enzima y tiempo de actividad enzimática en los parámetros reológicos (m, n) de la mermelada	74
Tabla 15. Análisis de variancia del índice de flujo (n) de la mermelada de cocona (25 °C, Viscosímetro Brookfield RVT, Spindle 6 y 5)	75
Tabla 16. Prueba de tukey al 5% del índice de flujo (n) de la mermelada	75
Tabla 17. Análisis de variancia del índice de consistencia (m) de la mermelada (25 °C, Viscosímetro Brookfield RVT, Spindle 6 y 5)	76
Tabla 18. Prueba de tukey al 5% del índice de consistencia (m) de la mermelada.	78
Tabla 19. Balance de materia y rendimientos por operación durante la obtención de mermelada , base 100 Kg. de cocona.	80
Tabla 20. Análisis físico químico de la mermelada de cocona	81
Tabla 21. Resultados de la evaluación sensorial de la mermelada de cocona con hidrólisis enzimática en la pulpa	83
Figura 1. Acción de las pectinasas sobre la pectina	22
Figura 2. Curvas típicas para los fluidos independientes del tiempo	41
Figura 3. Diagrama de flujo para el acondicionamiento de la pulpa	53
Figura 4. Diagrama de flujo para la elaboración de mermelada de cocona mediante hidrólisis enzimática de la pulpa	56
Figura 5. Diseño experimental para el tratamiento enzimático de la pulpa de cocona	60

Figura 6. Diseño experimental para la elaboración de mermelada de cocona	61
Figura 7. Actividad enzimática de la poligalacturonasa	67
Figura 8. Efecto del tiempo de actividad enzimática con respecto al índice de consistencia (m) de la pulpa tratada con enzima Poligalacturonasa	70
Figura 9. Efecto del tiempo de actividad enzimática en la mermelada con respecto al índice de consistencia (m) a 0.025% de PG	77
Figura 10. Diagrama de flujo para la obtención de mermelada de cocona, mediante hidrólisis enzimática	79

I. INTRODUCCIÓN

La cocona (*Solanum tojiro*), es un arbusto tropical originario del Alto Orinoco que se extiende por la Amazonia del Perú, Brasil, Colombia, Bolivia y Venezuela. Su cultivo tiene importancia especialmente en la región de la Selva del Perú, ya que los habitantes de esta zona lo consumen en forma de jugos, dulces y ensaladas constituyendo fuente de vitaminas y minerales.

En el Perú en la Selva Peruana existe una considerable producción de cocona alcanzando 6 200 T.M./año, la cual puede servir como materia prima para la obtención de mermelada, néctar, zumo y otros realizando el tratamiento enzimático de la pulpa para mejorar sus características organolépticas.

El presente trabajo de investigación presenta una alternativa tecnológica mediante el uso de la enzima Poligalacturonasa (E.C. 3.2.1.15) en el tratamiento de pulpa de cocona para elaborar mermelada, el estudio se llevo acabo en el período comprendido entre Octubre de 2000 a Enero de 2001. considerándose los siguientes objetivos:

1. Determinar el efecto de la enzima poligalacturonasa (PG) en las características reológicas de la pulpa de cocona.
2. Determinar los parámetros tecnológicos óptimos para la obtención de mermelada de cocona a partir de la pulpa tratada con la enzima (PG).
3. Determinar las características, físico – químicas, microbiológicas y organolépticas de la mermelada de cocona.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

A. ANTECEDENTES.

Se estudió las posibilidades de industrialización de la cocona (*solanum topiro*), la primera parte del estudio presenta información técnica de las posibilidades de industrialización de la cocona en diferentes líneas de producción (néctares, jugos y mermeladas). Para así contribuir al desarrollo de la industria conservera en la Amazonía. Manifiesta que la mermelada con 8 g de pectina/kg es mejor en cuanto al color, olor, sabor y aspecto general comparado con la mermelada con 12 g de pectina/kg, lo que disminuye su aceptación por la formación de un gel muy rigido (Espinoza, 1975).

En la conservación química de la pulpa de cocona (*solanum topiro*), el método de estudio del trabajo de investigación comprendió tres partes: la primera parte comprende caracterización y análisis físico, químico proximal de la materia prima. En la segunda parte se estudió la determinación del flujo óptimo por tratamiento químico, permaneciendo en buen estado las características de la pulpa afirmando que puede conservarse dicha pulpa con sinergismo (benzoato de potasio y- bisulfito de sodio) 25 y 75%, respectivamente, y la tercera parte consistió en el control físico químico, químico proximal, microbiológico, reológico (fluido newtoniano) y sensorial de las pruebas finales o definitivas del producto obtenido durante el almacenamiento (Ríos ,1995).

La utilización de Poligalacturonasa (E.C.3.2.1.15), en el tratamiento de pulpa de plátano (*musa sp.*) para la obtención de zumo, con la finalidad de determinar el efecto de la enzima PG sobre la pulpa, se utilizó siete (7) tipos de plátanos (*musa sp.*) al estado maduro, del cual se seleccionó el plátano Isla, por su mejor rendimiento en zumo, con un índice de madurez de 57, con un contenido de humedad de 72.76% y de 24.98% de carbohidratos. La actividad de la poligalacturonasa fue de 292 U/ml. a 30°C y un pH 5, 0, utilizando el método Iodométrico. El mejor resultado se obtuvo al hidrolizar la pulpa con 0.03 % de PG, a 50°C/90 minutos y un pH de 4.0; ya que es el mas estable y con muy poca sedimentación. Con el cual se logró un rendimiento del 76% después del prensado y 66.86% después del centrifugado, en base a la pulpa acondicionada (León, 1999).

B. ASPECTOS GENERALES DE LA COCONA

1. Origen

La cocona, (*solanum tojiro*), parece ser nativa de las vertientes orientales de los Andes del Perú, Ecuador y Colombia, especialmente el primero de ellos. Se le encuentra de manera natural entre los 200 y 1000 m.s.n.m. (Villachica, 1996).

La cocona es un arbusto tropical originario del Alto Orinoco que se extiende por toda la Amazonía del Perú, Brasil y Colombia (Calzada, 1980).

2. Clasificación Taxonómica

Según Calzada (1980), la cocona (*solanum topiro*), tiene la siguiente clasificación botánica:

División	:	teacheophyta
Sub división	:	Pteropsida
Clase	:	Angiospermae
Sub clase	:	Dicotiledoneas
Orden	:	Tubiflorales
Familia	:	Solanáceas
Género	:	(<i>solanum topiro</i>)
Nombre Común	:	Cocona

En el Ecuador, Colombia y Perú, es conocido como Cocona y en Venezuela como Topiro.

3. Descripción Botánica

La cocona es una planta de crecimiento rápido, al principio herbácea y después se toma semileñosa. Alcanza hasta dos metros de altura, tallo cilíndrico con abundante pubescencia, la hoja de 30 a 50 cm. de largo y de 20 a 30 cm. de ancho, el fruto varía desde casi esférico u ovoide hasta ovalado, con 4 a 12 cm, de ancho y de 3 a 6 de largo, pesa entre 24 y 250 gr, normalmente esta cubierto de pubescencia blancuzca, fina y suelta, las cuales son mucho menos notorios en las frutas de color rojizo, la cascara es suave y rodea la pulpa y mesocarpio, grueso, amarillo y oscuro. Las cuatro celdas están llenas de semillas, envueltas con un mucílago claro,

tiene fragancia a sabor especial ligeramente ácido, sin dulce, la semilla es parecida a la del tomate (Villachica , 1996).

La planta ramifica desde cerca del suelo, las hojas son ovaladas grandes, con lóbulos acuminados, con pubescencia blancuzca. la base de la lámina desigual, con un lado más alto que el otro. Las flores miden de 4 a 5 cm de diámetro. Se presenta en racimos axiales y cortos, son predominantemente alógamas; tienen 5 sépalos y 5 pétalos de color claro o ligeramente amarillos, la corola tiene forma de estrella de 5 lóbulos. La cáscara es suave como la del tomate y la pulpa es amarillo paja y tiene fragancia y sabor suigenerisis (ni ácido, ni dulce), la mayor parte de las siembras se hace con semillas (Calzada, 1980).

4. Tipos.

Rodríguez (1984), nos hace notar la existencia de variedades de cocona, diferenciándose cuatro tipos clásicos de frutos:

- a. pequeño : De color lila rojizo.
- b. Mediano : De color Amarillento
- c. Redondo : De color Amarillo y forma de manzana
- d. Aperada : De forma de Pera.

5. Clima y suelo

Crece en zonas con temperaturas medias entre 18 y 30°C, sin presencia de heladas y una precipitación pluvial entre 1,500 y 4,500 mm por año. Esta adaptado tanto en suelos ácidos o neutros de pH 4,0 a 7,0 de baja fertilidad y buena fertilidad, con textura desde arcillosa hasta arenosa (Villachica, 1996).

6. Producción

La especie tiene además la ventaja de su precocidad ya que se inicia su producción a los 6 meses del transplante. La productividad es alta, pudiendo llegar a 80 - 100 TM/has en condiciones de cultivo altamente tecnificados (Villachica, 1996).

La producción de la cocona varía de 10 a 20 Kg de fruta por planta, requiriendo aproximadamente un periodo de 7 meses desde la siembra, hasta la primera cosecha, después de la cual esta puede continuar por varios meses (Espinoza, 1984).

La producción de cocona a nivel nacional el año 1999, fue 6 200 T.M./año siendo, los mayores productores Madre de Dios con 5 317 T.M./año y Loreto con 352 T.M./año, seguido por San Martín, Ucayali y Junín con una producción de 269, 185 y 75 T.M./año respectivamente (MINAG-OIA, 1998).

7. Características físico Químicas y valor nutricional de la pulpa de cocona

Tabla 1. Composición físico Química, valor nutricional de la pulpa de cocona para 100 gr de parte comestible.

Componentes	%	Componentes	%
Humedad	92.5	Cenizas	0.7
Sólidos totales	7.5	Calcio (mg)	7.5
Sólidos - solubles	4.1	Fósforo (mg)	4.1
Acidez titulable	3.05	Fierro (mg)	3.05
Indice de madurez	2.2	Vitaminas	2.2
pH	3.83	• Caroteno (mg)	3.83
Azúcares reductores	1.09	• Tiamina (mg)	2.80
Valor energético	8.98	• Rivo flavina (mg)	1.09
Proteínas(NX6.25)	0.9	• Niacina (mg)	8.98
Fibra	0.92	Ac. Ascórbico (mg)	4.50

Fuente: Manayay (1986) ;Villachica (1996).

La cocona contiene 87.58% de humedad, 1.94% de proteína, 1.80% de grasa, 5.86% de glucidos, 0.90% de fibra, 1.08% de ceniza y 11 mg/100 de vitamina C (Herrera, 1971).

8. Importancia Económica potencial y comercialización

El mercado actual es de consumo local, sin embargo existe un mercado de exportación para los jugos y néctares, que no es satisfecho por falta de materia prima. Así mismo, existe un buen potencial para producir diferentes productos industrializados de cocona, los cuales posiblemente

tendrán un buen mercado de consumo en los países Amazónicos y de explotación fuera de la región (Villachica, 1996).

9. Utilización de la cocona

Se utiliza en la elaboración de jugos y néctares, pero también tiene un alto potencial para usarse en la elaboración de ensaladas y como complemento en las comidas típicas en la selva peruana. También se utiliza en la preparación de encurtidos, compotas dulces como si fuese durazno, y en mermeladas y jaleas. Los nativos Waorani utilizan el jugo para limpiar y dar brillo al cabello. La planta hervida es frotada sobre las mordeduras de arañas para cicatrizar las heridas (Villachica, 1996).

C. SUSTANCIAS PECTICAS Y ENZIMAS

1. Sustancias pécticas

La protopectina es la lámina media de las células vegetales, consiste de protopéctina más otros constituyentes, la cual cuando es hervida en solución ácida (fruta); tal como en la manufactura de jalea, es hidrolizada a pectina soluble. La protopectina es precursor insoluble de la péctina. El cambio puede ser llevado por hidrólisis enzimática o ácida (Norman, 1999).

La pectina es un coloide cargado negativamente la adición de azúcar influencia el equilibrio Pectina - Agua. Ella establece y conglomera una

mallas de fibra. Esta estructura es capaz de soportar líquidos. La continuidad de la malla formada por la pectina y de las fibras formadas son establecidas por la concentración de pectina. La rigidez de la malla está influenciada por la concentración de azúcar y la acidez. La flexibilidad de las fibras en la estructura está controlada por la acidez del sustrato, condiciones muy ácidas resulta una estructura flexible de gel o destruye la estructura por acción de la hidrólisis de la pectina. La baja acidez da fibras débiles incapaces de soportar el líquido y el gel se rompe. Las pectinas son un grupo especial de sustancias responsables de la formación del gel, se encuentran en cantidades tan abundante que a menudo forman canales anchos, apartando entre sí a las células, al ser un coloide hidrofílico, la pectina tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de agua (Robinson, 1991; Braverman, 1980).

Las sustancias pécticas son polímeros del ácido D - galacturónico unido por el enlace (1,4) - α - glucosídico, la cantidad de material péctico varía con cada fruta y con los tejidos de la fruta en particular, la cáscara, el área central, son las fuentes más ricas en pectinas que el tejido parenquimatoso, la savia celular constituye el jugo de la fruta extraído en frío rara vez contiene pectina. La proporción de protopectina, pectina y ácido péctico en una fruta varía con su madurez. La protopectina produce una pectina dispersable en el agua cuando el tejido de la fruta se extrae con agua caliente. A medida que la fruta se acerca a la madurez, el contenido de protopectina disminuye y predomina la pectina dispersable

en agua. En los ácidos pécticos, los grupos carboxilo de los residuos del ácido galacturónico en el polímero, no están esterificados, forman sales al igual que otros ácidos, se depositan en el tejido de la planta como pectato de calcio o magnesio. Los ácidos pectínicos (llamado pectina), tienen grupos metílicos esterificados en alguno de los grupos carboxilo a lo largo del polímero del ácido galacturónico (Badui, 1994).

2. Enzimas

a. Definición

Las enzimas son catalizadores bioquímicos, cuya acción consiste, como todo catalizador abatir la energía de activación lo que tiene por efecto acelerar la reacción, cuya velocidad se encuentra multiplicada por un factor del orden de 10^{12} - 10^{20} . Todos son macromoléculas que corresponden a la clase de proteínas globulares. Algunas son holoproteínas constituidas únicamente por un encadenamiento de ácidos aminados; otras son heteroproteínas, que posee una parte no proteica, el cofactor (Adrián, 1990; Braverman, 1980).

Mucha enzimas requieren de un componente no proteico llamado cofactor para su actividad, los cofactores que se encuentran fuertemente unidos a la enzima a menudo se le denomina grupo prostetico. La enzima que contiene el cofactor o grupo prostetico se conoce como holoenzima (activa), en tanto que la enzima que carece del cofactor se denomina apoenzima (inactiva) (Scragg, 1996).

b. Naturaleza de las enzimas

La enzima está ampliamente distribuido en las plantas y lo producen los hongos (*Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporun*), levaduras, bacterias y algunos vegetales, como tomates, cebollas y frutas cítricas (Robinson, 1991; García y Lopez , 1993).

A temperaturas elevadas (70- 90°C) se inactiva esta enzima y elevadas concentraciones de azúcar inhiben a la pectin esterasa (Braverman, 1980).

c. Enzimas pécticas o pectinasas

Las enzimas pécticas son enzimas que hidrolizan las sustancias pécticas, las sustancias pécticas son un grupo de polisácaridos vegetales en el cual el ácido D – galacturónico es el principal componente. La estructura básica de esta familia de compuestos está formada por moléculas de ácido D - galacturónico unidas por enlaces glucosídicos α - D - (1,4), en donde algunos de los carboxilos pueden estar esterificados con grupos metilos en forma de sal. Las pectinas por definición, son los ácidos pectínicos con diferente grado de esterificación, son solubles en agua y tienen capacidad de formar geles en presencia de ácidos, sales y azúcares (Badui, 1994).

La determinación del aumento del poder reductor y la medida de la disminución de La viscosidad son dos métodos utilizados para determinar la actividad de la poligalacturonasa (Bráverman, 1980; Badui, 1994; Fennema, 1993).

Las enzimas pecticas se pueden clasificar en:

1) Poligalacturonasas (PG) (EC. 3. 2.1.15)

Esta enzima es de naturaleza microbiana (*Basillus*, *Aspergillus*, *Penicillum chrysogenum*) y vegetal, que rompe los enlaces glucosídicos α -(1,4) de la cadena no esterificada de la pectina y transforman en oligogalacturónico, o ácido galacturónico monómero, reduciendo considerablemente su viscosidad (Adrian,1990).

El rompimiento de los enlaces glucosídicos α -(1,4) de la pectina se da por una acción que se puede llevar acabo tanto en el interior del polímero (endo) como a partir de los extremos (exo); cuando lo hacen en la primera forma, rompe la cadena de la pectina al azar produciendo un ligero incremento de grupos terminales reductores y una fuerte reducción de viscosidad de la solución de sustrato, y cuando actúan en la segunda manera, producen moléculas libres de ácido galacturónico y la viscosidad no se afecta tanto; junto con la pectinmetilesterasa integran el sistema de pectinasas de las frutas. La acción de la

pectinmetilesterasa produce un mayor número de carboxilo libres que pueden interaccionar a través de iones divalentes como el calcio, para establecer estructuras tridimensionales rígidas que aumentan la dureza de los frutos que la contienen. (Badui, 1994).

La PG Hidroliza los enlaces glucosídicos próximos a los grupos carboxilos libres, en consecuencia pectinas de alto grado de metilación (HM) son difícilmente atacados, mientras que pectinas de bajo grado de metilación (LM) son fácilmente atacados, siendo el pectato el mejor sustrato, su pH óptimo está entre 4,0 y 5,5. Todas ellas son activas en presencia de ClNa y algunas también además por los iones Ca^{2+} (Primo, 1998; Bráverman, 1980; Belitz, 1988).

2) Pectinesterasa (PE) (EC. 3.1.1.11)

La pectinesterasa desmetoxila las cadenas pécticas a ácidos pécticos, esta enzima es una esterasa específica que solo hidroliza los grupos carboxilo esterificados de la pectina, esta enzima está ampliamente distribuido en las plantas y lo producen los hongos (*Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum*), levaduras, bacterias y algunos vegetales, como tomates, cebollas y frutas cítricas. Hidroliza los enlaces éster metílico, liberan metanol y producen pectinas de bajo metoxilo e incluso ácido poligalacturónico; son las más abundantes e importantes en las

frutas, sobre todo en los cítricos como la naranja (Badui, 1994).

La enzima fúngica tiene un pH óptimo cerca de 4,5, mientras que la PEs de plantas y bacterias tienen un pH óptimo cerca de la neutralidad, se han estudiado tres formas de PEs, extraídas de naranja Navel, las cuales muestran considerables diferencias en la estabilidad térmica; la PE II es inactivada rápidamente a 60°C, la PE I a 70°C, pero la PE de elevado peso molecular requiere una temperatura de 90°C para una rápida inactivación (menos de dos minutos) (Versteg, et al 1980).

3) Pectín liasa (PL) (EC. 4.2.2.10)

Son liasas de mayor importancia en la tecnología de los alimentos; su acción produce dobles ligaduras entre los carbonos 4 y 5 de la molécula de ácido D-galacturónico, lo que trae como consecuencia el rompimiento del enlace glucosídico y la reducción de la viscosidad de las dispersiones de pectinas. Su pH óptimo es entre 5,6, pero la adición de iones de calcio algunas veces permite la aparición de un segundo óptimo a pH 8 (Badui, 1994).

La ruptura de los enlaces glicosídicos α (1,4) de los residuos de metilgalacturonato está catalizada por las endopectin liasas. El modo de acción de esta enzima implica la transeliminación de un protón del átomo de carbono 5 de un residuo urónico y la ruptura

simultánea del enlace glicosílico adyacente. La enzima se encuentra en plantas superiores y en los microorganismos y es capaz de emplear como sustrato a pectinas menos metoxiladas (Róbinson, 1991)

d. Factores que afectan la actividad enzimática

Hay numerosos factores que afectan la actividad enzimática. Entre los más importantes tenemos:

1) Efecto de la temperatura

Muchas reacciones químicas transcurren a una velocidad mayor si la temperatura aumenta, un aumento en la temperatura comunica más energía cinética a las moléculas del reactivo, dando más colisiones eficaces por unidad de tiempo, las reacciones catalizadas enzimáticamente se comporta análogamente hasta cierto tiempo (Segel, 1982).

A medida que aumenta la temperatura, ocurren dos reacciones simultáneas:

- La velocidad de reacción aumenta como sucede en la mayoría de las reacciones químicas.
- La estabilidad de las enzimas disminuye por inactivación térmica (Quintero, 1987)

Las enzimas son moléculas proteicas complejas, su actividad catalítica se debe a una estructura terciaria altamente ordenada y exacta que yuxtapone a los grupos R- de aminoácidos específicos. La estructura terciaria de una enzima se conserva en primer lugar por un gran número de enlaces débiles no covalentes, es decir una molécula de enzima es una estructura frágil y muy delicada. Si la molécula absorbe demasiada energía, la estructura terciaria se rompe y la enzima se desnatura, perdiendo actividad catalítica (Segel, 1982)

Al principio de la desnaturación los enlaces hidrófobos, iónicos y electrostáticos se debilitan y ante un aumento en la energía cinética permite en conjunto la rotación de las uniones, lo que cambia la posición normal de los grupos radicales importantes. La temperatura óptima para la mayoría de las reacciones enzimáticas con pocas excepciones está entre 30 y 45°C, donde la actividad es máxima, en casi todas las enzimas la velocidad de reacción se duplica o triplica cuando la temperatura se incrementa en 10°C, pero cuando las temperaturas son superiores a 55°C la mayoría de las enzimas, pero no todas, se desnaturan y unas pocas muestran desnaturación cuando se enfrían aproximadamente a 5°C (Quintero, 1987; Schmidt - Hebbel, 1982; Badui, 1994).

2) Efecto del pH y el estado iónico

El efecto del pH en la actividad enzimática establece el requerimiento de que grupos críticos del centro activo, deben estar en el estado de ionización correcta para que la reacción transcurra (Gacesa, 1991)

Todas las enzimas son sensibles a las variaciones de la concentración de H^+ para la cual la actividad enzimática es máxima (Scriban, 1988)

Los sitios activos de las enzimas se componen a menudo de grupos ionizables que deben encontrarse en la forma iónica adecuada, con el fin de mantener la conformación del sitio activo, unir los sustratos o catalizar la reacción, además uno o más de los sustratos pueden contener grupos ionizables y solamente una forma iónica del sustrato puede unir al enzima o experimentar la catálisis. El factor que más influye es la titulación de los grupos ionizables que mantienen la carga en la superficie, actúan en el sitio activo o estabilizan la enzima; cualquier modificación debido al pH altera estas condiciones, es decir existe un pH óptimo para la enzima (Segel, 1982; Quintero, 1987).

Las ionizaciones del sustrato o del producto deben considerarse ya que afectan la velocidad de reacción (Scriban, 1988).

3) Efecto de la humedad

Las enzimas son proteínas globulares solubles en agua y las reacciones enzimáticas se efectúan en su mayor parte en medio acuoso. Los alimentos que son protegidos del desarrollo microbiano por aplicación de diferentes tratamientos de deshidratación, sufren degradaciones enzimáticas a pesar de su bajo contenido de agua que conducen a la aparición de olor y sabor desagradable. En estos casos el disolvente de la enzima que habitualmente es el agua, es secundario y no es indispensable. Pero siempre el agua interviene en todas las reacciones de hidrólisis como segundo sustrato, en este caso el factor a considerar no es en realidad el tener en agua, sino la actividad del agua en el medio (Scriban, 1988).

4) Efecto de las radiaciones

Las radiaciones del tipo electromagnético, o corpuscular pueden tener una acción desnaturalizante sobre las enzimas, esto es provocado por la ruptura de enlaces; desaminación y descarboxilación de los residuos de ácidos aminados o la ruptura de enlaces peptídicos, o sea directamente modificando las características físicas del medio (Scriban, 1988)

La inactivación por luz ultravioleta se debe a la fotólisis de grupos disulfuro y aromático de los aminoácidos que constituyen las

proteínas. Estos efectos sobre las enzimas son de escaso rendimiento, por lo que la luz ultravioleta no es de aplicación práctica, desde este punto de vista, en la tecnología alimentaria (Schmidt - Hebbel, 1982).

5) Efecto del tiempo

Cuando se efectúa una reacción enzimática, se observa un aumento en la concentración del producto y una disminución en la concentración del sustrato hasta que la reacción termina o alcanza su punto de equilibrio. El cambio observado en la concentración inicial respecto al tiempo se denomina velocidad inicial de reacción y en general se expresa en Unidades Internacionales o en moles de producto por minuto (Quintero, 1987).

6) Efecto de la concentración del sustrato

En una reacción enzimática se pueden distinguir tres etapas, en la primera una enzima (E) se mezcla con un sustrato (S) y la reacción entre ellos produce el complejo enzima - sustrato (ES); esta interacción es tan rápida que resulta difícil estudiarla sin equipos. El producto (P) aumenta simultáneamente con el aumento de ES hasta este régimen estacionario, momento en que la velocidad de deformación del producto es constante. Esta velocidad constante de deformación se denomina velocidad inicial de reacción (Quintero, 1987)

7) Efecto de la concentración de enzima

Para el procesamiento de alimentos es importante seleccionar la alta especificidad y actividad. Una actividad alta en las enzimas es importante de manera que se pueden utilizar solo en pequeñas cantidades (Rosario, 1998).

8) Sitio activo y especificidad enzimática

Cuando una enzima reacciona con su sustrato, sólo ciertas regiones de la molécula de proteína, conocidas como "sitios activos", participan en el proceso, los sitios activos consisten en grupos especiales de residuos de aminoácidos, cercanos entre sí debido a la secuencia y al plegamiento particular de la proteína enzimática, la existencia de un complejo enzima-sustrato se dedujo a partir de:

- El alto grado de especificidad que presentan los enzimas
- La forma de la curva de velocidad frente a concentración de sustrato.
- El hecho de que frecuentemente los sustratos protegen a las enzimas de la inactivación.

El alto grado de especificidad explica que el enzima posee esta región llamada sitio activo, que es complementaria en tamaño, forma y naturaleza química de la molécula del sustrato. El sitio activo de una enzima ocupa solo una porción muy pequeña de la molécula, de hecho puede haber solamente una docena, más o

menos, de residuos de aminoácidos rodeando la cavidad de absorción y, de estos, dos o tres pueden realmente participar en la unión con el sustrato y/o en la catálisis (Bráverman, 1980; Segel, 1982).

Dos características estructurales determinan la especificidad de una enzima por su sustrato:

- El sustrato debe poseer el enlace químico específico o unión, que debe ser atacado por la enzima.
- El sustrato debe poseer habitualmente algún otro grupo funcional, un grupo de unión, que se une a la enzima y ubica en posición a la molécula de sustrato de modo que el enlace susceptible se disponga apropiadamente en relación al sitio activo de la enzima (Schmidt-Hebbel, 1982).

e. Modo de acción de las enzimas pecticas

Cuando se agregan pectinasas, la viscosidad disminuye y las partículas van a ser eliminadas fácilmente, dejándolas sedimentar, centrifugando el líquido o filtrándolo. Por otra parte, el tratamiento aumenta el rendimiento en jugo de la fruta prensada, pues al apretarla se forma una masa semigelificada que carece de microcanales por los que pueda fluir el zumo. Las pectinasas destruyen el gel y dan lugar a que el líquido corra libremente, mientras los sólidos remanentes, insolubles, forman una pulpa que es

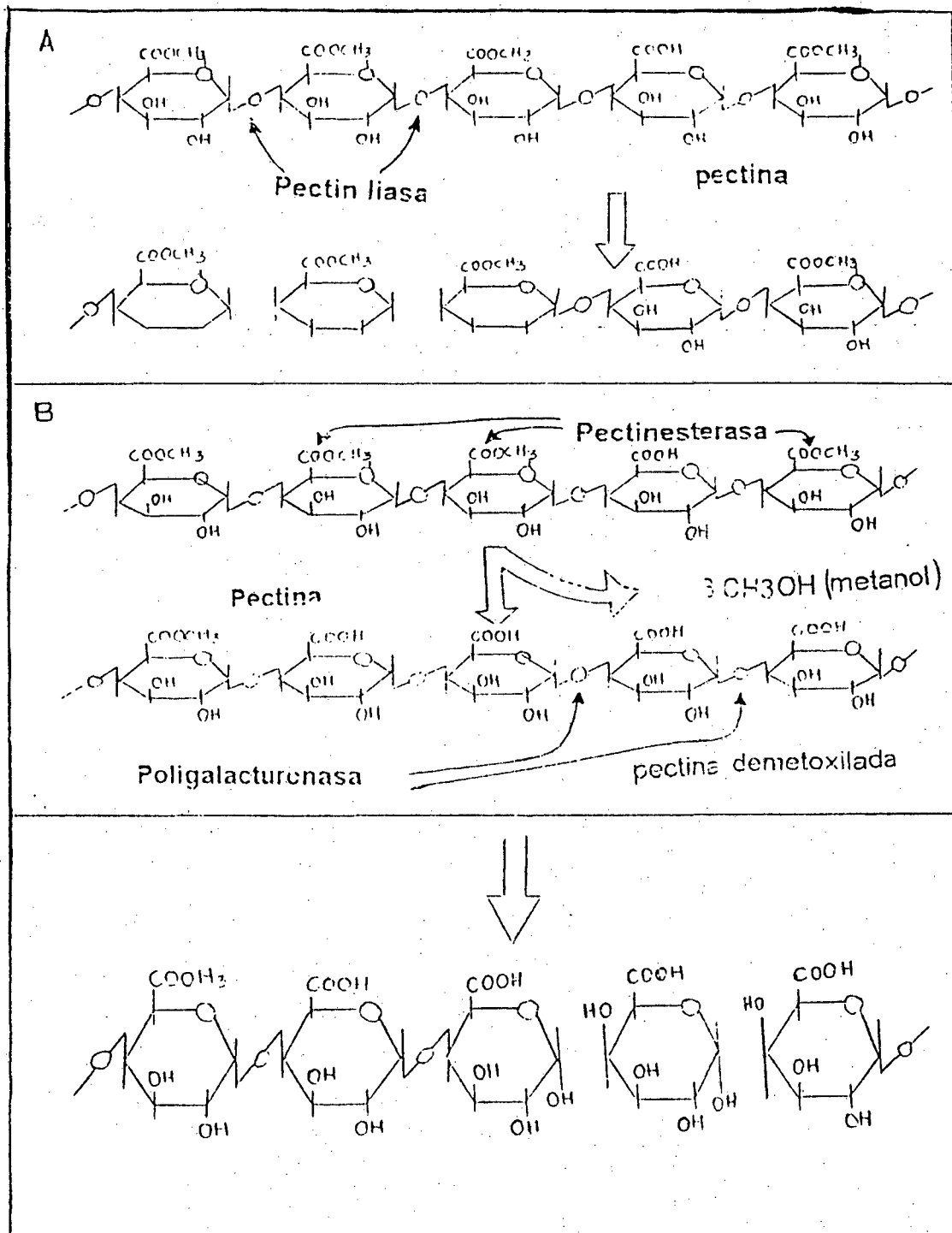


Figura 1. Acción de las pectinasas sobre la pectina. A) Efecto directo de la pectinliasa. B) efecto de la poligalacturonasa sobre la pectina previamente demetoxilada por la pectinesterasa

Fuente: Silvia et al (1996)

fácil de prensar. En los extractos comerciales de pectinasas usados para la fabricación de jugos de fruta coexisten tres enzimas: la Pectinliasa, la Poligalacturonasa y la Pectinesterasa. La pectina es un polisacárido constituido principalmente por la unión de muchas moléculas de ácido galacturónico (el derivado ácido de la galactosa) parcialmente metoxilado (es decir, con los grupos H del ácido reemplazados por CH₃, denominados metilos). La Figura 1 muestra los puntos de ataque (la unión química que se rompe) de las diversas pectinasas. La pectinliasa actúa sobre la pectina; las pectinesterasas remueven los grupos CH₃, por lo que se las denomina enzimas demetoxilantes, y la poligalacturonasa actúa solamente si la pectina ha sido previamente desprovista de los metilos por acción de las pectinesterasas. Como se observa en la Figura 1, la demetoxilación de la pectina por la pectinesterasa libera metanol (o alcohol metílico), que queda en el jugo; se trata de un caso típico de generación de una sustancia tóxica como parte del procesamiento de un alimento. Por lo general, los jugos se concentran, por calentamiento o por ultrafiltración, en el lugar de producción, para reducir el flete; luego se los diluye y envasa cerca de los sitios de venta. Aquellos que fueron sometidos a este proceso de concentración y dilución suelen llevar un rótulo que así lo indica y tienen la ventaja de haber perdido casi totalmente el metanol, junto con algunos compuestos aromáticos, debido al concentrado, distribuidos directamente al público luego de ser prensada la fruta y aclarado el zumo: son los que conservan el

metanol y, por ende, expondrían a los grandes bebedores de zumo a riesgos de los que aún se sabe poco (Silvia *et al*, 1996).

f. Cinética enzimática

El objetivo de la cinética enzimática es el estudio de las enzimas en su funcionamiento. Se propone en particular, establecer las reacciones que existen entre la velocidad de la reacción enzimática y de las concentraciones del sustrato (S) y de la enzima (E), así como la influencia de algunos factores: pH, temperatura, presencia de efectores y eventualmente actividad de agua (Scriban, 1988)

A una concentración de enzima constante [E], la velocidad de la reacción catalizada por la enzima se incrementa conforme aumenta la concentración de sustrato [S], hasta llegar a una velocidad máxima (V. máx). Esto es debido a la saturación del sitio activo de la enzima con la formación de un complejo enzima - sustrato (ES), la cual es una etapa esencial en la formación del producto(P) (Atkinson, 1985).

1) Actividad enzimática

La potencia o actividad de una enzima no puede medirse en términos de su concentración, ya que puede estar en forma desnaturalizada y sin funcionalidad por esta razón se emplea la unidad Internacional de Actividad Enzimática, definida como la cantidad de enzima que se requiere para transformar un micromol

de sustrato por minuto (Badui, 1994).

Un gran problema para los enzimólogos es cuantificar la actividad o concentración de una enzima, la única manera para detectar la actividad enzimática es evaluando lo que hace sobre su sustrato específico. Por tanto la única forma de medición de la actividad o cantidad de una enzima, es por determinaciones en los cambios en su sustrato bajo condiciones controladas (Furia, 1972).

g. Empleo de enzimas en el procesamiento de frutas

La tecnología moderna se orienta al uso de una gama, cada vez más amplia de materias primas y al aprovechamiento integral de estas; esto origina una gran variedad de productos terminados, lo que ha sido posible gracias a las innovaciones de procesos y equipos. En muchos de los procesos modernos, se utilizan enzimas como celulasas, pectinasas, amilasas y proteasas. Estas enzimas catalizan la degradación de los constituyentes de las paredes celulares tales como la celulosa, hemicelulosa, pectina, almidón y proteína (Bráverman, 1980; Fenema, 1993 ; Fellows, 1994).

La enzima más utilizada en el tratamiento de las frutas es la pectinasa (Poligalacturonasa E.C: 3.2.1.15), que se añade al zumo durante el procesado junto con la hemicelulasa, celulasas y/o enzimas amilolíticos. La pectinasa degradan los enlaces (1,4) α -D-

galacturónicos de la pectina, componente estructural de las frutas. El tratamiento con pectinas reduce la viscosidad del zumo y permite la obtención de un producto más concentrado y estable. Las preparaciones de pectinasa son usualmente una mezcla de endo y exo polimetilgalacturonidasas (Wiseman, 1991).

Se usa en la extracción y clarificación y filtración de diversos jugos de frutas y de vinos, así como en la elaboración de purés y concentrados frutícolas. En los últimos años se ha propuesto usar una mezcla de pectinasas y de miel para la clarificación de jugo de manzana, ya que existe una acción sinergista entre ambas; sin embargo parece ser el efecto de la miel no se debe a alguna acción enzimática, sino al de la proteína que contiene y que forma un complejo con las pectinas que tienden a precipitar (Badui, 1994).

Las ventajas tecnológicas del uso de enzimas pécticas en el procesamiento de jugos de frutas se han demostrado en muchos estudios, ya que permiten un flujo más rápido de jugo, mejoran la producción, facilitan la filtración y permiten una gran clarificación (Lao *et al*, 1997).

Sankho *et al* (1998), Menciona que las enzimas pectolíticas permiten la extracción, clarificación, liquefacción, maceración y estabilización de jugos turbios.

El uso de pectinliasas y poligalacturonasas con bajo contenido de actividad de pectinesterasa, permite obtener células intactas en susensión, también se ha demostrado que mejora la estabilidad de néctares turbios de mango o guaba, con el uso de preparados enzimáticos que contiene poligalacturonasa, pectinliasa celulasas y hemicelulasas, pero ocurren cambios cuantitativos en los compuestos volátiles de frutas tropicales (Sankho *et al.*, 1998).

Los preparados enzimáticos de pectinasas pueden afectar los componentes relacionados con la calidad sensorial, como es el caso de vinos elaborados con uvas fueron tratadas enzimáticamente con pectinasas, demostrándose mediante el análisis sensorial que los vinos elaborados con uvas no tratadas enzimáticamente, fueron de alta calidad, el tratamiento enzimático incrementa el contenido libre de ácido hidroxícinnámico y disminuye el contenido de éster del ácido tartárico, además presenta bajos niveles de compuestos vinílicos y altos niveles de alcohol isoamílico (Lao *et al.*, 1997).

El tratamiento enzimáticos de pulpas de frutas y desechos, se pueden utilizar enzimas de diferente grado de pureza, por ejemplo un preparado de pectin liasa de *Aspergillus niger* (Sigma, St Luis, MO) que contiene endo poligalacturonasa y endo pectin liasa y preparaciones enzimáticas industriales obtenidas de Roham Darmstadt, Germany: Rohament PC, Rhoaspect TF de *Aspergillus niger*. También tenemos el preparado comercial de enzimas pecticas Citolase 446 (Biocatalysis LTD, UK) (Lao *et al.*, 1997; Sankho, 1998).

D. ELABORACIÓN DE MERMELADA

1. Definición

Se entiende por mermelada al producto obtenido por elaboración de pulpa de fruta sana, fresca y limpia, con todas sus partes comestibles; congelada o conservada por medio del calor (esterilizadas) La consistencia se debe a hidrocoloides de los frutos o adicionados y se estabilizan por el efecto combinado del calentamiento durante la elaboración, de la reducción de A_w por solutos y del pH ácido. Técnicamente, la concentración máxima de azúcares está limitada por la solubilidad una disolución de sacarosa al 65 % está saturada a la temperatura ambiente, pero al calentar en medio ácido se hidroliza dando "azúcar invertido" y reduciéndose el riesgo de cristalización al enfriar (Primo ,1998; Codex, 1995).

2. Composición

a. Ingrediente básicos

Pulpa de fruta, Acido citrico, uno o más de los edulcorantes carbohidratos (azúcares) definidos por la comisión del Codex Alimentarius, incluidos sacarosa, dextrosa, azúcar invertido, fructosa, jarabe de fructosa, jarabe de glucosa deshidratada (Codex, 1995).

b. Ingredientes facultativos

- Zumo (jugo) de agrios
- Aceites esenciales

- Licores
- Mantequilla margarina otros aceites animales o vegetales comestibles (empleados como antiespumantes), miel (Codex, 1995).

3. Formulación

La formulación para las mermeladas 50% de pulpa y 50% de azúcar. Pectina 0,05% del peso total, ajustar el pH, agregando ácido cítrico (Fao, 1996).

El uso del azúcar en mermeladas debe ser de buena calidad de 99.9° Pol o pureza, o también llamado grado de polarización de las sacarosa. La concentración óptima de azúcar está situado alrededor del 67.5%. Se recomienda para la mejora de la calidad de la mermelada y jalea, la sustitución del 5 al 15% de azúcar por glucosa, la misma que imparte a la mermelada un aspecto más brillante, retarda la cristalización de la sacarosa e impide la caramelización antes de terminar la cocción. Los ácidos más empleados para elevar la acidez del fruto son: ácido cítrico, ácido tartárico, fosfórico y láctico, cuya cantidad varia entre 0,1 y 0,2% del peso total de la mermelada. Cualquiera que sea el ácido empleado, el valor máximo del pH es de 3,4 y el óptimo es de 3,0. La cantidad de pectina necesaria para formar un gel depende, en gran parte, de la calidad de la propia pectina. El 1% debe ser suficiente para producir una jalea consistente (Rauch, 1970 ; Chefel, 1980),

Chavarri (1981), concluye de los estudios realizados que la pectina produce una menor sinéresis en un mes de almacenamiento comparado con CMC, agar-agar, goma de zapote y colapís.

4. Defectos en la elaboración de la mermelada

Rauch (1970), expresa textualmente que, estos defectos se producen debido a que se tiene que laborar en muchos factores variables. Los siguientes son los factores que deben controlarse constantemente: Sólidos solubles, valor de pH, porcentaje de inversión de sacarosa, grado de gelatinización, color y sabor. A continuación se indican los principales defectos.

a. Mermelada Floja.

- Cocción prolongada, que origina hidrólisis de la pectina y da lugar a producto de consistencia como de jarabe
- Acidez demasiado baja impide la buena gelificación de la pectina
- Efecto negativo de una elevada cantidad de sales buffer que retrasan impiden la completa gelificación
- Carencia de pectina en la fruta
- Elevada cantidad de azúcar en relación a la cantidad de pectina.
- Una gelificación antes de envasado, por enfriamiento origina rotura del gel en el posterior envasado.

b. Sinéresis (Llorar o sangrar).

- Acidez demasiado elevada.
- Deficiencia de pectina
- Exceso de agua en la fruta (demasiada baja en sólidos)
- Exceso de azúcar invertido
- Se debe controlar el nivel de sólidos solubles, limite peligroso por debajo de 65 por ciento, el valor del pH límite peligroso por debajo de 2,8, control de la concentración de pectina, control del nivel de azúcar invertido.

c. Cristalización.

- Elevada cantidad de azúcar
- Acidez demasiado elevada que ocasiona alta inversión de la sacarosa, originando una alta concentración de dextrosa que puede cristalizar.
- Acidez demasiado baja que origina que la sacarosa cristalice.
- Exceso de cocción
- Demora del cierre del envase

d. Cambio de color.

- Cocción prolongada, causa caramelización del azúcar.

- Deficiente enfriamiento después del envasado, ocurre generalmente en envases grandes donde en centro resulta más oscuro.
- Contaminación con metales: los fosfatos de magnesio y potasio, los oxalatos y otras sales de estos metales, producen enturbamiento. El estaño puede ocasionar un color lechoso.

e. Crecimiento de Mohos y Levaduras.

- Humedad excesiva en almacenamiento
- Contaminación anterior al cierre de los envases
- Bajo contenido de sólidos solubles, debajo el 65 por ciento.
- Contaminación debido a la mala esterilización de envases y de tapas esterilizadas.
- Mermeladas poco firmes por exceso de agua.

5. Análisis de la mermelada

Lees (1981), expresa que es necesario realizar los siguientes análisis:

- Acidez, expresada como ácido cítrico.
- Azúcares reductores, como azúcar invertido
- Contenido de fruta
- Componentes sólidos insolubles
- Componentes sólidos solubles
- Dióxido de azufre

- Examen organoléptico
- Contenido de materia Sólida
- Contenido de pectina.

Tabla 2. Resultados del análisis físico químico de la mermelada del pedúnculo de Marañón.

Componentes	%
PH (concentración de H ⁺)	3.2
Acidez total	0.69
Vitamina C (mg)	14.23
Azúcares reductores	36.0
Sólidos Solubles	68.0

Fuente: Saboya,(1988)

Los resultados contienen 25% de azúcar invertido.

6. Conservadores químicos

Luck (1981) y Cheftel (1980), nos indican que en el tratamiento químico se utilizan compuestos antimicrobianos o simplemente bacteriostáticos, que son activos en dosis relativamente bajas. Fundamentalmente son los siguientes:

- Anhídrido sulfuroso (SO₂), sulfuro de sodio, metabisulfito de sodio, potasio y calcio.
- Ácido Sórbico y sorbatos de sodio, potasio y calcio
- Ácido benzoico y benzoatos de sodio, potasio y calcio.

7. Higiene

En la medida compatible con las buenas prácticas de fabricación, el producto estará exento de materias objetables. Analizando con métodos adecuados de muestreo y examen, el producto: Debe estar exento de microorganismos en cantidades que puedan constituir un peligro para la salud. Deberá estar exento de parásitos que puedan representar un peligro para la salud; y no deberán contener en cantidades que puedan representar un peligro para la salud, ninguna sustancia producida por microorganismos (Codex, 1995).

8. Etiquetado

Según Codex (1995), el etiquetado debe tener:

- Nombre del alimento.
- El nombre del producto deberá ser "Mermelada" o "Mermelada de Jalea", según proceda.
- Cuando el producto no se haya preparado exclusivamente con naranja, la designación deben incluir los frutos agrios que hayan servido para preparar el producto, salvo que esto no sea necesario cuando la proporción de frutos agrios distintos de naranja no exceda el 10% en peso del contenido de fruta.
- Cuando el producto se prepara con dos o más frutos agrios, la designación deberá incluir cada uno de los frutos agrios presentes, enumerados por orden de preponderación.
- El nombre del producto podrá incluir el nombre de la variedad del

fruto agrio (mermelada de naranja de valencia).

- El producto podrá denominarse de acuerdo con la cantidad y el tipo de piel presente, según sea la costumbre en el país en que se venda.
- Cuando se haya añadido un ingrediente que comunique al alimento el aroma característico del ingrediente, el nombre del alimento deberá ir acompañado de los términos "Aromatizado con X" o "Con Aroma de X" según proceda.
- Lista de ingredientes, deberá declararse en la etiqueta la lista completa de ingredientes por orden decreciente de proporciones, de conformidad con la Norma General del Etiquetado de los Alimentos Pre envasados
- Si se añade ácido ascórbico para conservar el color deberá declararse su presencia en la lista de ingredientes como ácido ascórbico.

E. ENVASES DE VIDRIO

El vidrio es un silicato complejo compuesto esencialmente de sílice (SiO_2), óxido de sodio (Na_2O) y óxido de calcio (CaO); el vidrio a pesar de su consistencia, no es una sustancia sólida, sino un líquido de viscosidad muy elevada, su fluidez varía con la temperatura sin discontinuidad y no se observa ni punto de fusión, ni punto de solidificación (estado vitrio) desde el punto de vista químico, el vidrio es inerte a la temperatura ordinaria frente a los productos alimenticios acuosos o lipídicos y a los diversos ácidos orgánicos que pueden existir en forma natural en los alimentos, otra

propiedad del vidrio llamado "blanco", es la transparencia, ventaja muy considerable para la presentación de algunos productos (Cheftel, 1980).

F. TIPOS DE TAPAS

Existen innumerables tipos de cápsulas y tapas, cada uno adaptado a determinado sistema de apertura o boca. Fundamentalmente las primeras materias que se utilizaron fue la hojalata, chapa negra, aluminio y diversos "materias plásticas", presentados bajo la forma de tapones flexibles o bien rígidos. A esta cápsula se le denomina el "tapón corona" y es el más generalizado para los frascos; se coloca por presión y apretado del metal bajo el bordillo (abultamiento) de la boca (Cheftel, 1980)

G. ASPECTOS REOLÓGICOS DE PULPAS Y ZUMOS DE FRUTAS

1. Reología

Gohona (2001), reporta como ciencia de la deformación y el flujo de la materia. Esta, como toda una definición de la rama de la ciencia, lleva implícita una serie de preguntas fundamentales sobre el por qué, el cómo, la medida y el objeto material del fenómeno a estudiar. Al someter la muestra de material a este estudio de deformación y flujo de la materia se puede obtener información cualitativa y cuantitativa valiosísima. El tener esa información permite:

1. Caracterizar la materia y definir sus parámetros reológicos como viscosidad, consistencia, propiedades elásticas,
2. Diseñar equipos sofisticados de procesamiento industrial, conociendo previamente la caracterización de la materia a procesar,
3. Diseñar materiales nuevos con respuestas mecánicas muy específicas y bien definidas; entre muchas otras acciones.

2. Aplicaciones

En el campo biotecnológico, fluidos biológicos en el contexto de la biorreología (cualquier materia o sustancia de organismo humano, animal o vegetal), hemorreología (para diagnosticar enfermedades en la sangre).

En el campo biomédico, permite predecir respuestas de materiales y fluidos en desempeños mecánicos complejos de la vida práctica, desde el de una prótesis (para saber si es mecánicamente compatible) hasta un compuesto industrial tal como una pintura, una fibra textil o un adhesivo.

Para producir un yogurt, una mayonesa, un dulce untado, una mermelada, todas de consistencia agradable se requiere conocer sobre la reología (Gohona, 2001),

3. Viscosidad

Es la medida de resistencia de un fluido a fluir. La viscosidad tiene importancia para la transferencia de calor, la estabilidad de las suspensiones y la textura de una sustancia o mezcla (Gohona, 2001),

La viscosidad es la propiedad de un fluido que da lugar a fuerzas que se oponen al movimiento relativo de capas adyacentes en el fluido. Estas fuerzas viscosas se originan entre las moléculas del fluido y son de carácter similar a las fuerzas cortantes de los sólidos (Geankoplis, 1995).

4. Tipos de fluidos alimenticios

Los fluidos alimenticios puede clasificarse en tiempo independientes y tiempo dependientes (Steffe, 1992; Barboza, 1993; Brito, 1995).

Por otra parte se agrupa a los fluidos alimenticios en función a Ley de Newton de la Viscosidad en Newtonianos y no Newtonianos (Osorio, 1990).

a. Fluido Newtoniano

Los fluidos newtonianos son aquellos en la que la relación entre el esfuerzo de corte o cizalla y la velocidad de deformación o velocidad de corte siguen una relación lineal. Para los fluidos Newtonianos la viscosidad depende de la temperatura (Brito, 1995; Gohona, 2001),

El modelo matemático que relaciona τ y γ es:

$$\tau = \mu \left[\frac{dv}{dy} \right]$$

Donde:

τ = Esfuerzo de corte o cizalla (Pa).

μ = Viscosidad dinámica o coeficiente de viscosidad(Pa.s)

dv/dy = Gradiente de deformación o velocidad de corte (s^{-1}) (Osorio, 1990).

Los líquidos simples, soluciones verdaderas, disolventes de bajo peso molecular, dispersiones macromoleculares diluidas, soluciones de polímeros que no interaccionan y pastas con bajo contenidos en sólidos presentan comportamiento ideal newtoniano. Estas características al flujo incluyen la mayoría de las bebidas tales como té, café, cerveza, leche, aceite, zumo de manzana, zumo de naranja, melazas, mieles, vinos y bebidas gaseosas, además de las soluciones azucaradas de 20-75% p/p (Barboza, 1993).

b. Fluidos no Newtonianos

Son aquellos cuyo comportamiento reológico no obedecen a la ley de Newton. Los líquidos no newtonianos son generalmente más complejos y constan más de una fase, aunque las disoluciones de polímeros pueden considerarse como fases únicas, siendo una de las fases continuas y la otra discontinua (dispersa) (Irazabal, 1983).

Costell (1982), manifiesta que cualitativamente la reología de un sistema disperso depende de las propiedades de la fase dispersa y la interacción entre ambas. En la fase continua, son de interés la viscosidad la composición química, el pH y la concentración de electrolitos. En la dispersa que puede ser líquida o sólida (emulsiones o suspensiones respectivamente) la concentración en volumen (% de

una fase con respecto a otra), la viscosidad el tamaño de la partícula, la forma, la distribución por tamaño y la composición química. La interacción entre las dos fases puede verse afectado por la presencia de agentes estabilizantes. Para los fluidos no Newtonianos depende de muchos otros factores (temperatura, velocidad de rotación del viscosímetro) para estudiarlos se han ideado otros modelos (Gohona, 2001)

1) Fluidos tiempo independiente

Son aquellos fluidos en los que el esfuerzo cortante no es función del tiempo o duración de la acción cortante (Brito, 1995). Entre los fluidos tiempo independiente tenemos:

Fluido pseudoplástico.

Fluido Dilatante.

Fluido plástico de Bingham (Barboza, 1993).

- **Fluido Pseudoplástico**

Este comportamiento es muy común en fluidos alimenticios. Estos materiales pueden exhibir tres regiones distintas: una región newtoniana baja, donde la viscosidad aparente (n_0), llamada viscosidad limitante a velocidad de corte cero; una región media donde la viscosidad aparente (n), llamada viscosidad limitante a velocidad de corte infinito es constante con cambios de velocidad de corte. La región media es

usualmente examinada cuando se considera equipos de procesamiento de alimentos (Steffe, 1992).

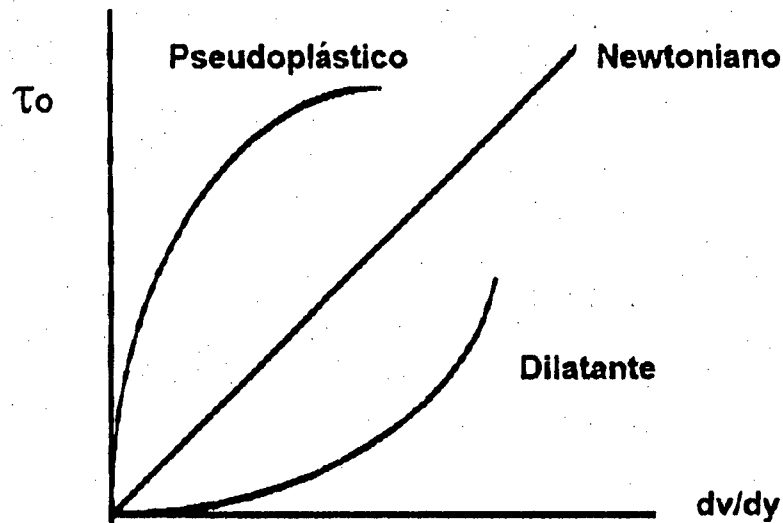


Figura 2. Curvas típicas para fluidos independientes del tiempo (Steffe, 1992)

En muchos casos este comportamiento newtoniano puede ser atribuido a la presencia de sustancias de elevado peso molecular alto en solución y/o a la dispersión de sólidos en un fase fluida (Rao, 1988).

El hecho que la viscosidad aparente disminuya con el incremento de la velocidad de corte para materiales pseudoplásticos sugiere que el incremento de la velocidad de corte progresivamente modifica la disposición de las moléculas de cadena larga y ayuda a vencer la resistencia intermolecular al flujo. Esto es consistente con el hecho de que a altas

velocidades de corte se observe un comportamiento newtoniano debido a la completa orientación de las moléculas, este proceso es acompañado por una disminución en la entropía (Gohona, 2001; Brito, 1995).

Para los fluidos pseudoplásticos el índice de comportamiento de flujo es menor que la unidad (Brito, 1995).

$$\tau = m \left[dv / dy \right]^n$$

Donde:

m = Índice de consistencia (Pa sⁿ).

n = Índice de comportamiento de flujo (n < 1).

- **Fluido Dilatante**

Estos fluidos son menos comunes que los pseudoplásticos y su comportamiento muestra un aumento de la viscosidad al elevar la velocidad de corte. Para este tipo de fluidos casi siempre se puede aplicar la ecuación de Ley de Potencia (Power Law, Ostwald-dewalle-Nutting), en este caso el índice de comportamiento de flujo n es mayor que la unidad, (Brito, 1995).

Algunas soluciones dilatantes son la harina de maíz, el azúcar en solución, el almidón en agua y soluciones que tengan

concentraciones elevadas de polvo en agua (Geankopolis, 1995). También se consideran a las mieles, soluciones de almidón de maíz crudo al 40 % (Steffe, 1992).

- **Fluido Plástico Bingham**

Estos fluidos son los más simples debido a que solo difieren de los newtonianos en cuanto a que la función lineal no pasa por el origen; es decir que para iniciar el flujo se requiere un exceso de cierto valor de esfuerzo de corte (llamado límite de fluidez o esfuerzo de cedencia). Entre estos fluidos tenemos a las margarinas, mezclas de chocolate, grasas, jabones y las pastas dentífricas (Geankoplis, 1995). Se menciona también, a las pastas de tomates (Steffe, 1992).

Tabla 3. Comportamiento reológico de Fluidos newtonianos y, no newtonianos.

Fluidos	m	n	τ_0
Herschel – Bulkley	> 0	$0 < n < \infty$	> 0
Newtonianos	> 0	1	0
Pseudoplásticos	> 0	$0 < n < 1$	0
Dilatantes	> 0	$1 < n < \infty$	0
Plásticos Bingham	> 0	1	> 0

Fuente : Steffe (1992)

III. MATERIALES Y METODOS

A. LUGAR DE EJECUCION

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la planta piloto de procesamiento de frutas y hortalizas E-5 y en los laboratorios de: Análisis de Alimentos, Nutrición Animal, Bioquímica, Microbiología de Alimentos, Análisis Sensorial de Alimentos y Fitopatología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en el distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco a una altitud de 660 m.s.n.m y una temperatura que varía de 18°C a 30°C y un promedio de 25°C.

B MATERIALES

1. Materia prima

Se utilizó cocona (*Solanum tojiro*) tipo aperado, provenientes del mercado minorista de la ciudad de Tingo María.

2. Enzima Poligalacturonasa (E.C. 3.2.1.15)

Se le conoce como: Polygalacturonase; poly - [1,4, α -D-galacturonide] glyconohidrolase; E.C. 3.2.1.15. Una unidad de actividad enzimática de esta enzima libera un micromol de ácido galacturónico, a partir del ácido poligalacturónico por minuto, a pH 4,0 y a 25°C. Se presenta en solución en KCl y Sorbitol, presenta 17,8 mg. de proteína/ml. x 25 unidades/mg. de

proteína procedente de *saccharomyces fragilis* y se codifica como P 4716 en la marca SIGMA (Neufeld, 1968).

3. Equipos de laboratorio

- Balanza semi analítica, Sartorius sensibilidad 0,1 gr. EEUU.
- Balanza analítica electrónica - OHAUS Modelo AP210s serial #113032314, sensibilidad 0, 0001 gr. EEUU.
- Baño María THELCO - Presicion Scientific Co Chicago 60647 USA. Serie 11-X-4, rango de temperatura de 0 °C a 100°C.
- Bomba de vacío (precisión Vacuum Pump) Model 535, CGA Corporation USA.
- Cámara congeladora, Oliveros
- Estufa Mermet electric tipo LR-202.
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica Modelo Video 12 (allied analitical system company, massachusctts, USA)
- Espectrofotómetro molecular, Bausch & Lomb modelo Espectronic .Rango de longitud de 340 a 960 nm.
- Potenciómetro digital tipo pH Tester rango 0 a 14 USA.
- Pulpeadora o majador, Kamplex tipo Ep-9 con juego de tamices (1 mm). Hungría.
- Refrigeradora tipo L-50 Lehel.
- Refractómetro de mesa, tipo ABBE. graduado de 0 a 100% de sacarosa
- Microondas SANSUNG modelo L-202 USA

- Viscosímetro BROOKFIELD RVT. Brookfield Engineering Laboratories, Inc. Soughton, USA.
- Vernier, SOLINGIER, made in Germany.

4. Materiales de laboratorio

- Agitador de vidrio.
- Cronómetro.
- Cuchillo de acero inoxidable.
- Embudos de vidrio.
- Fiolas de 50, 100, 250, 500, 1000 ml. c/u.
- Kitasato de 250 ml.
- Matraces de 100, 250 ml. c/u.
- Papel filtro rápido.
- Papel filtro Whattman No 40-42.
- Pipetas de 0.25, 1.0, 2, 5, 10 ml. c/u.
- Probetas de 10, 100, 250 ml. c/u
- Pizeta.
- Placa petri
- Termómetro graduado en °C.
- Tubos de prueba.
- Vasos de precipitados de 100, 250, 400, 600 ml. c/u.

5. Reactivos y soluciones

Todos los reactivos utilizados fueron químicamente puros, y son:

- Acetato de sodio.
- Acido acético.
- Acido clorhídrico.
- Alcohol etílico al 96% de pureza.
- Acido sulfúrico.
- Bisulfito de sodio.
- 2,6 diclorofenolindofenol.
- 2,4 dinitrofenol.
- Acido Ascórbico.
- Acido poligalacturónico.
- Hidróxido de sodio 0.1N.
- Fenoftaleina al 1%.
- Buffer acetato de sodio 0.05 M, pH 4.5.
- Solución de Iodo, 0,1 N.
- Tiosulfato de sodio 5H₂O

6. Envases

Se utilizaron envases de vidrio de 500 gr. de capacidad provistos de sus respectivas tapas.

C. MÉTODOS DE ANÁLISIS

1. Caracterización de la materia prima

a. Medidas biométricas

Se utilizó un vernier para medir la longitud, diámetro mayor, menor y espesor de la pulpa (Malpartida 1988).

b. Análisis Químico próximo .

Se determinó:

- Humedad, se determinó en una estufa a una temperatura creciente aproximadamente hasta 105°C, hasta obtener un peso constante, método 12.002 (AOAC, 1984)
- Proteína, método Semimicro Kjeldahl, consiste en la determinación de nitrógeno total el cual es multiplicado por 6,25, método 947,26 (AOAC, 1984)
- Grasa, consiste en extraer las grasas , por el solvente (hexano) a muestras deshidratadas depositadas en un matraz previamente tarados y por diferencia de peso se obtiene la cantidad de grasa de la muestra, la cual es expresada en porcentaje método 13.074 (AOAC,1984).
- Fibra bruta, se determinó por la hidrólisis ácida y alcalina, solubilizando los carbohidratos y eliminándolos, método 962.26 (A) (AOAC,1997).
- Ceniza, consiste en la incineración de la muestra a 550 – 600° C en una mufla por cuatro horas, Método 940.26 (A) (AOAC,1997).

- Carbohidratos totales, se determina por diferencia, restándose a 100 los porcentajes de humedad, proteína, grasa, ceniza, y fibra (AOAC, 1984).

c. Análisis Físico - químico

- pH, se determino por el método potenciométrico, método 11.032 (AOAC, 1997).
- Sólidos solubles, se determino mediante el refractómetro, expresado en grados Brix método (muestras oscuras y opacas) 932.14 (C) (AOAC, 1997).
- Sólidos totales, se determinó a partir del contenido de humedad, método descrito por (Pearson, 1980).
- Acidez titulable, se determinó por titulación con hidróxido de sodio 0,1 N, expresándolo en porcentaje de ácido cítrico, método 942.15 (AOAC, 1997).
- Índice de madurez; se determinó por la relación del porcentaje de sólidos solubles (°Brix), sobre el porcentaje de acidez total. Método 011.001, (ITINTEC, 1982).
- Vitamina C; se determinó por el método basado en la reducción del colorante 2-6 diclorofenolindofenol. Según (Lees, 1981).
- Azúcares Reductores y totales, se utilizó el método espectrofométrico de (Maier, 1981)
- Pectina, método cualitativo y cuantitativo (Rohm Enzyme, 1978, Rangana, 1979).

d. Análisis reológico

- Viscosidad, mediante el Viscosímetro Brookfield, splinde tipo disco, cuya finalidad es determinar el índice de consistencia (m) y índice de flujo (n) (Mitschka, 1982).

2 Determinación de la actividad enzimática de la poligalacturonasa (PG) y obtención de la pulpa de cocona

a Actividad enzimática

Se determinó mediante el método Iodimétrico, como se indica en el anexo A (Neufeld et. al., 1968).

3 Tratamiento enzimático de la pulpa de cocona

a. Análisis reológico

- Viscosidad, mediante el Viscosímetro Brookfield, splinde tipo disco (Mitschka, 1982).

4 Caracterización de la mermelada

a. Análisis físico químico

- pH, se determinó por el método potenciométrico, método 11.032 (AOAC, 1997).
- Sólidos solubles, se determinó mediante el refractómetro, expresado en grados Brix método (muestras oscuras y opacas) 932.14 (C) (AOAC, 1997).

- Azúcares Reductores y totales, se utilizó el método espectrofométrico de (Maier, 1981)

b. Análisis reológico

- Viscosidad, mediante el Viscosímetro Brookfield, splinde tipo disco (Mitschka, 1982).

c. Análisis microbiológico

Se realizaron los Indices de Numeración de microorganismos aeróbicos viables mesófilos (NMAVM), ICMSF (1983).

d. Evaluación sensorial

Se tomó como base las características principales usando los atributos de sabor, color, aroma y consistencia; para lo cual se utilizaron una escala hedónica de 5 puntos, (Anzaldúa, 1994).

D. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

A continuación se presenta las etapas del trabajo de investigación:

- Caracterización de la materia prima.
- Determinación de la actividad enzimática de la poligalacturonasa (PG) y obtención de la pulpa de cocona.
- Tratamiento enzimático de la pulpa y elaboración de la mermelada
- caracterización de la mermelada

1 Caracterización de la materia prima

a. Medidas biométricas

Se evaluaron las medidas biométricas, como se indica en C1a

b. Análisis Químico próximo .

Se determinó: humedad, proteína, fibra, grasa ceniza, Carbohidratos; como se indican en C1b

c. Análisis Físico - químico

Se determinó: pH, sólidos solubles, sólidos totales, acidez titulable, Índice de madurez; vitamina C; azúcares reductores y totales, pectina; como se indican en C1c

d. Análisis reológico

Se determinó: viscosidad; el método utilizado se encuentra en C1d.

2. Determinación de la actividad enzimática de la poligalacturonasa (PG) y obtención de la pulpa de cocona

a. Actividad enzimática

Se determinó la Actividad enzimática de la poligalacturonasa teniendo en cuenta el método señalado en la parte de métodos de análisis; C2a

b. Obtención de la pulpa

La pulpa de cocona, fue obtenida siguiendo el presente flujo de operaciones de la Figura 3.

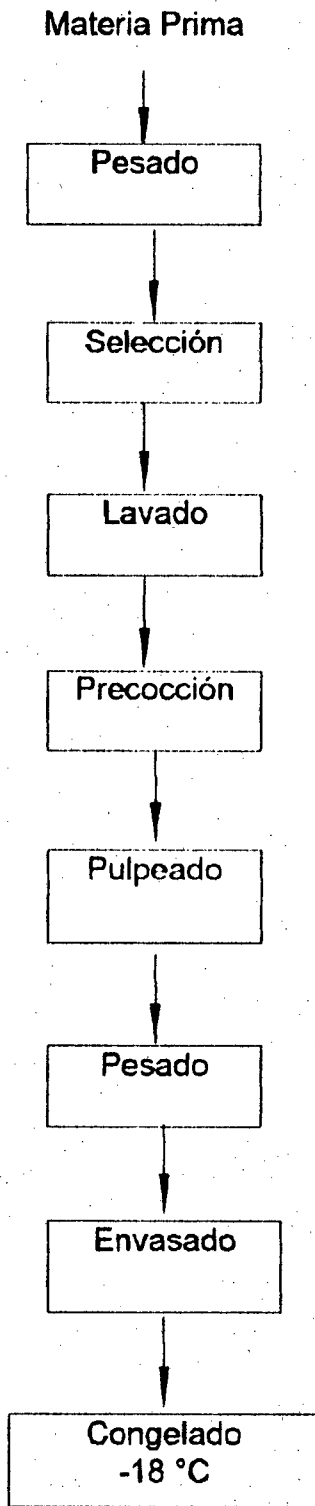


Figura 3. Diagrama de flujo para el acondicionamiento de la pulpa de cocona

A continuación se describe cada operación.

Materia prima

Se utilizó frutos pintones de cocona (*Solanum topiro*) procedentes del mercado minorista de la ciudad de Tingo María.

Pesado

Se realizó con la finalidad de hacer el balance de materia

Selección

Se seleccionaron los frutos aquellas que se encontraron en aptas condiciones para el proceso, teniendo en cuenta el estado sanitario

Lavado

Se efectuó por inmersión y frotamiento en agua potable para quitar las partículas extrañas de la superficie.

Pre cocción

Se efectuó a ebullición en 15 minutos, para ablandar la fruta y quitar su astringencia (Espinoza, 1975).

Pulpeado

Se realizó en la pulpeadora con malla de 0.4 mm, de diámetro, lo que nos permitió obtener una pulpa fina.

Pesado

Se realizó para cada tratamiento en cantidades de 1000 grs con la finalidad de hacer un balance de materia.

Envasado

La pulpa fue envasado en empaques de polietileno de 1 Kg para facilitar el descongelamiento durante la ejecución del trabajo.

Congelado

Se congelaron a -18°C durante el período que se realizaron las pruebas experimentales, para evitar cualquier contaminación (Mossel, 1985).

3. Tratamiento enzimático de la pulpa y elaboración de la mermelada

a. Tratamiento enzimático de la pulpa

La pulpa de cocona fue tratada enzimáticamente con diferentes parámetros, siendo estos: concentración de enzima (0,025%, 0,050%, 0,075%), tiempo de actividad enzimática (40, 50, 60 min); pH 4,5 y temperatura $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ en baño maria con control automático de temperatura , para evaluar la actividad enzimática se controló los parámetros reológicos (m, n) con el viscosímetro Brookfield RVT, las lecturas en el equipo se hicieron incrementando la velocidad de rotación desde 0,5 hasta 100 RPM. Luego de cada cambio de velocidad se mantuvo la agitación por cinco minutos antes del registro de cada dato, para permitir la estabilización de medida. de acuerdo a las instrucciones de la casa fabricante del equipo, se colocaron 500 gr de muestra en un vaso de 600 ml, sumergida en un baño termostático para la estabilización de la temperatura seleccionada con una precisión de $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

b. Elaboración de la mermelada

Se realizó de acuerdo al diagrama de flujo de la Figura 4.

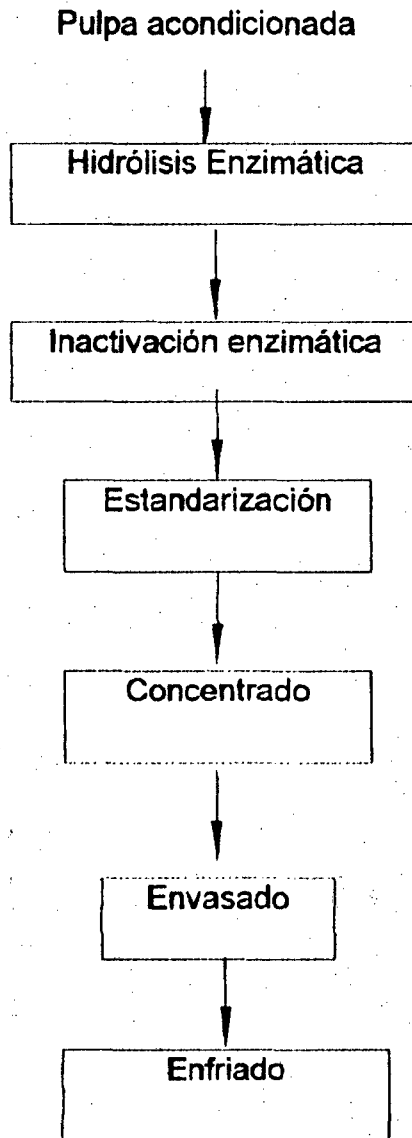


Figura 4. Diagrama de flujo para la elaboración de mermelada de cocona mediante hidrólisis enzimática de la pulpa

Pulpa acondicionada

Se utilizó la pulpa obtenida de acuerdo al flujo de operaciones de la Figura 3.

Hidrólisis enzimática

La pulpa fue tratada con la dosis óptima de poligalacturonasa encontrada en la fase anterior, con la finalidad de hidrolizar la pectina presente.

Inactivación enzimática

Se realizó a 90°C/ 60 segundos (Versteg, *et al* 1980; Ben-shalom, 1986), para inactivar la enzima presente en la pulpa tratada con enzima.

Estandarización

Se evaluó tres valores de pH, el cual se explica en el diseño experimental y en el análisis estadístico, con la finalidad de obtener un pH óptimo mediante la prueba hedónica de 5 puntos

Concentrado

Se realizó hasta concentrar a 65° Brix, mediante el método de paila abierta (Primo, 1998; Rauch, 1970).

Envasado

Se envasaron en caliente aproximadamente 90 °C, inmediatamente se colocó las tapas, para esterilizar la tapa se volteo los envases.

Enfriado

Se enfriaron a temperatura ambiente hasta 30 –35 °C, para luego ser almacenados en refrigeración a 10°C.

4. Caracterización de la mermelada

a. Análisis físico químico de la mermelada

La mermelada de cocona fue caracterizado teniendo en cuenta la determinación de: pH, sólidos solubles, azúcares reductores y totales, viscosidad,

b. Análisis microbiológico

Se realizo con la finalidad de determinar el grado de contaminación del producto así mismo comprobar las condiciones sanitarias e higiene. Según, ICMSF (1983), se realizan los análisis de Numeración de microorganismos aeróbicos viables mesófilos (NMAVM) por triplicado.

c. Evaluación sensorial

La finalidad de este análisis es para evaluar la calidad organoléptica de la mermelada, para esta prueba se utilizó un panel semientrenado, conformado por 18 personas. El análisis consistio en presentar a los panelistas, las muestras para que identifiquen de acuerdo a su preferencia, tomándose como base las características principales utilizadas en el análisis sensorial para determinar: sabor, aroma, consistencia, color.

E. DISEÑO EXPERIMENTAL

1. Tratamiento enzimático de la pulpa.

El diseño experimental se presenta en la Figura 5, el cual nos permite evaluar la acción de la enzima Poligalacturonasa (PG) en la hidrólisis de la pectina. En este diseño se detallan las variables en estudio, teniendo los parámetros de concentración y tiempo de hidrólisis.

Donde:

$$[E]_1 = 0.025\%$$

$$[E]_2 = 0.050\%$$

$$[E]_3 = 0.075\%$$

$$t_1 = 40 \text{ min.}$$

$$t_2 = 50 \text{ min.}$$

$$t_3 = 60 \text{ min.}$$

$$[\text{Pulpa}] = 500 \text{ gr.}$$

$$\text{Temperatura} = 50^\circ\text{C y pH:4.5}$$

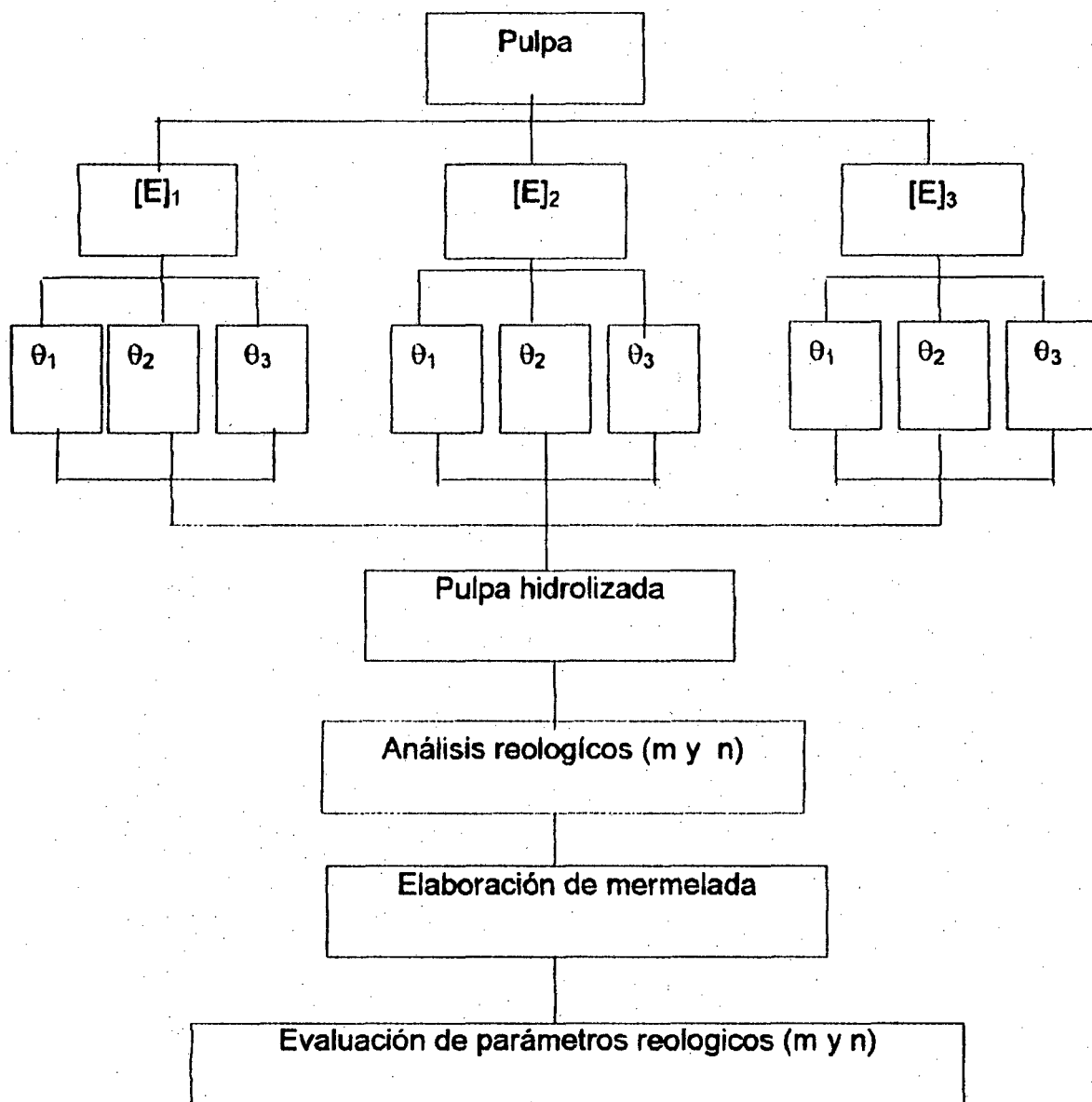


Figura 5. Diseño experimental para el tratamiento enzimático de la pulpa de cocona

2. Efecto del pH en las características de la mermelada

El diseño experimental se presenta en la Figura 6 , el cual fue estructurado de tal forma que permite la evaluación del efecto del pH siendo :

$$\text{pH}_1 = 3.0$$

$$\text{pH}_2 = 3.5$$

$$\text{pH}_3 = 4.0$$

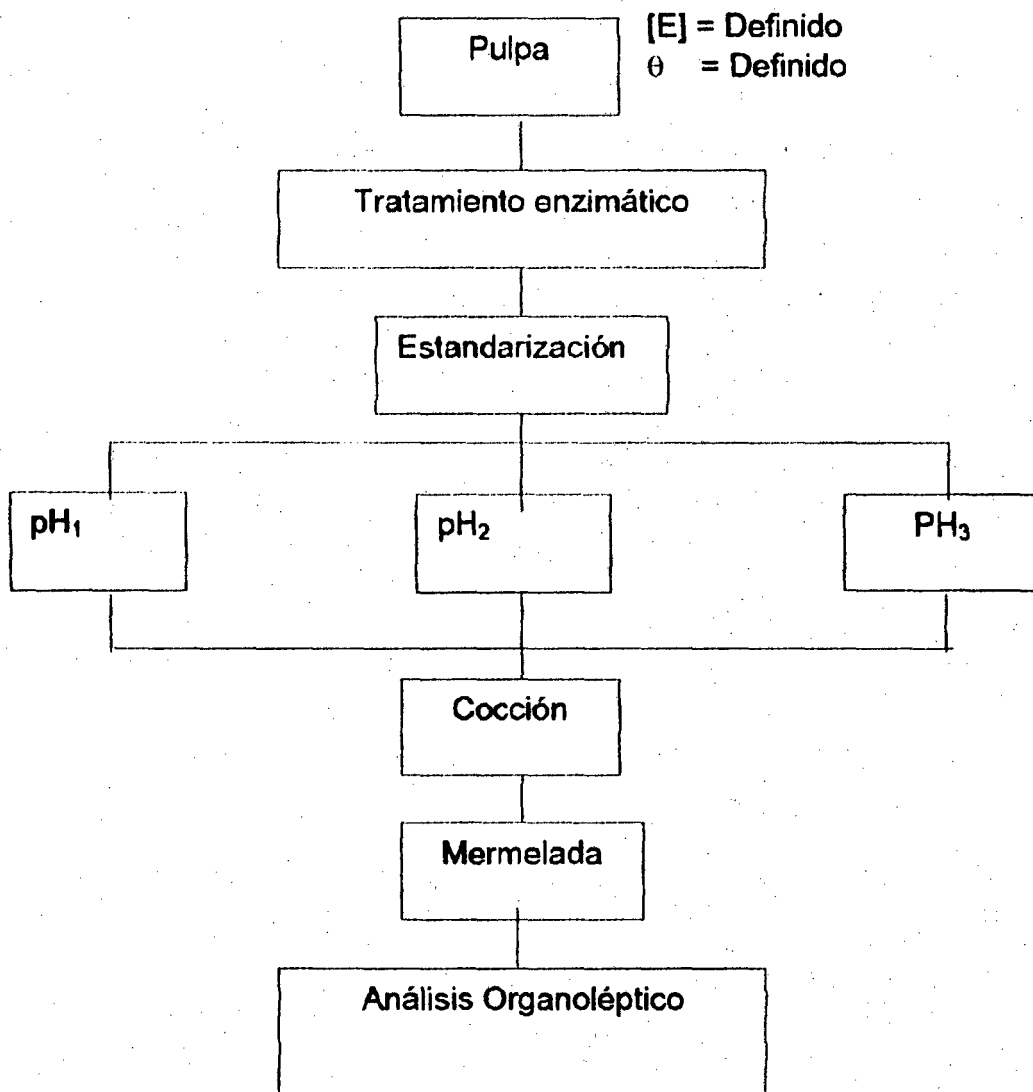


Figura 6. Diseño Experimental para la elaboración de la mermelada

F. ANALISIS ESTADISTICO

El análisis estadístico para el diseño experimental de la Figura 5, se adecua a un diseño completo al azar (DCA) con arreglo factorial de 3A x 3B (3 concentraciones de enzima, 3 tiempos) con 2 repeticiones con un total de 18 observaciones, la significancia estadística se evaluó con la prueba de tukey al 5% de probabilidad seleccionándose el mejor tratamiento (Steel, 1995).

Para el efecto del pH de la Figura 6, se realizó mediante la prueba hedónica, el análisis estadístico se adecua a un diseño de bloque completo al azar (DBCA) con 18 repeticiones, la significación estadística se evaluó con la prueba de tukey al 5% de probabilidad seleccionándose el mejor tratamiento, (Steel, 1995, Watts, et al., 1992).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA

1. Medidas biométricas

La tabla 4, nos muestra los resultados obtenidos en la determinación de las medidas biométricas de los frutos de cocona adquiridos en el mercado minorista de Tingo María, donde se observa el tamaño de frutos es variable desde mediano hasta grande, el color del epicarpio del fruto en su mayoría fue de naranja – amarillo 95% y verde 5%, el peso promedio es de 157.05 gr, lo que varia desde valores máximos de 240,15 gr hasta valores mínimos de 110,61 gr; las dimensiones del fruto también son variables teniendo una longitud máxima de 8,80 cm y una mínima de 6,46, diferenciándose de los datos reportados (Rios, 1995)

Tabla 4. Medidas biométricas promedio de la cocona (*Solanum tojiro*)

	Longitud	Peso	Diámetro		Espesor de
	(cm.)	(gr.)	Mayor	menor	pulpa
Promedio	7,75	157,05	5,80	4,74	0,99
Valor max.	8,80	240,15	7,00	4,54	1,40
Valor min.	6,46	110,61	5,50	3,90	0,50
Desviac. Estándar	± 0.43	± 13.09	± 0,32	± 0,28	± 0,05

Estas variaciones se deben a que éstos trabajos se realizaron en distintas épocas del año y con frutos provenientes de diferentes lugares, estado de

madurez de las muestras , tipo de suelo y condiciones climatológicas (Wills, 1984).

2. Análisis químico proximal

En la tabla 5, se muestra los resultados del análisis químico proximal de la pulpa cocona

Tabla 5. Resultado del análisis químico proximal de la cocona (B.S.)

Componentes	%	D.S
Humedad	91,05	± 0,08
Proteína (Nx6,25)	0,67	+ 0,26
Grasa	0,27	± 0,60
Ceniza	0,64	± 0,02
Fibra	0,96	± 0,16
Carbohidratos	6,40	± 0,12

En la tabla anterior, se observa que los componentes que más destacan son: humedad 91,05%, seguido el contenido de carbohidratos 6,40%, y fibra 0,96% estando éste último relacionado con el contenido de pectina, Fennema, (1993). Los resultados de la tabla 5 no difieren mucho de los resultados reportados por (Manayay, 1986; Villachica 1996)

3. Análisis físico químico de la cocona

La tabla 6. se muestra los resultados del análisis físico químico de la pulpa de cocona

Tabla 6: Características físicas químicas de la cocona en 100gr. de pulpa.

Componentes	%	D.S
Humedad	91,05	± 0,23
Sólidos totales	8,95	± 0,29
Sólidos solubles(°Brix)	5,00	± 0,01,
PH (concentración de H ⁺)	3,60	± 0,03
Acidez titulable (en ácido cítrico)	1,27	± 0, 04
Índice de Madurez (°Brix/ac. Titulable)	4,0	± 0,67
Vitamina C (ácid. Ascórbico reducido)	1,59.	±0,45
Pectina (como pectato de calcio)	1,36	± 0,34
Azúcares reductores	1,89	± 0,02
Azúcares totales	3.45	± 0.09
Índice de Flujo (n)	0,28	± 0,01
Índice de consistencia (m) en (Pa.s) ⁿ	13,24	±0,19

En la tabla 6, observamos que el índice de madurez es bajo comparado con otros frutales debido a que tienen bajo valor en grados brix y acidez titulable, es importante resaltar que el índice de madurez, va a depender del estado de madurez de la fruta (Villachica 1996),

Referente a los azúcares reductores Manayay, (1986), reporta valores de 1,09%; según los resultados prácticos tenemos valores para azúcares reductores de 1.89 % y para azúcares totales 3,45% , estas variaciones pueden ser atribuidas al grado de madurez,

B. DETERMINACION DE LA ACTIVIDAD ENZIMATICA DE LA POLIGALACTURONASA (PG) Y OBTENCION DE LA PULPA

1. Actividad enzimática de la poligalacturonasa (PG),

se determinó según lo descrito en el anexo A. Los datos numéricos se muestran en la tabla 7, donde se observa la cantidad de grupos aldehidos liberados por tiempo (min) de actividad enzimática

Tabla 7. Resultados experimentales para la determinación de la actividad enzimática de la Poligalagturonasa (PG) , [E]: 0,1 ml. PG/ 5 ml.

Tiempo Minutos	#umoles de grupos aldehidos
0.00	0.0000
5.00	24.4188
10.00	48.7350
15.00	58.6103

La Figura 7. Representa la relación existente entre Umoles de grupos aldehidos liberados vs tiempo de acción enzimática, la cual permite calcular las unidades enzimáticas para la Poligalacturonasa.

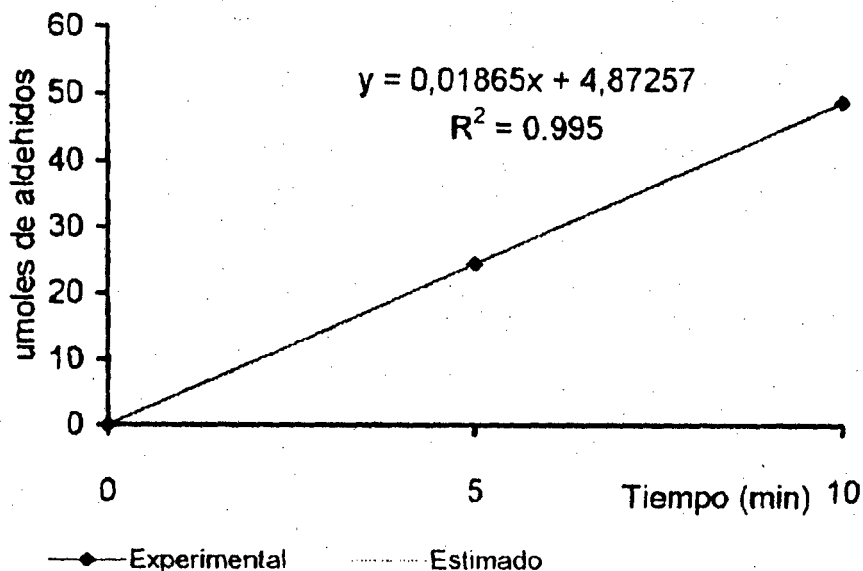


Figura 7. Actividad enzimática de la Poligalacturonasa (PG)

Se determinó una actividad pectolítica de 974,7 Umoles de aldehídos/ml. de enzima original/minuto (la cual expresa la cantidad de enzima que libera un mol de ácido galacturónico por minuto a pH 4,5 y 30°C), lo cual difiere de 374,44 Umoles/ml. reportado por zegarra (2000), ambos resultados son determinados utilizando el mismo sustrato ácido poligalacturónico, pero a diferentes condiciones de pH y temperatura. Rhom (1978) menciona que las pectinasas almacenadas en un lugar fresco (aprox. 4°C), experimenta pérdida de actividad al cabo de un año de 5 -10% que podría explicar la diferencia, además las condiciones de ensayo fueron diferentes.

2. Obtención de la pulpa

La pulpa de cocona fue acondicionada tal como se indica en el flujograma de la Figura 3, de la parte de metodología experimental.

C. TRATAMIENTO ENZIMÁTICO DE LA PULPA Y ELABORACION DE LA MERMELADA

1. Tratamiento enzimático de la pulpa

En la tabla 8, se encuentran los resultados del efecto del tratamiento enzimático sobre las características reológicas (m , n) de la pulpa de cocona.

Tabla 8. Efecto del tratamiento enzimático sobre los parámetros reológicos de la pulpa de cocona

Concentración Del enzima	Tiempo (min)	pH	Valores de los parámetros reológicos	
			n	m (Pa*s) ⁿ
0,000%	0	4,5	0,2842	13,2390
	40	4,5	0,3226	10,6297
0.025%	50	4,5	0,3366	9,9100
	60	4,5	0,2942	6,7297
0.050%	40	4,5	0,3381	7,9067
	50	4,5	0,3371	7,0044
	60	4,5	0,3378	5,1278
0.075%	40	4,5	0,3407	6,2154
	50	4,5	0,3570	4,9350
	60	4,5	0,3704	4,5798

Podemos apreciar que a medida que aumenta la concentración de la enzima utilizada y el tiempo de tratamiento enzimático el valor del índice de flujo (n) tiende a aumentar ya que la pulpa presento un valor de 0,2842 antes del tratamiento enzimático alcanzando un valor máximo de 0,3704 después del tratamiento enzimático. Analizando el comportamiento del

índice de flujo (n) indica que la pulpa de cocona presentó una variación en sus características reológicas, tendiendo a comportarse como un fluido newtoniano, dado que el valor de $n = 1$ para fluidos newtonianos (Steffe, 1992).

En cuanto al índice de consistencia sucede lo contrario, el valor del índice de consistencia (m) tiende a disminuir de un valor máximo de 13,239 ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) ^{n} antes del tratamiento enzimático alcanzando un mínimo de 4,5798 ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) ^{n} después del tratamiento enzimático; dando lugar a un fluido menos viscoso, lo cual coincide lo afirmado por (Alvarado, 1994).

La Figura 8, muestra la variación del índice de consistencia, de los tres niveles de enzima estudiados (0,025%, 0,050%, y 0,075%), pudiéndose apreciar que esta disminuyó conforme transcurrió el tiempo de actividad enzimática, esto está relacionado con el rompimiento de las cadenas de pectinas, las que inicialmente forman con los agregados de la pulpa una estructura reticular, que al romperse producen que la pulpa se disgregue en partículas más pequeñas con menor capacidad para ligar agua, provocando así la pérdida de plasticidad y de la consistencia de la pulpa (Carbonell, 1990).

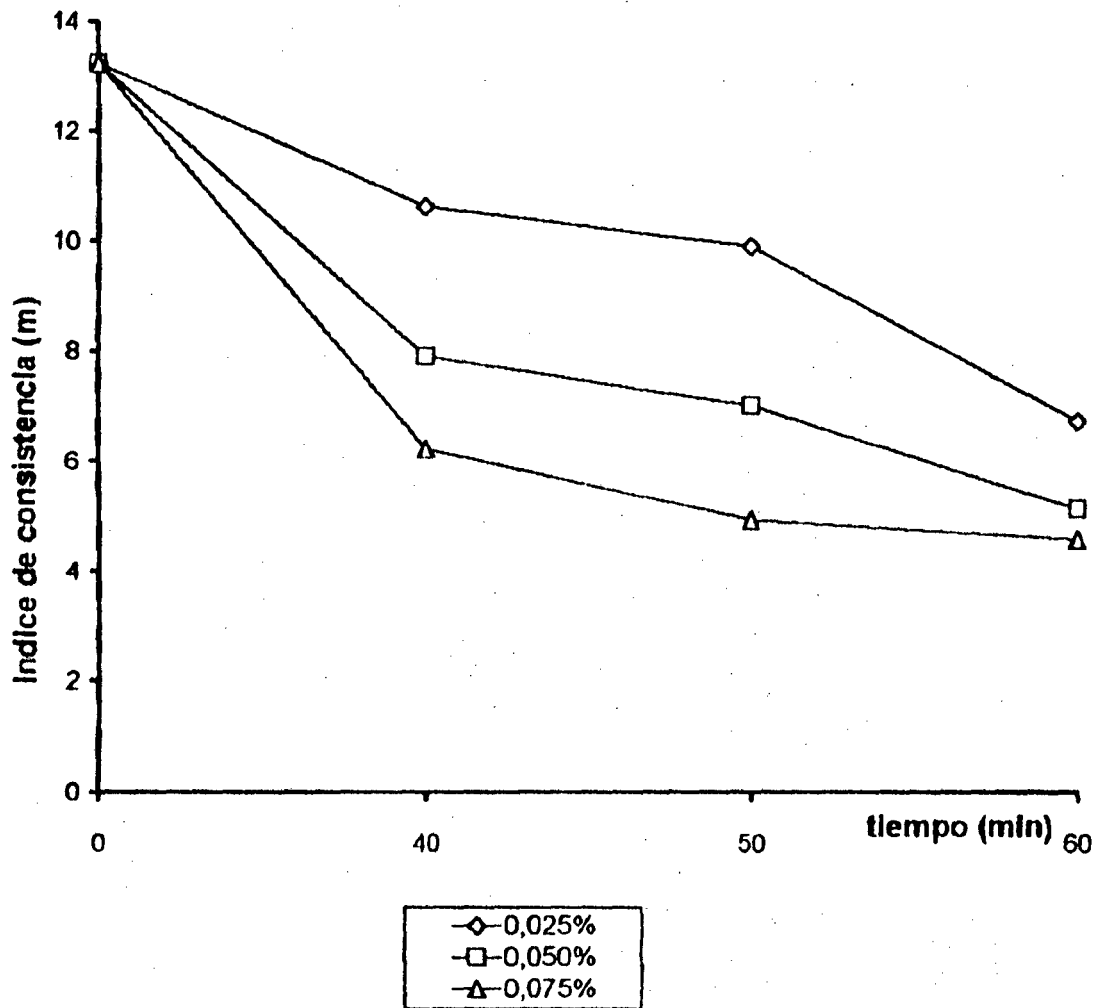


Figura 8. Efecto del tiempo de actividad enzimática con respecto al índice de consistencia (m) de la pulpa tratada con enzima Poligalacturonasa

La tabla 9 y 11, presenta el análisis de variancia de los parámetros reológicos (m, n) de la pulpa de cocona tratada enzimáticamente.

Tabla 9. Análisis de variancia del índice de flujo (n) de la pulpa (25 °C

Viscosímetro Brookfield RVT, Spindle 4)

F. V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Sig
Tiempo	2	0,00004	0,00002	0,06	NS
Concentración	2	0,00657	0,00328	9,55	**
Tiempo*Concentrac.	4	0,00212	0,00053	1,54	NS
Error	9	0,00310	0,00034		
Total	17	0,01184			

La tabla 9, indica que el factor concentración de enzima presento alta significancia estadística, entendiéndose que a medida que aumenta la concentración enzimática el índice de flujo (n) aumenta como se indico anteriormente, este análisis fue confirmado por la prueba de tukey tabla 10, la cual indica que de los tres niveles de enzima estudiados (0,025%, 0,050%, y 0,075%) la mayor concentración tiene mayor efecto sobre las características del índice de flujo, aumentando su valor desde 0,2842 a 0,3704 (Steffe, 1992).

Tabla 10. Prueba de tukey al 5% para el índice de flujo (n) con respecto a la concentración de enzima de la pulpa tratada con enzima

Agrupación Tukey	Promedio	Tratamiento
a	0,35667	0,075%
ba	0,33667	0,050%
b	0,3100	0,025%

Tabla 11. Análisis de variación del índice de consistencia (m) de la pulpa (25 °C, Viscosímetro Brookfield RVT, Spindle 4).

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	Ft 5%	Sig
Tiempo	2	22,8580	11,4290	134,71	**
Concentración	2	41,5770	20,7885	245,04	**
Tiempo*Concentrac.	4	3,8070	0,9518	11,22	**
Error	9	0,7636	0,08483		
Total	17	69,0057			

En la tabla anterior se indica que existe una alta significación estadística, producida por efecto de los factores tiempo de acción enzimática y concentración enzimática de igual modo afectó la interacción de estos factores; por lo tanto se analizó el efecto de la interacción, confirmado por la prueba de tukey tabla 12 y 13, para el efecto simple de la interacción (tiempo, concentración de enzima), nos indica que el mayor tiempo de acción enzimática y mayor concentración de enzima nos permite obtener

un índice de consistencia (m) menor, variando este valor de 13,2390 (Pa*s)ⁿ (antes del tratamiento enzimático) a 4,5798. (Pa*s)ⁿ (después del tratamiento enzimático), similar comportamiento se observa en el tratamiento enzimático de la pulpa de banano (*musa sp*) (Pelaez, 1998).

Tabla 12. Prueba de tukey al 5% para el índice de consistencia (m) con respecto al tiempo de actividad enzimática de la pulpa tratada con enzima

Agrupación Tukey	Promedio	Tratamiento
a	8,2000	40 min
b	7,2283	50 min
c	5,4767	60 min

Tabla 13. Prueba de tukey al 5% para el índice de consistencia (m) con respecto a la concentración de enzima de la pulpa tratada con enzima

Agrupación Tukey	Promedio	Tratamiento
a	8,9583	0,025%
b	6,6767	0,050%
c	5,2700	0,075%

En la tabla 14, se muestra los resultados del efecto del tratamiento enzimático sobre las características reológicas (m, n) de la mermelada

Tabla 14. Efecto de la concentración del enzima y tiempo de actividad enzimática en los parámetros reológicos (m, n) de la mermelada

Tiempo (min)	Valores de parámetros reológicos	
	N	m
20	0,3823	251,101
30	0,4345	216,691
40	0,4602	166,5254
50	0,4755	100,593
60	0,5885	66,165

Donde se aprecia que a medida que aumenta el tiempo de actividad enzimática en la pulpa de cocona el valor del índice de flujo (n) de la mermelada tiende a aumentar desde un valor mínimo de 0,3823 a un valor máximo de 0,5885, tendiendo a comportarse como un fluido newtoniano, dado que el valor de $n = 1$ para fluidos newtonianos (Steffe, 1992).

Analizando el índice de consistencia tiende a disminuir de $251,101(\text{Pa}\cdot\text{s})^n$ a $66,1652(\text{Pa}\cdot\text{s})^n$ presentando este último un ligero sangrado o llorado debido al exceso de hidrólisis de la pectina encontrándose fibras débiles incapaces de soportar el líquido (Robinson, 1991; Braverman, 1980).

En la tabla 15 y 17, muestra los análisis de variancia del efecto de la concentración del enzima y tiempo de actividad enzimática, en los parámetros reológicos del índice de flujo (n) e índice de consistencia (m) de la mermelada de cocona.

Tabla 15. Análisis de variancia del índice de flujo (n) de la mermelada de cocona (25 °C, Viscosímetro Brookfield RVT, Spindle 6 y 5)

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Sig.
Tiemp	4	0,0097	0,0024	22,07	**
Error	5	0,0005	0,0001		
Total	9	0,0102			

En la tabla 15, indica que el factor tiempo de actividad enzimática presenta alta significancia estadística, entendiéndose que a medida que aumenta el tiempo de actividad enzimática el índice de flujo (n) de la mermelada aumenta, este análisis se confirma con la prueba de tukey de la tabla 16 la cual indica que los cinco niveles de tiempo de actividad enzimática estudiado (20, 30, 40, 50 y 60 min), el mayor tiempo tiene mayor efecto sobre las características del índice de flujo aumentando su valor de 0,3823 a 0,5885 (Steffe, 1992; Pelaez, 1998).

Tabla 16. Prueba de tukey al 5% del índice de flujo (n) de la mermelada.

Agrupación Tukey	Promedio	Tratamiento
a	0,5885	60 min
a	0,4755	50 min
a	0,4602	40 min
a	0,4345	30 min
b	0,3823	20 min

Tabla 17. Análisis de variancia del índice de consistencia (m) de la mermelada (25 °C, Viscosímetro Brookfield RVT, Spindle 6 y 5)

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Sig.
Tiempo	4	90565.58	22641.395	18673.67	**
Error	5	6.0623	1.2125		
Total	9	90571.6424			

Analizando la tabla 17, indica que el factor tiempo de actividad enzimática presenta alta significancia estadística, entendiéndose que a medida que aumenta el tiempo de actividad enzimática el índice de consistencia (m) disminuye, este análisis fue confirmado por la prueba de tukey de la tabla 18, la cual indica que de los cinco niveles de actividad enzimática estudiado el mayor tiempo tiene mayor efecto sobre el índice de consistencia (m), este comportamiento es corroborado por la Figura 9, en la que evidencia una mayor caída del índice de consistencia con respecto al tiempo de actividad enzimática de 60 min (Steffe, 1992, Lewis, 1993)

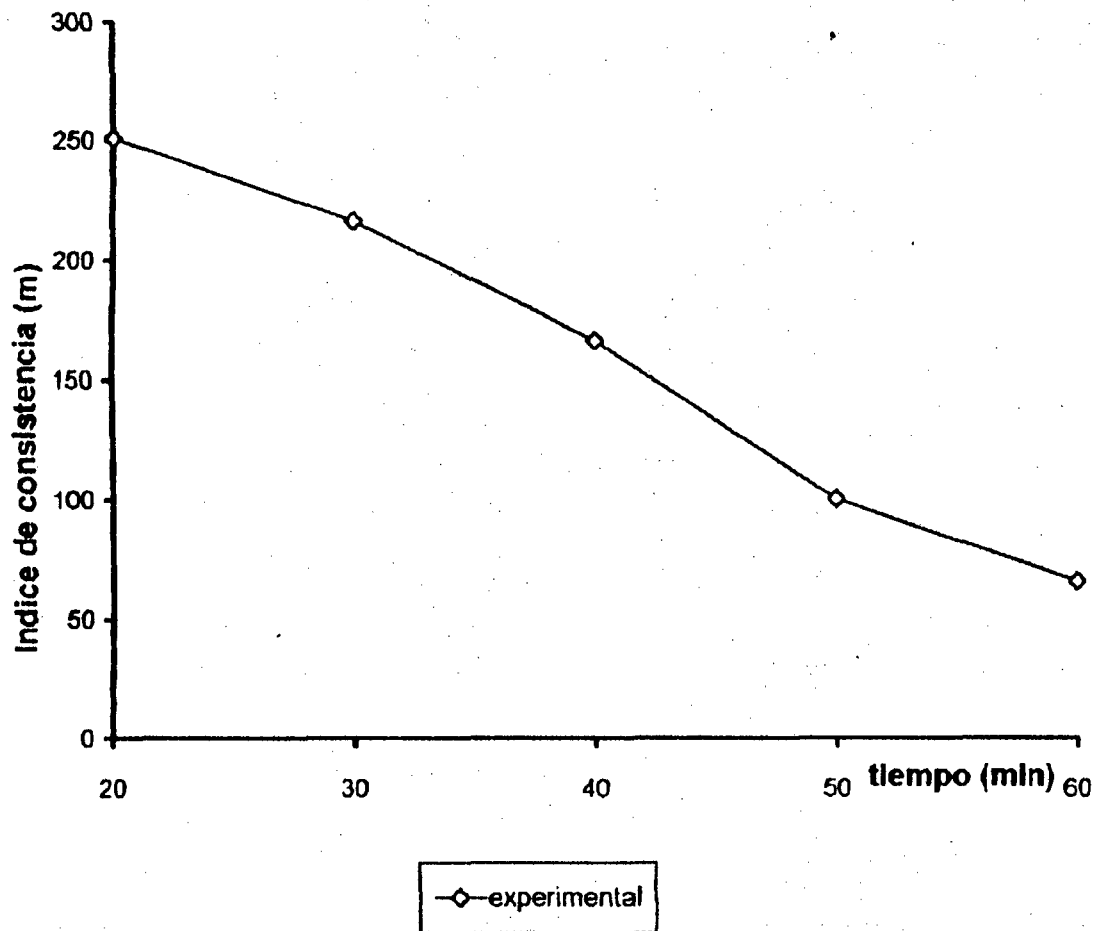


Figura 9. Efecto del tiempo de actividad enzimática en la mermelada con respecto al índice de consistencia (m) a 0.025% de PG

Tabla 18. Prueba de tukey al 5% del índice de consistencia (m) de la mermelada.

Agrupación Tukey	Promedio	Tratamiento
a	251,101	20 min
b	216,691	30 min
c	166,525	40 min
d	100,593	50 min
e	66,165	60 min

2. Elaboración de la mermelada

De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas preliminares se utilizaron los siguientes parámetros para la elaboración de mermelada (producto final), siendo estos: concentración de enzima 0.025% (0,025 ml/500gr de pulpa), tiempo de actividad enzimática 50 minutos y temperatura de la actividad enzimática en la pulpa 50°C y p H 3,5. Seleccionándose de esta manera el tratamiento que produjo una mermelada con características sensoriales muy buenas con un índice de consistencia de 100,5930 (pa-s)ⁿ y índice de flujo de 0,4755.

En la figura 12, se muestra las operaciones y el balance de materia a partir de la pulpa acondicionada (en base a 100 kg) para la obtención de la mermelada de cocona tratada enzimáticamente, con sus respectivos parámetros tecnológicos en cada operación.

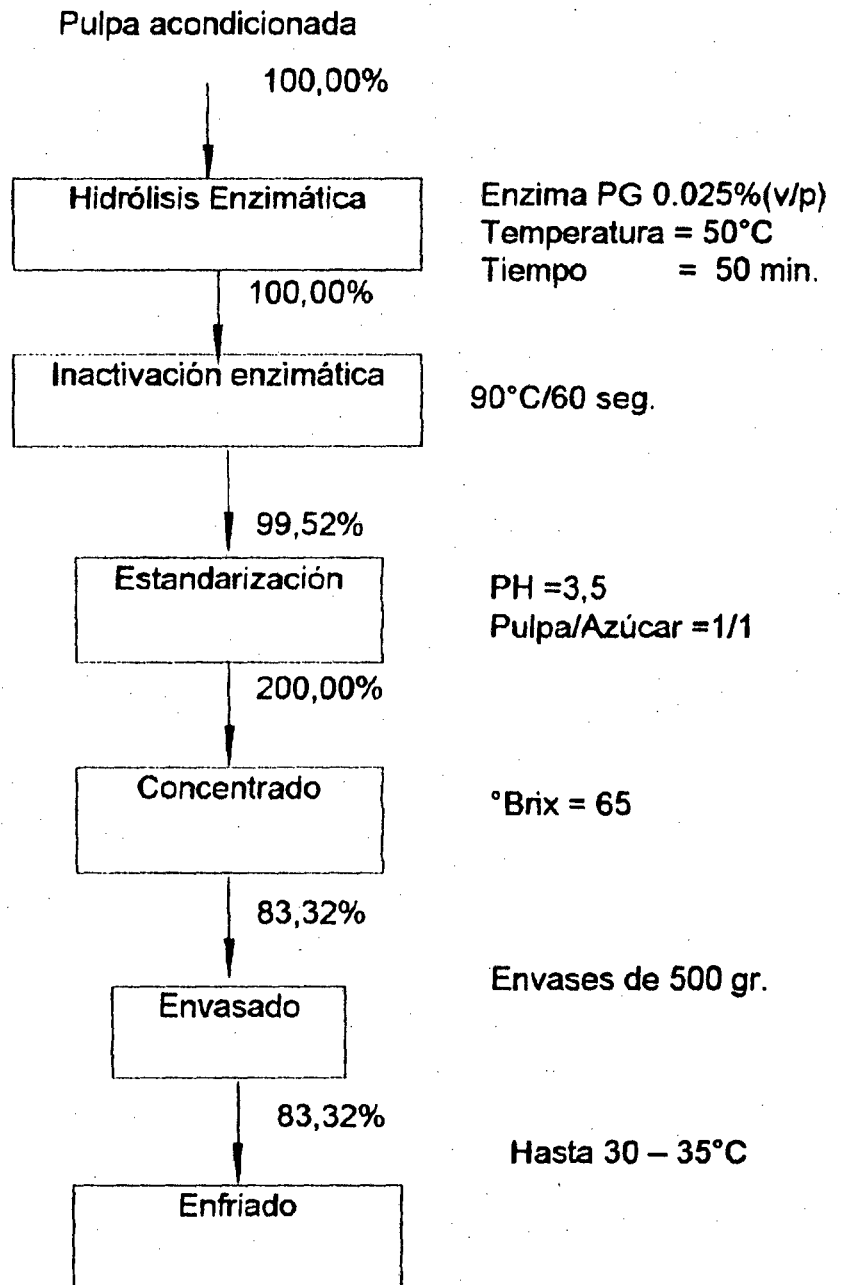


Figura 10. Diagrama de flujo para la obtención de mermelada de cocona, mediante hidrólisis enzimática

La tabla 19, se muestra los rendimientos obtenidos por cada operación, teniendo como base 100 Kg. de materia prima, el menor rendimiento por operación se obtuvo durante el pulpeado con 68,44%, seguido por el concentrado con 83.32%. Saboya (1980) reporta rendimiento de mermelada 83.5%.

Tabla 19. Balance de materia y rendimientos por operación durante la obtención de mermelada , base 100 Kg. de cocona.

Operaciones	Materia que ingresa (Kg)	Materia que sale (Kg)	Materia que continúa (Kg)	Rend. por Operación (%)	Rend. por Proceso (%)
Pesado	100,00	—	100,00	100,00	100,00
Selección	100,00	9,45	90,55	90,55	90,55
Lavado	90,55	0,35	90,20	99,61	90,20
Pre cocción	90,20	—	108,35*	120,12	108,35
Pulpeado	108,35	34,20	74,15	68,44	74,15
Congelado	74,15	0,50	73,65	99,33	73,65
Hidrólisis enzimática	73,65	—	73,65	100,00	73,65
Inactivación Enzimática	73,65	0,35	73,30	99,52	73,30
Estandarización	73,30	—	146,6**	200,00	146,6
Concentrado	146,6	24,45	122,15	83,32	122,15
Envasado	122,15	0,45	121,70	99,6	121,70
Enfriado	121,70	—	121,70	100,00	121,70

* Se incrementa el contenido de agua

** Se incrementa azúcar

D. CARACTERIZACION DE LA MERMELADA

1. Análisis físico químico

En la tabla 20, se muestra el análisis físico químico de la mermelada de cocona

Tabla 20. Análisis físico químico de la mermelada de cocona

Componente	%
PH (concentración de H ⁺)	3,5
Sólidos solubles (°Brix)	65,00
Azucares reductores	20,56
Azucares totales	37,53
Acidez titulable	1,28
Indice de consistencia (Pa*s) ⁿ	100,593
Indice de flujo	0,4755

De la tabla 20, se puede decir que los parámetros de 65 °Brix, pH 3,5 son óptimos porque evita el riesgo de cristalización al enfriarse (Primo, 1998), de los azucares reductores encontrados 20,56% existe una ligera variación con lo reportado por saboya (1988), en cuanto al índice de flujo la mermelada tiende a comportarse como fluido newtoniano ($n = 1$) (Steffe, 1992).

2. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico reportó ausencia de ufc/100 de muestra de mermelada de cocona, lo que quiere decir que no existe contaminación durante su elaboración (ICMSF, 1983).

3. Análisis sensorial

En la tabla 21, se muestra los calificativos dado para cada atributo estudiado (color, aroma, acidez consistencia) evaluado a diferentes pH (3,3, 3,5, 4,0). Estos resultados fueron calificados mediante una escala hedónica de 5 puntos y con 18 panelistas semi entrenados, encontrándose que el tratamiento pH 3,5 tiene mayor promedio.

El análisis de variancia para la evaluación sensorial se muestra en el anexo E, analizando los atributos estudiados (color aroma, acidez, consistencia) muestran alta significancia estadística producida por el efecto del pH, siendo confirmando por la prueba de tukey en la que nos permitió seleccionar el tratamiento que tuvo mayor aceptación sensorial fue a pH 3,5.

Tabla 21. Resultados de la evaluación sensorial de la mermelada de cocona con hidrólisis enzimática en la pulpa

PANELI- STAS	ATRIBUTOS											
	ACIDEZ			COLOR			AROMA			CONSISTENCIA		
	3,0	3,5	4,0	3,0	3,5	4,0	3,0	3,5	4,0	3,0	3,5	4,0
1	3	5	3	3	4	4	3	5	3	2	5	4
2	3	5	2	2	3	4	3	4	2	2	5	4
3	3	5	2	2	3	4	3	4	2		5	3
4	3	5	2	2	3	4	3	4	2	2	4	3
5	3	5	2	1	3	3	3	4	2	2	4	3
6	3	5	1	1	3	3	3	4	2	2	4	3
7	3	5	1	1	3	3	3	4	2	2	4	2
8	3	5	1	1	3	2	2	4	2	1	4	2
9	2	4	1	1	3	2	2	4	2	1	4	2
10	2	4	1	1	3	2	2	4	2	1	4	2
11	2	4	1	1	3	2	2	3	2	1	4	2
12	2	4	1	1	3	2	2	3	1	1	4	2
13	2	4	1	1	2	2	2	3	1	1	4	2
14	2	4	1	1	2	2	2	3	1	1	3	2
15	2	4	1	1	2	2	2	3	1	1	3	1
16	2	4	1	1	2	2	2	3	1	1	3	1
17	2	4	1	1	2	1	2	3	1	1	3	1
18	2	4	1	1	1	1	1	2	1	1	3	1
X	2,4	4,4	1,3	2,5	2,7	1,3	2,3	3,5	1,7	1,4	3,8	2,1

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos nos permiten indicar las siguientes conclusiones:

1. La acción enzimática de la Poligalacturonasa (PG) afectó favorablemente el índice de flujo (n) y el índice de consistencia (m) de la pulpa de cocona, aumentando (n) desde 0,2842 a 0,3704, y disminuyendo (m) desde de 13,239 $(Pa*s)^n$ a 4,5798 $(Pa*s)^n$.
2. Los parámetros óptimos más adecuados para la elaboración de mermelada de cocona con tratamiento enzimático de la pulpa fueron: concentración de Poligalacturonasa 0,025% (v/p), 50°C, 50 minutos y pH 4,5. Para el estandarizado: pH 3,5, relación 1/1 (Pulpa /Azúcar); concentrado a 65° Brix.
3. La mermelada obtenida se caracterizó por tener un pH de 3,5, 65°Brix, Índice de consistencia (m) igual a 100,593 $(Pa*s)^n$ e Índice de flujo (n) igual a 0,4755, calificándose microbiológicamente y sensorialmente por su buena aceptación.

VI. RECOMENDACIONES

1. Evaluar los costos de producción para la elaboración de mermelada con enzima en un proceso de escalamiento.
2. Utilizar los parámetros reológicos para el control de calidad en las mermeladas.
3. Realizar estudios para aislamiento e identificación de microorganismos que producen Poligalacturonasa (PG), a fin de desarrollar una tecnología para su obtención.
3. Realizar trabajos que correlacionen el tamaño de partículas y el porcentaje de pectina en los parámetros reológicos de mermelada.
4. Obtener zumo y concentrado para bebidas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A.O.A.C 1984. Oficial methods of anaysis of the association of official analytical chemists. 10 editorial. EEUU.
- A.O.A.C 1997. Oficial methods of analysis of the association of official analytical chemists. 16 ed. Vol. 1 y II. EEUU.
- ADRIAN, J.; FPANGNE, R. 1990. La Ciencia de los Alimentos de la A a la Z, Editorial. Acribia S.A. Zaragoza, España. 317 p.
- ALVARADO, J., D., 1994. Determinación de Parámetros reologicos en pulpas de frutas. Informe final, proyecto de investigación. CONUEP – UTA – FCIAL. Ambato - Ecuador. 225 pp
- ANZALDUA, M., A., 1994. La Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial. Acribia. Zaragoza. España. 198 p.
- ATKINSON, B.; MAVITUNA, F. 1985. Biochemical engineering and biotechnology hanbook. Ed.the Nature Press.EEUU y Canada. pp. 465-477.
- BADUI, S. D. 1994. Química de los alimentos. 3era edición. Ed. Alhambra S.A. México. 648 p.
- BARBOZA-CANOVAS, G.; IBARZ, A.; PELEG,M. 1993. Propiedades reológicas de alimentos fluidos. Revisión In Alimentaria, Abril. pp. 39 - 89.
- BELITZ, H.; GROSCH, W. 1988. Química de alimentos. Editorial. Acribia S.A. Zaragoza, España. pp 81 –95.
- BEN-SHALOM, N. 1986. Pectolytic enzymes studien for pecting of grapefruit segment memhrane. J. Food Sci. 51(2): pp 21, 400 - 423.

- BRAVERMAN, J. B.** 1980. Introducción a la bioquímica de los alimentos. Trad. Fernando A. Hill. Editorial Manual moderno, México 358 p.
- BRITO DE LA FUENTE.** 1995. Memorias del curso, Reología y su aplicación al procesamiento de alimentos. Julio 4 al 7. México 110 p.
- CALZADA, B. J.** 1980. Frutales nativos. Universidad Nacional Agraria la Molina Lima – Perú.
- CAMPERI, A., et al.,** 1996 Jugos de Fruta sin Metanol
<http://www.cienciahoy.org/hoy33/jugos01.htm>
- CARBONELL, B., COSTELL, E., Y DURAN, L.,** 1990. Influencia de la composición en el comportamiento de flujo de los productos derivados de fruta. Revisión bibliográfica. In alimentos, N°4, Vol. 15. pp 55-61.
- CHAVARRI, H., E.,** 1981. sustitución de la pectina con CMC, Agar-Agar, goma de zapote y colapes en la elaboración de mermelada de naranja fresa. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. UNA La Molina. Lima – Perú. 151 p.
- CHEFTEL, J. C. y CHEFTEL, H.** 1980. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Editorial. Acribia. Zaragoza. España. Vol. 1. pp. 152—153, 189, 162—166, 202 — 204. Vol. II. pp. 304—308.
- CODEX ALIMENTARIUS.** 1995. Requisitos generales. FAO/OMS. 2da edicc. Vol. 1. Roma 264 p.
- COSTELL, I.,** 1982. Reología físico química de los zumos y purés de fruta In. Agroquímica y tecnología de alimentos. Valencia 2C(1) pp 80 – 94.
- ESPINOZA, F. R.** 1984. Cultivo de Cocona, Maracuya y Naranjilla – Perú. pp 35

- ESPINOZA, Z. 1975. Estudio de posibilidades de Industrialización de cocona (*Solanum topiro*). Tesis, Ingeniero agrónomo. UNAS –Tingo María.
- FAO. 1996. Procesamiento a pequeña escala de frutas y hortalizas
- FELLOWS, F. 1994. Tecnología del procesado de los alimentos. Principios y prácticas. Ed.Acribia. Zaragoza, España. 550p.
- FENNEMA, O. R. 1993. Química de los alimentos. Editorial. Acribia S.A. Zaragoza. España. 1070p.
- FURIA, T. 1972. CRC Handbook of food additives. 2da edición. Editorial. CRC Press, Inc. Vol. 1. EE.UU. pp. 27-52.
- GACESA, P. y HUBBLE, J. 1991. Tecnología de enzimas Editorial. Acribia S.A. Zaragoza, España. 206 p.
- GARCIA, G. R.; LOPEZ-MUNGUÍA, C. 1993. Biotecnología alimentaria. Editorial Limusa. S. A. México, 636p.
- GEANKOPLIS, C. 1995 Procesos de transporte y operaciones Unitarias 2da Edición Cia. Editorial Continental S. A. México pp. 66-70.
- GOHONA, 2001. .Reología
<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/conceptosbasicosmfluidos/reologia/reologia.html>.
- HERRERA, R., J., 1971. Curso de capacitación tecnológica de alimentos. V 1. La Molina. Lima Perú.
- ICMSF. 1983. Microorganismos de los alimentos 1. Técnicas de análisis microbiológicos. Editorial. Acribia. S. A. Zaragoza. España. 413p.

- IRAZABAL R., 1983. Estudios del comportamiento reológico de pulpas de algunas frutas. Archivos latinoamericanos de nutrición. Caracas Venezuela. pp 12,13.
- ITINTEC. 1982. Normas técnicas, 203, 002. Lima – Perú. 4p.
- LAO, C., et al. 1997. Pectic enzyme treatment effects on quality of white grape musts and wines. Journal of Food Science. Vol 62 N° 6 pp 1142 –1149.
- LEES, R., 1981. Análisis de los alimentos, métodos cualitativos del control de calidad. Editorial Acribia S:A: Zaragoza – España. 285 p.
- LEON, R. N. 1999. Poligalacturonasa (E:C: 3.2.1.15) en el tratamiento de pulpa de plátano para la obtención del zumo. Tesis Ing. Industrias Alimentarias UNAS- tingo María.
- LEWIS, M. 1993. Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. pp. 101 - 132.
- LUCK, C., 1981 Conservación química de los alimentos. Sustancias acciones y métodos. Editorial Acribia S:A: Zaragoza – España 243 p
- MAIR, H., 1981. Métodos modernos de análisis de alimentos, métodos ópticos. 2da edicc. Editorial Acribia. Zaragoza España. 168 p.
- MALPARTIDA, S., 1988. Obtención y caracterización de néctar de carambola. Tesis, Ing. Industrias Alimentarias. UNAS. Tingo María. 103 p.
- MANAYAY, S. D. 1986. Determinación de los parámetros tecnológicos para el procesamiento de conserva de cocona (*Solanum tojiro*) en almibar. Tesis, Ing. Industrias Alimentarias UNAS –Tingo María
- MINISTERIO DE AGRICULTURA 1998. Producción hortofrutícola . Oficina de información agraria. Lima Perú. Diciembre.

- MITSCHKA, P. 1982. Simple conversión of Brookfield R.V.T. readings into viscosity functions. In AR-82, Rheologica acta 21,207. Institute of Chemical Process Fundamentals, Czechoslovak Academy of Sciences, Prague. pp. 207-209.
- MONTGOMERY, D. C. 1991. Diseño y análisis de experimentos. Editorial Grupo Iberoamérica. México. 589 p
- MOSSEL, D.y MORENO, G. 1985. Microbiología de los Alimentos. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España. 375 p.
- NEUFELD, E. et al. 1968. Methods in Enzymology, complex carbohydrates. Ed. Academic Press. 2da. Edición. EE.UU. pp. 628 - 641.
- NORMAN, W., D., 1999. Conservación de los alimentos . 5ta edicc. Editorial Continental S:A: Mexico pp 319 – 327.
- NOVO INDUSTRI A/S ENZYMES DIVISION BAGSVAERD. 1986. Handbook of Practical Biotechnology. Edited by C.O.L. Boyce. 125 p.
- OSORIO, L. 1990. Reología en alimentos. 1 Parte: Aspectos reológicos de alimentos fluidos. In Alimento N°4, Vol. 15. pp. 33 - 36.
- PEARSON, D., 1981 Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. Editorial Acribia S. A. Zaragoza España.
- PELAEZ, S. P. P. 1998. Estudio del Tratamiento Enzimático y Viscosidad de la Pulpa de plátano Tipo Seda (*Musa acuminata*) en la obtención de jarabe. Tesis grado Magister. Industrias Alimentarias, UNA La Molina. Lima, Peru.
- PILNIK, W.; ROMBOOTS, F. 1978. Pectic enzymes. Department of Food Science, Agricultural University, Wageningen. The Netherlands. pp. 109-126.

- PRIMO, E. 1998. Química y tecnología de alimentos, Edición Síntesis
<http://www.us.es/quimica/tecaldoc.htm>
- QUINTERO, R., R., 1987. Ingeniería bioquímica. Editorial Alhambra S. A., de C.V. México 332 p.
- RANGANNA, S. 1979. Manual of analysis of fruit and vegetable products. 2da Impresión. Editorial De. McGraw - Hill Published Company limited. New Delhi. pp. 21—54.
- RAO, M.; RIZVI, S. 1988. Engineering properties of foods. De Marcel Dekker Inc. EEUU. pp. 1-48.
- RAUCH, G.H. 1970. Fabricación de Mermelada Editorial. Acribia. Zaragoza. España. 199 p.
- RHOM ENZYME. 1978. Technical information 1.0. Test de alcohol para controlar restos de pectina en zumos de fruta. Diciembre. Kirschenallee, Postfach 4242.
- RHOM ENZYME. 1980. Technical information 1.1.1. Test with free-run juice to evaluate pressability of apple mash. July. Kirschenallee, Postfach 4242.
- RIOS, N.H., 1995 Conservación química de la pulpa de cocona (*solanum tojiro*). Tesis, Ingeniero Industrias Alimentarias UNAS- Tingo María 155 p.
- ROBINSON, D.S. 1991. Bioquímica y valor nutritivo de los Alimentos. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España. 516 p.
- ROBLES, R., J., 2000. Obtención del zumo de cocna (*solanum tojiro*) mediante el uso de enzima poligalacturonasa. Tesis. Ing. Industrias Alimentarias. UNAS. Tingo María 67 p.

ROSARIO, A. R. 1998. El poder de las enzimas

<http://www.rosario.com.ar/agronoticias/archivos/desto.htm>

SABOYA L. D. 1988, Elaboración de mermelada a partir del pedunculo de marañon (*Anacardium occidentale* L.) Tesis Ing. Industrias Alimentarias, UNAS. Tingo María. Peru.

SANKHO, M., et al. 1998. Enzymatic maceration effects on volatile componentes of mango pulp. *Journal of Food Science*. Vol. 63. N° 6 pp 975 - 978.

SCHMIDT, HEBBEL., H.; MONTI, P., 1982. Las enzimas en los alimentos. Su importancia en la química y tecnología de los alimentos. Fundación Chile. pp 93 - 119

SCRAGG, A. 1996. Biotecnología para ingenieros. Sistemas biológicos en procesos tecnológicos. Editorial Limusa S.A. España. pp. 177-188.

SCRIBAN, R. 1988. Biotecnología. 2da. edición. Editorial. El Manual Moderno. México, D.F. 669 p.

SEGEL, I. H. 1982. Cálculos de Bioquímica. Ed. Acribia S.A. Zaragoza. España. 564 p.

SILVIA et al., 1996 Historia de la tecnología enzimática

<http://www.silvia.com.ar/enzimas/archivos/desto.htm>

STEEL, R. G.; Y TORRIE, J. H. 1995 Bioestadística principios y procedimientos 2da edición. Editorial McGraw Hill. México 622p

STEFFE, J. 1992. Rheological methods in food process engineering. Ed. Freeman Press, Michigan, USA. pp. 103 - 113.

VERSTEG, C.; ROMBOUITS, F.; SPAANSEN, C.; PILNIK, W. 1980.

Thermostability and orange juice cloud destabiling properties of multiple pectinesterases from orange. In Journal of food science. Vol 45, N°4, EE.UU. pp 969 – 971.

VILLACHICA, H., 1996 Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonía.

FAO/GCP/RLA/118/NET de SPT – TCA . Lima – Perú pp 97-102.

WATTS, B., et al. 1992. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de

alimentos traducido por la oficina de traducciones y secretaria de estado.

Canadá 1710 p.

WILLS, R. 1984 Fisiología y manipulación de Frutas y Hortalizas Post

recolección. Editorial Acribia. Zaragoza España 195 p.

WISEMAN, A. 1991. Manüal de biotecnología de las enzimas. Ed. acribia, S.A.

Zaragoza, España. 444 p.

ZEGARRA, A., 2000. Obtención del zumo de membrillo (*cydonia vulgaris*)

mediante el tratamiento enzimático con poligalacturonasa y biopectinasa

LM. Tesis. Ing. Industrias Alimentarias. UNAS. Tingo María 67 p.

VIII. ANEXOS

Anexo A: Actividad enzimática

Principio

La enzima produce una hidrólisis al azar del ácido poligalacturónico dando origen a una mezcla de ácidos D-galacturónico y Digalacturónico en una relación molar aproximada de 4:3, a este nivel el 70% de los enlaces del polímero lineal se encuentran hidrolizados. Se produce una hidrólisis lineal, durante el cual aproximadamente el 25% de los enlaces glucosídicos son hidrolizados después del cual la velocidad de reacción decae. El ensayo enzimático se basa en la medición de la velocidad inicial del incremento en grupos aldehídos los cuales están relacionados con la oxidación de hipoyodito, durante los primeros 3-5% de hidrólisis también hay un rápido descenso de la viscosidad de la solución del ácido poligalacturónico.

Reactivos

Enzima; Se diluyó la enzima en concentraciones convenientes: 0,1 ml. de enzima poligalacturonasa/5ml de solución Pectina; conocido como ácido poligalacturónico obtenido de naranja con una pureza de 86%, codificado como P3889 en la marca SIGMA.

Para preparar una solución de poligalacturonato de sodio al 0,5% se siguió los siguientes pasos:

Suspender un gramo de ácido poligalacturónico en 150 ml. de agua destilada, agregue 20 ml. de buffer acetato de sodio 1 M a pH 4,5.

Titular la solución a pH 4,5 con NaOH 1 N y ajustar el volumen a 200 ml. con agua destilada.

- Na₂CO₃, 1 M

- Solución de Iodo, 0,1 N
- H_2SO_4 , 2 M
- $Na_2S_2O_3$, 0,1 N

Procedimiento

Llevar a $30^\circ C$ 20 ml de una solución de ácido poligalacturónico, adicionar 1 ml de la solución de enzima adecuadamente diluida, mezclar rápidamente y anotar el tiempo. Se toman 5 ml de la mezcla en reacción y se le adiciona 5 ml de la solución de yodo 0,1 N en un frasco erlenmeyer de 50 ml se anota el tiempo en el momento en que se adiciona la solución de yodo a la muestra. Se adiciona 0,9 ml. de Na_2CO_3 , 1M inmediatamente, la mezcla es dejada en reposo exactamente 20 min., luego es acidificada con 2 ml de H_2SO_4 , 2 M y el yodo residual es titulado con $Na_2S_2O_3$, 0,1 N. 2 ó 3 muestras adicionales son tomadas a partir de la mezcla en reacción (aproximadamente cada 4 ó 5 minutos), el tiempo es registrado como en el caso anterior y son tratados similarmente. Los valores de la titulación son ploteados como una función del tiempo para determinar la pendiente de la recta obtenida. Un microequivalente de yodo reducido corresponde a 0,513 micromoles de grupos aldehídos liberados. La actividad de la enzima es calculada y expresada por ml. ó mg. de proteína de la solución de enzima.

Definición de la unidad enzimática

La actividad de la endo-polygalacturonasa de levadura es la cantidad de enzima que producirá un micromol de grupos aldehidos/minuto a 30°C y pH 4,5, la curva de actividad tiene un pico ancho y la diferencia en la actividad es el desprecio, la desventaja de usar pH 4,5 es que el ácido péctico de alto peso molecular es más soluble a pH 5,0 que en pH 4,5.

Anexo B. Lecturas obtenidas de la pulpa tratada enzimáticamente

Tabla 1. Lecturas obtenidas de la evaluación reológica de pulpa de cocona tratada enzimáticamente

Concentració n del enzima	Tiempo (min)	Huso Nº	Valor de las lecturas del dial							
			V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
0,00%	0	4	18,0	23,0	29,5	35,0	41,5	50,5	67,5	85,5
0.025%	40	4	12,0	17,5	25,0	30,5	37,0	46,5	57,5	71,1
	50	4	10,5	16,5	23,5	29,0	35,5	42,5	56,0	70,0
	60	4	9,5	11,5	14,0	17,5	21,5	26,5	34,5	45,5
0.050%	40	4	8,00	13,5	19,0	23,5	28,5	33,5	44,0	56,0
	50	4	7,50	11,0	17,0	21,0	25,0	29,0	39,0	50,0
	60	4	6,50	8,50	11,0	13,5	17,5	22,5	30,0	40,5
0.075%	40	4	7,50	9,50	14,5	17,5	20,0	25,5	37,5	47,5
	50	4	6,00	7,50	11,5	13,5	17,0	22,0	30,0	40,0
	60	4	5,00	7,00	10,5	12,5	16,0	21,0	28,0	38,5

Anexo C. Lecturas obtenidas de la evaluación reológica de la mermelada

Tabla 1. Lecturas obtenidas de la evaluación reológica de la mermelada de cocona a 25°C, 0.025% de PG y pH 3,5

Tiempo (min)	Huso N°	Valores de las lecturas del dial							
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
20	6	10,0	12,5	21,0	29,0	36,5	47,0	62,0	82,0
30	5	18,5	25,0	39,0	54,0	68,0	91,0		
40	5	12,0	19,5	29,5	42,5	57,0	77,0	100	
50	5	11,0	15,5	25,5	32,5	49,0	73,0	91,0	
60	5			17,0	25,0	37,5	58,5	97,5	

**Anexo D. Análisis de variancia y la prueba de tukey para la pulpa tratada
enzimáticamente**

**Tabla 1. Análisis de variancia de los efectos simples de la
interacción A*B**

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					5%	1%
[E1] t1	2	4.8234	2.4117	**28,4270	4,26	8,02
[E2] t3	2	18.5884	9.2942	**109,6014	4,26	8,02
[E3] t2	2	21.9722	10.9861	**129,5531	4,26	8,02
t1 [E1]	2	15.8886	7.9443	**93,6828	4,26	8,02
t3[E2]	2	7.9492	3.9746	**46,8703	4,26	8,02
t2[E3]	2	2.8272	1.4136	**16,6698	4,26	8,02
Error	9	0.7635	0.0848			

**Tabla 2. Prueba de tukey al 5% para el índice de flujo (n) de la pulpa
tratada enzimáticamente**

Agrupación Tukey	Promedio	Tratamiento
a	0,35667	0,075%
ba	0.33667	0,050%
b	0,3100	0,025%

**Tabla 3. Prueba de tukey al 5% para el índice de consistencia (m) de
la pulpa tratada enzimáticamente**

Agrupación Tukey	Promedio	Tratamiento
a	8,9583	0,025%
b	6,6767	0,050%
c	5,2700	0,075%

Tabla 4. Prueba de tukey al 5% del índice de flujo (n) de la mermelada a 25°C.

Agrupación Tukey	Promedio	Tratamiento
a	0,40130	20 min
a	0,39360	30 min
a	0,37960	40 min
a	0,37905	50 min
b	0,31355	60 min

Tabla 5. Prueba de tukey al 5% del índice de consistencia (m) de la mermelada a 25°C.

Agrupación Tukey	Promedio	Tratamiento
a	292,867	20 min
b	192,090	30 min
c	154,720	40 min
d	58,715	50 min
e	28,118	60 min

Anexo E. Resultados del análisis de variancia y la prueba de tukey para el análisis organoléptico tratada enzimáticamente

Tabla 1. Análisis de Variancia para el atributo color de la mermelada de cocona tratada enzimáticamente

F.V	G.L	S.C.	C.M	Fc.
Bloque	17	22.8148	1.3420	6,25 **
Trata	2	20.7037	10.3518	48,24 **
Error	34	7.2962	0.2145	
Total	53	50.8148		

C.V. = 21,56.

Tabla 2. Resultados de la prueba de tukey al 5% de atributo color

Agrupación Tukey	Promedio	Tratamiento
a	2.6667	ph 3.5
a	2.5000	ph 4.0
b	1.2778	ph 3.0

Tabla 3. Análisis de Variancia para el atributo aroma de la mermelada de cocona tratada enzimáticamente

F.V	G.L	S.C.	C.M	Fc.
Bloque	17	18,8333	1,1078	10,27 **
Trata	2	31,0000	15,5000	143,73 **
Error	34	3,6666	0,1078	
Total	53	53,5000		

C.V. = 13,14

Tabla 4. Resultados de la prueba de tukey al 5% de atributo aroma

Agrupación Tukey	Promedio	Tratamiento
a	3.5000	ph 3.5
b	2.3333	ph 3.0
c	1.6667	ph 4.0

Tabla 5. Análisis de Variancia para el atributo acidez de la mermelada de cocona tratada enzimáticamente

F.V	G.L	S.C.	C.M	Fc.
Bloque	17	12,3704	0,7277	9,82 **
Trata	2	89,4815	44,7407	604,00 **
Error	34	2,5185	0,0741	
Total	53	104,3708		

C.V. = 9,93**Tabla 6. Resultados de la prueba de tukey al 5% de atributo acidez**

Agrupación Tukey	Promedio	Tratamiento
a	4,4444	ph 3,5
b	2,4444	ph 3,0
c	1,3333	ph 4,0

Tabla 7. Análisis de Variancia para el atributo consistencia de la mermelada de cocona tratada enzimáticamente

F.V	G.L	S.C.	C.M	Fc.
Bloque	17	19.4259	1.1427	8.82 **
Trata	2	59.5925	29.7962	229.86 **
Error	34	4.4074	0.1296	
Total	53	83.4259		

C.V. = 14,62

Tabla 8. Resultados de la prueba de tukey al 5% de atributo consistencia

Agrupación Tukey	Promedio	Tratamiento
a	3,8889	ph 3,5
b	2,1111	ph 4,0
c	1,3889	ph 3,0

Anexo F. Ficha de análisis sensorial

Nombre.....

Fecha..... Hora.....

Muestra.....

Marca con una X debajo de los códigos, según la intensidad de acidez.

ESCALA	MUESTRA		
	756	845	945

Extremadamente ácido

Muy ácido

Acido

Poco ácido

Nada ácido

Observaciones

.....

Marca con una X debajo de los códigos, según la intensidad del color.

ESCALA	MUESTRA		
	756	845	945

Marrón

Marrón claro

Caramelo

Marrón anaranjado

Anaranjado claro

Observaciones

.....

Marca con una X debajo de los códigos, según la intensidad del aroma

ESCALA	MUESTRA		
	756	845	945

Excelente

Muy buena

Bueno

Regular

Mal

Observaciones

Marca con una X debajo de los códigos, según la intensidad de la consistencia.

ESCALA	MUESTRA		
	756	845	945

Excelente

Muy buena

Bueno

Regular

Mal

Observaciones