

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



“EXTRACCIÓN Y EVALUACIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE NARANJA DE LAS VARIEDADES *Citrus sinensis* y *Citrus paradisi* Y PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA PILOTO PARA SU PRODUCCIÓN ”.

Trabajo de Graduación presentado por:

Karol Aminta Rodríguez Rodríguez
Adán Manrique Román Henríquez

Para Optar al grado de:

LICENCIADO EN QUÍMICA Y FARMACIA

Marzo 2004

San Salvador, El Salvador, Centro América



©2004, DERECHOS RESERVADOS

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento,
sin la autorización escrita de la Universidad de El Salvador

<http://virtual.ues.edu.sv/>

SISTEMA BIBLIOTECARIO, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

DRA. MARIA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIO GENERAL:

LIC. LIDIA MARGARITA MUÑOS VELA

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANO:

LIC. SALVADOR CASTILLO AREVALO

SECRETARIO:

MSc. MIRIAN DEL CARMEN RAMOS DE AGUILAR

ASESORES

LIC. MORENA LISETTE MARTÍNEZ DE DÍAZ

ING. SERGIO ARMANDO MARAVILLA MIRANDA

JURADO CALIFICADOR

LIC. MERCEDES MENA DE SALGADO

LIC MARCO ANTONIO AQUINO CAMPOS

MSc. SONIA MARICELA LEMUS MARTÍNEZ

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

A nuestros asesores, Lic. Morena Lisette Martínez de Díaz e Ing. Sergio Armando Maravilla Miranda, por su invaluable orientación, ayuda científica, motivación y materialización de este trabajo.

A nuestro jurado calificador, Lic. Mercedes Mena de Salgado, Lic. Marco Antonio Aquino y MSc. Sonia Maricela Lemus Martínez; por el tiempo dedicado a la evaluación de este trabajo y por las valiosas sugerencias que nos aportaron.

A todas aquellas personas que de una u otra forma nos ayudaron a concluir este trabajo.

KAROL Y MANRIQUE

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso, por darme la fortaleza en todos los momentos de mi vida.

A mis padres, Iván Asdrúval Rodríguez y Silvia de Rodríguez, por apoyarme incondicionalmente, por sus sacrificios, confianza y amor. A ellos les debo no solo un título sino una amistad que me sostiene en cada momento de mi vida.

A la memoria de mi abuela Aminta de Rodríguez (Q.D.D.G.), quien fue un digno ejemplo a seguir.

A mi esposo Mauricio Pino, por brindarme su confianza, apoyo y amor incondicional.

A mis hijos Ale, Iván y Andrés, por ser la alegría de mi vida y por permitirme aprender de ellos el verdadero amor.

A mis hermanas Clarisa e Indra, mis mejores amigas y la mejor compañía que Dios me pudo dar.

A Manrique, por su invaluable amistad y por demostrarme que con perseverancia y esfuerzo se alcanzan las metas.

A la Lic. Morena de Díaz e Ing. Maravilla por su fina colaboración y orientación en el desarrollo de este trabajo. Infinitas gracias.

Con cariño,

KAROL.

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a:

A Dios todopoderoso, por darme la dirección correcta para alcanzar mis metas.

A mi papá Neto, por brindarme se apoyo inmenso e incondicional en cada momento de mi vida.

A la memoria de mis abuelos (Q.D.D.G.), Adán Rodríguez y María Angélica Castillo quienes fueron un ejemplo digno a seguir.

A mi esposa e hijo, Jacqueline de Román y Manrique Román López, por su amor y apoyo incondicional.

A mis hermanos, Gisela, Karen, Marcelo, por su apoyo y amor fraterno.

A Karol, por brindarme su amistad, y por que aún en los momentos difíciles siempre estuvo dispuesta a seguir adelante.

A la Lic. Morena de Díaz e Ing. Sergio Maravilla, por su colaboración y orientación en el desarrollo de este trabajo.

A todos mis familiares, amigos y demás personas que de una u otra manera colaboraron para que pudiera concluir mi trabajo con éxito.

Afectuosamente

MANRIQUE

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	i
OBJETIVOS	iii
CAPÍTULO	
1.0 MARCO TEÓRICO	1
1.1 GENERALIDADES DE LA NARANJA	2
1.2 DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DE PLANTA Y FRUTO DE LAS VARIEDADES <i>Citrus sinensis</i> y <i>Citrus paradisi</i>	3
1.3 GENERALIDADES DE LA PECTINA	8
1.3.1 Propiedades químicas	9
1.3.2 Usos de la pectina	10
1.3.3 Métodos fundamentales de extracción de pectina	11
1.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	12
CAPÍTULO II	
2.0 PARTE EXPERIMENTAL	22
2.1 METODOLOGÍA	23
2.1.1 Investigación bibliográfica	23
2.1.2 Investigación de campo	23
2.1.3 Metodología experimental	24
2.1.4 Estudio estadístico	29

CAPÍTULO III

3.0 RESULTADOS	32
3.1 RENDIMIENTOS DE PECTINA	32
Rendimiento de pectina en <i>Citrus sinensis</i>	32
Rendimiento de pectina en <i>Citrus paradisi</i>	34
3.2 CONTROL DE CALIDAD	37
3.2.1 Identificación	37
3.2.2 Resultado grupo metoxilo en <i>Citrus sinensis</i>	38
3.2.3 Resultado grupo metoxilo en <i>Citrus paradisi</i>	39
3.2.4 Resultados ácido galacturónico en <i>Citrus sinensis</i>	41
3.2.5 Resultados ácido galacturónico en <i>Citrus paradisi</i>	42
3.3 MODELO DE CÁLCULO ESTADÍSTICO	45

CAPÍTULO IV

4.0 EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA	55
4.1 INVERSIÓN DE CAPITAL	56
4.1.1 Inversiones fijas	56
4.1.2 Capital de trabajo	63
4.2 COSTOS DE PRODUCCIÓN	64
4.3 DETERMINACIÓN DEL PRECIO DEL PRODUCTO	70
4.4 RENTABILIDAD DEL PROYECTO	71
4.5 RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN DE CAPITAL	72

	Pág
5.0 PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA PILOTO	73
6.0 CONCLUSIONES	76
7.0 RECOMENDACIONES	78
8.0 BIBLIOGRAFÍA	80
9.0 ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Pág.
1.0 Rendimiento de pectina en <u><i>Citrus sinensis</i></u>	32
2.0 Rendimiento de pectina en <u><i>Citrus paradisi</i></u>	34
3.0 Identificación variedades <u><i>Citrus sinensis</i></u> y <u><i>Citrus paradisi</i></u>	37
4.0 Porcentaje grupos metoxilo en <u><i>Citrus sinensis</i></u>	38
4.1 Costo del equipo de proceso	58
4.2 Costo del equipo de Control de Calidad	59
4.3 Costo de equipo de oficina	59
4.4 Costo de mano de obra directa e indirecta	60
4.5 Energía consumida por equipo de producción	61
4.6 Gastos de puesta en marcha	62
4.7 Resumen de inversiones de capital	64
4.8 Costos primos	66
4.9 Costos de fabricación	68
4.10 Resumen costos de producción	70
5.0 Porcentaje grupos metoxilo en <u><i>Citrus paradisi</i></u>	39
6.0 Porcentaje ácido galacturónico en <u><i>Citrus sinensis</i></u>	41
7.0 Porcentaje ácido galacturónico en <u><i>Citrus paradisi</i></u>	42
8.0 Análisis de varianza	47
9.0 Resultados de distribución <i>F</i> en <u><i>Citrus sinensis</i></u>	48

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 10.0 Resultado de distribución F en <u><i>Citrus paradisi</i></u>	48
11.0 Resultados prueba t	53
1.0 Fotografía de árbol <u><i>Citrus sinensis</i></u>	5
2.0 Corte transversal de <u><i>Citrus sinensis</i></u>	5
3.0 Fotografía de árbol <u><i>Citrus paradisi</i></u>	7
4.0 Corte transversal de <u><i>Citrus paradisi</i></u>	8
5.0 Estructura de la pectina	9
6.0 Hidrólisis de muestras	26
7.0 Diseño de planta piloto	75

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico	Pág.
1.0 Comparación de porcentaje de pectina cuantificada en <u><i>Citrus sinensis</i></u>	33
2.0 Comparación de porcentaje de pectina cuantificada en <u><i>Citrus paradisi</i></u>	35
3.0 Comparación de porcentaje de pectina extraída en ambas Variedades de naranja	36
4.0 Comparación de grupos metoxilo en ambas variedades de Naranja	40
5.0 Comparación de porcentaje de ácido Galacturónico en ambas Variedades de naranja	43

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

°C	=	grados centígrados
g	=	gramo
H ₀	=	Hipótesis nula
H ₁	=	Hipótesis alternativa
HCl	=	ácido clorhídrico
hr	=	hora
Kg	=	Kilogramo
Kw/hr	=	Kilowatts por hora
min	=	minutos
mL	=	miliLitros
MSB	=	varianza entre los grupos
MSW	=	varianza dentro de los grupos
M _x	=	muestra
NaOH	=	Hidróxido de sodio
S ²	=	desviación estándar
SSB	=	variación entre grupos
SST	=	variación total
SSW	=	variación dentro del grupo

INTRODUCCIÓN

La Citricultura en el ámbito internacional tiene importancia no sólo por sus características nutrientes y vitamínicas, también se a convertido en una fuente valiosa de materias primas para obtener la pectina, ya que esta se encuentra en la parte interna de la cáscara de los cítricos. En nuestro país existen diversas variedades de naranja, de las cuales se pueden obtener subproductos diferentes al zumo tales como: aceites esenciales, abonos, concentrados y pectina.

El presente trabajo tiene por finalidad el aprovechamiento de los desechos agroindustriales provenientes de plantas productoras de zumos de naranja que generan grandes cantidades de éste, el cual no tiene una utilidad adecuada, ocasionando además problemas de contaminación en el ecosistema por ser una fuente adecuada para la proliferación de insectos y bichos que son perjudiciales para la salud humana.

En vista de lo anterior, se considera importante desarrollar un sistema que cumpla con los requisitos mínimos de una planta piloto, para la obtención de pectina y hacer más rentable el cultivo de las naranjas.

La pectina tiene diversos usos. En la industria farmacéutica para la elaboración de suspensiones, emulsiones, cosméticos, etc. En la industria alimenticia se utiliza como viscosante en la fabricación de jaleas y conservas,

en vinos como deshidratante de los tejidos de las plantas, en la leche para precipitar la caseína etc.

La extracción de pectina se hará a partir de la cáscara de naranja de las variedades Citrus sinensis y Citrus paradisi a través de una hidrólisis ácida efectuando para ello cambios de pH y tiempos de extracción con lo cual se espera obtener mayor rendimiento.

Este estudio cubre cuatro aspectos fundamentales, ordenados como sigue:

El capítulo I contiene información bibliográfica, de la cual se obtienen los parámetros técnicos a utilizar para desarrollar este proyecto.

En el capítulo II y III se detalla la parte experimental del trabajo, la metodología apropiada para el proceso de obtención, condiciones de equipo y materia prima. También los controles de calidad físico- químico realizados a la pectina y además los resultados de todos ellos.

En el capítulo IV, se describe la evaluación técnico económica, en la cual tomando en cuenta la información recopilada de la cantidad de pectina importada, consumo del producto, la decisión de producir y comercializar un porcentaje de la demanda. Se evalúa económicamente el proyecto, utilizando la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el tiempo de recuperación de la inversión del capital, los dos son indicadores de la rentabilidad económica del proyecto.

OBJETIVO GENERAL

- Extraer y evaluar pectina a partir de las cáscaras de naranja de las variedades Citrus sinensis y Citrus paradisi y propuesta de diseño de planta piloto para su producción.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar el contenido de pectina extraído a partir de cáscara de Citrus sinensis y Citrus paradisi.
- Establecer las condiciones de pH y tiempo de calentamiento óptimos que nos dan mayor rendimiento de pectina.
- Realizar pruebas de control de calidad a la pectina extraída como son ensayos de identificación, ensayo de grupos metoxilo y ensayo de ácido anhidrogalacturónico.
- Efectuar estudios de factibilidad técnico-económicos para determinar la rentabilidad de un proceso a nivel de planta piloto.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.0 MARCO TEÓRICO

1.1 GENERALIDADES DE LA NARANJA

El naranjo, es un árbol originario del lejano oriente, específicamente de China, en la edad media fue llevado a Europa, por los musulmanes. En 1565 los españoles trajeron esta fruta a América, donde plantaron naranjos en las regiones de Florida y California, que actualmente son las principales regiones productoras del mundo.

El nombre del género botánico, Citrus, deriva del griego Kitros, que era como designaban a aquel fruto. El término se escribe en latín Aurantia, por su color de oro. En lenguaje dravídico (de la India), significa “perfume interior”¹⁶.

En El Salvador los cítricos se cultivan en un área de alrededor de diez mil manzanas, especialmente en la zona paracentral, nombrando las de mayor cultivo:

San Juan Opico, Cojutepeque, Candelaria, San Pedro Nonualco, Santa Maria Ostuma, Guadalupe, Izalco, Armenia, Tacuba, Santa Ana.

Durante el primer trimestre del año 2003; en las áreas anteriormente referidas se reportó una producción de aproximadamente un mil quinientas setenta toneladas métricas de naranjas*

* LA PRENSA GRAFICA. Campo.El Salvador, Martes 10 septiembre 2002

1.2 DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DE PLANTA Y FRUTO DE LAS VARIETADES Citrus sinensis y Citrus paradisi.

Citrus sinensis.

El naranjo es un árbol generalmente pequeño, que oscila entre 6 a 10 metros de altura, con una copa compacta, cónica, con el tronco de color gris y liso, algunas veces espinoso. (figura 1)

Las hojas son perennes, coriáceas, de un verde intenso y brillante, con forma oval o elíptico-lanceolada, con la base en forma de cuña, el ápice agudo. Las flores, son de naturaleza hermafrodita, de tamaño medio, aparecen solitarias o en pequeños racimos durante la primavera, presentan cinco pétalos blancos, carnosos y muy perfumados.

La naranja, como fruto es una baya especial, formada por una piel externa más o menos rugosa y de color anaranjado, con abundantes glándulas que contienen aceites esenciales, y una parte intermedia adherida a la anterior, blanquecina y esponjosa (fibra). Finalmente, posee una parte más interna y desarrollada, dividida en una serie de gajos.

La piel externa se denomina Exocarpo o Pericarpio; la capa blanca se llama Mesocarpo, y el interior de la fruta que constituye la parte comestible es el Endocarpo, formado de siete a doce gajos carnosos que contienen vejigas rebosantes de zumo⁸. (figura 2)

CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DEL Citrus sinensis

Reino	:	Plantae
División	:	Anthophita
Subdivisión	:	Angiospermas
Clase	:	Dicotiledónea
Familia	:	Rutáceae
Subfamilia	:	Aurantiodeae
Tribu	:	Citrieae
Subtribu	:	Citrinae
Género	:	Citrus
Subgénero	:	Eucitrus
Especie	:	sinensis
Nombre común	:	Valencia, Victoria.



©2004, DERECHOS RESERVADOS

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento,
sin la autorización escrita de la Universidad de El Salvador

<http://virtual.ues.edu.sv/>

SISTEMA BIBLIOTECARIO, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



FIGURA 1.
FOTOGRAFIA DE ARBOL DEL Citrus sinensis

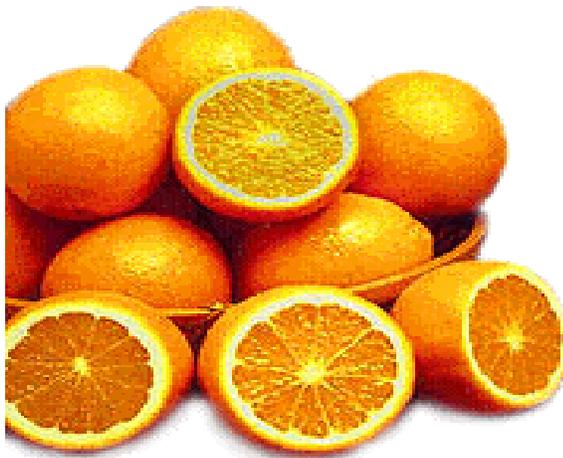


FIGURA 2.
CORTE TRANSVERSAL Citrus sinensis

Citrus paradisi.

Árbol de ocho a quince metros de altura, extendido, de ramas bajas con espinas largas y fuertes. Hojas lisas pequeñas y ovales. Flores color blanco o cremoso. Frutos de forma esférica, achatados por los polos de unos 7.5 a 15 centímetros de diámetro, posee un sabor refrescante ligeramente amargo, se caracteriza por tener pocas semillas de gran tamaño⁵.

El pomelo es el cítrico de mayor tamaño y de ahí su denominación latina *Citrus grandis*. Sus frutos nacen en racimos lo que también explica su nombre en inglés: Grape-fruit. (figura 3)

La corteza es de color amarillo claro, y rica en esencias; la fibra es de color blanquecina y rica en pectina. (figura 4)

CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DEL Citrus paradisi

Reino	:	Plantae
División	:	Anthophita
Subdivisión	:	Angiospermas
Clase	:	Dicotiledónea
Familia	:	Rutáceae
Subfamilia	:	Aurantiodeae
Tribu	:	Citrieae
Subtribu	:	Citrinae

Género : Citrus
Subgénero : Eucitrus
Especie : paradisi
Nombre común : Grape fruit, Toronja, Pomelo.



FIGURA 3.

FOTOGRAFÍA DE ÁRBOL DEL *Citrus paradisi*

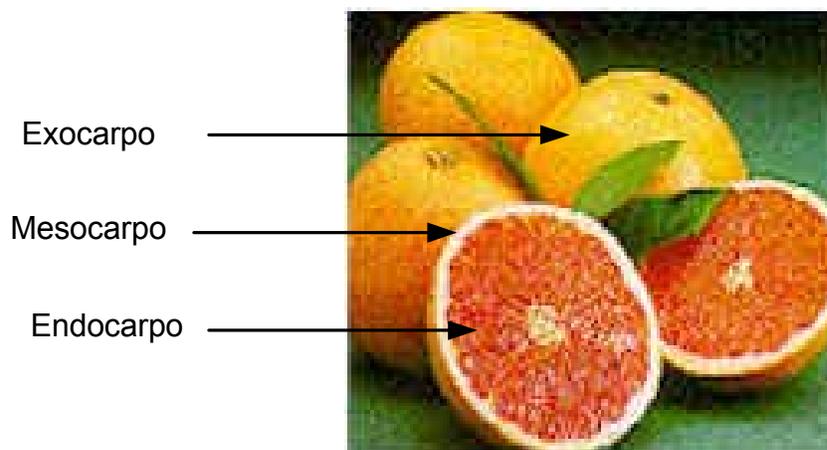


FIGURA 4.

CORTE TRANSVERSAL DEL *Citrus paradisi*

1.3 GENERALIDADES DE LA PECTINA.

El término pectina proviene de la palabra griega “Pekos” (denso, espeso, coagulado), sustancia mucilaginosa de las plantas superiores¹⁶.

La pectina se define como un hidrato de carbono purificado que se obtiene de la porción interna de la cáscara de los frutos cítricos o del bagazo de las manzanas exprimidas por extracción con ácidos diluidos.

La cáscara de los cítricos es rica en pectina, modificándose su contenido según la estación y la variedad. Esta sustancia se asocia con la celulosa y le proporciona a la pared celular la habilidad de absorber grandes cantidades de agua. La celulosa tiene un importante rol en la estructura ya que le da rigidez a las células, mientras que la pectina confiere la textura.

La pectina esta formada por poliósidos compuestos, esencialmente por cadenas de ácidos galacturónicos unidos en alfa 1 - 4.

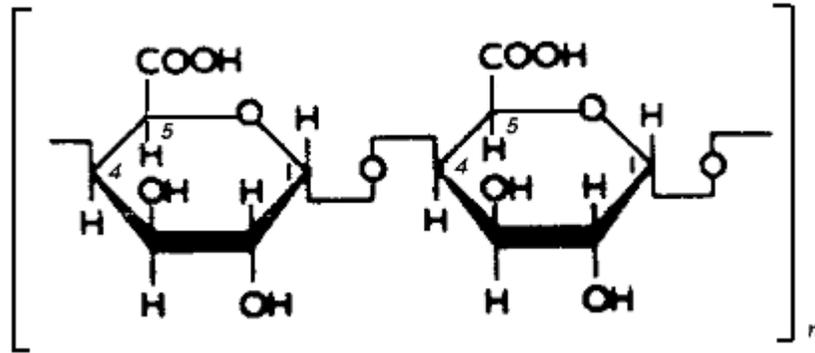


FIGURA 5.

ESTRUCTURA DE LA PECTINA

La pectina se encuentra en los frutos bajo una forma insoluble conocida como Protopectina, la cual es convertida fácilmente en la forma soluble por hidrólisis suave. Esta solución de pectina puede precipitarse con alcohol o mediante salado, después se lava y se seca, obteniendo ácidos pécticos (pectinas) ⁹

1.3.1 PROPIEDADES QUÍMICAS

Las variaciones en el grado de metilación son causadas principalmente por ciertos factores como son:

- a) El grado de metilación que ocurra durante la extracción y purificación de la pectina.
- b) Diferentes contenidos de grupos metoxilos de las sustancias pécticas en su estado natural.

c) Dilución de las sustancias pécticas por materiales adjuntos como son arabinosa y galactosa.

En cuanto a la preparación de las pectinas se puede obtener dos tipos fundamentales, dependiendo del grado de esterificación, así tenemos:

- 1) Pectina de elevado éster que contiene de 7 a 12% de grupos metoxilo.
- 2) Pectina de bajo éster con una cantidad de grupo metoxilo de 2.5 a 4.5%.¹⁷

1.3.2 USOS DE LA PECTINA

La pectina, no solo es importante como componente de las frutas, sí no que además presenta diversos usos en la industria, cabe mencionar:

a. Industria Alimenticia¹⁷

1. Fabricación de jaleas (gelatinas) y conservas.
2. Como espesante en la mayonesa.
3. Precipitación de la caseína de la leche.
4. Como estabilizador en los sorbetes.
5. Preparación de jugos.

b. Industria Farmacéutica¹⁷

1. Coagulante sanguíneo
2. Emulsificante de preparados farmacéuticos.
3. Como antídoto en intoxicaciones con metales pesados.
4. Preparación de medios de cultivo bacteriológico.
5. Como agente suspensor.

6. En la fabricación de cosméticos.

1.3.3 MÉTODOS FUNDAMENTALES DE EXTRACCIÓN DE PECTINA¹⁷

Con los métodos de extracción que se citan se puede obtener la pectina con diferentes grados de pureza:

a. Precipitación con acetona

La acetona tiene la propiedad de precipitar la pectina; dando una coagulación más firme, pero tiene el inconveniente que precipita otras materias no pécticas.

b. Precipitación con sales metálicas

Las sales más comúnmente usadas son: sulfato de cobre y alumbre. Este procedimiento dá buen resultado pero tiene el inconveniente de la remoción posterior del metal.

c. Precipitación con alcohol etílico

Tiene la propiedad de precipitar la pectina directamente de la fuente vegetal. La precipitación de la pectina con alcohol depende de la presencia de electrólitos y del grado de esterificación.

1.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

a. Análisis de varianza en un sentido¹.

El análisis estadístico de varianza sirve para probar las diferencias en las medias de varios grupos de muestras, en donde se estudia uno o varios factores en común en un experimento.

Para probar si varios grupos de pH tienen todos el mismo promedio en los resultados, se expresarían la hipótesis nula (H_0) y alternativa (H_1) de la forma siguiente:

H_0 : todas las medias son iguales.

$$(\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_c)$$

H_1 : no todas las medias son iguales.

$$(\mu_1 \neq \mu_2 = \dots \neq \mu_c).$$

Puesto que hay tres valores de pH, para el estudio de extracción de pectina grado industrial las hipótesis nula y alternativa serían:

H_0 : que a un mismo pH y al variar el tiempo, no hay diferencia significativa en el rendimiento de pectina.

H_1 : que a un mismo pH y al variar el tiempo, si existe diferencia significativa en el rendimiento de pectina.

De acuerdo con la hipótesis nula, la cual supone que las medias de los resultados de los grupos son iguales, se puede obtener una medición de la variación total, o suma de los cuadrados (SST) entre todos los ensayos, sumando las diferencias elevadas al cuadrado entre cada observación y una media global ($\bar{\bar{X}}$) sobre la base de todas las observaciones.

La variación total se calcula como:

$$SST = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{\bar{X}})^2$$

En donde

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}}{n}$$

$\bar{\bar{X}}$ = gran media

X_{ij} = i – ésima observación en el grupo j

n_j = número de observaciones en el grupo j

n = número total de observaciones

c = número de grupos

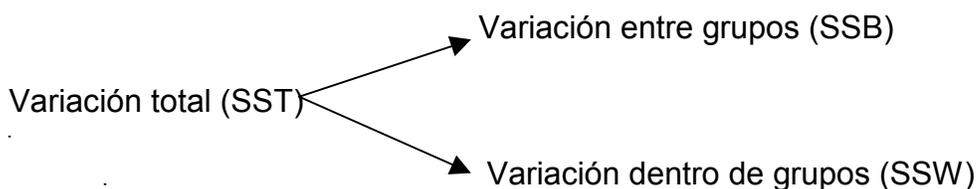
Esta variación total mide la suma de las diferencias elevadas al cuadrado entre cada valor X_{ij} y la media global (gran media) $\bar{\bar{X}}$

A la variabilidad de los resultados que se dan dentro de un grupo en particular donde todos reciben el mismo tratamiento se le conoce como variación dentro del grupo.

Las diferencias entre las medias del grupo se conocen como variación entre grupos (SSB), parte de la variación entre el grupo se debe al efecto de encontrarse en grupos diferentes, incluso si no se da el efecto de encontrarse en grupos diferentes (es decir, la hipótesis nula es verdadera), es probable que haya diferencia entre las medias del grupo al igual que la variación dentro del grupo. Pero si la hipótesis nula es falsa entonces la variación entre los grupos será mayor.

Esto forma la base para la prueba estadística de las diferencias del grupo.

Por consiguiente la variación total se puede subdividir en dos componentes por separado; una parte consiste en la variación dentro de los grupos.



La variación entre los grupos se mide mediante la suma de las diferencias al cuadrado entre la media de la muestra de cada grupo \bar{X}_j y la gran media $\bar{\bar{X}}$ ponderada por el tamaño de la muestra n_j en cada grupo.

La variación entre los grupos que por lo general se denomina suma de los cuadrados entre grupos (o SSB) se puede calcular de:

$$SSB = \sum_{J=1}^c n_j (\bar{X}_j - \bar{\bar{X}})^2$$

Donde:

c = número de grupos

n_j = número de observaciones en el grupo j

\bar{X}_j = media muestral del grupo j

$\bar{\bar{X}}$ = gran media.

La variación dentro del grupo llamada por lo general suma de cuadrados internos (o SSW), mide la diferencia entre cada valor y la media de su propio grupo y acumula los cuadrados de estas diferencias de todos los grupos. La variación dentro del grupo se puede calcular como:

$$SSW = \sum_{J=1}^c \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{X}_j)^2$$

Donde:

c es el número de grupos

\bar{X}_j es la media del grupo j

X_{ij} es la i -ésima observación en el grupo j

La distribución F

Con el fin de determinar si las medias de los diversos grupos son todas iguales, se pudiese examinar dos estimadores diferentes de la varianza de la población. Uno de los estimadores se basa en la suma de los cuadrados dentro de los grupos (SSW); el otro se basa en las sumas de los cuadrados entre los grupos (SSB). Si la hipótesis nula es cierta estos estimadores deben ser aproximadamente iguales; si es falsa el estimador basado en la suma de los cuadrados entre los grupos debe ser mayor.

Dentro de cada grupo los grados de libertad (df_w) son iguales al número de sujetos en ese grupo menos 1. Puesto que hay c grupos, se obtiene $df_w = n - c$. Los grados de libertad entre los grupos (df_B) se calculan como el número de grupos menos 1, se obtiene $df_B = c - 1$

La varianza entre los grupos (MSB) se estima mediante:

$$MSB = \frac{\text{Suma de cuadrados}}{\text{Grados de libertad}} = \frac{SSB}{df_b} = \frac{\sum_{j=1}^c n (X_{ij} - \bar{X})^2}{c - 1}$$

La varianza dentro de los grupos (MSW) se estima por:

$$MSW = \frac{\text{Suma de cuadrados}}{\text{Grados de libertad}} = \frac{SSW}{df_w} = \frac{\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}{n - c}$$

dentro de grupos

Si la hipótesis nula es cierta la razón entre las dos varianzas, MSB / MSW , debe estar cercana a 1; si la hipótesis nula es falsa entonces el numerador debe ser mayor que el denominador y la razón debe ser mayor de 1.

Para conocer que tan grande ha de ser la razón antes de rechazar la hipótesis nula, es necesario saber cual sería la distribución de este análisis estadístico si la hipótesis nula fuera cierta. Esta distribución se conoce como la Distribución F , es decir:

$$F_{dfb,dfw} = \frac{MSB}{MSW}$$

Que es la F calculada, la cual si es mayor o igual a la F de tabla se rechazaría la hipótesis nula a un nivel de significación $\alpha = 0.01$.

b. Comparaciones múltiples: método T de Tukey¹

Una vez calculadas las diferencias en las medias de los grupos (MSW) es importante evaluar qué grupos en particular son diferentes entre ellos. El método T de Tukey permite examinar, en forma simultanea, comparaciones entre todos los pares de grupos. El primer paso que se lleva a cabo es calcular las diferencias $\bar{X}_j - \bar{X}_{j'}$ ($j \neq j'$) entre todos los grupos $c(c-1)/2$ pares de medias. El rango crítico para el método T se obtiene entonces de la forma siguiente:

$$\text{Rango crítico} = Q_{\alpha, c, n-c} \sqrt{\frac{\text{MSW}}{n_j}}$$

Donde:

Q = Q de Student de tabla (constante)

α = nivel de significación

c = número de grupos o grados de libertad

$n-c$ = grados de libertad

n = número total de datos

MSW = diferencias dentro del grupo

n_j = número de datos en cada grupo

El paso final es comparar cada uno de los grupos $c(c-1)/2$ pares de medias contra el rango crítico. Se determina significativamente alguna diferencia de un par específico si la diferencia absoluta entre las medias muestrales $|\bar{X}_j - \bar{X}_j|$ es igual o excede al rango crítico, Es decir:

1. $|\bar{X}_1 - \bar{X}_2| \geq \text{rango crítico}$

2. $|\bar{X}_1 - \bar{X}_3| \geq \text{rango crítico}$

3. $|\bar{X}_2 - \bar{X}_3| \geq \text{rango crítico}$

Con el método T se puede establecer un conjunto de intervalos de confianza estimados simultáneamente para las verdaderas diferencias entre cada par de medias.

Esto se logra sumando y restando el rango crítico a las medias en cada par de medias muestrales, como sigue:

$$(\bar{X}_j - \bar{X}_j) - Q_{\alpha,c, n-c} \sqrt{\frac{MSW}{n_j}} \leq (\mu_j - \mu_j) \leq (\bar{X}_j - \bar{X}_j) + Q_{\alpha,c, n-c} \sqrt{\frac{MSW}{n_j}}$$

Si el conjunto de intervalos de confianza proporciona las mismas conclusiones que se obtuvieron del conjunto de pruebas previamente descritas y ya que ninguno de los intervalos incluye 0, entonces las medias se consideran significativamente diferentes.

c. Prueba para la diferencia de medias para dos poblaciones independientes con varianzas distintas¹.

Para resolver el problema se utilizará una excelente aproximación desarrollada con Cochran en la cual se incluyen por separado estimaciones de varianza en la prueba estadística, en tanto el valor crítico de t se obtiene ponderando el valor crítico de cada muestra por su varianza en la media (S^2 / n).

La prueba estadística es:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S^2_1}{n_1} + \frac{S^2_2}{n_2}}}$$

Donde:

S^2_1 = a la desviación estándar de Citrus sinensis

n_1 = número de datos en el grupo

\bar{X}_1 = media aritmética en el grupo

S^2_2 = a la desviación estándar de Citrus paradisi

n_2 = número de datos en el grupo

\bar{X}_2 = media aritmética en el grupo

Y la regla de decisión (para una prueba de dos colas) es

Rechazar H_0 si;

$$t > \frac{+(t_1 w_1 + t_2 w_2)}{(w_1 + w_2)}$$

o si

$$t < \frac{-(t_1 w_1 + t_2 w_2)}{w_1 + w_2}$$

De lo contrario no se rechaza H_0

Donde:

t_1 = valor t crítico al nivel α de significación con $(n_1 - 1)$ grados de libertad

t_2 = valor t crítico al nivel α de significación con $(n_2 - 1)$ grados de libertad

$$w_1 = \frac{s^2_1}{n_1} \quad y \quad w_2 = \frac{s^2_2}{n_2}$$

Por tanto;

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Se selecciona un nivel de significación de 0.05.

H_0 ; el rendimiento de pectina obtenido en el método de extracción empleado entre las dos variedades de naranja, no muestra diferencias significativas

H_1 ; el rendimiento de pectina obtenido en el método de extracción empleado entre las dos variedades de naranja, si muestra diferencias significativas

Fórmula para cálculo de desviación estándar

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

CAPÍTULO II
PARTE EXPERIMENTAL

2.0 PARTE EXPERIMENTAL

2.1 METODOLOGÍA

Se desarrolló en cuatro etapas:

2.1.1 Investigación bibliográfica.

2.1.2 Investigación de Campo.

2.1.3 Investigación de laboratorio.

2.1.4 Estudio estadístico.

2.1.1 Investigación Bibliográfica

Esta documentación se desarrolló en las bibliotecas de las Facultades de Química y Farmacia, Ciencias Agronómicas, Ciencias Económicas y Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador. Asimismo en la biblioteca de la Universidad Nueva San Salvador, realizándose también visitas a sitios web.

Además se visitaron las siguientes instituciones:

Banco Central de Reserva de El Salvador, Instituto Salvadoreño del Seguro Social Departamento de Control de Calidad Total, Droguería y Laboratorios FALMAR.

2.1.2 Investigación de Campo

Comprende la selección y recolección del material vegetal (*Citrus sinensis* y *Citrus paradisi*). Eligiéndose la variedad *Citrus sinensis*, ya que en las industrias alimenticias, es la más utilizada y comercializada y que de ella se tienen grandes áreas de siembra lo que la convierte en fuente potencial de materia

prima para la obtención de pectina. La variedad Citrus paradisi se seleccionó por tener reportado un alto contenido en pectina¹⁵.

Las muestras fueron colectadas en la finca Tecanacta ubicada en Santa Catarina Masahuatl en el departamento de Sonsonate, evaluándose cada una de las variedades como un lote único.

2.1.3 Metodología experimental

2.1.3.1 Limpieza de fruto

Lavado de fruto, remoción de bagazo (endospermo), cortar en trozos y colocar en bandejas metálicas, secar al sol para retirar completamente su humedad.

2.1.3.2 Molienda y Tamizado

Secas las cáscaras pulverizarlas en molino de martillo, tamizar hasta obtener un polvo fino y pesar 25.0 g de muestra para cada ensayo.

2.1.3.3 Método de extracción¹⁷

Se seleccionó el método de precipitación con alcohol etílico, por su buen rendimiento y por la facilidad de recuperar el alcohol por destilación luego del proceso de extracción. Además este método no presenta el inconveniente de precipitar otras materias no pécticas, lo que facilita la purificación del producto.

(Anexo 1 y 2)

2.1.3.4 Proceso de Hidrólisis¹⁶

Para realizar la hidrólisis en las muestras se identifican como: M₁, M₂ y M₃ de cáscara previamente pulverizada de la variedad Citrus sinensis donde:

M₁, esta compuesta por tres sub-muestras A, B y C de 25.0 g cada una. Cada sub-muestra se trata por triplicado, el pH y la temperatura se mantendrán constantes durante todo el proceso; por ejemplo las tres sub-muestras de M₁ se llevan a un pH de 2.5, utilizando para ello ácido clorhídrico 2.0 N a una temperatura de 85°C. Así tenemos que:

Para (M₁.A) se le dan 45 minutos de calentamiento, a (M₁.B) 60 minutos y 75 minutos a (M₁.C) agitando continuamente.

La M₂, compuesta por tres sub-muestras A,B y C se tratan de igual forma que M₁, con la diferencia de que se ajustan las muestras a un pH de 2.8.

La M₃, compuesta por tres sub-muestras A, B y C. Se ajustan las muestras a pH 3.2

Con la variedad Citrus paradisi se trabajara bajo las mismas condiciones y variables que la variedad Citrus sinensis. (figura 6)

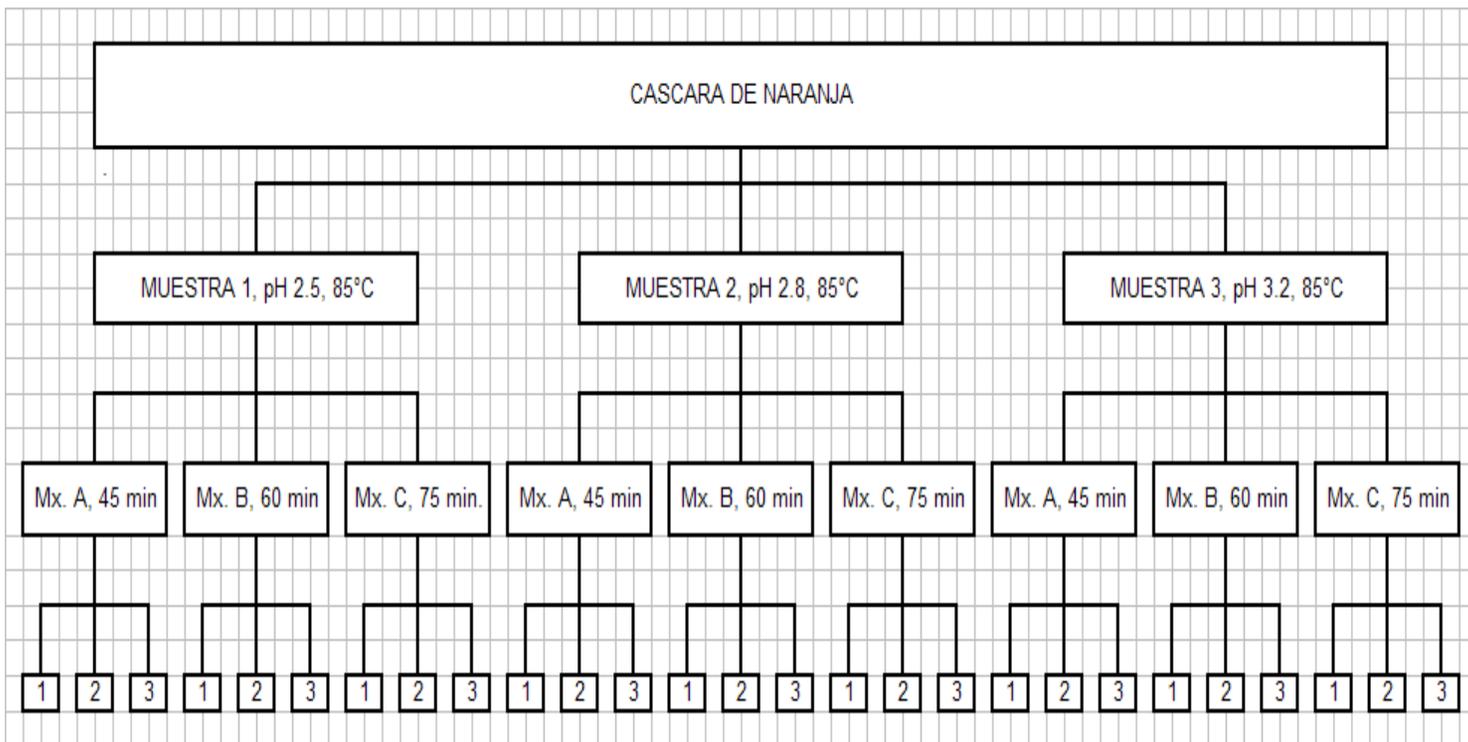


FIGURA 6.
ESQUEMA DE HIDRÓLISIS DE MUESTRAS

2.1.3.5 Separación del líquido sobrenadante

- a. Filtrar a través de una tela de lino el líquido sobrenadante.
- b. Colectar el filtrado en un vaso de precipitado de 1000 mL
- c. Enfriar a temperatura de 15°C

2.1.3.6 Precipitación de la pectina.

- a. Llevar a pH 12 con NaOH 1 N
- b. Incorporar 30 mL de etanol 60%, agitar vigorosamente
- c. Dejar reposar por 12 horas

2.1.3.7 Separación de grumos y cálculo de rendimiento

- a. Filtrar el gel obtenido utilizando bomba de vacío.
- b. Lavar con 15 mL de etanol 60% previamente enfriado a 15°C.
- c. Secar en estufa con ventilación a 90°C, hasta sequedad.
- d. Pesar y calcular el rendimiento (anexo 3)

2.1.3.8 Control de calidad físico-químico del producto

Para realizar el análisis físico-químico de calidad de la pectina obtenida, se utilizó la metodología titulada “Pectina Cítrica” The United States Pharmacopeia.¹² (anexo 5)

Determinaciones realizadas al producto:

- a. Identificación**
- b. Ensayo grupos metoxilo**
- c. Ensayo ácido galacturónico**

Se detallan a continuación:

a. Identificación

1.- A una muestra de 1.0 g de pectina adicionar 10 mL de agua, 10 mL de alcohol hasta que se forme un precipitado gelatinoso traslucido.

2.- A 50 mL de una solución 1 en 100 de la muestra de pectina, agregar 1 mL de Hidróxido de Sodio 2 N y dejar reposar por 15 minutos, se forma un gel.

3.- Al gel obtenido en la prueba 2, acidificarlo con ácido clorhídrico 3N y mezclar, se formará un precipitado gelatinoso voluminoso e incoloro, que por ebullición se torna blanco y floculento, indicando presencia de ácido péctico.

4.- Colocar 1.0 g de muestra de pectina en 9.0 mL de agua y calentar en baño de vapor, hasta obtener una solución y reponer el agua perdida por evaporación, se forma un gel consistente.

b. Ensayo grupo metoxilo

En un vaso de precipitado colocar 5.0 g de pectina y agitar durante 10 minutos con una mezcla de 5 mL de ácido clorhídrico y 100 mL de alcohol al 60 % (v/v), filtrar por embudo Buchner, lavar con 6 porciones de 15 mL de una mezcla de ácido clorhídrico y alcohol al 60 % hasta que el gel filtrado este libre de cloruros, finalmente lavar con 20 mL de alcohol y secar por una hora a 105 °C, enfriar y pesar.

Transferir exactamente una décima parte del peso neto de la muestra seca (que representa 500 miligramos de la muestra original sin lavar) a un erlenmeyer de 250 mL y humedecer con 2 mL de alcohol. Agregar 100 mL de agua libre de bióxido de carbono, tapar y agitar hasta que la pectina este completamente

disuelta. Agregar 5 gotas de fenolftaleína y titular con una solución de NaOH 0.5 N VS, anotar el valor como valoración inicial. Agregar exactamente 20 mL de NaOH 0.5 N. VS. Tapar, agitar vigorosamente y dejar reposar por 15 minutos. Luego agregar exactamente 20 mL de HCl 0.5 N. VS y agitar hasta que desaparezca el color rosado.

Agregar 3 gotas de fenolftaleína TS y valorar con solución de NaOH 0.5 N VS, hasta obtener una coloración rosada débil que persista después de agitar fuertemente la mezcla, anotar el valor de saponificación.

Cada mL. de NaOH 0.5 N VS consumido, es equivalente a 15.52 miligramos de grupos metoxilos (-OCH₃), en muestra seca.

c. Ensayo para ácido galacturónico.

Cada mL de solución de NaOH 0.5 N VS consumido en la valoración total (valoración inicial + valoración de saponificación en los grupos metoxílicos) es equivalente a 97.07 mg. de ácido galacturónico (C₆H₁₀O₇).

2.1.4 Estudio Estadístico

Realizar una comparación estadística de los resultados de la pectina obtenida variando los tiempos y manteniendo constantes el pH y temperatura, entre las dos variedades de naranja y para ello se plantean las siguientes hipótesis, para distribución *F*:

H₀, que a un mismo pH y al modificar el tiempo no hay diferencia significativa en el rendimiento de pectina.

H_1 , que a un mismo pH y al modificar el tiempo si existe diferencia significativa en el rendimiento de pectina.

Para prueba t :

H_0 , el rendimiento de pectina obtenido en el método de extracción empleado entre las dos variedades de naranja no muestra diferencias significativas.

H_1 , el rendimiento de pectina obtenido en el método de extracción empleado entre las dos variedades de naranja muestra diferencias significativas.

CAPÍTULO III
RESULTADOS

3.0 RESULTADOS

TABLA Nº1 RENDIMIENTO DE PECTINA EN *Citrus sinensis*.

TEMPERATURA 85 °C ± 2

pH	MUESTRA	TIEMPO (minutos)	NÚMERO DE DETERMINACIONES	RESULTADOS		
				PECTINA (gramos)*	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE PROMEDIO
2.5	1	45	1	1.53	7.03	7.19
			2	1.55	7.13	
			3	1.61	7.40	
	2	60	1	1.71	7.86	8.49
			2	1.87	8.60	
			3	1.96	9.01	
	3	75	1	2.10	9.66	9.89
			2	2.13	9.79	
			3	2.22	10.21	
2.8	1	45	1	1.58	7.26	7.29
			2	1.47	6.76	
			3	1.71	7.86	
	2	60	1	2.21	10.16	10.36
			2	2.25	10.34	
			3	2.30	10.57	
	3	75	1	2.30	10.57	10.64
			2	2.32	10.67	
			3	2.32	10.67	
3.2	1	45	1	2.50	11.49	11.45
			2	2.45	11.26	
			3	2.52	11.59	
	2	60	1	2.55	11.72	11.94
			2	2.59	11.91	
			3	2.65	12.18	
	3	75	1	2.70	12.41	12.52
			2	2.73	12.55	
			3	2.74	12.60	

Con los resultados obtenidos se determinó que a medida se incrementa el pH y tiempo de extracción determinados, el porcentaje de pectina obtenido es mayor.

*Los gramos de Pectina obtenidos se dan en base seca (anexo 17).

GRÁFICO Nº 1 COMPARACIÓN DE PORCENTAJE DE PECTINA CUANTIFICADA EN *Citrus sinensis*

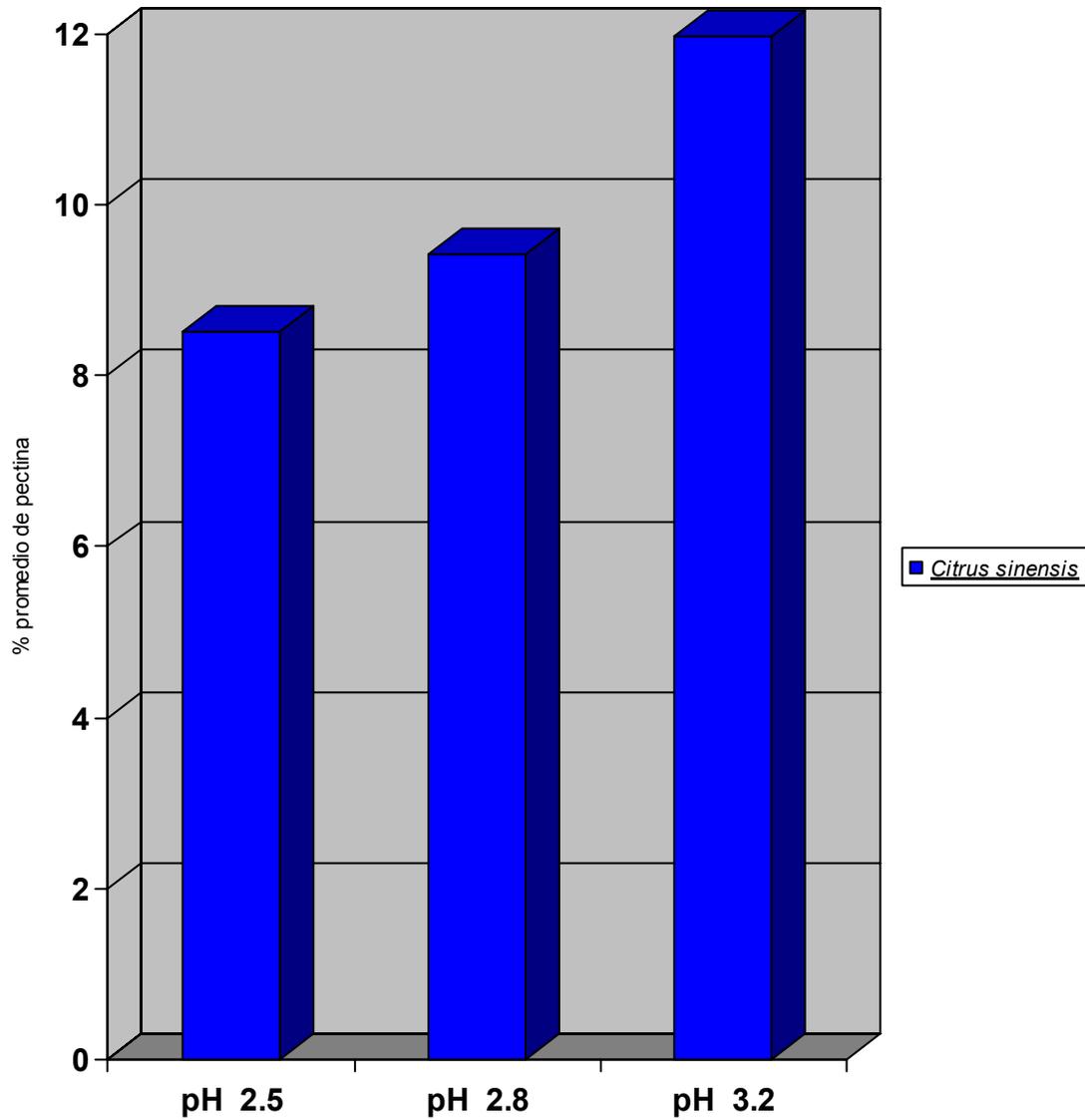


TABLA № 2 RENDIMIENTO DE PECTINA EN *Citrus paradisi*

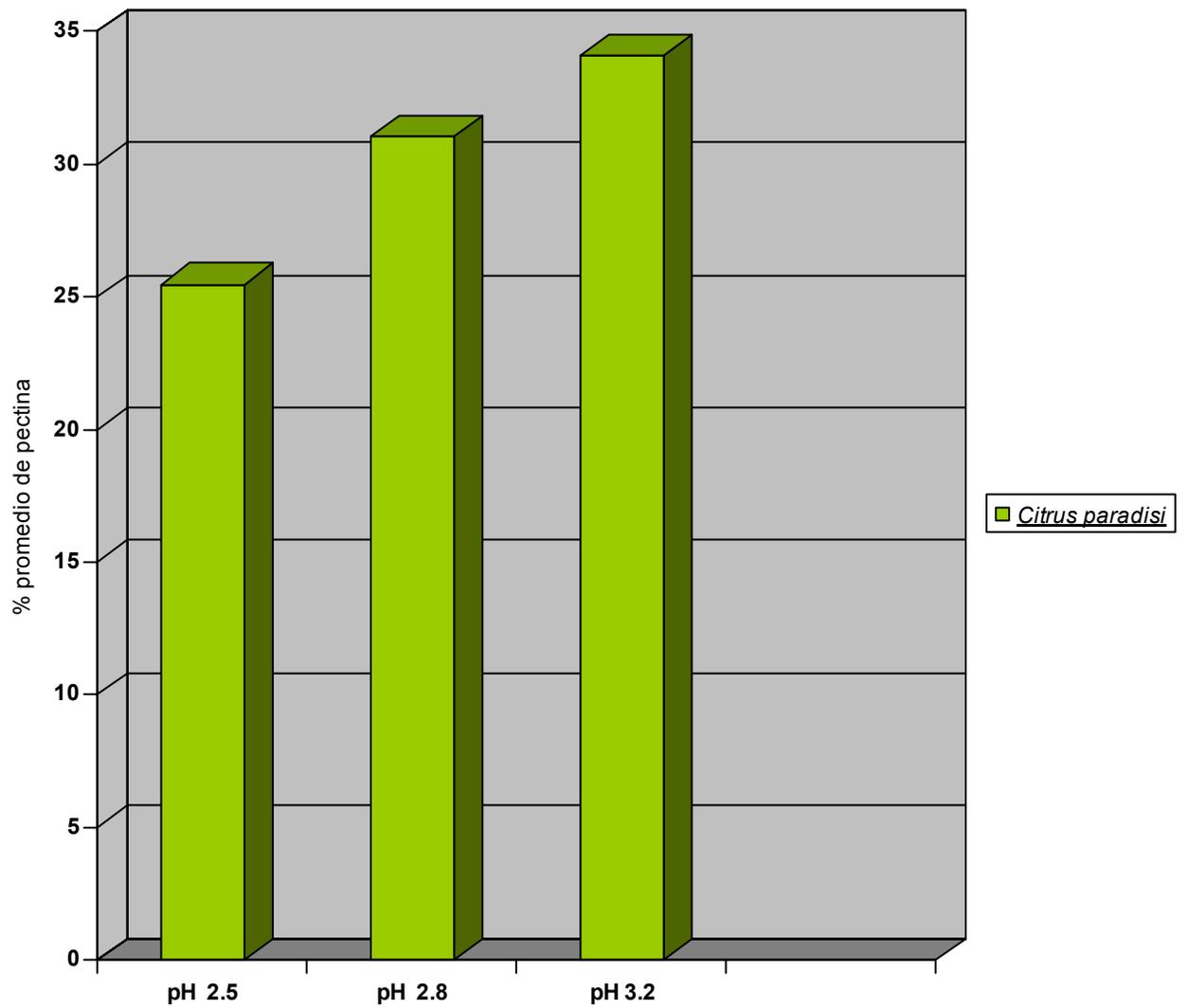
TEMPERATURA 85°C ±2

pH	MUESTRA	TIEMPO (minutos)	NÚMERO DE DETERMINACIONES	RESULTADOS		
				PECTINA (gramos)*	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE PROMEDIO
2.5	1	45	1	5.00	23.00	23.15
			2	5.30	24.37	
			3	4.80	22.07	
	2	60	1	5.30	24.37	25.60
			2	5.80	26.67	
			3	5.60	25.75	
	3	75	1	6.00	27.59	27.59
			2	5.90	27.13	
			3	6.10	28.04	
2.8	1	45	1	5.70	26.21	26.99
			2	5.90	27.13	
			3	6.01	27.63	
	2	60	1	7.10	32.64	31.87
			2	7.12	32.73	
			3	6.58	30.25	
	3	75	1	7.50	34.48	34.21
			2	7.53	34.62	
			3	7.29	33.52	
3.2	1	45	1	6.10	28.05	28.17
			2	6.15	28.28	
			3	6.13	28.18	
	2	60	1	7.48	34.39	34.56
			2	7.53	34.62	
			3	7.54	34.67	
	3	75	1	8.63	39.68	39.56
			2	8.58	39.45	
			3	8.60	39.54	

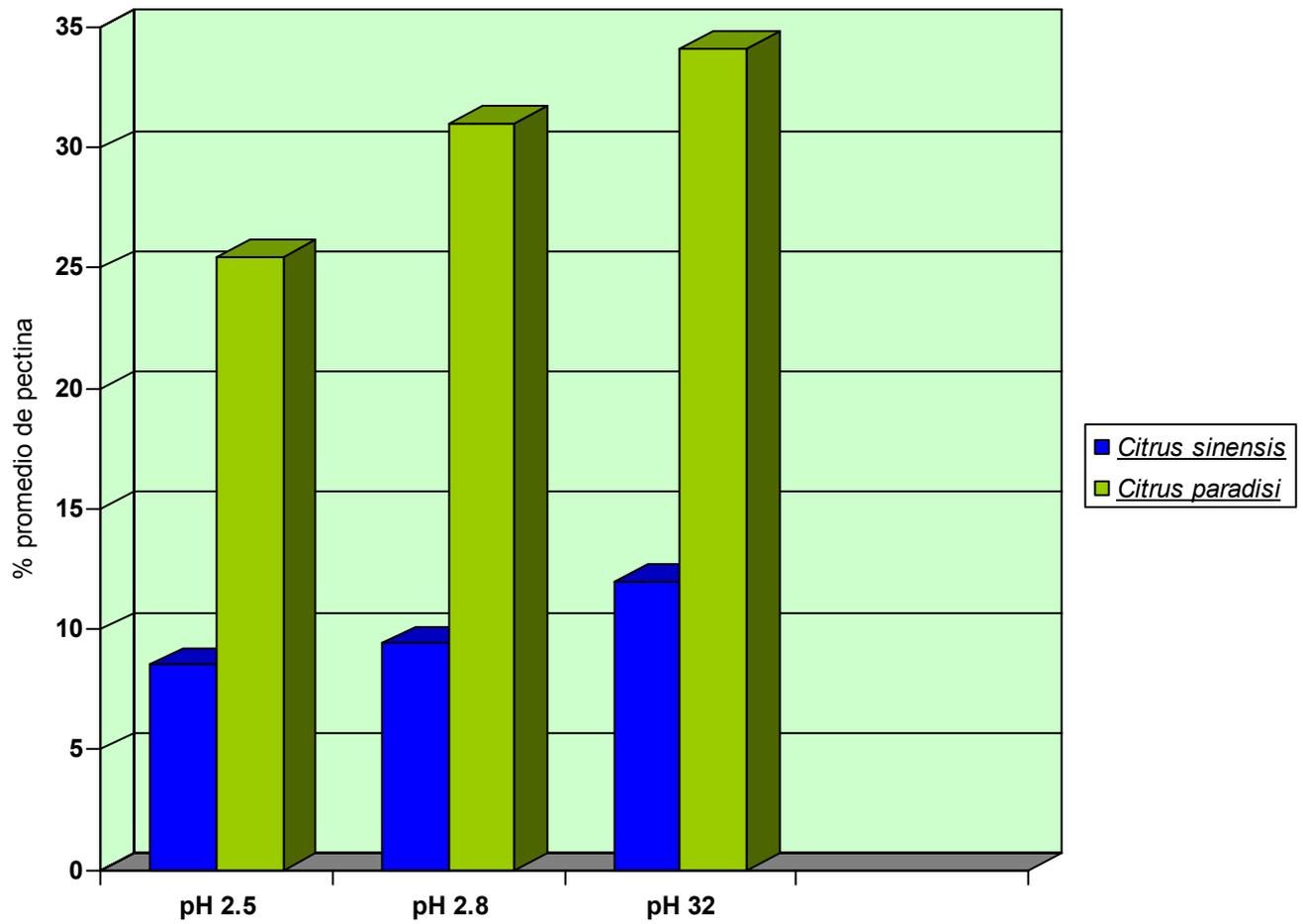
Con los resultados obtenidos se determinó que a medida se incrementa el pH y tiempo de extracción determinados, el porcentaje de pectina obtenido es mayor.

*Los gramos de Pectina obtenidos se dan en base seca (anexo 17).

GRÁFICO Nº 2 COMPARACIÓN DE PORCENTAJE DE PECTINA
CUANTIFICADA EN *Citrus paradisi*



GRÁFICA Nº 3 COMPARACIÓN DE PORCENTAJE DE PECTINA
EXTRAIDA EN AMBAS VARIETADES DE NARANJA



3.2 CONTROL DE CALIDAD

TABLA Nº 3 RESULTADOS DE IDENTIFICACIÓN EN LAS VARIEDADES Citrus sinensis y Citrus paradisi.

IDENTIFICACIÓN VARIEDAD	PECTINA + AGUA DESTILADA EN BAÑO DE VAPOR	PECTINA + ALCOHOL ETÍLICO	SOLUCION DE PECTINA + 1mL DE NaOH 2 N	SOLUCION DE PECTINA + 1mL DE NaOH 2 N + HCl 3 N + CALOR
<u>Citrus sinensis</u>	GEL CONSISTENTE	PRECIPITADO TRASLUCIDO Y GELATINOSO	GEL TRANSPARENTE	PRECIPITADO BLANCO Y FLOCULENTO
<u>Citrus paradisi</u>	GEL CONSISTENTE	PRECIPITADO TRASLUCIDO Y GELATINOSO	GEL TRANSPARENTE	PRECIPITADO BLANCO Y FLOCULENTO

Conforme a USP 24^a edición (anexo 5) se determinó que las variedades Citrus sinensis y Citrus paradisi cumplen las pruebas especificadas ya que los resultados obtenidos fueron positivos.

TABLA Nº 4 PORCENTAJE DE GRUPOS METOXILO EN MUESTRA DE

Citrus sinensis, TEMPERATURA 85±2°C

pH	NÚMERO DETERMINACIONES	TIEMPO (minutos)	VOLUMEN SAPONIFICACIÓN (mL)	PORCENTAJE DE METOXILO	PORCENTAJE PROMEDIO
2.5	1	45	0.11	1.36	1.44
	2		0.13	1.61	
	3		0.13	1.61	
	1	60	0.15	1.86	2.06
	2		0.18	2.23	
	3		0.17	2.11	
	1	75	0.20	2.48	2.52
	2		0.19	2.35	
	3		0.22	2.73	
2.8	1	45	0.26	3.23	3.52
	2		0.35	4.34	
	3		0.24	3.00	
	1	60	0.36	4.47	5.17
	2		0.43	5.34	
	3		0.46	5.71	
	1	75	0.48	5.96	6.62
	2		0.52	6.45	
	3		0.60	7.44	
3.2	1	45	0.55	6.83	6.83
	2		0.57	7.08	
	3		0.53	6.58	
	1	60	0.59	7.32	7.74
	2		0.63	7.82	
	3		0.65	8.07	
	1	75	0.71	8.81	9.27
	2		0.78	9.68	
	3		0.75	9.31	

Según USP 24^a edición (anexo 5), especifica que la pectina debe tener no menos de 6.7 % de grupos metoxilo, por lo que podemos decir que las muestras con pH 2.5 y pH 2.8 no cumplen lo especificado. Solo las muestras con pH 3.2 cumplen con el rango determinado.

TABLA Nº 5 PORCENTAJE DE GRUPOS METOXILO EN MUESTRA DE

Citrus paradisi, TEMPERATURA 85±2°C

pH	NÚMERO DETERMINACIONES	TIEMPO (minutos)	VOLUMEN SAPONIFICACIÓN (mL)	PORCENTAJE DE METOXILO (%)	PORCENTAJE PROMEDIO
2.5	1	45	0.13	1.61	1.53
	2		0.12	1.49	
	3		0.12	1.49	
	1	60	0.15	1.86	2.03
	2		0.18	2.23	
	3		0.16	2.00	
	1	75	0.23	2.86	2.65
	2		0.20	2.48	
	3		0.21	2.61	
2.8	1	45	0.33	4.10	3.80
	2		0.30	3.72	
	3		0.29	3.60	
	1	60	0.37	4.73	5.28
	2		0.41	5.24	
	3		0.46	5.88	
	1	75	0.51	6.52	7.16
	2		0.54	6.90	
	3		0.63	8.05	
3.2	1	45	0.58	7.20	7.41
	2		0.62	7.70	
	3		0.59	7.32	
	1	60	0.63	7.82	8.19
	2		0.67	8.32	
	3		0.68	8.44	
	1	75	0.74	9.19	9.52
	2		0.77	9.56	
	3		0.79	9.80	

De los resultados obtenidos se muestra que solo los que se trabajaron a pH 2.8 con un tiempo de 75 minutos y el pH 3.2 cumplen con las especificaciones según USP 24^a edición (anexo 5).

GRÁFICO Nº 4 COMPARACIÓN DE GRUPOS METOXILO EN AMBAS
VARIEDADES DE NARANJA

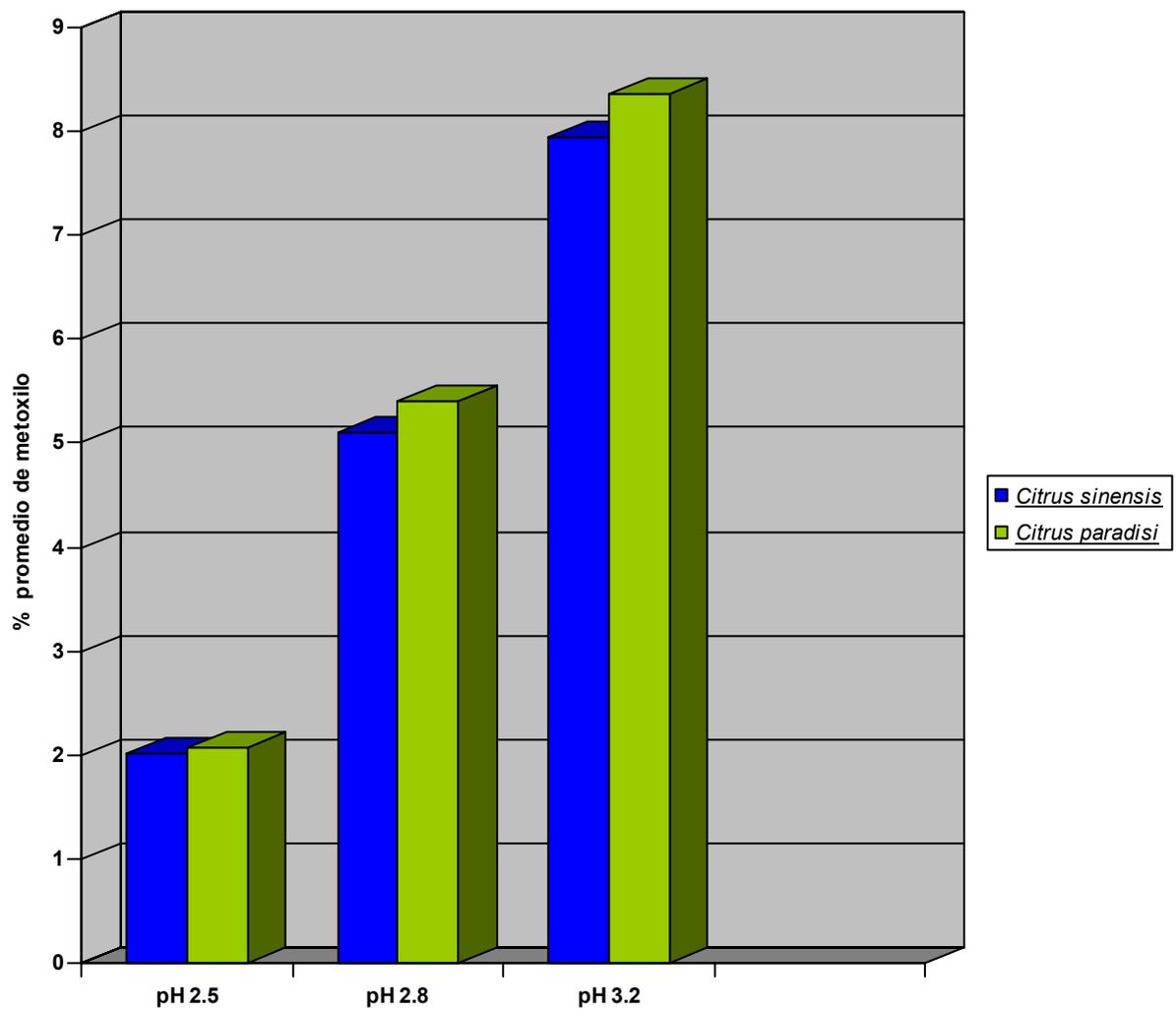


TABLA Nº 6 PORCENTAJE DE ÁCIDO GALACTURÓNICO EN MUESTRAS DE

Citrus sinensis, TEMPERATURA 85±2°C

pH	NÚMERO DE DETERMINACIONES	TIEMPO (minutos)	VOLUMEN TOTAL (mL)	PORCENTAJE DE ÁCIDO GALACTURÓNICO	PORCENTAJE PROMEDIO
2.5	1	45	0.84	65.23	65.49
	2		0.83	64.45	
	3		0.86	66.78	
	1	60	0.89	69.11	68.59
	2		0.85	66.00	
	3		0.91	70.67	
	1	75	0.90	69.89	71.70
	2		0.93	72.22	
	3		0.94	72.99	
2.8	1	45	0.94	73.00	74.03
	2		0.95	73.77	
	3		0.97	75.33	
	1	60	1.01	78.43	78.69
	2		0.99	76.88	
	3		1.04	80.76	
	1	75	1.07	83.09	84.90
	2		1.10	88.42	
	3		1.11	86.20	
3.2	1	45	1.15	89.30	88.53
	2		1.13	87.75	
	3		1.14	88.53	
	1	60	1.17	90.86	87.47
	2		1.09	84.65	
	3		1.12	86.97	
	1	75	1.15	89.30	91.11
	2		1.19	92.41	
	3		1.18	91.63	

Según USP 24^a edición (anexo 5), las muestras deben tener no menos del 74 % de ácido galacturónico para ser aceptadas, por lo que podemos decir que las tratadas con un pH 2.5 se rechazan ya que el promedio obtenido es menor que lo establecido. Solo las muestras con pH 2.8 y pH 3.2 se aceptan por estar dentro del rango.

TABLA № 7 PORCENTAJE DE ÁCIDO GALACTURÓNICO EN MUESTRAS DE
Citrus paradisi, TEMPERATURA 85±2°C

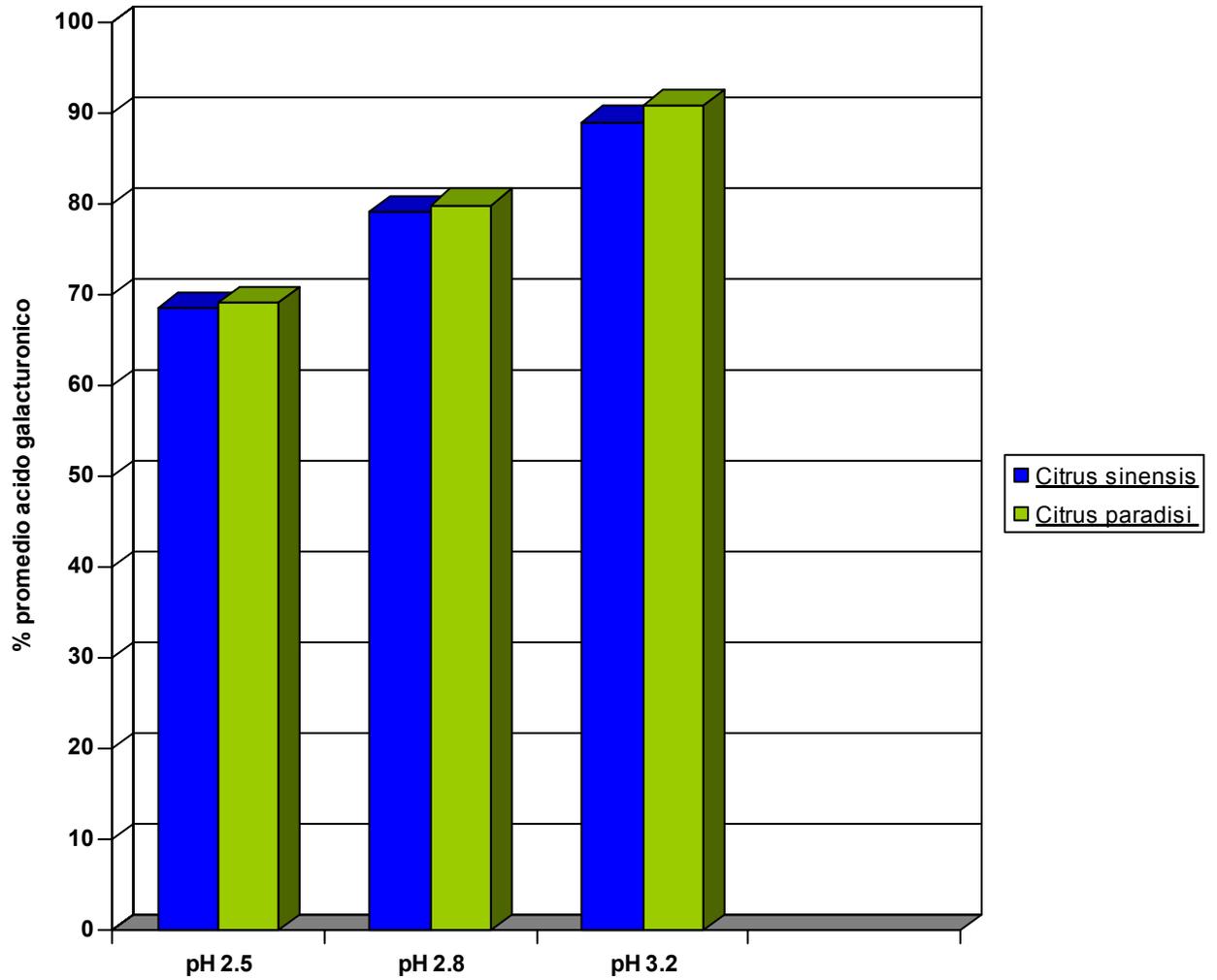
pH	NÚMERO DE DETERMINACIONES	TIEMPO (minutos)	VOLUMEN TOTAL (mL)	PORCENTAJE DE ÁCIDO GALACTURÓNICO	PORCENTAJE PROMEDIO
2.5	1	45	0.85	66.00	66.52
	2		0.85	66.00	
	3		0.87	67.56	
	1	60	0.89	69.11	68.85
	2		0.87	67.56	
	3		0.90	69.89	
	1	75	0.92	71.44	72.22
	2		0.94	73.00	
	3		0.93	72.22	

2.8	1	45	0.95	73.77	74.03
	2		0.93	72.22	
	3		0.98	76.10	
	1	60	1.03	80.00	79.47
	2		1.02	79.21	
	3		1.02	79.21	
	1	75	1.05	81.53	86.20
	2		1.11	86.20	
	3		1.17	90.86	

3.2	1	45	1.09	84.65	88.79
	2		1.19	92.41	
	3		1.15	89.30	
	1	60	1.17	90.86	91.63
	2		1.16	90.08	
	3		1.21	93.96	
	1	75	1.18	91.63	92.41
	2		1.19	92.41	
	3		1.20	93.19	

Las muestras con pH 2.5 se rechazan, debido a que no cumplen con lo establecido según USP 24^a edición (anexo 5). Solo las tratadas a pH 2.8 y pH 3.2 se aceptan por estar dentro del rango permitido.

GRÁFICA Nº 5 COMPARACIÓN DE PORCENTAJE DE ÁCIDO GALACTURÓNICO EN AMBAS VARIEDADES DE NARANJA



3.3 MODELO DE CÁLCULO ESTADÍSTICO

Para el análisis de distribución F tenemos:

Hipótesis nula (H_0), que a un mismo pH y al modificar el tiempo no hay diferencia significativa en el rendimiento de pectina.

Hipótesis alternativa (H_1), que a un mismo pH y al modificar el tiempo si existe diferencia significativa en el rendimiento de pectina.

a. VARIANZA EN UN SENTIDO

SST = variación total o suma de los cuadrados, esta supone que todas las medidas son iguales.

$$SST = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{\bar{X}})^2$$

$$SST = SSB + SSW$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}}{n}$$

Valores de tabla Nº 1 Citrus sinensis, pH 3.2. Sustituyendo la sumatoria de todos los valores de porcentaje (%) entre $n = 9$ datos, tenemos:

$$\bar{\bar{X}} = [11.49+11.26+11.59+11.72+11.91+12.18+12.41+12.55+12.60] / 9$$

$$\bar{\bar{X}} = \underline{\underline{12.00}}$$

SSB = variación entre grupos o suma de los cuadrados entre grupos.

$$SSB = \sum_{j=1}^c n_j (\bar{X}_j - \bar{\bar{X}})^2$$

Entonces:

$$SSB = 3(11.45-12.00)^2 + 3(11.94-12.00)^2 + 3(12.52-12.00)^2$$

$$\underline{SSB = 1.73}$$

SSW = Mide la Variación dentro del grupo o suma de los cuadrados internos

$$SSW = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{X}_j)^2$$

Sustituyendo:

$$SSW = \left[\begin{array}{l} (11.49-11.45)^2 \\ + (11.26-11.45)^2 \\ + (11.59-11.45)^2 \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} (11.72-11.94)^2 \\ + (11.91-11.94)^2 \\ + (12.18-11.94)^2 \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} (12.41-12.52)^2 \\ + (12.55-12.52)^2 \\ + (12.60-12.52)^2 \end{array} \right]$$

$$\underline{SSW = 0.18}$$

Por lo tanto:

$$SST = 1.73 + 0.18$$

$$\underline{SST = 1.91}$$

Para distribución F

MSB= suma de los cuadrados entre grupos / grados de libertad entre grupos

$$MSB = SSB / df_b$$

MSW =suma de los cuadrados dentro de los grupos / grados de libertad dentro de grupos

$$MSW = SSW / df_w$$

Los grados de libertad dentro de cada grupo

$$df_w = n - c$$

Donde:

n = número de datos

c = número de grupos

Los grados de libertad entre los grupos

$$df_b = c - 1$$

Donde:

c = número de grupos

Sustituyendo en las fórmulas:

$$df_b = 3 - 1 = 2$$

$$df_w = 9 - 3 = 6$$

Por lo tanto se tiene:

$$MSB = 1.73 / 2$$

$$\underline{MSB = 0.86}$$

Y

$$MSW = 0.18 / 6$$

$$\underline{MSW = 0.03}$$

$$F \text{ calculada} = F_{df_b, df_w} = MSB / MSW$$

Entonces:

$$F \text{ calculada} = F_{2,6} = 0.86 / 0.03 = \underline{\underline{28.67}}$$

CUADRO № 8 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRADA (VARIANZA)	F
Entre los grupos	1.73	3 – 1 = 2	0.86	28.67
Dentro de los grupos	0.18	9 – 3 = 6	0.03	

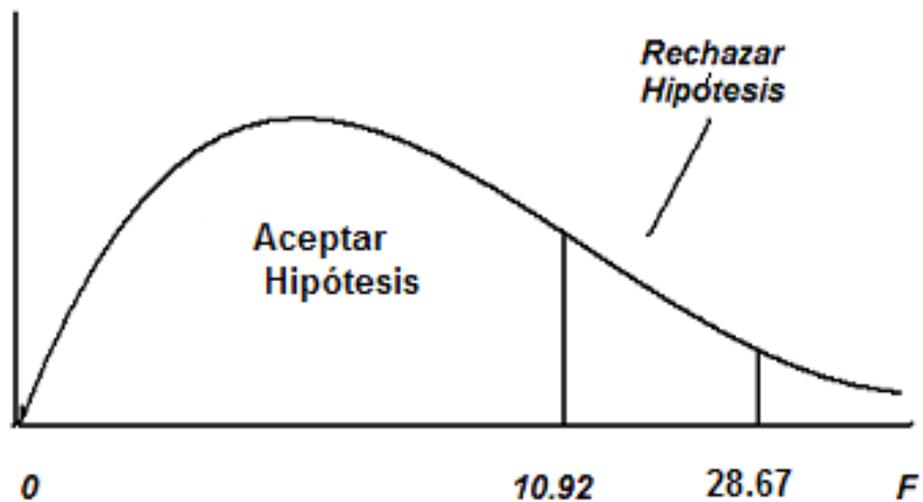
Esta tabla, que se presenta como tabla 8 utiliza las fórmulas de definición que incluye las fuentes de variación, las sumas de los cuadrados, los grados de libertad, las varianzas y el valor F calculado para la tabla 1 Citrus sinensis pH 3.2

CUADRO Nº 9 RESULTADO PRUEBA *F Citrus sinensis*.

MUESTRA	pH	F CALCULADA	F _{0.01% TABLA}
1	2.5	36.47	10.92
2	2.8	89.81	10.92
3	3.2	28.67	10.92

CUADRO Nº 10 RESULTADOS PRUEBA *F Citrus paradisi*.

MUESTRA	pH	F CALCULADA	F _{0.01% TABLA}
1	2.5	14.01	10.92
2	2.8	119.36	10.92
3	3.2	5981.98	10.92



Para un límite de confianza $\alpha = 0.01$, $F_{2,6}$ tabla es 10.92 y F calculada es 28.67; Por lo tanto la hipótesis nula se rechaza, debido a que sí existe una diferencia importante al variar el tiempo para un mismo pH.

b. MÉTODO DE COMPARACIÓN T DE TUKEY

Se usan los valores de tabla Nº 1 Citrus sinensis, pH 3.2 (página 32).

Como hay tres grupos (c) para cada pH, tenemos:

$3(3-1)/2 = 3$ posibles pares iguales para realizar comparaciones.

1. $|\bar{X}_1 - \bar{X}_2| = |11.45 - 11.94| = 0.49$
2. $|\bar{X}_1 - \bar{X}_3| = |11.45 - 12.52| = 1.07$
3. $|\bar{X}_2 - \bar{X}_3| = |11.94 - 12.52| = 0.58$

$$\text{Rango crítico} = Q_{\alpha, c, n-c} \sqrt{\frac{\text{MSW}}{n_j}}$$

Donde:

$$\text{MSW} = 0.03$$

$$n_j = 3$$

$$n-c = 9-3 = 6$$

$$\alpha = 0.05$$

$$Q_{0.05, 3, 6} = 4.34 \text{ (anexo 16)}$$

Tenemos:

$$\text{Rango crítico} = 4.34 \sqrt{0.03 / 3}$$

$$\underline{\text{Rango crítico} = 0.43}$$

Puesto que $0.49 > 0.43$, $1.07 > 0.43$ y $0.58 > 0.43$, se concluye que hay diferencias significativas entre cada par de medias. Por lo que se selecciona el método de extracción con pH 3.2, por ser el que obtiene mayor cantidad de pectina.

Fórmula para determinar intervalos de confianza estimados simultáneamente:

$$(\bar{X}_j - \bar{X}_j) - Q_{\alpha, c, n-c} \sqrt{\frac{MSW}{n_j}} \leq (\mu_j - \mu_j) \leq (\bar{X}_j - \bar{X}_j) + Q_{\alpha, c, n-c} \sqrt{\frac{MSW}{n_j}}$$

Sustituyendo:

$$1. \quad 0.49 - 0.43 \leq (\mu_I - \mu_{II}) \leq 0.49 + 0.43$$

$$0.05 \leq (\mu_I - \mu_{II}) \leq 0.93$$

$$2. \quad 1.07 - 0.43 \leq (\mu_I - \mu_{III}) \leq 1.07 + 0.43$$

$$0.63 \leq (\mu_I - \mu_{III}) \leq 1.51$$

$$3. \quad 0.58 - 0.43 \leq (\mu_{II} - \mu_{II}) \leq 0.58 + 0.43$$

$$0.14 \leq (\mu_{II} - \mu_{II}) \leq 1.02$$

De estos intervalos de confianza el analista puede determinar que el método de extracción de mayor productividad es el de pH 3.2 (\bar{X}_{III}). Ya que se estima que se puede obtener un porcentaje de pectina que oscila entre 0.63 y 1.51 por

ciento más que en el método con pH 2.5 (\bar{X}_I) que oscila entre 0.05 y 0.93; además, con el proceso de extracción con pH 2.8 (\bar{X}_{II}) se obtiene un porcentaje de pectina que se encuentra entre 0.14 y 1.02 por ciento que es inferior al obtenido con el proceso de pH 3.2

c. PRUEBA PARA LA DIFERENCIA DE MEDIDAS DE DOS POBLACIONES INDEPENDIENTES CON VARIANZAS DISTINTAS, PRUEBA t

Para el análisis de la prueba t tenemos:

Hipótesis nula (H_0); el rendimiento de pectina obtenido en el método de extracción empleado entre las dos variedades de naranja, no muestra diferencias significativas.

Hipótesis alternativa (H_1); el rendimiento de pectina obtenido en el método de extracción empleado entre las dos variedades de naranja, si muestra diferencias significativas.

Entonces:

Aproximación de Cochran t'

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S^2_1}{n_1} + \frac{S^2_2}{n_2}}}$$

En donde; necesitamos tener el cálculo de desviación estándar

$$s^2_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Ejemplo para Citrus sinensis (Tabla Nº1, pH 3.2, tiempo de 75 minutos)

$$S^2_1 = \frac{(12.41-12.52)^2 + (12.55 -12.52)^2 + (12.60 -12.52)^2}{3-1}$$

$$\underline{S^2_1 = 0.01 ; X_1 = 12.52}$$

Ejemplo para Citrus paradisi (Tabla Nº 2, pH 3.2, tiempo de 75 minutos)

$$S^2_2 = \frac{(39.68-39.56)^2 + (39.45-39.56)^2 + (39.54 -39.56)^2}{3 - 1}$$

$$\underline{S^2_2 = 0.01; X_2 = 39.56}$$

Sustituyendo datos en aproximación de Cochran t

$$t = \frac{12.52 - 39.56}{\sqrt{\frac{0.01}{3} + \frac{0.01}{3}}}$$

$$\underline{t = 338.38}$$

Por lo tanto;

si $t < - 4.303$, (t de tabla, $\alpha = 0.05$) la hipótesis nula se rechaza (H_0)

o

si $t > 4.303$, (t de tabla, $\alpha = 0.05$) la hipótesis nula se rechaza (H_0)

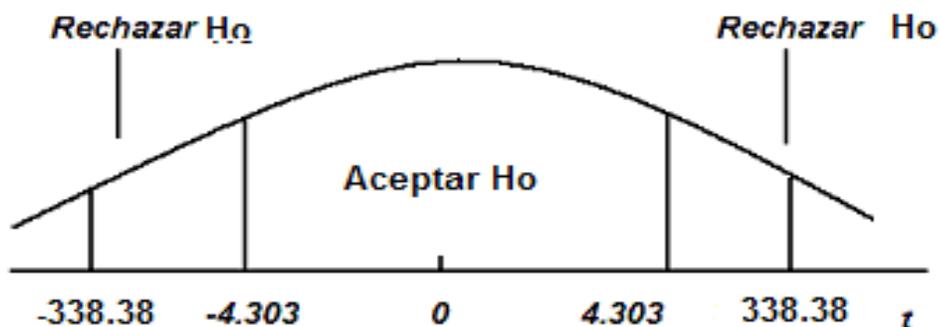


TABLA N° 11 RESULTADOS PRUEBA t

pH	MUESTRA	$t_{\text{CALCULADA}}$	$t_{0.05\% \text{ TABLA}}$
2.5	1	-23.67	4.303
	2	-22.86	4.303
	3	-49.78	4.303

pH	MUESTRA	$t_{\text{CALCULADA}}$	t_{TABLA}
2.8	1	-29.46	4.303
	2	-26.21	4.303
	3	-48.10	4.303

pH	MUESTRA	$t_{\text{CALCULADA}}$	t_{TABLA}
3.2	1	-147.04	4.303
	2	-142.77	4.303
	3	-308.15	4.303

Por lo tanto, la hipótesis nula se rechaza, ya que sí existe una diferencia significativa en el método de extracción entre las dos variedades de naranja.

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA

4.0 EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA

En este proyecto se diseña una Planta Piloto para la extracción de pectina, no pretendiendo con ello satisfacer toda la demanda.

Según datos proporcionados por el Departamento de Cambios del Banco Central de Reserva de El Salvador de 1999 hasta 2000 se importó una cantidad de 1, 987,215.19 Kg. de Pectina cítrica, la cual se comercializa a un precio de \$ 45.20 por Kilogramo. (Anexo 4)

Con la planta piloto se pretende cubrir un 10% de la demanda nacional de pectina, que es de 198,721.51 Kg / año aproximadamente, lo que representa 1, 587,232.50 Kg. de cáscara de naranja. Además, conociendo que la variedad Citrus sinensis se encuentra cultivada en mayor cantidad que otras variedades y que tiene un rendimiento de 12.52% de pectina (tabla № 1, pagina 32), se puede disponer de la materia prima necesaria para su obtención.

Con el objetivo de determinar la factibilidad del proyecto, se ha realizado un estudio Técnico-Económico, el cual se detalla a continuación.

Para llevar a cabo la materialización del proyecto en estudio se requiere analizar los siguientes aspectos económicos (ver anexo 18)

4.1 Inversión de capital.

4.2 Costos de producción.

4.1 INVERSIÓN DE CAPITAL

Esta inversión de capital se divide en dos partes:

4.1.1 Inversiones fijas.

4.1.2. Capital de trabajo.

4.1.1 INVERSIONES FIJAS

Las inversiones fijas comprenden el conjunto de bienes que no son motivo de transacciones corrientes por parte de la empresa. Generalmente se acatan durante la etapa de instalación de la planta y se utilizan a lo largo de su vida útil.

Estas incluyen el capital necesario para los siguientes aspectos:

- a) Alquiler del local
- b) Equipo de proceso instalado
- c) Equipo para control de calidad
- d) Equipo para oficina
- e) Puesta en marcha
- f) Vehículo
- g) Intereses durante la instalación
- h) Imprevistos.

Seguidamente se desarrolla cada uno de los aspectos anteriormente mencionados:

a) Alquiler del local

El local requerido debe de estar situado en un lugar accesible a las fuentes proveedoras de materia prima debido a que es más factible el transporte del producto terminado y más costoso el de la materia prima.

Se elige arriendo del local en el área de Sonsonate por ser una zona con producción abundante de naranja, además que provea el espacio suficiente para la instalación de todos los equipos de producción y control de calidad. El costo aproximado del alquiler es de \$ 250.00 mensual equivalente a \$3,000.00 anuales.

b) Equipo de proceso instalado

Los costos para el equipo de proceso fueron determinados basándose en el diagrama de flujo del proceso (anexo 1) y a las cotizaciones obtenidas en empresas Salvadoreñas por lo que reflejan precios actuales en el país. Para obtener los costos del equipo ya instalado, en algunos casos se incrementa el 10 por ciento del valor inicial debido a la utilización de otros dispositivos y materiales.

TABLA 4.1 COSTO DEL EQUIPO DE PROCESO

EQUIPO	CANTIDAD	MARCA	MODELO	COSTO SIN INSTALACIÓN (\$)	COSTO CON INSTALACIÓN (\$)
Báscula	1	icob	2770	1,158.25	1,158.25
Molino de martillo	1	Metalúrgica	M-200	500.00	500.00
Cortadora de cuchillas	1	Corax	K-125d	571.00	571.00
Tanque de acero inoxidable	1	Polinox	TAA-5	3,390.00	3,390.00
Centrifugadora	1	Permolex-polar	K40K	2,260.00	2,260.00
Tanque de doble chaqueta con agitador y termostato	1	Polinox	TACCS-4	8,000.00	8,800.00
Filtro prensa	1	Komet	D-18-20x20	7,000.00	7,000.00
Secador de lecho fluido	2	Vector	FL-Fluid-Bed	12,000.00	13,200.00
TOTALES				34,879.25	36,879.25

c) Equipo de control de calidad

El equipo de control de calidad que debe poseer la planta, esta en función de los controles y pruebas a realizar, así como la rigurosidad de los mismos. Para la realización de las pruebas de control de calidad físico-químico al producto, explicadas en el capítulo II, se requieren los siguientes equipos.

TABLA 4.2. COSTO DEL EQUIPO DE CONTROL DE CALIDAD

EQUIPO	CANTIDAD	MARCA	MODELO	COSTO (\$)
Balanza analítica, capacidad 210 g.	2	Ohaus	HA	1,949.25
Hot Plate con agitador magnético	1	Thermolyne	SPA 1025BEA	300.00
Medidor de pH	1	MicroNal	200-A	158.20
Reactivos	-	Merck	-	1,000.00
Cristalería	-	Pyrex	-	300.00
TOTAL				3,707.45

d) Equipo para oficina

Los requerimientos en muebles y equipo para oficina son los siguientes:

TABLA 4.3 COSTO DE EQUIPO DE OFICINA

EQUIPO	UNIDAD (C/U)	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Escritorio ejecutivo completo	3	228.57	685.71
Lockers, 10 compartimientos	1	160.00	160.00
Archivo metálico de 4 gavetas	1	114.29	114.29
Equipo de computación	1	1,115.00	1,115.00
Estantes (Dexium)	3	50.00	150.00
Sillas plegables	6	17.14	102.84
Ventiladores	2	18.00	36.00
TOTAL		1,703.00	2,363.84

e) Puesta en marcha.

Los costos de la puesta en marcha son todos los gastos que tiene que efectuar la empresa para que la producción alcance un nivel de productividad y calidad aceptable. Se calculan tomando en cuenta la mano de obra directa e indirecta, administración, alquiler del local, electricidad, agua, etc.

Cada uno de estos puntos se ha tomado para un mes de prueba y se detallan a continuación:

TABLA 4.4 COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA E INDIRECTA

CARGO	CANTIDAD	SUELDO / MES (\$)	TOTAL SUELDO / MES (\$)
Químico Farmacéutico o Ingeniero Químico	1	400.00	400.00
Operarios	3	144.00	432.00
Secretaria	1	228.57	228.57
Contador	1	285.71	285.71
Ordenanza	1	144.00	144.00
TOTAL		1,202.28	1,490.28

Para establecer el gasto de energía se considera la tabla 4.5 en la que aparece la energía requerida por los equipos de producción y se les incrementa un 20% por cualquier gasto adicional que no se pueda predecir.

Sobre la base de la tabla 4.5, se obtiene un gasto diario de energía de 50.40 Kw/hr, con un 20 por ciento de aumento resulta un gasto de 60.48 Kw/hr. En el mes resultan 1,814.40 Kw/hr y un Kilowatts por hora cuesta \$ 0.136 (tarifa comercial) de lo que resulta un gasto mensual de energía de \$246.76 y anual \$ 2,961.12

TABLA 4.5. ENERGIA CONSUMIDA POR EQUIPO DE PRODUCCION

EQUIPO	POTENCIA (Kw/hr)	TIEMPO DE OPERACIÓN (hr)	POTENCIA CONSUMIDA (Kw/hr)
Molino de martillo, motor de 30 Caballos fuerza	1.5	2	3.0
Filtro prensa	3.0	5	15.0
Tanque de doble chaqueta con agitador y termostato	2.0	12	24.0
Centrifugadora industrial	0.8	3	2.4
Secador de lecho fluido	1.0	3	3.0
Cortadora de cuchillas, motor de 25 Caballos fuerza	1.5	2	3.0
TOTAL			50.40

Para el consumo de agua se establece que se gastará mensualmente 100 metros cúbicos y de acuerdo con la tarifa de ANDA que un metro cúbico tiene un costo de \$ 0.377, por lo tanto el gasto mensual es de \$ 37.70 y \$ 452.40 monto anual.

En la tabla 4.6 se presenta un resumen de los gastos de puesta en marcha:

TABLA 4.6 GASTOS DE PUESTA EN MARCHA

CONCEPTO	MONTO MENSUAL (\$)	CONSUMO ANUAL (\$)
Sueldos	1,490.28	17,883.36
Alquiler de local	250.00	3,000.00
Electricidad	246.76	2,961.12
Agua	37.70	452.40
Materia prima	15,334.50	184,014.00
TOTAL	17,359.24	208,310.88

f) Vehículo.

Para el transporte de materia prima y la realización de otras transacciones se requiere de un vehículo tipo pick-Up cuyo valor aproximado en el mercado nacional es de \$ 11,428.57

g) Intereses durante la instalación¹⁰

Se calcula sobre la base del subtotal de la tabla 4.7, mediante la siguiente fórmula:

$$S = P (1 + i)^n$$

Donde:

S = Monto de capital al aplicar la tasa de interés

P= Capital inicial

i = Tasa de interés

n = Período en años

Considerando una tasa de interés del 5.8 por ciento como un promedio ponderado de los Bancos y Financieras del país del 6 de mayo del 2003, los que se mantienen por un período de tres meses según datos proporcionados por el BCR de El Salvador, y estimados tres meses para la instalación de la planta se obtiene:

$$S = \$ 71,988.35 (1+0.058)^{0.25}$$

$$S = \$ 73,010.22$$

$$\text{Intereses} = \$ 73,010.22 - \$ 71,988.35 = \$ 1,021.85$$

h) Imprevistos

Los imprevistos se calculan como un 10% del monto del capital (sub-total tabla 4.7) que asciende a \$ 71,988.35 y esto equivale a \$ 7,198.84

4.1.2 CAPITAL DE TRABAJO

Es dinero en efectivo que toda empresa necesita para operar normalmente, sin recibir ingresos, y esta representado por el dinero estacionado formado por: existencia de materia prima, producto en proceso, existencia de producto terminado y cuentas por cobrar. Se calcula en forma similar que la puesta en marcha y asciende al mismo valor de \$ 17,359.24

La razón de este valor es que se considera capital de trabajo debe cubrir los mismos gastos de la puesta en marcha.

El resumen de las inversiones fijas y el capital de trabajo se presentan en la tabla 4.7

TABLA 4.7. RESUMEN DE INVERSIONES DE CAPITAL

INVERSION	COSTO DE INVERSION / MES(\$)
Alquiler de local	250.00
Equipo de proceso e instalado	36,879.25
Equipo de control de calidad	3,707.45
Equipo de oficina	2,363.84
Puesta en marcha	17,359.24
Vehículo	11,428.57
SUBTOTAL	71,988.35
Intereses durante la instalación	1,021.87
Imprevistos	7,198.84
TOTAL DE COSTOS FIJOS	80,209.06
Total del capital de trabajo (puesta en marcha)	17,359.24
TOTAL DE INVERSIONES DE CAPITAL	97,568.30

4.2 COSTOS DE PRODUCCIÓN

Para determinar la factibilidad de un proyecto se requiere, por un lado, calcular los ingresos empleando para ello los volúmenes y precios de venta, y por otro, estimar los presupuestos de ingresos utilizando las cifras de volúmenes y

precios de los insumos necesarios para el funcionamiento de la planta a los niveles previstos.

Estos presupuestos permitirán, a su vez, hacer pronósticos del costo unitario de producción y obtener los presupuestos de las utilidades derivables de la operación de la planta, así como estimar los diversos coeficientes que servirán para llevar a cabo la evaluación económica del proyecto.

Los costos de producción, son los que inciden directamente en la producción y se calculan sobre la base de un año de operación de la planta.

Los costos de producción se dividen en:

- a) Costos primos.
- b) Costos de fabricación.
- c) Costos de administración y ventas.
- d) Costos financieros.

A continuación se describe cada uno de ellos:

a) Costos primos

Estos involucran la mano de obra directa, materia prima e insumos o material de empaque.

Como mano de obra directa se consideran al Químico Farmacéutico o Ingeniero Químico y los operarios (Tabla 4.4) Mensualmente resulta una cantidad de \$ 832.00 y anualmente \$ 9,984.00

El costo de materia prima por kilogramo es de \$ 0.10, por lo que el costo mensual asciende a \$ 15,334.50 y anual \$ 184,014.00

TABLA 4.8 COSTOS PRIMOS

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO POR MES (\$)	COSTO ANUAL (\$)
Mano de obra directa:				
Químico Farmacéutico o Ingeniero Químico	1	Mes	400.00	4,800.00
Operarios	3	mes	432.00	5,184.00
Materia prima:				
Cáscara de Naranja	153,334.50	Kg. /mes	15,333.50	184,002.00
Material de empaque	60	Bolsa plástica	4.00	48.00
Reactivos	-	/ mes	50.00	600.00
TOTAL				194,634.00

b) Costos de Fabricación

Son los que involucran mano de obra indirecta, electricidad, agua, alquiler de local, depreciación y mantenimiento del equipo.

La mano de obra indirecta (tabla 4.4), la constituye el encargado de limpieza, contador y secretaria con un costo mensual de \$ 758.28 y anualmente \$ 9,099.36 La electricidad (tabla 4.5), resulta \$ 246.76 mensual y anual \$2,961.12

El costo mensual del agua es de \$ 37.7 y al año. \$ 452.40

El arrendamiento del local por mes es de \$ 250.00 y anualmente \$3,000.00

La depreciación de la maquinaria se calculará para los equipos en proceso, control de calidad, y de oficina, así como también para el vehículo.

El costo total de los equipos (producción, control de calidad y oficina), y el vehículo es de \$ 54,379.11 y se considera un valor de recuperación del 10% para una vida útil de 5 años.

La depreciación se calcula por la siguiente fórmula:

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Costo} - \text{Recuperación}}{\text{Vida Útil}}$$

$$\text{Depreciación} = \frac{\$ 54,379.11 - \$ 5,437.91}{5}$$

$$\text{Depreciación} = \$ 9,788.24$$

El mantenimiento para el equipo de proceso es del 5%, para el de control de calidad y de oficina es del 6% y para el vehículo un 5% del monto total de la inversión ⁷

Mantenimiento para el equipo de proceso (tabla 4.1):

$$M = \$ 36,879.25 \times 0.05$$

$$M = \$ 1,843.96$$

Mantenimiento para equipo de control de calidad y de oficina (tablas 4.2 y 4.3):

$$M = \$ 6,071.31 \times 0.06$$

$$M = \$ 364.28$$

Mantenimiento para el vehículo:

$$M = \$ 11,428.57 \times 0.05$$

$$M = \$ 571.43$$

TABLA 4.9. COSTOS DE FABRICACIÓN

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD. UNIDAD MENSUAL. (\$)	CANTIDAD. TOTAL ANUAL (\$)
Mano de obra indirecta:				
Contador	1	Mes	285.71	3,428.52
Secretaria	1	Mes	228.57	2,742.84
Ordenanza	1	Mes	144.00	1,728.00
Electricidad	1,220.40	Kw/hr x mes	246.76	2,961.12
Agua	100	m ³ / mes	37.70	452.40
Alquiler local	12	mes	250.00	3,000.00
Depreciación de:				
Equipo de proceso, control de calidad, de oficina y vehículo				9,788.24
Mantenimiento:				
Equipo de control de calidad				364.28
Equipo de proceso				1,843.96
Vehículo				571.43
TOTAL				26,880.79

c) Costos de administración y venta.

Estos costos incluyen los desembolsos para salarios administrativos, comunicaciones, amortización de imprevistos.

Los salarios administrativos son los de la secretaria y del contador que mensualmente son \$ 514.28 y anualmente \$ 6,171.36

Se estima que en propaganda se invertirán \$ 57.14 por mes y \$ 685.71 anualmente.

La amortización de imprevistos se hará durante 10 años, para lo cual se divide el monto de los imprevistos (Tabla 4.7) entre 10 años.

$$\text{Amortización de imprevistos} = \frac{\text{Monto de imprevistos \$}}{10 \text{ años}}$$

$$\text{Amortización de imprevistos} = \frac{\$7,198.84}{10 \text{ años}}$$

$$\text{Amortización de imprevistos} = \$ 719.88$$

d) Costos financieros.

Los costos Financieros son básicamente la amortización de la deuda obtenida con el sistema financiero para el desarrollo del proyecto.

Amortizando el crédito mediante cuotas anuales constantes, el cálculo se efectúa por medio de la ecuación siguiente:

$$R = \frac{A \times i (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Donde:

R = pago anual para amortizar la deuda incluyendo los intereses.

A = Monto adeudado (inversiones de capital, pagina 56)

n = Período o plazo en años

i = tasa de interés

$$R = \frac{\$97,568.30 \times 0.058 (1+0.058)^{10}}{(1+0.058)^{10}-1}$$

$$R = \$ 13,131.08$$

TABLA 4.10. RESUMEN COSTOS DE PRODUCCION

CONCEPTO	COSTO ANUAL(\$)
Costos primos	194,634.00
Costos de fabricación	26,880.79
Costos de administración y ventas	7,576.95
Costos financieros	13,131.08
TOTAL	242,222.82

4.3 DETERMINACION DEL PRECIO DEL PRODUCTO

El precio del producto se calcula en base a los costos totales de producción (tabla 4.10), mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Precio del producto} = \frac{\text{Costo total del producto o de producción}}{\text{Cantidad producida (pagina 55)}}$$

$$\text{Precio del producto} = \frac{\$ 242,222.82}{198,721.51 \text{ Kg}}$$

Precio del Producto = \$ 1.22

Actualmente la pectina se encuentra disponible en el mercado a un precio de \$ 45.20 por kilogramo (anexo 4), por lo que la Pectina producida en el país tendría un precio costo de \$ 1.22 por Kilogramo y el precio de venta sería de \$ 2.44, obteniéndose una ganancia de \$ 1.22 por kilogramo, que representa el 100%, dando como resultado (\$1.22 x 198,721.51 Kg/año) una ganancia anual de \$ 242,440.24. Además las ganancias se aumentarían por la venta de los subproductos obtenidos (cáscara gastada), que aportarían \$0.01 por Kilogramo de cáscara gastada, y la ganancia anual de este sería aproximadamente de \$ 13,885.11 (1,388,511.00 Kg. x \$0.01) por lo tanto la ganancia neta de la pectina y de los subproductos es de \$ 256,325.35

4.4 RENTABILIDAD DEL PROYECTO.

Se calcula la tasa interna de retorno simple como un indicador de rentabilidad del proyecto de producción.

La tasa interna de retorno simple se calcula de la siguiente forma:

$$\text{TDR} = \frac{P \times 100}{I}$$

Donde:

P = Ganancia anual antes de impuestos

I = Inversión de capital (tabla 4.7)

$$\text{TDR} = \$ \frac{256.325.35 \times 100}{\$97,568.30}$$

$$\text{TDR} = 262.71\%$$

Resulta una tasa interna de retorno mayor que la que tiene la banca para ahorros a plazo

4.5 RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN DE CAPITAL

El tiempo en que se recupera la inversión se calcula a partir de la fórmula:

$$n = \frac{I}{P}$$

En donde:

n = años en que se recupera el capital

I = inversión de capital

P = ganancia anual sin impuestos

$$n = \frac{\$ 97,568.30}{\$256,325.35}$$

$$n = 0.38 \text{ años}$$

La recuperación de capital se logra en 0.38 años, que es relativamente corto, y por lo tanto el proyecto resulta rentable.

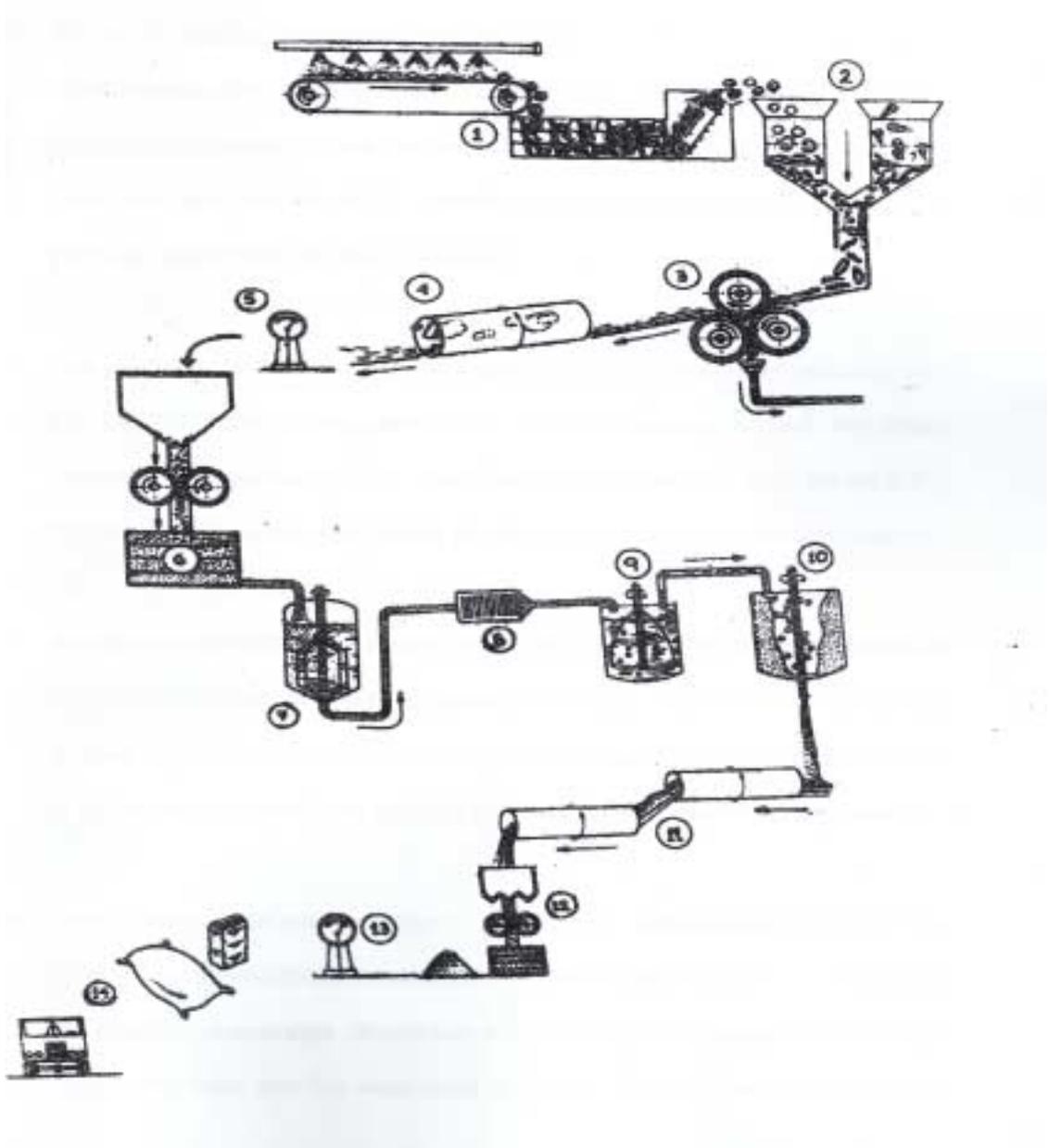
5.0 PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA PILOTO PARA LA EXTRACCIÓN DE PECTINA.⁶

Flujo de operaciones para la obtención de pectina a partir de cáscara de Citrus sinensis o Citrus paradisi, es como se describe a continuación:

- 1- Lavado de naranja.
- 2- Las naranjas se introducen por medio de una banda sin fin al molino de cuchillas giratorias, donde se cortan en trozos.
- 3- Los trozos pasan por prensa continua para extraer el jugo.
- 4- En lecho fluido a temperatura de 65° C, pasa la cáscara para secarla.
- 5- Báscula de pesado.
- 6- Molino de martillo; tritura y tamiza las cáscaras secas.
- 7- Tanque de doble chaqueta con termostato; se incorporan materia prima pulverizada, agua hasta cubrirla, llevar a pH de 3.2 con ácido Clorhídrico 2N. Calentar a 85°C por 75 minutos y agitar continuamente.
- 8- En filtro prensa se separa el líquido de la cáscara gastada.
- 9- El líquido del paso № 8, se recibe en tanque de doble chaqueta y adicionar alcohol etílico al 90% y llevar a un pH de 12 con Hidróxido de Sodio 1N, se enfría a 15°C , dejar reposar por 24 horas.
- 10- Se separan los grumos por centrifugación (pectina).
- 11- Se efectúa el secado de los grumos (pectina) en un lecho fluido.
- 12- Molino de martillo; tritura y tamiza la pectina.
- 13- Báscula de pesado
- 14- Empaque y comercialización.

FIGURA Nº 7

DISEÑO DE LA PLANTA PILOTO



CONCLUSIONES

- El pH y tiempo de extracción óptimos son pH 3.2 y 75 minutos, manteniendo constante la temperatura a 85°C, en ambas variedades de naranja, además estos resultados dieron positivas las pruebas realizadas como lo son identificación, porcentaje de ácido galaturónico, como también porcentaje de grupos metoxilo.
- Las pectinas extraídas en las dos variedades de naranja en estudio, con pH de 3.2 son de elevado éster y son utilizadas en las industrias alimenticias y farmacéuticas , mientras que los resultados de pH de 2.5 y 2.8 son de bajo éster, las cuales se utilizan como sustitutos de proteínas.
- Al aplicar la prueba F podemos decir que si existe diferencia significativa en el rendimiento de pectina, tanto dentro los grupos como entre los grupos, con o cual podemos afirmar que si existe diferencia importante en el porcentaje promedio de pectina extraída en cada variedad de naranja.
- Con el método de comparación T de TUKEY, determinamos que sí hay diferencias significativas entre cada par de medias, ya que los valores de las medias muestrales obtenidas no son iguales y exceden al rango crítico. Además con los intervalos de confianza obtenidos se confirma

que el método de extracción de mayor rendimiento es el de pH 3.2, por ser el que obtiene mayor cantidad de pectina.

- La variedad *Citrus paradisi* proporciona un mayor rendimiento de pectina (39.56%) que la variedad *Citrus sinensis* (12.52%), en las mismas condiciones (tiempo = 75 minutos y pH = 3.2), lo cual se confirma con la prueba *t*, análisis que verifica que existen diferencias significativas en el contenido de pectina entre las variedades de naranja.
- El proyecto es económicamente rentable. En primer lugar, por que con una inversión de \$ 97,568.32 puede iniciarse la producción. En segundo lugar, por que puede ofrecerse un producto de buena calidad y con un precio más bajo (\$ 2.44) que la pectina importada (\$ 45.20), sin que esto afecte las utilidades. En tercer lugar, por que el tiempo para recuperar la inversión del capital, es de 0.38 años.

RECOMENDACIONES

- El método de precipitación con alcohol etílico es adecuado para la extracción de pectina ya que es sencillo y fácilmente reproducible. Además los reactivos son de fácil adquisición. Este proceso tiene la ventaja de que no remueve otros componentes de la naranja, como en el método de extracción con acetona que precipita otras materias no pecticas y con el de sales metálicas da el inconveniente de la remoción del metal, incrementando así el costo del producto.
- Se recomienda que en un trabajo posterior se realicen procesos de purificación y controles microbiológicos a la pectina extraída por este método.
- Se recomienda que la extracción de pectina no se lleve a cabo con hidrólisis muy ácida a temperaturas mayores de 90⁰C por que se degrada la pectina y no se obtendría el producto esperado.
- Incentivar al sector agrícola a cultivar la naranja *Citrus paradisi*, por presentar un rendimiento superior de pectina comparada con la naranja *Citrus sinensis*. Por lo que es una alternativa de cultivo y desarrollo en las zonas cafetaleras.

- Se recomienda que la cáscara gastada se reprocese, ya que de esta se pueden obtener concentrados para ganado bovino, porcino y aves de corral, etc.
- El estudio de extracción de pectina es a nivel de laboratorio por lo que se recomienda que en estudios posteriores, se escalen los datos a nivel de planta piloto.

BIBLIOGRAFÍA

1. BERENSON, M. L. Estadística Básica en Administración, 4ª Edición, Prentice -Hall Hispanoamérica. México, 1 992.
2. CLAUS, E. P y VARRO, T. Farmacognosia. 5ª Edición, Editorial El Ateneo. Argentina, 1 965.
3. FARMACOPEA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, 2ª edición, México: 1 986.
4. GUPTA, M. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. 1ª Edición, Editorial Presencia Ltda. Colombia, 1 995.
5. LAGOS, J. A. Compendio de Botánica Sistemática. 2ª Edición, Dirección de Publicaciones del Ministerio de Salud, El Salvador, 1 997.
6. PETER, M. y TIMMERHAUS, K. D Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 1st edition, Mc. Graw Hill. EE.UU. 1 980.
7. MS PLANTER, Obtención y Aprovechamiento de Extractos Vegetales de la Flora Salvadoreña, 1a Edición. Editorial universitaria Volumen I, 1 980 Universidad de El Salvador, El Salvador.
8. REMINGTON, Farmacia Práctica, 17ª Edición. Editorial Médica Panamericana. Argentina, 1 987.

9. SAN MARTÍN CASAMADA, R. Farmacognosia con farmacodinamia. 1^{ra} Edición. Editorial Medica Científica. España, 1968.
10. SOTO, H. y ESPEJEL, E. Evaluación Técnico-Económica de Proyectos Industriales. Centro de Enseñanzas técnico-industriales, México. 1978.
11. THE UNITED STATES PHARMACOPEIA. THE NATIONAL FORMULARI, 24^a Edition. Washington DC. The board of trustees. 2000.
12. TREASE Y EVANS. Farmacognosia, 3^a Edición, Editorial Interamericana. México. 1991
13. LA PRENSA GRAFICA, 10 de Septiembre de 2002.
14. ARÉVALO, A. M. Utilización de la Pectina de Café en una Suspensión Antidiarreico. Facultad de Ciencias Puras y Aplicadas. Universidad Nueva San Salvador. El Salvador. 1988.
15. ARIZA, M. J. Obtención de Pectina a Partir de la Cáscara de Naranja. Sitio web URL: <http://www.pectinas.html>.
16. BETANCOURT QUIJADA, A. H. Estudio Comparativo de la Pectina del Café con la Pectina de Cítricos Comercial. Facultad de Química y Farmacia. Universidad de El Salvador. El Salvador. 1983.
17. CATACORA PEÑAZOLA, B. B. Extracción y caracterización de Pectina a Partir de Desechos de Naranja (Citrus sinensis) por el

Método de Precipitación con Cloruro de Aluminio. Universidad de San Agustín de Arequipa. Perú. 1 995. En línea 25 noviembre del 2 000. Sitio web URL: [http:// www.unsa.edu.pe/afisicas/química/tesis_29.html](http://www.unsa.edu.pe/afisicas/química/tesis_29.html).

18. FERRERA ARIOLA, S. Extracción y Caracterización de la Pectina en Frutos Tropicales. Facultad de Ciencias, Departamento de Farmacia. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 1 998, Sitio web URL: <http://www.colciencias.gov.co/simbiosis/proyectos/pectinas.html>.

ANEXOS

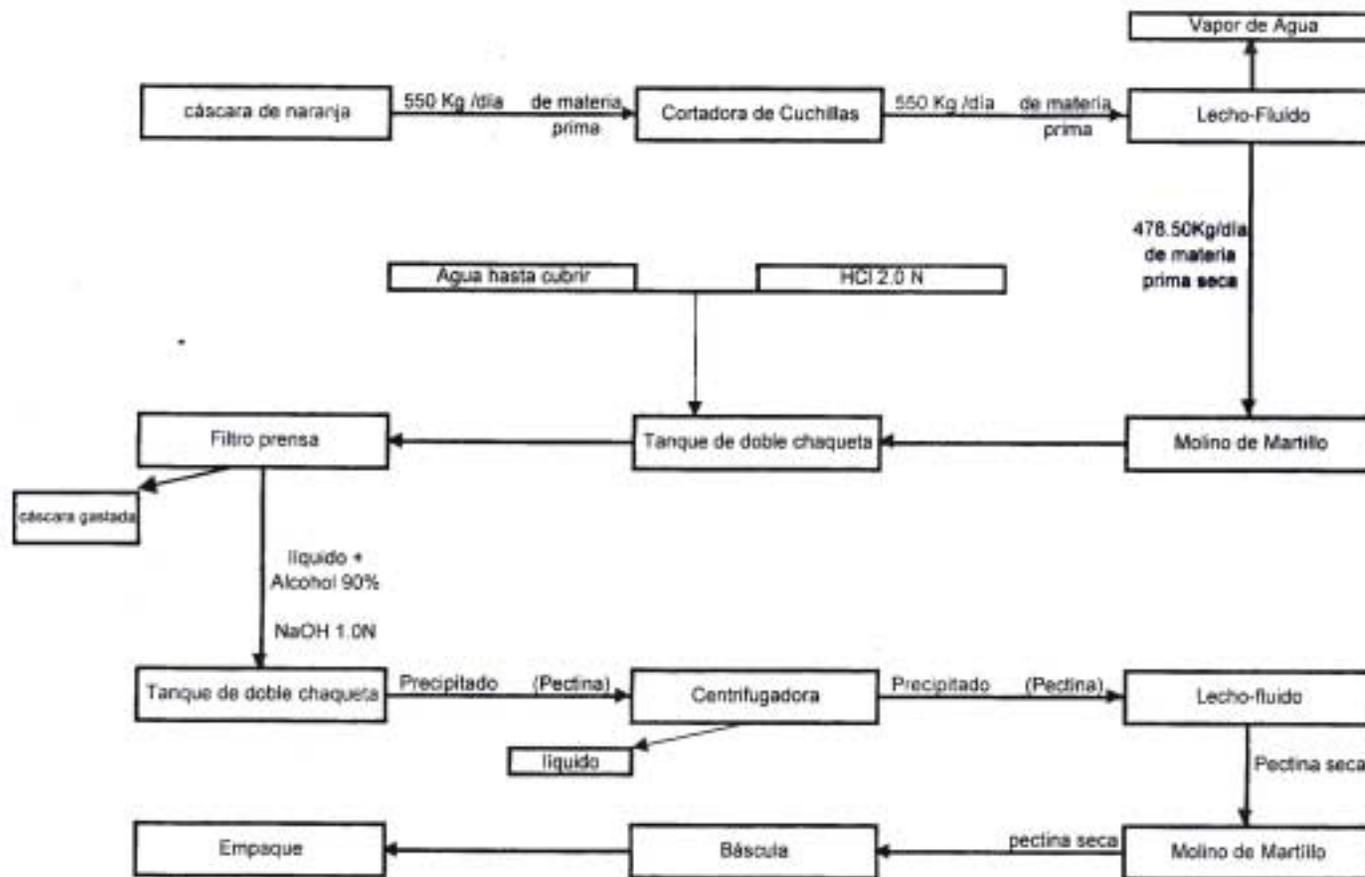
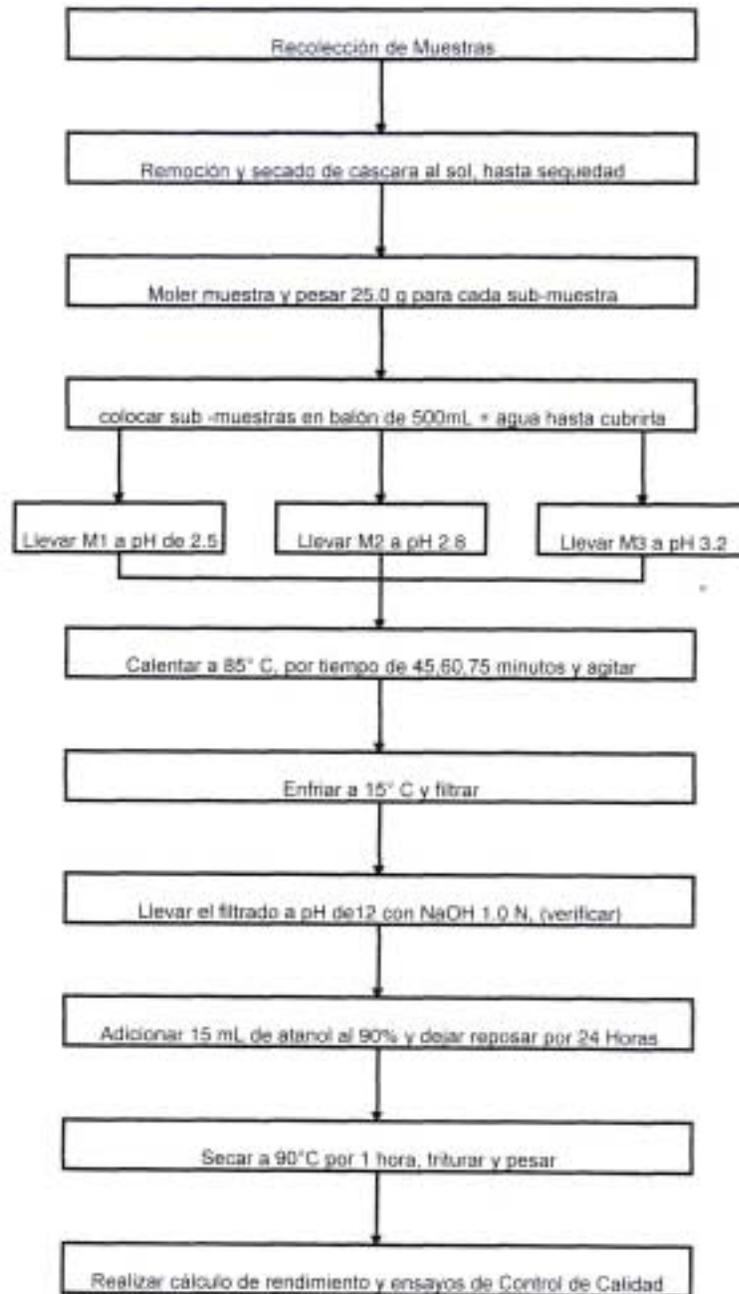


DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

ANEXO 1

ANEXO 2
PROCESO DE EXTRACCION



ANEXO 3

CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE PECTINA EN BASE SECA

$$\% \text{ de pectina} = \frac{\text{GRAMOS DE PECTINA EXTRAIDA}}{\text{GRAMOS DE MUESTRA}} \times 100$$

MUESTRA No1 *Citrus sinensis* a pH 2.5, por 45 min, a 85°C = 1.53 g

(ver tabla 1, pag 29)

Sustituyendo:

$$\% \text{ de pectina} = \frac{1.53\text{g}}{21.75 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ de pectina} = 7.03$$

El mismo procedimiento para cada una de las muestras

ANEXO 4

COSTO DE PECTINA CITRICA EN MERCADO NACIONAL

Apartado Postal 727
Avenida Irazú 166
Colonia Costa Rica
San Salvador, El Salvador
Tel.: 270-0222 con 5 Troncales
Fax: 270-1501
E-mail: falmar@nelcomsa.com



San Salvador, 12 de marzo de 2003

Señores
FARMACIA SAN SEBASTIÁN
ATN.: SRA. CAROL RODRÍGUEZ
Fax: 276-0639

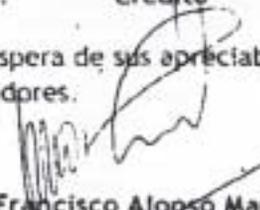
Estimados señores:

Con todo respeto presentamos a su consideración, la siguiente oferta para entrega inmediata en plaza:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P.UNITARIO	TOTAL
1 kilo	PECTINA CÍTRICA USP	\$45.20 x kilo	\$45.20

Precios: IVA incluido
Vigencia: Mantenemos precios por 15 días
Pago: Crédito

En espera de sus apreciables órdenes, somos de ustedes, atentos y seguros servidores.


Dr. Francisco Alonso Martínez
Administrador Único

FALMAR, S.A. de C.V.

MONOGRAFIA DE PECTINA

Official Monographs / Pectin 1021

Pectin

Pectin
Pectin [9000-69-3].

■ Pectin is a purified carbohydrate product obtained from the dilute acid extract of the inner portion of the rind of citrus fruits or from apple pomace. It consists chiefly of partially methoxylated polygalacturonic acids.

Pectin yields not less than 6.7 percent of methoxy groups ($-\text{OCH}_3$) and not less than 74.0 percent of galacturonic acid ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_7$), calculated on the dried basis.

NOTE—Commercial pectin for the production of jellied food products is standardized to the convenient "150 jelly grade" by addition of dextrose or other sugars, and sometimes contains sodium citrate or other buffer salts. This monograph refers to the pure pectin to which no such additions have been made.

Packaging and storage—Preserve in tight containers.

Labeling—Label it to indicate whether it is of apple or of citrus origin.

Identification—

A: Heat 1 g with 9 mL of water on a steam bath until a solution is formed, replacing water lost by evaporation; it forms a stiff gel on cooling.

B: To a solution (1 in 100) add an equal volume of alcohol; a translucent, gelatinous precipitate is formed (*distinction from most gums*).

C: To 10 mL of a solution (1 in 100) add 1 mL of thorium nitrate TS, stir, and allow to stand for 2 minutes; a stable precipitate or gel forms (*distinction from gums*).

D: To 5 mL of a solution (1 in 100) add 1 mL of 2 N sodium hydroxide, and allow to stand at room temperature for 15 minutes; a gel or semigel forms (*distinction from tragacanth*).

E: Acidify the gel from the preceding test with 3 N hydrochloric acid, and shake; a voluminous, colorless, gelatinous precipitate forms, which upon boiling becomes white and flocculent (*pectic acid*).

Microbial limit—It meets the requirements of the test for absence of *Salmonella* species under *Microbial Limit Tests* (61).

Loss on drying (731)—Dry it at 105° for 3 hours; it loses not more than 10.0% of its weight.

Arsenic, Method II (211): 3 ppm.

Lead—Add 2.0 g of Pectin to 20 mL of nitric acid in a 250-mL conical flask, mix, and heat the contents carefully until the Pectin is dissolved. Continue the heating until the volume is reduced to about 7 mL. Cool rapidly to room temperature, transfer to a 100-mL volumetric flask, and dilute with water to volume. A 50.0-mL portion of this solution contains not more than 5 µg of lead (corresponding to not more than 0.0005% of Pb) when tested according to the limit test for *Lead* (251), 15 mL of ammonium citrate solution, 3 mL of potassium cyanide solution, and 500 µL of hydroxylamine hydrochloride solution being used. After the first dithizone extractions, wash the combined chloroform layers with 5 mL of water, discarding the water layer and continuing in the usual manner by extracting with 20 mL of dilute nitric acid (1 in 100).

Sugars and organic acids—Place 1 g in a 500-mL flask, moisten it with 3 to 5 mL of alcohol, pour in rapidly 100 mL of water, shake, and allow to stand until solution is complete. To this solution add 100 mL of alcohol containing 0.3 mL of hydrochloric acid, mix, and filter rapidly. Measure 25 mL of the filtrate into a tared dish, evaporate the liquid on a steam bath and dry the residue in a vacuum oven at 50° for 2 hours; the weight of the residue does not exceed 30 mg.

Assay for methoxy groups—Transfer 5.00 g of Pectin to a suitable beaker, and stir for 10 minutes with a mixture of 5 mL of hydrochloric acid and 100 mL of 60 percent alcohol. Transfer to a sintered-glass filter (30- to 60-mL crucible or Büchner type,

coarse), and wash with six 15-mL portions of the hydrochloric acid-60 percent alcohol mixture, followed by 60 percent alcohol until the filtrate is free from chlorides. Finally wash with 20 mL of alcohol, dry for 1 hour at 105°, cool, and weigh. Transfer exactly one-tenth of the total net weight of the dried sample (representing 500 mg of the original unwashed sample) to a 250-mL conical flask, and moisten with 2 mL of alcohol. Add 100 mL of carbon dioxide-free water, insert the stopper, and swirl occasionally until the Pectin is completely dissolved. Add 5 drops of phenolphthalein TS, titrate with 0.5 N sodium hydroxide VS and record the results as the *initial titer*. Add 20.0 mL of 0.5 N sodium hydroxide VS, insert the stopper, shake vigorously, and allow to stand for 15 minutes. Add 20.0 mL of 0.5 N hydrochloric acid VS, and shake until the pink color disappears. Add phenolphthalein TS, and titrate with 0.5 N sodium hydroxide VS to a faint pink color that persists after vigorous shaking; record the value as the *aponification titer*. Each mL of 0.5 N sodium hydroxide used in the *aponification titer* is equivalent to 15.5 mg of $-\text{OCH}_3$.

Assay for galacturonic acid—Each mL of 0.5 N sodium hydroxide used in the total titration (the *initial titer* added to the *aponification titer*) in the *Assay for methoxy groups* is equivalent to 97.07 mg of $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_7$.

ANEXO 6
EQUIPO DE CONTROL DE CALIDAD



Serie HA

- **BALANZA ANALITICA.**
- **ELECTRONICA**
- **MARCA OHAUS.**
- **10 MODOS DE PESAJE**
- **CALIBRACION INTERNA
MOTORIZADA**
- **FUNCIONA CON ENERGIA 120
VAC 50/60HZ**
- **PRECIO: \$1,725 + IVA**

ANEXO 7
EQUIPO DE CONTROL DE CALIDAD



pH METRO

Modelo 200A

Marca: MicroNal

Escala: 0.00 a 14.00

Resolución: 0.01

Costo: \$140.00 + IVA

Estándares: pH 4 y pH 7

ANEXO 8
EQUIPO DE CONTROL DE CALIDAD



HOT PLATE

- **Marca: Thermolyne**
- **SPA 1025BEA**
- **120 v 840 watts**
- **Precio: \$300**

ANEXO 9
EQUIPO DE PRODUCCION

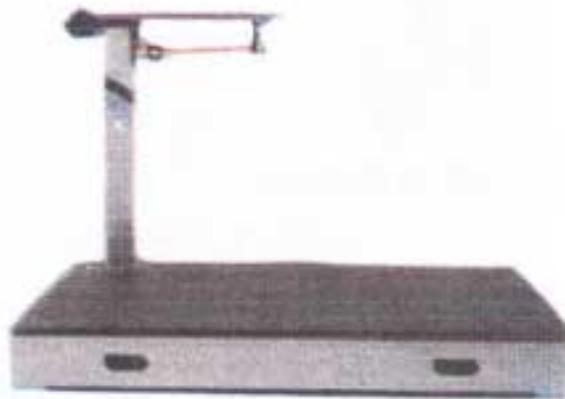


- Tanque de doble chaqueta con agitador y termostato.
- Marca: Polinox
- Modelo: TACCS-4
- Capacidad: 1,000 a 10,000 litros
- Consumo: 20 Kw por hora
- Precio: \$7,079.65 + IVA
- Instalación 10% del costo



- Tanque de doble chaqueta.
- Marca: Polinox
- Modelo: TAA-5
- Capacidad: 100 a 50,000 litros
- Precio: \$3,000 + IVA

ANEXO 10
EQUIPO DE PRODUCCION



- **BASCULA.**
- **MARCA ICOB**
- **MODELO 2770**
- **PRECIO:\$1025 + IVA**
- **JUEGO DE PESAS DE 50, 200,400 Kg**

CENTRIFUGADORA PERMOLEX-POLAR



- **Rendimiento 0.5 metros cúbicos por hora**
- **Modelo: K40K**
- **Potencia motor: 1.8 Kw**
- **Marca: Permolex Polar**
- **Secado hasta una humedad residual de 1,5%**
- **Costo:\$2,000 + IVA**

ANEXO 11
EQUIPO DE PRODUCCION



SECADOR DE LECHO FLUIDO

- Modelo: FL- Fluid Bed
- Marca: Vector
- Consumo: 20 Kw por hora.
- Precio: \$12,000
- Instalación 10% del costo



MOLINO DE MARTILLO

- Modelo: M-200
- Marca: Metalurgica
- Capacidad de motor: 3hp
- Productividad: 150 kg por hora
- Consumo de energia: 15 Kw hora
- Precio \$500.00

ANEXO 12
EQUIPO DE PRODUCCION



FILTRO PRENSA

- **Marca: Komet**
- **Modelo: D-18-20x20**
- **Capacidad: 20 litros por hora**
- **Precio: \$7,000**

ANEXO 13

MATERIA PRIMA, CRISTALERIA, MATERIALES, EQUIPO Y REACTIVOS.

1.0 RECURSOS

1.1 ESPECIES VEGETALES

A. *Citrus sinensis*

B. *Citrus paradisi*

1.2 CRISTALERIA

- A. Balones fondo plano de 1000 mL.
- B. Beaker 50, 250, 600 mL.
- C. Probeta 25,100 mL.
- D. Agitadores.
- E. Termómetro de 200°C
- F. Embudo Buchner
- G. Kitazato de 500 mL
- H. Balones volumétricos 10,250 mL.
- I. Bureta de 25 mL.
- J. Crisoles
- K. Pipetas volumétricas de 25 mL.

1.3 MATERIALES

- A. Bandejas de Aluminio.
- B. Trípode.
- C. Espátula metálica
- D. Espátula plástica
- E. Baño María.
- F. Tela de Lino
- G. Pinza para Crisol
- H. Pinza para mufla.
- I. Mechero Fischer.

1.4 EQUIPO

- A. Balanza Analítica Mettler H78 AR
- B. Balanza Granataria Triple Beam (OHA USA) 610g
- C. Estufa Precisión Specific modelo 25 EG65-210 UL OVEN
- D. Desecador de vidrio PIREX TM USA PAT.
- E. Molino de martillo Thomas Wiley Laboratory Modelo 4 Thomas Scientific USA.
- F. Bomba de vacío.
- G. Medidor de pH.
- H. Hot plate.

1.5 REACTIVOS

- A. Alcohol etílico 60% v/v
- B. Ácido clorhídrico 0.5 N.
- C. Hidróxido de sodio 1 N.
- D. Fenolftaleína.
- E. Ácido clorhídrico 2 N.
- F. Hidróxido de sodio 0.5 N.
- G. Agua destilada.

Tabla V. Cuanto porcentajes de la distribución F (a continuación)

$h_{0.5, \alpha}$

α	Grados de libertad del numerador (ν_1)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞	
1	4052	3999.5	3480	3625	3764	3838	3928	3992	4022	4056	4086	4117	4157	4209	4235	4261	4287	4313	4339	4368
2	98.50	99.01	99.17	99.25	99.33	99.33	99.36	99.37	99.39	99.40	99.42	99.43	99.45	99.46	99.47	99.47	99.48	99.49	99.49	99.50
3	34.12	33.82	33.66	33.71	33.74	33.75	33.77	33.78	33.79	33.80	33.81	33.82	33.83	33.84	33.84	33.85	33.85	33.86	33.86	33.87
4	21.20	20.80	20.60	20.68	20.72	20.73	20.75	20.76	20.77	20.78	20.79	20.80	20.81	20.81	20.82	20.82	20.83	20.83	20.84	20.84
5	16.26	15.77	15.60	15.66	15.70	15.71	15.73	15.74	15.75	15.76	15.77	15.78	15.78	15.79	15.80	15.80	15.81	15.81	15.82	15.82
6	13.25	12.62	12.48	12.53	12.56	12.57	12.58	12.59	12.60	12.60	12.61	12.62	12.62	12.63	12.63	12.64	12.64	12.65	12.65	12.66
7	12.25	11.55	11.43	11.47	11.50	11.51	11.52	11.53	11.54	11.54	11.55	11.56	11.56	11.57	11.57	11.58	11.58	11.59	11.59	11.60
8	11.26	10.55	10.44	10.48	10.51	10.52	10.53	10.54	10.55	10.55	10.56	10.57	10.57	10.58	10.58	10.59	10.59	10.60	10.60	10.61
9	10.26	9.55	9.45	9.49	9.52	9.53	9.54	9.55	9.56	9.56	9.57	9.58	9.58	9.59	9.59	9.60	9.60	9.61	9.61	9.62
10	10.04	9.30	9.21	9.25	9.28	9.29	9.30	9.31	9.32	9.32	9.33	9.34	9.34	9.35	9.35	9.36	9.36	9.37	9.37	9.38
11	9.65	8.91	8.82	8.86	8.89	8.90	8.91	8.92	8.93	8.93	8.94	8.95	8.95	8.96	8.96	8.97	8.97	8.98	8.98	8.99
12	9.33	8.59	8.50	8.54	8.57	8.58	8.59	8.60	8.61	8.61	8.62	8.63	8.63	8.64	8.64	8.65	8.65	8.66	8.66	8.67
13	9.07	8.33	8.24	8.28	8.31	8.32	8.33	8.34	8.35	8.35	8.36	8.37	8.37	8.38	8.38	8.39	8.39	8.40	8.40	8.41
14	8.86	8.11	8.02	8.06	8.09	8.10	8.11	8.12	8.13	8.13	8.14	8.15	8.15	8.16	8.16	8.17	8.17	8.18	8.18	8.19
15	8.68	7.93	7.84	7.88	7.91	7.92	7.93	7.94	7.95	7.95	7.96	7.97	7.97	7.98	7.98	7.99	7.99	8.00	8.00	8.01
16	8.53	7.78	7.69	7.73	7.76	7.77	7.78	7.79	7.80	7.80	7.81	7.82	7.82	7.83	7.83	7.84	7.84	7.85	7.85	7.86
17	8.40	7.65	7.56	7.60	7.63	7.64	7.65	7.66	7.67	7.67	7.68	7.69	7.69	7.70	7.70	7.71	7.71	7.72	7.72	7.73
18	8.29	7.54	7.45	7.49	7.52	7.53	7.54	7.55	7.56	7.56	7.57	7.58	7.58	7.59	7.59	7.60	7.60	7.61	7.61	7.62
19	8.18	7.43	7.34	7.38	7.41	7.42	7.43	7.44	7.45	7.45	7.46	7.47	7.47	7.48	7.48	7.49	7.49	7.50	7.50	7.51
20	8.10	7.35	7.26	7.30	7.33	7.34	7.35	7.36	7.37	7.37	7.38	7.39	7.39	7.40	7.40	7.41	7.41	7.42	7.42	7.43
21	8.02	7.27	7.18	7.22	7.25	7.26	7.27	7.28	7.29	7.29	7.30	7.31	7.31	7.32	7.32	7.33	7.33	7.34	7.34	7.35
22	7.95	7.20	7.11	7.15	7.18	7.19	7.20	7.21	7.22	7.22	7.23	7.24	7.24	7.25	7.25	7.26	7.26	7.27	7.27	7.28
23	7.88	7.13	7.04	7.08	7.11	7.12	7.13	7.14	7.15	7.15	7.16	7.17	7.17	7.18	7.18	7.19	7.19	7.20	7.20	7.21
24	7.82	7.07	6.98	7.02	7.05	7.06	7.07	7.08	7.09	7.09	7.10	7.11	7.11	7.12	7.12	7.13	7.13	7.14	7.14	7.15
25	7.77	7.02	6.93	6.97	7.00	7.01	7.02	7.03	7.04	7.04	7.05	7.06	7.06	7.07	7.07	7.08	7.08	7.09	7.09	7.10
26	7.72	6.97	6.88	6.92	6.95	6.96	6.97	6.98	6.99	6.99	7.00	7.01	7.01	7.02	7.02	7.03	7.03	7.04	7.04	7.05
27	7.68	6.93	6.84	6.88	6.91	6.92	6.93	6.94	6.95	6.95	6.96	6.97	6.97	6.98	6.98	6.99	6.99	7.00	7.00	7.01
28	7.64	6.89	6.80	6.84	6.87	6.88	6.89	6.90	6.91	6.91	6.92	6.93	6.93	6.94	6.94	6.95	6.95	6.96	6.96	6.97
29	7.60	6.85	6.76	6.80	6.83	6.84	6.85	6.86	6.87	6.87	6.88	6.89	6.89	6.90	6.90	6.91	6.91	6.92	6.92	6.93
30	7.56	6.81	6.72	6.76	6.79	6.80	6.81	6.82	6.83	6.83	6.84	6.85	6.85	6.86	6.86	6.87	6.87	6.88	6.88	6.89
40	7.31	6.56	6.47	6.51	6.54	6.55	6.56	6.57	6.58	6.58	6.59	6.60	6.60	6.61	6.61	6.62	6.62	6.63	6.63	6.64
60	7.08	6.33	6.24	6.28	6.31	6.32	6.33	6.34	6.35	6.35	6.36	6.37	6.37	6.38	6.38	6.39	6.39	6.40	6.40	6.41
120	6.85	6.10	6.01	6.05	6.08	6.09	6.10	6.11	6.12	6.12	6.13	6.14	6.14	6.15	6.15	6.16	6.16	6.17	6.17	6.18
∞	6.65	5.90	5.81	5.85	5.88	5.89	5.90	5.91	5.92	5.92	5.93	5.94	5.94	5.95	5.95	5.96	5.96	5.97	5.97	5.98

ANEXO 14
TABLA DE DISTRIBUCIÓN F

ANEXO 15

TABLA DE DISTRIBUCION t

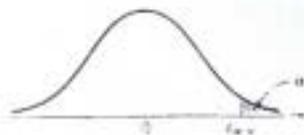


Tabla IV Puntos porcentuales t_{α} de la distribución t

α	40	25	.10	.05	.025	.01	.005	.0025	.001	.0005
1	.325	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	127.32	318.31	636.62
2	.289	.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.089	23.326	31.598
3	.277	.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.213	12.924
4	.271	.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	.267	.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	.265	.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	.263	.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	.262	.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	.261	.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	.260	.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	.260	.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	.259	.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	.259	.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	.258	.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	.258	.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	.258	.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	.257	.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	.257	.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	.257	.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	.257	.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.843	3.153	3.552	3.850
21	.257	.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	.256	.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	.256	.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.767
24	.256	.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.743
25	.256	.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.723
26	.256	.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	.256	.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	.256	.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	.256	.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	.256	.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	.253	.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
60	.254	.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
120	.254	.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373
∞	.253	.674	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.090	3.291

v = grados de libertad

TABLA E.12 Valores críticos^a del rango Q de Student

Puntos superiores al 5% ($\alpha = 0.05$)

r	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	18.0	27.0	32.8	37.1	40.4	43.1	45.4	47.4	49.1	50.6	52.0	53.2	54.3	55.4	56.1	57.2	58.0	58.8	59.6
2	8.09	8.3	9.8	10.9	11.7	12.4	13.0	13.3	14.0	14.4	14.7	15.1	15.4	15.7	15.9	16.1	16.4	16.6	16.8
3	4.39	5.91	6.87	7.39	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46	9.72	9.95	10.15	10.35	10.52	10.69	10.84	10.98	11.11	11.24
4	3.81	5.04	5.76	6.29	6.71	7.05	7.35	7.60	7.83	8.03	8.21	8.37	8.52	8.66	8.79	8.91	9.03	9.13	9.23
5	3.64	4.80	5.52	5.67	6.05	6.33	6.58	6.80	6.99	7.17	7.32	7.47	7.60	7.72	7.83	7.93	8.03	8.12	8.21
6	3.46	4.34	4.90	5.31	5.61	5.89	6.12	6.32	6.49	6.65	6.79	6.92	7.03	7.14	7.24	7.34	7.43	7.51	7.59
7	3.34	4.16	4.68	5.05	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16	6.30	6.43	6.55	6.66	6.76	6.85	6.94	7.03	7.09	7.17
8	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92	6.05	6.18	6.29	6.39	6.48	6.57	6.65	6.73	6.80	6.87
9	3.20	3.95	4.42	4.76	5.02	5.24	5.43	5.60	5.74	5.87	5.98	6.09	6.19	6.28	6.36	6.44	6.51	6.58	6.64
10	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60	5.72	5.83	5.93	6.03	6.11	6.20	6.27	6.34	6.40	6.47
11	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49	5.61	5.71	5.81	5.90	5.99	6.06	6.14	6.20	6.26	6.33
12	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.40	5.51	5.62	5.71	5.80	5.88	5.95	6.03	6.09	6.15	6.21
13	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32	5.43	5.53	5.63	5.71	5.79	5.86	5.93	6.00	6.05	6.11
14	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25	5.36	5.46	5.55	5.64	5.72	5.79	5.85	5.92	5.97	6.03
15	3.01	3.67	4.08	4.37	4.60	4.78	4.94	5.08	5.20	5.31	5.40	5.49	5.58	5.65	5.72	5.79	5.85	5.90	5.96
16	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15	5.26	5.35	5.44	5.52	5.59	5.66	5.72	5.79	5.84	5.90
17	2.98	3.63	4.03	4.30	4.52	4.71	4.86	4.99	5.11	5.21	5.31	5.39	5.47	5.55	5.61	5.68	5.74	5.79	5.84
18	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.94	5.07	5.17	5.27	5.35	5.43	5.50	5.57	5.63	5.69	5.74	5.79
19	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04	5.14	5.23	5.32	5.39	5.46	5.53	5.59	5.65	5.70	5.75
20	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01	5.11	5.20	5.28	5.36	5.43	5.49	5.55	5.61	5.66	5.71
24	2.92	3.55	3.93	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92	5.01	5.10	5.18	5.25	5.32	5.38	5.44	5.50	5.54	5.59
30	2.89	3.49	3.84	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.83	4.92	5.00	5.08	5.15	5.21	5.27	5.33	5.38	5.43	5.48
40	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.74	4.82	4.91	4.99	5.05	5.11	5.18	5.22	5.27	5.31	5.36
60	2.81	3.40	3.74	3.98	4.16	4.31	4.44	4.55	4.65	4.73	4.81	4.88	4.94	5.00	5.06	5.11	5.16	5.20	5.24
120	2.80	3.36	3.69	3.92	4.10	4.24	4.36	4.46	4.56	4.64	4.72	4.79	4.84	4.90	4.95	5.00	5.05	5.09	5.13
∞	2.77	3.31	3.63	3.86	4.03	4.17	4.29	4.39	4.47	4.55	4.62	4.68	4.74	4.80	4.85	4.89	4.93	4.97	5.01

ANEXO 16
TABLA DE Q DE STUDENT

ANEXO 17
DETERMINACION DE HUMEDAD

$$\text{HUMEDAD} = \frac{\text{PERDIDA DE PESO}}{\text{PESO DE MUESTRA}} \times 100$$

$$\text{PERDIDA DE PESO} = (\text{Peso crisol} + \text{Mx}) / \text{Antes de secar} - (\text{Peso crisol} + \text{Mx}) / \text{Después de secar}$$

Sustituyendo en la fórmula:

$$\text{Pérdida de peso: } 31.5669\text{g} - 30.6673\text{g} = 0.8996 \text{ g}$$

$$\% \text{ de Humedad} = (0.8996 / 1.0341) \text{ g} \times 100 = 87.00\%$$

$$\% \text{ de Humedad} = 87.00 \%$$

Este ensayo pertenece a los datos de *Citrus sinensis* a pH 2.5 con un tiempo de 75 minutos

(ver pagina 32)

A cada una de las muestras analizadas se les practico este ensayo



ANEXO 18
DIAGRAMA DE EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA