ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

“Obtención y Caracterización de Pectina en Polvo a Partir de Cáscara de Maracuyá (Passiflora Edulis)”

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERAS DE ALIMENTOS

Presentada por:

Verónica Vanessa Durán Malagón
María Gabriela Honores González

GUAYAQUIL-ECUADOR

Año: 2012

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la oportunidad y la dicha de la vida, al brindarme los medios necesarios para continuar mi formación como profesional, y siendo un apoyo incondicional para lograrlo ya que sin Él no hubiera podido.

A mi familia que gracias a su apoyo pude concluir mi carrera. A mi madre por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome, aconsejándome siempre y sobre todo por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y estudiante.

A mi abuelita por hacer de mi una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas, amor.

A mis hermanos por su apoyo y confianza. En especial a mi hermano David por darme el tiempo para ayudarme a terminar la tesis y cumplir con esta etapa.

A mi amiga y compañera de tesis que con paciencia y esfuerzo pudimos culminar esta etapa de nuestras vidas.

A los docentes que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación.

A mi maestro Ing. Patricio Cáceres quien me ha orientado en todo momento en la realización de este proyecto que enmarca el último escalón hacia un futuro en donde sea partícipe en el mejoramiento.

DEDICATORIA

A DIOS

A MI MADRE

A MI ABUELITA

A MIS HERMANOS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Gustavo Guerrero M.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Patricio Cáceres C.
DIRECTOR

Ing. Grace Vázquez V.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

____
Verónica Vanessa Durán Malagón

____
María Gabriela Honores González

RESUMEN

La utilización de la fruta de maracuyá en la industria se ha enfocado principalmente hacia la producción de jugo natural o concentrado, el cual es muy apetecido por su sabor y aroma característico. La orientación del uso de la pulpa de maracuyá deja como residuos grandes cantidades de cáscara en la industria. Debido a que el jugo en la fruta representa un 30% - 40%, mientras la cáscara se presenta en 50-60%, y las semillas 10-15%.

El uso común de estos residuos es como alimento para ganado o abono orgánico, debido a que poseen interesantes características nutricionales aprovechables. Estudios realizados en las cáscaras de la maracuyá han determinado que poseen cantidades considerables de carbohidratos y fibra, y es una buena fuente de proteína, pectina y minerales.

La pectina, la cual se obtiene generalmente de frutos cítricos como la maracuyá, tiene como destino principal su uso en la fabricación de jaleas y mermeladas, en los cuales se produce la formación del gel adicionando azúcar y ácido.

También es usada en postres lácteos, leches bebibles y demás aplicaciones. Debido a que el desecho de cáscara de los cítricos es una fuente rica de pectina, que contiene aproximadamente del 20 al 25% de la misma en base seca, esta tesis ha tenido como objetivo el aprovechamiento de los residuos provenientes de las industrias que procesan maracuyá, mediante lo cual se obtuvo pectina con propiedades tecnológicas similares a las existentes en el mercado.

La tesis que precede a este estudio fue presentada en la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, como paso previo, la cual permite obtener una pectina líquida, cuyo perfil de hidrólisis tiene diferencias con un proceso de pectina en polvo.

Se realizó un estudio preliminar de las diferentes variables influyentes en la calidad final de la pectina, tales como: temperatura y tiempo de hidrólisis, el tipo y concentración de ácido a utilizar. Teniendo en cuenta el efecto del proceso de secado sobre las características finales de la pectina, se buscó determinar el tipo de hidrólisis que se combina adecuadamente con un proceso de secado típico de pectina.

Las características finales de la pectina fueron estudiadas en las variables de respuestas tales como el ácido poligalacturónico, el porcentaje de esterificación y su poder gelificarte o grados SAG.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN...……………………………………………………..……………..... II

ÍNDICE GENERAL………………...……...……………………………………… IV

ABREVIATURAS…....……………………...……………………………….. VI

SIMBOLOGÍA…………………....………………………………………… VII

ÍNDICE DE FIGURAS………………………………….……………......... VIII

ÍNDICE DE TABLAS…………………..……………………………………… IX

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES………………………………………………… ………1

1.1 Pectina…………………………………..……………….............. 1

1.1.1 Tipos de Pectina………….…………..…………………........... 7

1.1.2 Propiedades de las Pectinas………..…………................. 12

1.1.3 Procesos ,e Obtención de Pectina…………..………….. 15

1.1.4 Aplicaciones…....……………..……………………………...13

1.2 Maracuyá (Passiflora Eludís)……………………………............. 21

1.2.1 Generalidades…….……………….……………….................22

1.2.1.1.1 Producción Local…........………….……………….……….25

1.2.1.1.2 Composición de la Maracuyá…….……………... .29

1.2.1.1.3 Identificación Del Grado De Maduración............. 34
1.2.2 Industrialización……..……………….……………………… 36

CAPÌTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS……………........…………………………… 37
2.1. Diseño Del Experimento…………………..…………………….......... 37
2.1.1. Determinación De Variables Y Niveles……...……….............38
2.1.2. Determinación De Corridas Experimentales……................. 42
2.2. Pruebas Físicas Y Químicas…………………………….............. 43

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS……………………..……………………52
3.1. Influencia De Las Variables En Los Resultados……..……………. 52
3.2. Caracterización De La Pectina…………………..………..…......... 55

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……………………….........37

5. APÉNDICES

6. BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

°C	Grados Centígrados
Cp.	Centipoise
Fig.	Figura
PH	Potencial de hidrógeno
Tm/ Ha	Toneladas por hectárea
G	Gramos
Kcal	Kilocalorías
USD	Moneda Norteamericana. Dólares
Mg	Miligramos
Ac.	Ácido
M/s	Metros por segundo
Ml	Mililitros
V1	Volumen consumido en la primera titulación
V2	Volumen consumido en la segunda titulación
W1	Peso inicial
W2	Peso final
Ap.	Apéndice

SIMBOLOGÍA

°	Grados
A	Enlace alfa
%	Porcentaje
*	En las tablas estadísticas indica diferencia significativa
COOCH3	Ester metílico
OH	Oxidrilo o Hidroxilo
Na(OH)	Hidróxido de Sodio
HCl	Ácido Clorhídrico
N	Normalidad

ÍNDICE DE FIGURAS

Pag.

Figura 1.1 Pectina en polvo obtenida a partir de diferentes frutos…………1
Figura 1.2 Cadena de ácidos galacturónicos…………………..…..……..….5
Figura 1.3 Cadena de ácidos galacturónicos esterificada…………….……6
Figura 1.4 Estructura de una pectina de alto metóxilo……….……..…….9
Figura 1.5 Estructura de una pectina de baja metoxilación……………..…..10
Figura 1.14 Morfología de la maracuyá……..……………………..…..…...23
Figura 1.15 Países de destino del maracuyá ecuatoriano…………….……..28
Figura 1.16 Estados de maduración de la maracuyá………...…………... 35
Figura 2.1 Disolución de la pectina, previo a los análisis……….……...... 44
Figura 2.2 Pectina secada y pesada para análisis del grado de Esterificación…………………………………………….…………48
Figura 2.3 Pectina con hidróxido de Sodio 0.1N…….………………..……… 49
Figura 2.4 Primera titulación…..…………………………………….…………49
Figura 2.5 Adición de Ácido clorhídrico…………….……………………..……50
Figura 2.6 Cambio de color en la segunda titulación……...………….………51

ÍNDICE DE TABLAS

Pag.

Tabla 1 Composición Nutricional de la cáscara seca de maracuyá…..... 24

Tabla 2 Zonas productoras de maracuyá en el Ecuador……….……….27

Tabla 3 Valor nutricional de la maracuyá…………………….…………… 30

Tabla 4 Carbohidratos presentes en la maracuyá………….….………31

Tabla 5 Ácidos orgánicos presentes en la maracuyá……………………32

Tabla 6 Minerales presentes en la maracuyá..…………………….………32

Tabla 7 Vitaminas presentes en la maracuyá…..……………….……...33

Tabla 8 Ácidos para hidrólisis………………………………………........ 40

Tabla 9 Temperaturas de hidrólisis……..…………………………………..41

Tabla 10 Tiempos de hidrólisis……..……………………………………….42

Tabla 11 Parámetros de secado de la pectina……..…………………..... 43

Tabla 12 Tabla ANOVA……………………..……..…………….……......... 53

Tabla 13 Características de la pectina………………………….……………58

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES.

1.1. Pectina.

La pectina, presente en ciertos frutos y vegetales, se ha establecido industrialmente como un polisacárido con notable poder gelificarte, utilizado en una amplia gama de productos alimenticios, desde mermeladas hasta productos lácteos. Se observan los diferentes tipos de pectinas obtenidas de frutos en la Figura 1.1.

FIGURA 1.1 PECTINA EN POLVO OBTENIDA A PARTIR DE DIFERENTES FRUTOS

Este heteropolisacárido se encuentra como constituyente mayoritario de la lámina intermedia de los tejidos de las plantas y en la pared celular primaria de las mismas. Incluyen una parte importante del material estructural de los tejidos blandos, como el parénquima de las frutas tiernas y de los tubérculos carnosos. En las zonas antes mencionadas de frutos y vegetales se encuentra la pectina como un material insoluble en agua, en éste estado natural se la denomina protopectina.

En los tejidos jóvenes se encuentra en cantidades abundantes, principalmente en las paredes celulares y los espacios intercelulares de los tejidos vegetales formando canales anchos, apartando entre sí a las células, siendo capaz de retener gran cantidad de agua y participar en la transferencia de agua en las plantas.

Para determinar el proceso de extracción de la pectina en la maracuyá es importante tener en cuenta que esta sustancia se encuentra presente en el fruto bajo cuatro formas distintas según su solubilidad y composición, las cuales se detallan a continuación:

Pectina disuelta en los jugos vegetales

Está acumulada en los jugos de las bayas especialmente y es de gran tendencia a la formación de geles.

Pectina fácilmente soluble en agua caliente

Se obtiene de la carne de los frutos que han sido privados de su jugo, o de otras partes de las plantas prensadas o hervidas con alcohol, por una corta ebullición en agua o por un calentamiento de mayor duración con agua a 80 - 90 °C y precipitados de estos extractos por medio de alcohol etílico de 95°.

Su composición es variable, parcialmente descompuesta por fermentación y con gran tendencia a la formación de geles. Una vez aislada es reversiblemente soluble en agua fría.

Pectina genuina estable de las laminillas centrales

Se encuentra bajo una forma completamente insoluble en agua fría, sustancia fundamental que constituye el esqueleto de los frutos carnosos y de las raíces, así como de las partes verdes de las hojas y los tallos. Consiste probablemente del carbón con sales de ácido pectínico. Se disuelve lentamente por ebullición con agua durante largo tiempo y más rápidamente bajo presión, y en este caso resulta por desdoblamiento hidrólico una forma química modificada, la hidrapectina. Una vez conseguido el extracto se puede precipitar en su mayor parte con etanol de 95°.

Combinaciones intercelulares de pectina y lignina

Se trata aquí de formas de transición de la pectina a la lignina que se encuentra en la parte leñosa de los tallos ([1]). En la hidrólisis con ácidos, dan los productos de desdoblamiento de la pectina normal, pero en otras proporciones y entre ellos, dan siempre una sustancia que en sus propiedades y reacciones es muy parecida a la lignina.

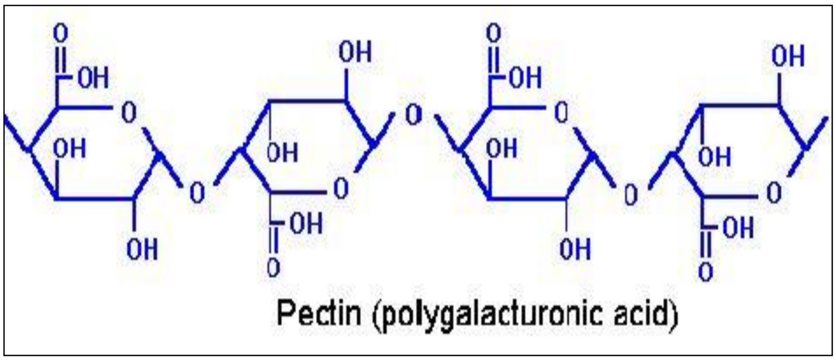
La pectina posee un amplio espectro de uso, desde la industria farmacéutica hasta la alimentaria. Pero generalmente la pectina es utilizada en la industria alimentaria brindando consistencia en ciertos alimentos cuya característica es viscosa.

Como se ha mencionado, la mayor parte de las frutas contienen pectina, pero no en la cantidad suficiente para formar un gel, por lo que ciertas cantidades de pectina se añaden para mejorar la calidad de ciertos productos alimenticios, como en las mermeladas, brindándole la consistencia deseada. Cuando la pectina es calentada junto con el azúcar se forma una red, que se endurecerá durante el enfriado.

---

[1] Ehrlich por la acción enzimática y procesos químicos, la pectina se convierte en lignina

La pectina es un éster metilado del ácido poligalacturónico, y consiste de cadenas de 300 a 1000 unidades de ácido galacturónico conectadas por enlaces 1α→4, como se observa en la Figura 1.2.


O
OH
O
OH
OH
O
OH
O
OH
O
OH
O
OH
O
OH
OH
O
OH
O
OH
O
OH
O
Pectin (polygalacturonic acid)

. FIGURA 1.2.- CADENA DE ÁCIDOS GALACTURÓNICOS (PECTINA)

Estas cadenas de ácido galacturónico se suelen encontrar esterificadas, conteniendo grandes cantidades de metil ésteres.

El grado de esterificación afecta las propiedades gelificantes de la pectina, es decir, su capacidad de producir geles en condiciones normales con azúcar y ácido. Se puede visualizar una cadena de ácidos galacturónicos esterificada tal como se muestra a continuación en la Figura 1.3.

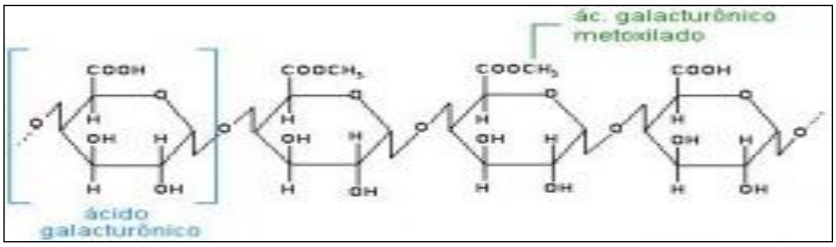


FIGURA 1.3.- CADENA DE ÁCIDOS GALACTURÓNICOS ESTERIFICADA.

Las características finales de la pectina dependen del vegetal o fruto del que este siendo extraída y las condiciones de este, como también dependerá de los métodos utilizados para la extracción y transformación.

La aplicación de este gelificante es extensa, por lo que las industrias encuentran cada vez mayor interés en la extracción de la misma, debido a que la utilización de la pectina en un producto específico se determinará según la calidad de la misma.

1.1. 1. Tipos de Pectina

Las pectinas están formadas fundamentalmente por largas cadenas formadas por unidades de ácido galacturónico, que puede encontrarse como tal ácido, con el grupo carboxilo libre, o bien o con el carboxilo esterificado por metanol (metoxilado). En las frutas, la mayoría de los grupos ácidos del ácido galacturónico están esterificados por metanol. Este metanol puede perderse con relativa facilidad por hidrólisis ácida o enzimática, dejando el grupo ácido libre.

En función del porcentaje de restos de ácido galacturónico esterificado, las pectinas se clasifican como "de alto metóxilo", cuando este porcentaje es superior al 50%, y "de bajo metóxilo", cuando es inferior.

Pectinas de alto metóxilo

La primera condición para obtener geles de pectina de alto metóxilo es que el pH sea bajo para que los grupos ácidos, minoritarios, se encuentren fundamentalmente en forma no ionizada, y no existan repulsiones entre cargas. A pH 3,5, aproximadamente la mitad de los grupos carboxilo del ácido galacturónico se encuentran ionizados, pero por debajo de pH 2 el porcentaje es ya muy pequeño.

Las cadenas de pectinas de alto metóxilo pueden entonces unirse a través de interacciones hidrofóbicas de los grupos metóxilo o mediante puentes de hidrógeno, incluidos los de los grupos ácidos no ionizados, siempre que exista un material muy hidrófilo (azúcar) que retire el agua. En consecuencia, las pectinas de alto metóxilo formarán geles a pH entre 1 y 3,5, con contenidos de azúcar entre el 55% como mínimo y el 85%. Estas disoluciones de pectina también son estables a temperaturas elevadas; por el contrario sufren una rápida degradación en medio alcalina.

En este grupo de pectinas de alto metóxilo el tiempo de gelificación de la pectina depende del porcentaje de esterificación.

Si el porcentaje es de 60 a 67 la gelificación será lenta, para valores de 68 a 70 la gelificación es mediana y para obtener una gelificación rápida sería necesario que la pectina tuviera un porcentaje de esterificación de 71 a 76.

Además, las pectinas con un grado de esterificación mayor forman geles que son irreversibles térmicamente, mientras que los geles formados por pectinas de grado de esterificación menor son reversibles. Se puede observar un ejemplo de la estructura de una pectina de alto metóxilo en la Figura 1.4.

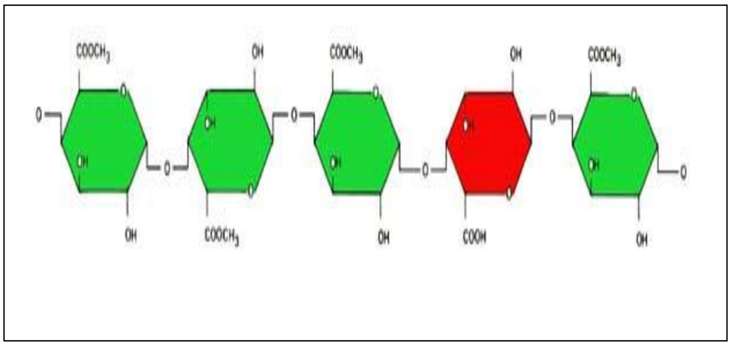


FIGURA 1.4.- ESTRUCTURA DE UNA PECTINA DE ALTO METÓXILO.

Las enzimas pectolíticas degradan las soluciones de pectina. Según el tipo de enzima se producirá una reacción diferente que afectará el grado de esterificación o su peso molecular y con esto su poder gelificante. Este tipo de daño lo sufren más intensamente las pectinas de alto metóxilo.

Estas pectinas encuentran su mayor empleo en la preparación de mermeladas cuando las frutas con las cuales se preparan a nivel industrial poseen un bajo contenido en pectinas.

Pectinas de bajo Metóxilo

Al contrario de las pectinas de alto metóxilo las pectinas de bajo metóxilo (LM) forman geles termo reversibles por interacción con el calcio presente en el medio; el pH y la concentración de sólidos son factores secundarios que influyen en la velocidad y la temperatura de gelificación y además en la textura final del gel. El ejemplo de estructura para una pectina de bajo metóxilo la podemos apreciar en la Figura 1.5.

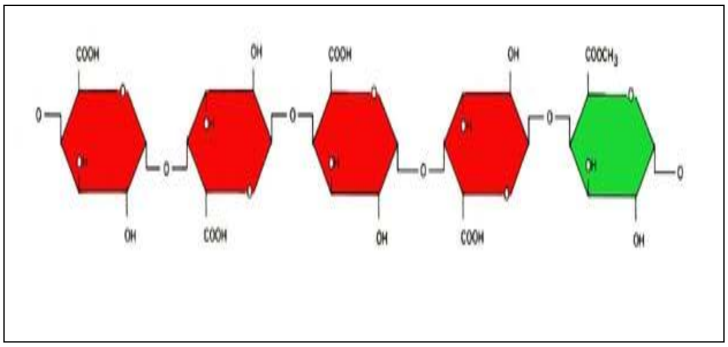


FIGURA 1.5.- ESTRUCTURA DE UNA PECTINA DE BAJA METOXILACIÓN.

En efecto estas pectinas tienen la propiedad de formar gel cuyo soporte está constituido por una estructura reticular de pectinatos de calcio, mientras su contenido de sólidos solubles puede bajar hasta 2%, y el valor de pH acercarse a la neutralidad. Por esto, para la gelificación, la sola presencia de la pectina y de las sales de calcio es necesaria y suficiente.

A pesar de que la presencia de azúcar reduce mucho la cantidad de calcio necesaria. Consecuentemente, a menor cantidad de azúcar presente en el producto, es necesario utilizar pectinas de metóxilo menor para obtener la misma consistencia. Estas pectinas también tienen un amplio rango de temperaturas para la gelificación el cual oscila entre 38 y 100 ºC.

Pectinas amidadas

El proceso químico de obtención de una pectina amidada se da cuando en algunos de los grupos carboxilos de ciertas pectinas se forman amidas con amoniaco. Como ventaja de estas pectinas se observa una mayor tolerancia frente a concentraciones de iones de calcio, formando geles en presencia del mismo. A mayor grado de amidación, la temperatura de formación de geles es también mayor.

1.1. 2. Propiedades de las Pectinas

Las pectinas son hidrocoloides que en solución acuosa presentan propiedades espesantes, estabilizantes y sobre todo gelificantes. Son insolubles en alcoholes y disolventes orgánicos corrientes y parcialmente solubles en jarabes ricos en azúcares.

SOLUBILIDAD

La solubilidad varía en función de las condiciones, los enlaces metílicos provocan una separación entre las cadenas de polipéptidos lo que las hace más solubles. Cuanto mayor sea el grado de esterificación, mayor será la solubilidad. La solubilidad de una pectina en agua es de 2-3%.

En esta solución se observan fácilmente grumos viscosos por fuera y secos por dentro, debido a lo cual es necesario mezclar previamente con azúcar, sales amortiguadoras o humedecer con alcohol antes de añadir el agua.

Pueden ser insolubles en presencia de calcio o de otros cationes bivalentes por la formación de pectatos cálcicos que van a precipitar.

VISCOSIDAD

La viscosidad de una solución de pectina en agua depende de diferentes factores, tales como: peso molecular, grado de esterificación, pH y concentración electrolítica de la solución. Las soluciones de pectina completamente esterificadas no cambian apreciablemente su viscosidad al variar el pH, pero al disminuir el grado de esterificación la pectina dependerá notablemente del pH. Los ácidos pépticos y pectinas son insolubles en agua.

PH

El pH de las soluciones de pectina varía de 2.8 a 3.4 como función del grado de esterificación.

Las pectinas y sus soluciones se degradan con el tiempo desestirificándose, perdiendo así las propiedades gelificantes específicas. En condiciones apropiadas de empaque, las pectinas pierden un 5% aproximadamente de su poder gelificante en un año. La pectina muestra máxima estabilidad en condiciones de almacenamiento a pH de 3.5 y temperatura de 15° C.

En las pectinas de alto metóxilo se producen zonas de unión en la molécula por interacciones hidrofóbicas entre los ésteres metílicos de la zona lisa. Para que el gel sea estable se da además la formación de Puentes de hidrógeno. Las zonas rugosas serán importantes para que no precipite la pectina por alargamiento de las zonas de unión. Para la gelificación de las pectinas de alto metoxilo es necesario un pH inferior a 3,5. Para que los grupos ácidos se encuentren no disociados y puedan formar puentes de hidrógeno. Además es necesaria una concentración de sólidos solubles mayor al 60% para que se favorezcan las interacciones hidrofóbicas. La mermelada es un ejemplo claro de todo esto, es ácida, tiene alta concentración de azúcares, y por ello está en estado gel. Para elaborar estos geles, se solubiliza con calentamiento y al enfriar se gelifica.

El poder gelificante de un ácido pectínico depende de su tamaño molecular, pero esta relación no se conoce muy bien.

No hay mucha concordancia entre los pesos moleculares obtenidos por distintos métodos ni tampoco es muy satisfactoria su relación con el comportamiento coloidal. Sin embargo, en determinaciones con el mismo método y muestras del mismo origen, existe correlación entre el intervalo de pesos moleculares y la viscosidad de las soluciones de pectina, así como la capacidad de la formación de geles.

No existe relación alguna entre el contenido de metoxilo y la potencia gelificante de una pectina, por lo que se puede tener dos preparaciones de pectina de idéntica composición química, y de diferente peso molecular cada una presentarían distintas capacidades de formación de geles.

1.1. 3. Procesos de Obtención de Pectina

Existen varios métodos de extracción de pectina mencionados en la literatura, cuyo objetivo común es realizar una hidrólisis ácida al fruto del que se vaya a extraer la pectina.

Este proceso, consiste básicamente en someter las cáscaras de maracuyá a elevadas temperaturas en medio ácido, con lo cual se logra la separación de una pectina soluble en agua luego de inactivar la pectino-esterasa y poligalacturonasa, enzimas presentes en la maracuyá que desesterifican y depolimerizan las cadenas de ácido poligalacturónico, llevándolas a fracciones más cortas del ácido galacturónico.

El proceso para obtener pectina empieza desde la selección de la fruta, una vez determinado el grado de madurez adecuado es necesario que toda la materia prima tenga el mismo grado.

Luego de seleccionar la fruta se procede a lavarlas y cortar en mitades, de esta manera se separa la pulpa de las cáscaras, las cuales serán cortadas en pequeños trozos que se escaldarán por una hora a 60° C para inactivar enzimas, como la antes mencionada pectino-esterasa, la cual es catalizadora de reacciones de desmetoxilación, formando pectinas de menor metóxilo. (Ver en Anexos, figura 1.6.- Inactivación enzimática a 60°C)

Una vez inactivada las enzimas pectinolíticas se realiza la hidrólisis añadiendo una solución acidulada a las cáscaras de maracuyá, esta mezcla se calentará por determinados minutos, (Ver Anexos, figura 1.7.- Hidrólisis ácida)

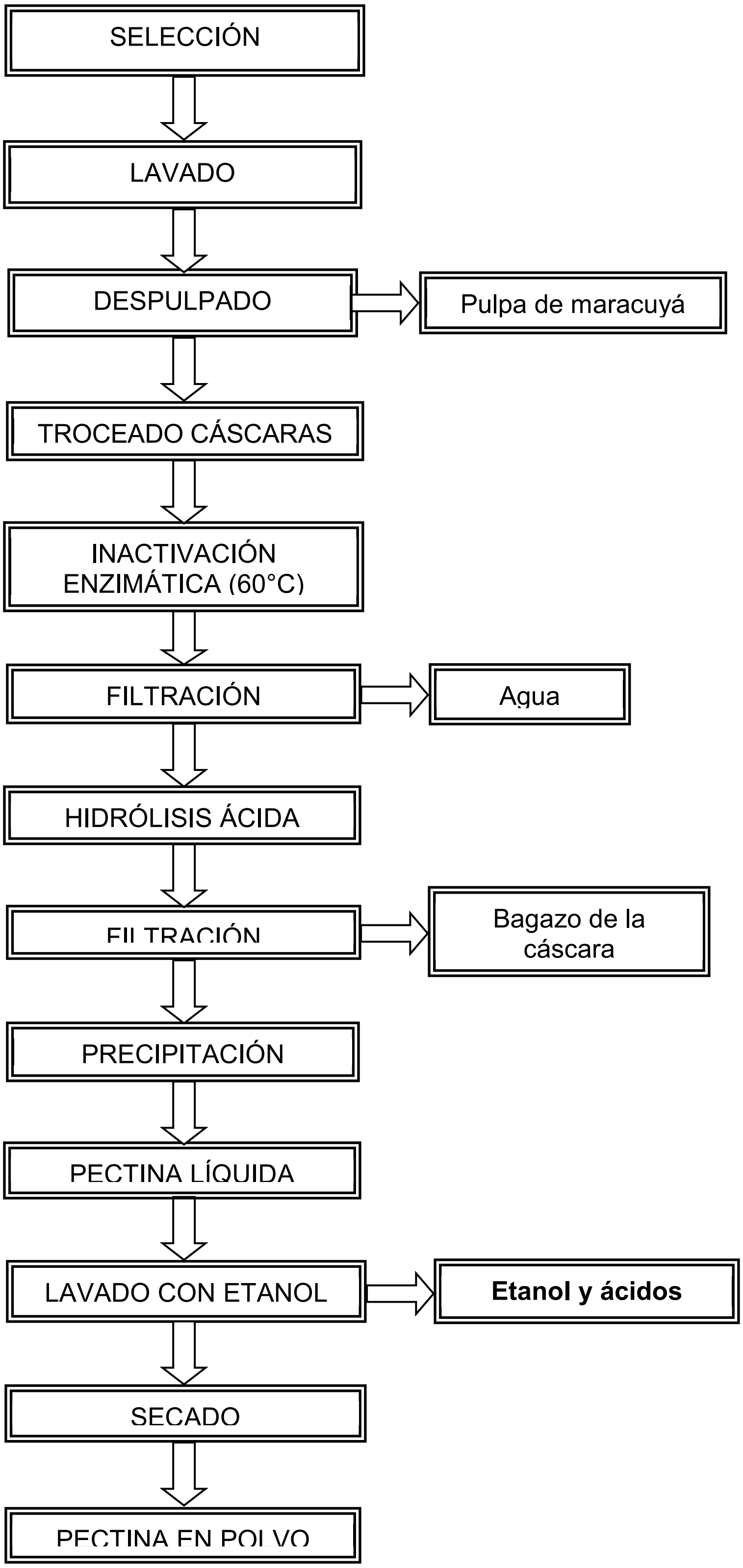
Las cáscaras hidrolizadas se utilizan inmediatamente o son almacenadas para su posterior uso. (Ver Anexos, figura 1.8.- Cáscaras hidrolizadas)

Al concluir el tiempo de la hidrólisis ácida se separa el líquido del bagazo de la cáscara mediante la utilización de un filtro. (Ver Anexos, figura 1.9.- Separación del albedo)
El líquido extraído se precipita posteriormente con etanol de 95 grados a temperatura ambiente. Mediante la utilización de filtros se separa el precipitado del líquido (etanol). En la figura 1.10 se observa pectina en la superficie del filtro. (Ver Anexos, figura 10.- Precipitación de la pectina con etanol de 95 grados)

Este precipitado deberá ser lavado sucesivamente con alcohol de 60 grados, para eliminar residuos de ácido, utilizando la misma estructura física que se utilizó para precipitar la pectina. (Ver Anexos, figura1.11.- Eliminación de ácidos con etanol de 60 grados)

El secado del precipitado se realizará a 65°C, evitando así una caramelización indeseada, además de que la calidad de la pectina se deteriora a temperaturas mayores a 75°C, por lo que es recomendable trabajar con temperaturas de 50 a 70° C. En la Figura 1.12 (Ver Anexos, figura 12.- Pectina en polvo obtenida en laboratorio) se puede apreciar las diferentes pectinas en polvo obtenidas de este proceso, cuya apariencia es distinta a las pectinas existentes en el mercado, como se aprecia en la Figura 1.13, (Ver Anexos, figura 1.13.- Pectina en polvo comercial) las cuales han sido previamente clarificadas.

En el diagrama de flujo que se presenta a continuación se observa el proceso de obtención de pectina de maracuyá, antes mencionado


SELECCIÓN
LAVADO
DESPULPADO
Pulpa de maracuyá
TROCEADO CÁSCARAS
INACTIVACIÓN ENZIMÁTICA (60°C)
FILTRACIÓN
Agua
HIDRÓLISIS ÁCIDA
FILTRACIÓN
Bagazo de la cáscara
PRECIPITACIÓN
PECTINA LÍQUIDA
LAVADO CON ETANOL
Etanol y ácidos
SECADO
PECTINA EN POLVO

1.1. 4. Aplicaciones

El uso principal de las pectinas es para la fabricación de jaleas y conservas de frutas, algunas industrias adquieren pectinas en el comercio, y otras la fabrican como un subproducto para uso interno, partiendo de sus desperdicios (cáscaras y semillas).

Su uso no es exclusivo en la preparación de geles, mermeladas o jaleas, también es utilizada como estabilizante en una amplia gama de alimentos cuya viscosidad es elevada, se la emplea también para la preparación de pastas y cremas gelificadas, como dispersante y en general para reducir la presencia de azúcar.

Las pectinas de bajo metóxilo y sus sales (pectinatos) son utilizadas en la industria alimentaria para la preparación de pudines de leche, geles de jugos de fruta o mezclas de frutas, geles para rellenos de pastelería, mermeladas para bizcochería y mermeladas con contenido de sólidos inferiores al 55%.

Las pectinas son geles que encuentran interesantes aplicaciones no solo en la industria alimentaria, sino también en la farmacéutica y cosmética, ya que puede ser utilizada como emulgente para la preparación de ungüentos, polvos, tabletas y otros medicamentos.

El comercio ofrece pectinas tanto en estado sólido como en estado líquido. Resulta más conveniente utilizar pectina en polvo que líquida, debido a que su actividad permanece inalterada durante el almacenamiento a temperatura ambiente, en cambio la pectina líquida sufre degradación perdiendo actividad con el almacenamiento y necesitan la presencia de un conservador para evitar la fermentación.

Se han encontrado posibles sustitutos para la pectina, entre los que se indica: Agar-agar, carragenina, goma de zapote, gelatinas sin sabor y almidón modificado.

1.2. Maracuyá (Passiflora Edulís).

Passiflora Eludís, nombre científico de esta exótica fruta, pertenece a la familia de las Pasifloráceas; son originarias de centro y sur

América. Su mayor uso es para bebidas refrescantes, helados y mermeladas. Los tipos más conocidos son la amarilla, la morada y también la granadilla que se come como fruto fresco.

1.2.1. Generalidades

La maracuyá es una fruta redonda, de piel que se arruga cuando la fruta está madura, la pulpa, que contiene pequeñas semillas negras comestibles, es de color amarillo mostaza con un intenso sabor aromático.

En la morfología de la maracuyá se encuentran las siguientes partes que componen su estructura: El exocarpio, que es la cáscara o corteza del fruto, que tiene una apariencia lisa y está recubierto de cera natural que le da brillo y el color varía desde el verde a amarillo canario cuando está maduro. La siguiente capa es el Mesocarpio que es la parte blanda porosa y blanca formada principalmente por pectina, tiene un grosor aproximadamente de 6 mm y por último la placenta que es una especie de bolsa compuesta de funículos que sostienen los arilos, éstos son los que contienen el jugo y envuelven a las semillas. Su morfología para mayor comprensión se observa en la Figura 1.14.

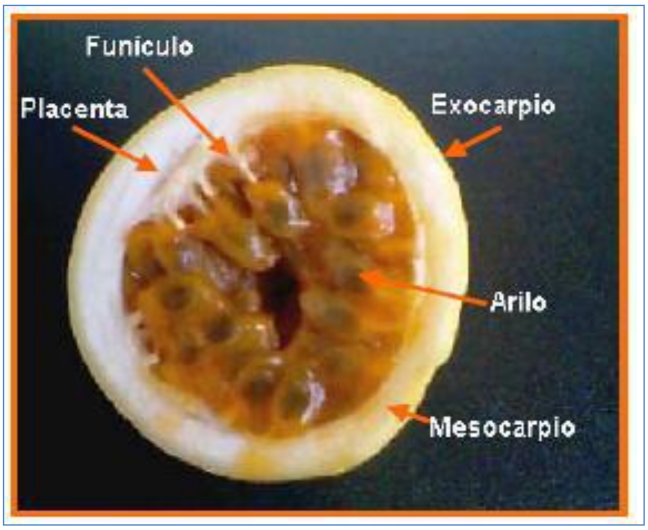


FIGURA 1.14.- MORFOLOGÍA DE LA MARACUYÁ

El principal uso que se le da a la maracuyá es la elaboración del jugo y su concentrado, los cuales se extraen de la pulpa mediante procesos tecnológicos adecuados.

Su color es amarillo-oro, principalmente a causa de la presencia de pigmentos como el caroteno xantofila esterificada y compuestos no saponificables.

Se caracteriza por poseer alta acidez, debido al elevado porcentaje de ácido cítrico, ácido tartárico en menor cantidad y ausencia de ácido oxálico. Además de los productos anteriormente mencionados se puede obtener algunos subproductos a partir de la cáscara y de las semillas.

La composición de las cáscaras muestra que tiene entre un 17 y un 20% de materia seca, alta en carbohidratos y fibra, baja en materiales solubles y es una buena fuente de proteína, pectina y minerales, como se lo muestra en la Tabla 1, por lo cual puede ser utilizada en la alimentación del ganado vacuno, también en las dietas de cerdo de engorde y crecimiento.

TABLA 1
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA CÁSCARA SECA DE MARACUYÁ

Humedad	16.80%
Proteína Cruda	4.58%
Extracto Etéreo	0.33%
Cenizas Totales	6.76%
Fibra Cruda	25.66%
Extracto Libre de N.	45.87%
TOTAL	**100.00%**

Fuente: Universidad Agraria Del Ecuador, Ing. Mauro Mueckay; 2006

Mientras tanto, las semillas, las cuales constituyen del 7 al 12% del peso del fruto y contiene un 20% de lípidos, pueden ser utilizadas como fuente de grasas comestibles o para uso industrial en la fabricación de barnices y pinturas.

Finalmente de los tallos, hojas y plantas se puede extraer la pasiflorita, que es un producto medicinal utilizado ampliamente en el Brasil por sus cualidades sedantes derivadas de la presencia de alcaloides.

1.2.1.1.1 Producción Local

En Ecuador este cultivo se introdujo comercialmente en los años 70 y en los últimos quince años se han instalado varias fábricas de extracción de pulpa de maracuyá, sin embargo por ser un cultivo relativamente fácil, su precio es muy vulnerable y tiene variaciones extremas que eventualmente crean serias dificultades a los productores. Sin embargo Ecuador posee ventajas comparativas para la producción del Maracuyá, al ser privilegiado por el clima tropical, que permite que exista una cosecha ininterrumpida durante todo el año, convirtiéndose así en uno de los más grandes productores mundiales de esta fruta.

Según el Censo Nacional Agropecuario, la provincia donde se concentra el mayor hectareaje y producción de maracuyá es Los Ríos, seguida de Manabí, Guayas y Esmeraldas.

La provincia de Los Ríos rinde alrededor de 11 toneladas por hectárea (Tm/Ha), con una gran diferencia respecto a las demás provincias que oscilan entre 3.76, 3.98 y 6.12 (Tm. / Ha).

Estos datos se observan con claridad en la Tabla 2.

TABLA 2
ZONAS PRODUCTORAS DE MARACUYÁ EN EL ECUADOR

Provincias	Superficie (ha)	Producción (TM)	Rendimiento (Tm/Ha)
Nacional	**26,909**	**246,318**	
Los Ríos	18,605	204,013	11.00
Manabí	4,481	27,407	6.12
Guayas	2,309	9,200	3.98
Esmeraldas	1,514	5,698	3.76

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario

La maracuyá es cada vez más apetecida en el mercado mundial por su exquisito sabor y la adecuada acidez de la fruta, más del 90% del concentrado de Maracuyá (Passion fruit) importado por el mundo es Ecuatoriano.

Adicionalmente, aunque en menor proporción, se exporta la fruta fresca, las semillas e incluso el aroma del Maracuyá ecuatoriano para fabricar comidas de bebé, y cosméticos.

Los bajos costos de producción del Ecuador sacaron de la competencia a Brasil y Colombia, por cuanto los precios internacionales de la fruta no son óptimos como para invertir grandes sumas de dinero.

En el período 1995-2004, la maracuyá registró exportaciones promedio por 260 millones de dólares por todo el período, al mundo: Holanda (70%), Estados Unidos (17%), Brasil (4%), Otros países el 3%.
Véase figura 1.15.

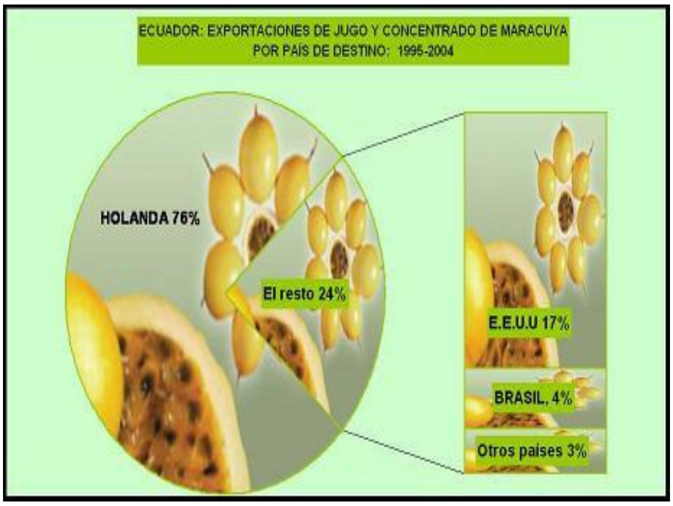


FIGURA 1.15 PAÍSES DE DESTINO DEL MARACUYÁ ECUATORIANO.

Para el año 2009 y mediados del 2010 las exportaciones a nivel mundial de maracuyá ha crecido en un 100%. Durante los seis primeros meses del año anterior, se exportaron US15.5 millones a un precio promedio de US 3.97 el kilo de la fruta.

En el Ecuador existen 6 plantas procesadoras de concentrado de maracuyá, las mismas que están dotadas de alta tecnología para cumplir con las exigencias del mercado externo.

Su principal ventaja competitiva radica en ofrecer un producto a precios accesibles y con alto nivel de calidad.

1.2.1.1.2 Composición de la Maracuyá

La maracuyá está compuesta de 50 a 60 % de cáscara, de 30 a 40% de jugo y de 10 a 15% de semilla.

Esta fruta es rica en ácido ascórbico y posee un alto contenido de carotenoides, esenciales para el metabolismo, crecimiento y para el buen funcionamiento del organismo.

Además es una fuente de proteínas, carbohidratos, minerales y grasas, como lo muestra la Tabla 3.

TABLA 3
VALOR NUTRICIONAL DE LA MARACUYA

Nutriente	Cantidad	Nutriente	Cantidad
Grasas saturadas	0,10 g.	Grasas mono insaturadas	0,10 g.
Agua	86,20 g.	Grasas poli insaturadas	0,10 g.
Calorías	54 Kcal.	Grasa	0,40 g.
Carbohidratos	9,54 g.	Proteínas	2,38 g.
Fibra insoluble	0,78 g.	Fibra	1,45 g.
Fibra soluble	0,72 g.	-	-

Fuente: http://alimentos.org.es/nutrientes-maracuya

Esta fruta tiene un valor energético de 78 calorías, compuestas por: carbono, fósforo, hierro, vitamina A, Vitamina B2, Vitamina C.

La tabla 4 indica las cantidades correspondientes de los distintos carbohidratos existentes en la maracuyá.

Los minerales, vitaminas y ácidos contenidos en la passiflora edúlis se encuentran en las tablas 5, 6 y 7:

TABLA 4
CARBOHIDRATOS PRESENTES EN LA MARACUYÁ

CARBOHIDRATOS			
Nutriente	**Cantidad**	**Nutriente**	**Cantidad**
Azúcar	9,54 g.	**Lactosa**	0 g.
Fructosa	2,81 g.	**Maltosa**	0 g.
Glucosa	3,64 g.	**Sacarosa**	3,09 g.

Fuente: http://alimentos.org.es/nutrientes-maracuya

TABLA 5
ÁCIDOS ORGÁNICOS PRESENTES EN LA MARACUYÁ

ÁCIDOS ORGÁNICOS			
Nutriente	**Cantidad**	**Nutriente**	**Cantidad**
Ácido Cítrico	3,25 g.z	**Ácidos orgánicos disponibles**	3,90 g.
Ácido málico	0,65 g.	-	-

Fuente: http://alimentos.org.es/nutrientes-maracuya

TABLA 6
MINERALES PRESENTES EN LA MARACUYÁ

MINERALES			
Nutriente	**Cantidad**	**Nutriente**	**Cantidad**
Aluminio	0 ug.	**Fósforo**	57 mg.
Azufre	0 mg.	**Hierro**	1,30 mg.
Calcio	17 mg.	**Magnesio**	29 mg.
Zinc	0,65 mg.	**Manganeso**	0,46 mg.
Cobalto	0 ug.	**Potasio**	267 mg.
Cobre	0,16 mg.	**Selenio**	0,20 ug.
Cromo	0 ug.	**Sodio**	19 mg.

Fuente: http://alimentos.org.es/nutrientes-maracuya

TABLA 7
VITAMINAS PRESENTES EN LA MARACUYÁ

VITAMINAS			
Nutriente	**Cantidad**	**Nutriente**	**Cantidad**
Alfa carotene	70 ug.	**Vitamina A**	108,83 ug.
Beta caroteno	631 ug.	**Vitamina B1**	0,02 mg.
Beta criptoxantina	44 ug.	**Vitamina B2**	0,10 mg.
Betacaroteno	596 ug.	**Vitamina B3**	1,90 mg.
Caroteno	653 ug.	**Vitamina B9**	29 ug.
Folatos alimentarios	29 ug.	**Vitamina C**	24 mg.
Niacina preformada	1,50 mg.	**Vitamina E**	0,20 mg.
Vitamina K	0,70 ug.	**-**	-

Fuente: http://alimentos.org.es/nutrientes-maracuya

La cantidad de proteínas del maracuyá, es de 2,38 g. por cada 100 gramos. Las proteínas de este alimento pertenecen a la categoría de las frutas frescas, están formadas por aminoácidos como triptófano.

Estos aminoácidos se combinan para formar las proteínas de la maracuyá. La cantidad de calorías de la maracuyá, es de 54 Kcal. por cada 100 gramos. El aporte energético de 100 gramos de maracuyá es aproximadamente un 2% de la cantidad diaria recomendada de calorías que necesita un adulto de mediana edad y de estatura media que realice una actividad física moderada.

1.2.1.1.3 Identificación del Grado de Maduración

La madurez del maracuyá se aprecia visualmente por su color externo. Estudios muestran que el cambio de coloración del fruto se puede emplear como índice práctico de madurez para la cosecha, pues su variación se correlaciona con un cambio en la composición química interna del fruto.

Los cultivadores de maracuyá han implementado otras formas prácticas para identificar la madurez comercial del fruto, como pérdida de firmeza de la corteza del fruto, pérdida de brillo, desprendimiento fácil al presionar el pedúnculo, o el tiempo transcurrido entre la polinización y fruto en punto de cosecha que puede oscilar entre 8 -10 semanas.

Pero la forma comúnmente utilizada para analizar la madurez de la maracuyá es el cambio de color en la cáscara, mientras más intenso sea el tono amarillo de la corteza mayor será su estado de madurez, como se observa en la figura 1.16.

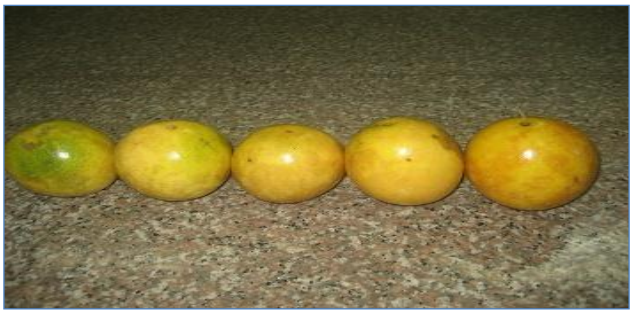


FIGURA 1.16.- ESTADOS DE MADURACIÓN DE LA MARACUYÁ

1.2.2 Industrialización

El jugo de maracuyá puede ser industrializado para la elaboración de cremas, dulces cristalizados, sorbetes, licores, confites, néctares, jaleas, refrescos y concentrados. La cáscara es utilizada en Brasil para preparar raciones alimenticias de ganado bovino, pues es rica en aminoácidos, proteínas, carbohidratos y pectina, este último elemento hace que se pueda usar para darle consistencia a jaleas y gelatinas.

La semilla contiene un 20-25 % de aceite, el cual es de mejor calidad que el de la semilla de algodón con relación al valor alimenticio y a la digestibilidad; además contiene un 10% de proteína.

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Para este experimento se tuvo como referencias varios estudios respecto a este tema, los cuales se pueden observar en la bibliografía de esta tesis.

El proceso de obtención de pectina a partir de cáscara de maracuyá en esta tesis lleva las mismas etapas que se utilizan comúnmente en las industrias para la obtención de pectina a partir de frutos cítricos. En cada una de las referencias bibliográficas, mencionadas con anterioridad, se puede notar que aún no se ha determinado los parámetros exactos para la etapa de hidrólisis ácida dentro del proceso de obtención de pectina, debido a que la materia prima no es la misma o el uso que se le da a estas pectinas es diferente para cada caso. Por lo tanto la calidad necesaria de la pectina final tampoco es igual.

Teniendo en cuenta cada una de estas referencias bibliográficas y los parámetros que se mencionan en cada una, además de aquellos establecidos en la tesis que precede a esta, se define diferentes variables y niveles durante la etapa de hidrólisis ácida que van dentro del rango de los parámetros de los experimentos que ya se han realizado anteriormente de este tema.

2.1.1 Determinación de Variables y Niveles

Dentro los parámetros que varían en la etapa de hidrólisis ácida se encuentran: El tipo de ácido, las concentraciones del ácido, temperatura en la cual se realizará la hidrólisis y el tiempo que dura esta etapa.

Entre los diferentes tipos de ácidos que se han utilizado para obtener pectina se encuentran: sulfúrico, tartárico, cítrico, clorhídrico, nítrico. En esta tesis se utilizó ácido clorhídrico, sulfúrico y cítrico debido a que son los que se utilizan comúnmente para estos fines además existe una mayor disponibilidad de los mismos.

Las diferentes concentraciones de ácido también fueron determinadas en base a la literatura estudiada, de tal manera que el pH sea de 1,5 a 3, que es lo ideal para este tipo de proceso. De tal manera las concentraciones en las que fue utilizado cada ácido inorgánico, sulfúrico y clorhídrico, son 0,5% y 1% respectivamente. Mientras que el ácido cítrico se utilizó a tres concentraciones diferentes 1,2 y 3 %.

La temperatura de hidrólisis que se menciona en la literatura va desde 800 ˚C hasta temperaturas cercanas a 1000 ˚C por lo que en la práctica de este experimento se utilizaron temperaturas de 80, 86, 92, y 980 ˚C.

Así como la temperatura de hidrólisis, el tiempo de esta etapa es muy importante y también existe un rango dentro de los estudios acerca de este tema, revisados para esta finalidad. Este rango que va desde una a dos horas fue utilizado también para esta tesis, con intervalos de 30 minutos. Es decir, los diferentes tiempos a los que se sometió esta etapa fueron: 60, 90 y 120 minutos respectivamente.

Por lo tanto, las variables y niveles durante la etapa de hidrólisis ácida para la obtención de esta pectina quedaron de la siguiente manera:

Los tipos de ácidos y concentraciones utilizadas para la hidrólisis ácida como se observan en la tabla 8:

TABLA 8

ÁCIDOS PARA HIDRÓLISIS

Ac. Clorhídrico 0.5%
Ac. Clorhídrico 1%
Ac. Sulfúrico 0.5%
Ac. Sulfúrico 1%
Ac. Cítrico 1%
Ac. Cítrico 2%
Ac. Cítrico 3%

Elaborado por: Verónica Durán, María Gabriela Honores; 2011

En la tabla 9 se puede observar las temperaturas a las que sometieron las cáscaras de maracuyá durante la etapa de hidrólisis:

TABLA 9

TEMPERATURAS DE HIDRÓLISIS

Grados centígrados
80
86
92
98

Elaborado por: Verónica Durán, María Gabriela Honores; 2011

En la tabla 10 se puede apreciar los diferentes tiempos en la cual se realizó la hidrólisis acida:

TABLA 10

TIEMPOS DE HIDRÓLISIS

Minutos
60
90
120

Elaborado por: Verónica Durán, María Gabriela Honores; 2011

2.1.2. DETERMINACIÓN DE CORRIDAS EXPERIMENTALES

De acuerdo a lo expresado anteriormente las corridas experimentales se encuentran localizadas en Apéndice A.

El proceso de secado fue el mismo para cada uno de los casos, debido a que estudios previos han determinado las condiciones adecuadas para este proceso, por lo cual los parámetros de secado fueron establecidos tal como se indican en la Tabla 11:

TABLA 11

PARÁMETROS DE SECADO DE LA PECTINA

Temperatura de Secado	60 ° C
Tiempo de Secado	60 minutos
Velocidad de aire de Secado	0,5 m/s

Elaborado por: Verónica Durán, María Gabriela Honores; 2011

2.2. Pruebas Físicas Y Químicas

Una vez realizado el proceso de obtención de pectina, con cada una de sus variaciones correspondientes según el diseño experimental antes mencionado, se obtuvo la pectina como un líquido viscoso el cual fue llevado a un secador de cabinas a iguales condiciones para todos los experimentos, lo obtenido se sometió a molienda y como producto final se presentó un polvo de color crema.

El cual para usos posteriores fue disuelto como se observa en la figura 2.1.

FIGURA 2.1.-DISOLUCIÓN DE LA PECTINA, PREVIO A LOS ANÁLISIS.

El polvo obtenido fue sometido a diferentes análisis para determinar el procedimiento adecuado de hidrólisis ácida, mediante el cual se obtenga una pectina de características iguales o similares a las existentes en el mercado, para luego ser comparada con la pectina comercial y el proceso utilizado comúnmente en la industria.

Por lo tanto, los análisis realizados para caracterización de la pectina son los siguientes:

Viscosidad

Para el análisis de la viscosidad del gel formado mediante la utilización de la pectina obtenida, se preparó 500 ml de jarabe de sacarosa a 65 Brix a un pH de 2.5. Esta solución se la llevó al calor para la disolución de los azúcares y se le adiciona 2 gramos de pectina.

Se dejó enfriar para que gelifique; luego, se determinó la viscosidad a la muestra utilizando el viscosímetro rotacional Brookfield; empleando el rotor número 6.

Grado de Esterificación.

El grado de esterificación se define como el porcentaje de grupos carboxílico-urónidos que se encuentran esterificados con metanol, sobre el total urónido contenido en la pectina. Por otra parte se denomina grado de metoxilación (% de metóxilos) a la relación de grupos ácidos galacturónicos metoxilados a totales, en el entendido de que el ácido galacturónico solo está parcialmente esterificado.

Las anteriores definiciones designan exactamente lo mismo, aunque al referirse al grado de esterificación generalmente se da la cifra basada en el contenido de metóxilo sobre el máximo teórico de 16.32%, o bien más comúnmente sobre el máximo obtenible de 14%, aunque muchas veces no se especifica la base; en tanto que el porcentaje de metóxilo ($CH3O$) por peso de pectina dada.

El grado de esterificación o de metoxilación es un parámetro importante en la estimación del comportamiento de una pectina en cuanto a su velocidad de dispersión en soluciones acuosas, tiempo de gelificación del producido con ella, sensibilidad a cationes polivalentes y su capacidad para formar geles normales o de bajo contenido de sólidos. La mayoría de las pectinas de uso comercial son de alto metóxilo, y su contenido varía de 7% a 12% MeO (42.1 a 73% Est. En base a 16.3 MeO). El mayor grado de esterificación obtenible en forma comercial, de fuentes naturales, es de 75%. La determinación de estos grupos funcionales se puede lograr por una hidrólisis básica de los mismos seguida de una titulación del álcali remanente.

El contenido de metóxilo es equivalente al álcali consumido en la hidrólisis[2].

---

[2] Sustancias pécticas: química y aplicaciones – McCready, 1970, Madrid

Una vez establecido el fundamento de este análisis, se determinó el siguiente procedimiento para obtener los porcentajes de esterificación para cada una de las pectinas obtenidas.

Se peso 5 gr. de pectina, luego se adicionó una mezcla de 5 ml. de HCL y 100 ml. de etanol al 60% y se agitan durante 10 minutos (ver Figura 2.2).

La solución se filtra en un filtro de vidrio poroso lavando con 6 porciones de 15 ml. de la mezcla anterior (5 ml HCL y 100 ml. de etanol al 60%), se lava con etanol al 60% hasta que la muestra queda exenta de cloruros, éste se determina mediante el uso de nitrato de plata.

Se lava con 20 ml de etanol y se seca en una estufa a 105ºC durante 2.5 horas. Se enfría y se pesa.

FIGURA 2.2.- PECTINA SECADA Y PESADA PARA ANÁLISIS DE GRADO DE ESTERIFICACIÓN.

Se toma 1/10 del peso neto total, se agrega 2 ml. de alcohol y 100 ml de agua destilada recién hervida y enfriada, se coloca un tapón y se agita hasta solubilizar la pectina.

Ésta se titula con NaOH 0.1N (ver figura 2.3), empleando fenolftaleína como indicador (ver figura 2.4). El valor que se obtiene, se registra como V1.

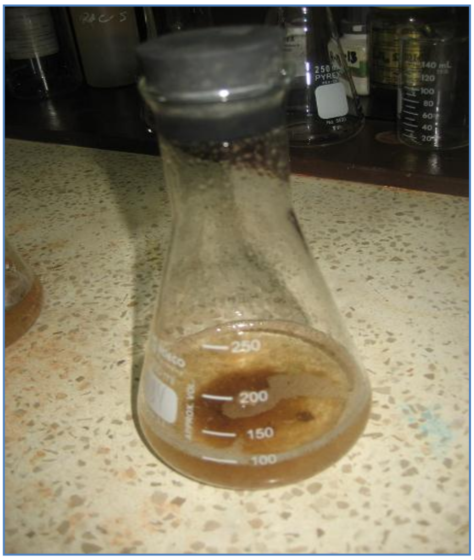


FIGURA 2.3.- PECTINA CON HIDRÓXIDO DE SODIO 0.1N.

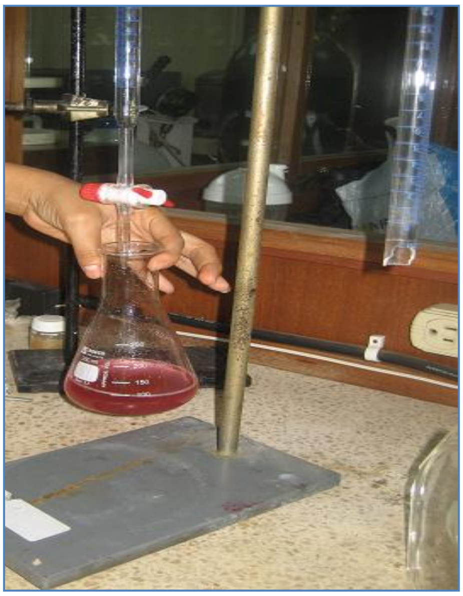


FIGURA 2.4.- CAMBIO DE COLOR EN LA PRIMERA TITULACIÓN.

Luego se añade exactamente 20 ml. de NaOH 0.5N, se agita fuertemente y se deja en reposo por 15 minutos, transcurrido este tiempo se adiciona exactamente 20 ml. de ácido clorhídrico hasta que desaparezca el color rosa (Observar figura 2.5).

Se titula nuevamente con NaOH 0.1N adicionando 3 gotas de fenolftaleína y se registra su valor como V2, como se observa en la figura 2.6.

250
200
150
100
APPROX VOL
70

FIGURA 2.5.- ADICIÓN DE ÁCIDO CLORHÍDRICO.

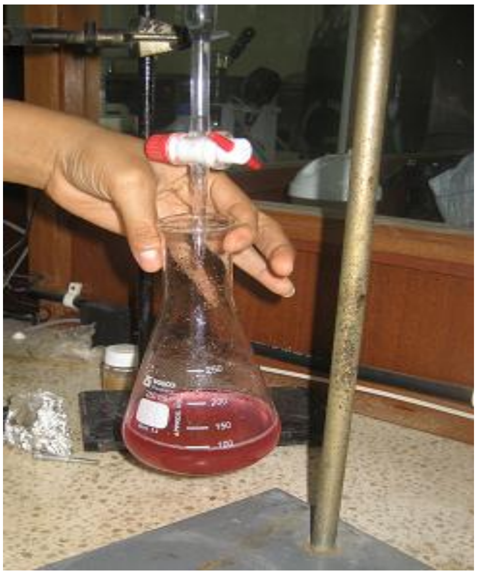


FIGURA 2.6.- CAMBIO DE COLOR EN LA SEGUNDA TITULACIÓN.

Para realizar los cálculos de porcentaje de esterificación se utilizó la fórmula: que se muestra a continuación.

$$\text{Grado de Esterificación (\%): } \frac{v2}{v1+v2} \times 100$$

Donde:

V1 Volumen consumido en la primera titulación

V2 Volumen consumido en la segunda titulación

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

3.1. Influencia de las Variables en los Resultados.

La influencia de las variables en el producto se determinó en base a los resultados del porcentaje de esterificación en la pectina obtenida, debido a que esta es la característica principal en las pectinas, la cual determina su calidad.

Se utilizó ANOVA mediante el programa estadístico Statgraphics, para comparar los promedios de los porcentajes de esterificación obtenidos posterior a la hidrólisis.

Factor: Hidrólisis Ácida.

Se consideró como fuente de variación el proceso de hidrólisis ácida con 84 combinaciones diferentes, como se mencionó anteriormente, variando el tipo de ácido, concentraciones del mismo, temperatura y tiempo de hidrólisis.

El contraste de hipótesis se planteó de la siguiente manera:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_{3,4\cdots84} = 0$$
$$H_1 : Al\ menos\ un\ \mu_i \neq 0 \quad ; \quad i = 1, 2, 3, 4 \ldots 84$$

Luego de procesar los datos se obtuvo la siguiente tabla ANOVA:

TABLA 12

Tabla ANOVA de porcentajes de esterificación

	Suma de cuadrados	**Grados de libertad**	**Media cuadrática**	**F**	**Valor p**
Inter-grupos	11670.0	83	140.603	******** ********	0.0000
Intra-grupos	0	168	0	-	-
Total	11670.0	251	-	-	-

Elaborado por: Verónica Durán, María Gabriela Honores; 2011

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente inter-grupos y un componente intra-grupos.

El F-ratio, que en este caso es igual a 6.23822E30, es un cociente de la estimación inter-grupos a la estimación intra-grupos.

Dado que el valor P de la prueba F es menor que 0.05, hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 84 variables en el nivel de confianza del 95,0%, por lo que se rechaza Ho a favor de H1, es decir, una de las pectinas obtenidas difiere de los demás.

Para determinar qué muestras son significativamente diferentes de las otras, véase la tabla de múltiples pruebas de rango (Apéndice B)

En el Apéndice B se observan 81 grupos homogéneos, los cuales se identifican utilizando columnas de X. Dentro de cada columna, los niveles que contiene la forma X ubicada en el mismo lugar, es un grupo de medios a los que no existen diferencias estadísticamente significativas.

Los asteriscos (*) de la Tabla en Apéndice B indican que entre las muestras que se están comparando existe diferencia significativa. Mediante los análisis estadísticos realizados se obtuvo como resultado que existe una diferencia significativa en las 84 muestras estudiadas, a excepción de la muestra número 1 la cual frente a la muestra 21 dieron el mismo resultado.

Mientras tanto, la muestra 3 presenta el menor grado de esterificación con un valor de 40.10, frente a la muestra 70 cuyo valor de esterificación es de 68.18, siendo este el máximo valor encontrado entre las 84 muestras.

3.2. Caracterización de la Pectina

El proceso de hidrólisis acida mediante el cual se obtuvo un mejor grado de esterificación fue en la muestra 70, la cual fue sometida a un tratamiento con ácido cítrico a una concentración del 2% durante 60 minutos a 98°C.

Esta muestra fue sometida a aquellos análisis físicos químicos anteriores mencionados, con el objetivo de caracterizar la pectina y determinar su uso apropiado según las propiedades de esta. Según los resultados obtenidos se caracteriza el producto final que presenta mayor rendimiento, con el fin de determinar las características principales de la pectina, según los siguientes parámetros:

Rendimiento en peso

Se determina por la relación del peso de pectina obtenida (w2) y el peso de la cáscara procesada (w1), mediante la siguiente expresión:

$$\text{Rendimiento}(\%) = \frac{w2}{w1} * 100$$

Porcentaje de humedad

La humedad de la pectina se determinó mediante el método por pérdida de peso con estufa que se basa en la evaporación de agua en la muestra bajo condiciones específicas.

La fórmula usada para determinar el porcentaje de humedad de la pectina es:

Humedad (%): $\frac{w1-w2}{w1} \times 100$ (Barrado 1986)

Porcentaje de cenizas

Se determinó mediante la incineración directa. La muestra se pesa inicialmente (w1) y se incinera en una mufla a temperatura entre

550 +/- 50°C durante una a tres horas y se pesa la ceniza obtenida (w2). La fórmula de determinación de cenizas es:

Cenizas (%): $\frac{w2}{w1} \times 100$ (Barrado 1986)

Potencial de Hidrógeno

Se determinó mediante el uso de un pH-metro, calibrando el pH de una solución de pectina en agua destilada al 1%.(Estrada, 1998)

Contenido de ácido galacturónico

Cada mililitro consumido de hidróxido de sodio 0.5N, en la titulación del porcentaje de esterificación, es equivalente a 97.07 mg de ácido galacturónico.

Los resultados obtenidos en la pectina de la muestra 70 se observan en la tabla 13:

TABLA 13

CARACTERÍSTICAS DE LA PECTINA

Análisis de la Pectina	Resultado
Rendimiento	6.86 %
Humedad	4.7 %
Cenizas	1.5 %
pH	3.05
Grado de Esterificación (Metoxilación)	68.18 %
Ácido Galacturónico	315.245 mg
Viscosidad	219.7 Cp

Elaborado por: Verónica Durán, María Gabriela Honores; 2011

El valor de rendimiento de 6.86% de la pectina en polvo obtenida, al ser comparado con la pectina líquida de la tesis que precede a este estudio, cuyo valor es 36.51%, se nota una gran diferencia, debido a que a la pectina líquida le fue removida casi en su totalidad el agua presente de la fruta y proveniente de las etapas del proceso respectivamente. Debido al proceso de secado expresado anteriormente se obtuvo un porcentaje de humedad de 4.7%, la cual fue analizada una vez que la pectina presentó un peso constante, es decir, una vez que la humedad llego a un estado de equilibrio posterior al secado. Mientras tanto, se realizó el análisis de cenizas para determinar la cantidad de impurezas inorgánicas presentes en la muestra o bien incluidas durante el precipitado. Pero se debe recalcar que el molino utilizado para pulverizar la pectina seca desprendía fracciones del material del que había sido fabricado, además tampoco se realizó un proceso de clarificación de la pectina, por lo que se presume que ambos factores podrían haber aumentado el porcentaje de cenizas obtenido.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones.

1. En el proceso de obtención de pectina, las variables dentro de la hidrólisis ácida: tipo de ácido, concentraciones de ácido, temperatura y tiempo, son valores críticos que determinan el grado de esterificación final. Por lo tanto, el estudio realizado en esta etapa del proceso fue factible, ya que se logró obtener pectinas de alto metóxilo con porcentajes de esterificación de hasta 69% con rendimientos aproximados al 18% de pectina en base seca.

2. Con un nivel de confianza del 95,0% existe una diferencia significativa en los porcentajes de grado de esterificación de las 84 muestras obtenidas mediante el proceso de hidrólisis ácida. La muestra 70 presentó el mayor grado de esterificación, fue sometida a hidrólisis en presencia de ácido cítrico con una concentración del

2% a 98°C durante 60 minutos, obteniendo 68,18% de grado de esterificación, este valor indica que esta muestra pertenece al grupo de pectinas de alto metoxilo con tiempo de gelificación mediano, la cual puede ser utilizada para la elaboración de mermeladas. Así mismo, esta pectina será capaz de formar geles a pH entre 1 y 3,5 en un medio con un contenido de azúcar entre el 55 y 85%.

3. Las temperaturas de hidrólisis mayores a 98 °C y tiempos de hidrólisis mayores a 90 minutos, influyen negativamente en los resultados finales, puesto que la pectina se desnaturaliza y sus características de gelificación, dadas por los valores de grado de esterificación, disminuyen.

4. Se observó que los porcentajes de grado de esterificación obtenidos mediante el uso de ácidos orgánicos fueron elevados, en comparación a aquellas muestras en las que se utilizó ácido inorgánico, este detalle no está concreto en ninguna información bibliográfica de estudios anteriores referente a este tema, pero se ha notado que es un comportamiento repetitivo en estudios anteriores.

Recomendaciones

1. Una vez extraída la pulpa de maracuyá, se debe inactivar la enzima pectino-esterasa, la cual destruye las uniones del ácido poligalacturónico que constituyen la pectina, y lo reduce a fracciones simples de ácido galacturónico con la consecuente pérdida de calidad y rendimiento, para lo cual se recomienda utilizar las cáscaras de forma inmediata o realizar un pre tratamiento de secado de la cáscara.

2. Antes de precipitar la pectina líquida sería recomendable utilizar un método clarificante, para evitar que la pectina promueva colores indeseables durante su aplicación, una buena opción para este fin es la utilización de un método de filtrado con tierras diatomeas. Las cuales impedirían el paso de carotenoides, que dan una pigmentación amarillo pálido a la pectina y abundan en la cáscara de la maracuyá. Otra opción sería eliminar el exocarpio de la cáscara (flavedo), obteniendo una pectina pura de color blanco.

3. El alcohol utilizado para precipitar el extracto deberá ser menor a 75 grados debido a que valores elevados darán como resultado la precipitación de sustancias no uránidos, las cuales son indeseables

puesto que dan valores elevados en el momento de hacer el análisis de grado de esterificación.

4. Una vez obtenido la pectina líquida, es conveniente que sea secada de manera inmediata, puesto que al estar expuesta al ambiente o inclusive en refrigeración, la pectina es un medio adecuado para la proliferación de microorganismos cuya presencia disminuye la calidad de la pectina.

5. Durante la etapa de precipitado, el consumo de alcohol es considerable, por lo que se recomienda analizar una eficiente recuperación del mismo.

APÉNDICES

APÉNDICE A

CORRIDAS EXPERIMENTALES

N. Pruebas	Tipo de ácido	Con-centra-ción [%}	Temp. de Hidróli-sis [°C]	Tiempo de Hidrólisis [minutos]
1	Ac. Sulfúrico	0.5	80	60
2	Ac. Sulfúrico	0.5	80	90
3	Ac. Sulfúrico	0.5	80	120
4	Ac. Sulfúrico	0.5	86	60
5	Ac. Sulfúrico	0.5	86	90
6	Ac. Sulfúrico	0.5	86	120
7	Ac. Sulfúrico	0.5	92	60
8	Ac. Sulfúrico	0.5	92	90
9	Ac. Sulfúrico	0.5	92	120
10	Ac. Sulfúrico	0.5	98	60
11	Ac. Sulfúrico	0.5	98	90
12	Ac. Sulfúrico	0.5	98	120
13	Ac. Sulfúrico	1	80	60
14	Ac. Sulfúrico	1	80	90
15	Ac. Sulfúrico	1	80	120
16	Ac. Sulfúrico	1	86	60
17	Ac. Sulfúrico	1	86	90
18	Ac. Sulfúrico	1	86	120
19	Ac. Sulfúrico	1	92	60
20	Ac. Sulfúrico	1	92	90
21	Ac. Sulfúrico	1	92	120
22	Ac. Sulfúrico	1	98	60
23	Ac. Sulfúrico	1	98	90
24	Ac. Sulfúrico	1	98	120

25	Ac. Clorhídrico	0.5	80	60
26	Ac. Clorhídrico	0.5	80	90
27	Ac. Clorhídrico	0.5	80	120
28	Ac. Clorhídrico	0.5	86	60
29	Ac. Clorhídrico	0.5	86	90
30	Ac. Clorhídrico	0.5	86	120
31	Ac. Clorhídrico	0.5	92	60
32	Ac. Clorhídrico	0.5	92	90
33	Ac. Clorhídrico	0.5	92	120
34	Ac. Clorhídrico	0.5	98	60
35	Ac. Clorhídrico	0.5	98	90
36	Ac. Clorhídrico	0.5	98	120
37	Ac. Clorhídrico	1	80	60
38	Ac. Clorhídrico	1	80	90
39	Ac. Clorhídrico	1	80	120
40	Ac. Clorhídrico	1	86	60
41	Ac. Clorhídrico	1	86	90
42	Ac. Clorhídrico	1	86	120
43	Ac. Clorhídrico	1	92	60
44	Ac. Clorhídrico	1	92	90
45	Ac. Clorhídrico	1	92	120
46	Ac. Clorhídrico	1	98	60
47	Ac. Clorhídrico	1	98	90
48	Ac. Clorhídrico	1	98	120
49	Ac. Cítrico	1	80	60
50	Ac. Cítrico	1	80	90
51	Ac. Cítrico	1	80	120
52	Ac. Cítrico	1	86	60

53	Ac. Cítrico	1	86	90
54	Ac. Cítrico	1	86	120
55	Ac. Cítrico	1	92	60
56	Ac. Cítrico	1	92	90
57	Ac. Cítrico	1	92	120
58	Ac. Cítrico	1	98	60
59	Ac. Cítrico	1	98	90
60	Ac. Cítrico	1	98	120
61	Ac. Cítrico	2	80	60
62	Ac. Cítrico	2	80	90
63	Ac. Cítrico	2	80	120
64	Ac. Cítrico	2	86	60
65	Ac. Cítrico	2	86	90
66	Ac. Cítrico	2	86	120
67	Ac. Cítrico	2	92	60
68	Ac. Cítrico	2	92	90
69	Ac. Cítrico	2	92	120
70	Ac. Cítrico	2	98	60
71	Ac. Cítrico	2	98	90
72	Ac. Cítrico	2	98	120
73	Ac. Cítrico	3	80	60
74	Ac. Cítrico	3	80	90
75	Ac. Cítrico	3	80	120
76	Ac. Cítrico	3	86	60
77	Ac. Cítrico	3	86	90
78	Ac. Cítrico	3	86	120
79	Ac. Cítrico	3	92	60
80	Ac. Cítrico	3	92	90

81	Ac. Cítrico	3	92	120
82	Ac. Cítrico	3	98	60
83	Ac. Cítrico	3	98	90
84	Ac. Cítrico	3	98	120

APÉNDICE B

PRUEBAS DE MULTIPLES RANGOS

(Grupos homogéneos).

Método: 95.0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Col_3	3	40.1	X
Col_15	3	40.11	X
Col_14	3	40.34	X
Col_27	3	41.18	X
Col_2	3	41.96	X
Col_13	3	45.02	X
Col_12	3	45.2	X
Col_45	3	45.32	X
Col_24	3	47.62	X
Col_25	3	47.67	X
Col_10	3	48.5	X
Col_81	3	48.76	X
Col_80	3	49.02	X
Col_84	3	49.41	X
Col_18	3	50.19	X
Col_4	3	50.3	X
Col_43	3	50.32	X
Col_26	3	50.77	X
Col_79	3	51.37	X
Col_42	3	51.41	X
Col_22	3	51.57	X
Col_36	3	52.11	X
Col_5	3	52.12	X

Col_7	3	52.27	X
Col_41	3	52.61	X
Col_78	3	52.89	X
Col_28	3	53.14	X
Col_44	3	53.22	X
Col_75	3	53.23	X
Col_32	3	53.43	X
Col_23	3	53.91	X
Col_11	3	53.92	X
Col_8	3	54.02	X
Col_30	3	54.14	X
Col_9	3	54.22	X
Col_40	3	54.45	X
Col_39	3	54.86	X
Col_31	3	54.89	X
Col_83	3	55.39	X
Col_65	3	55.68	X
Col_77	3	55.84	X
Col_82	3	56.31	X
Col_73	3	56.45	X
Col_37	3	56.67	X
Col_69	3	56.75	X
Col_76	3	56.84	X
Col_35	3	56.96	X
Col_74	3	57.3	X
Col_38	3	58.16	X
Col_6	3	58.38	X
Col_60	3	58.63	X
Col_34	3	58.8	X

Col_64	3	58.98	X
Col_1	3	59.4	X
Col_21	3	59.4	X
Col_61	3	59.5	X
Col_16	3	59.64	X
Col_29	3	59.89	X
Col_67	3	60.54	X
Col_72	3	60.99	X
Col_59	3	61.01	X
Col_17	3	61.43	X
Col_33	3	61.63	X
Col_19	3	61.95	X
Col_20	3	62	X
Col_71	3	62.55	X
Col_54	3	62.72	X
Col_58	3	63.21	X
Col_49	3	63.48	X
Col_63	3	63.61	X
Col_52	3	63.61	X
Col_57	3	63.86	X
Col_66	3	63.86	X
Col_46	3	63.99	X
Col_50	3	64.04	X

	Casos	**Media**	**Grupos Homogéneos**
Col_51	3	64.17	X
Col_53	3	64.42	X
Col_55	3	64.54	X
Col_68	3	64.66	X
Col_62	3	65.53	X
Col_47	3	65.74	X
Col_56	3	66.79	X
Col_48	3	66.84	X
Col_70	3	68.18	X

APÉNDICE C

PRUEBAS DE MULTIPLES RANGOS (Diferencias significativas)

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_1 - Col_2	*	17,44	0
Col_1 - Col_3	*	19,3	0
Col_1 - Col_4	*	9,1	0
Col_1 - Col_5	*	7,28	0
Col_1 - Col_6	*	1,02	0
Col_1 - Col_7	*	7,13	0
Col_1 - Col_8	*	5,38	0
Col_1 - Col_9	*	5,18	0
Col_1 - Col_10	*	10,9	0
Col_1 - Col_11	*	5,48	0
Col_1 - Col_12	*	14,2	0
Col_1 - Col_13	*	14,38	0
Col_1 - Col_14	*	19,06	0
Col_1 - Col_15	*	19,29	0
Col_1 - Col_16	*	-0,24	0
Col_1 - Col_17	*	-2,03	0
Col_1 - Col_18	*	9,21	0
Col_1 - Col_19	*	-2,55	0
Col_1 - Col_20	*	-2,6	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_1 - Col_21		0	0
Col_1 - Col_22	*	7,83	0
Col_1 - Col_23	*	5,49	0
Col_1 - Col_24	*	11,78	0
Col_1 - Col_25	*	11,73	0
Col_1 - Col_26	*	8,63	0
Col_1 - Col_27	*	18,22	0
Col_1 - Col_28	*	6,26	0
Col_1 - Col_29	*	-0,49	0
Col_1 - Col_30	*	5,26	0
Col_1 - Col_31	*	4,51	0
Col_1 - Col_32	*	5,97	0
Col_1 - Col_33	*	-2,23	0
Col_1 - Col_34	*	0,6	0
Col_1 - Col_35	*	2,44	0
Col_1 - Col_36	*	7,29	0
Col_1 - Col_37	*	2,73	0
Col_1 - Col_38	*	1,24	0
Col_1 - Col_39	*	4,54	0
Col_1 - Col_40	*	4,95	0
Col_1 - Col_41	*	6,79	0
Col_1 - Col_42	*	7,99	0
Col_1 - Col_43	*	9,08	0
Col_1 - Col_44	*	6,18	0
Col_1 - Col_45	*	14,08	0
Col_1 - Col_46	*	-4,59	0
Col_1 - Col_47	*	-6,34	0
Col_1 - Col_48	*	-7,44	0
Col_1 - Col_49	*	-4,08	0
Col_1 - Col_50	*	-4,64	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_1 - Col_51	*	-4,77	0
Col_1 - Col_52	*	-4,21	0
Col_1 - Col_53	*	-5,02	0
Col_1 - Col_54	*	-3,32	0
Col_1 - Col_55	*	-5,14	0
Col_1 - Col_56	*	-7,39	0
Col_1 - Col_57	*	-4,46	0
Col_1 - Col_58	*	-3,81	0
Col_1 - Col_59	*	-1,61	0
Col_1 - Col_60	*	0,77	0
Col_1 - Col_61	*	-0,1	0
Col_1 - Col_62	*	-6,13	0
Col_1 - Col_63	*	-4,21	0
Col_1 - Col_64	*	0,42	0
Col_1 - Col_65	*	3,72	0
Col_1 - Col_66	*	-4,46	0
Col_1 - Col_67	*	-1,14	0
Col_1 - Col_68	*	-5,26	0
Col_1 - Col_69	*	2,65	0
Col_1 - Col_70	*	-8,78	0
Col_1 - Col_71	*	-3,15	0
Col_1 - Col_72	*	-1,59	0
Col_1 - Col_73	*	2,95	0
Col_1 - Col_74	*	2,1	0
Col_1 - Col_75	*	6,17	0
Col_1 - Col_76	*	2,56	0
Col_1 - Col_77	*	3,56	0
Col_1 - Col_78	*	6,51	0
Col_1 - Col_79	*	8,03	0
Col_1 - Col_80	*	10,38	0
Col_1 - Col_81	*	10,64	0
Col_1 - Col_82	*	3,09	0
Col_1 - Col_83	*	4,01	0
Col_1 - Col_84	*	9,99	0
Col_2 - Col_3	*	1,86	0
Col_2 - Col_4	*	-8,34	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_2 - Col_5	*	-10,16	0
Col_2 - Col_6	*	-16,42	0
Col_2 - Col_7	*	-10,31	0
Col_2 - Col_8	*	-12,06	0
Col_2 - Col_9	*	-12,26	0
Col_2 - Col_10	*	-6,54	0
Col_2 - Col_11	*	-11,96	0
Col_2 - Col_12	*	-3,24	0
Col_2 - Col_13	*	-3,06	0
Col_2 - Col_14	*	1,62	0
Col_2 - Col_15	*	1,85	0
Col_2 - Col_16	*	-17,68	0
Col_2 - Col_17	*	-19,47	0
Col_2 - Col_18	*	-8,23	0
Col_2 - Col_19	*	-19,99	0
Col_2 - Col_20	*	-20,04	0
Col_2 - Col_21	*	-17,44	0
Col_2 - Col_22	*	-9,61	0
Col_2 - Col_23	*	-11,95	0
Col_2 - Col_24	*	-5,66	0
Col_2 - Col_25	*	-5,71	0
Col_2 - Col_26	*	-8,81	0
Col_2 - Col_27	*	0,78	0
Col_2 - Col_28	*	-11,18	0
Col_2 - Col_29	*	-17,93	0
Col_2 - Col_30	*	-12,18	0
Col_2 - Col_31	*	-12,93	0
Col_2 - Col_32	*	-11,47	0
Col_2 - Col_33	*	-19,67	0
Col_2 - Col_34	*	-16,84	0
Col_2 - Col_35	*	-15	0
Col_2 - Col_36	*	-10,15	0
Col_2 - Col_37	*	-14,71	0
Col_2 - Col_38	*	-16,2	0
Col_2 - Col_39	*	-12,9	0
Col_2 - Col_40	*	-12,49	0
Col_2 - Col_41	*	-10,65	0
Col_2 - Col_42	*	-9,45	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_2 - Col_43	*	-8,36	0
Col_2 - Col_44	*	-11,26	0
Col_2 - Col_45	*	-3,36	0
Col_2 - Col_46	*	-22,03	0
Col_2 - Col_47	*	-23,78	0
Col_2 - Col_48	*	-24,88	0
Col_2 - Col_49	*	-21,52	0
Col_2 - Col_50	*	-22,08	0
Col_2 - Col_51	*	-22,21	0
Col_2 - Col_52	*	-21,65	0
Col_2 - Col_53	*	-22,46	0
Col_2 - Col_54	*	-20,76	0
Col_2 - Col_55	*	-22,58	0
Col_2 - Col_56	*	-24,83	0
Col_2 - Col_57	*	-21,9	0
Col_2 - Col_58	*	-21,25	0
Col_2 - Col_59	*	-19,05	0
Col_2 - Col_60	*	-16,67	0
Col_2 - Col_61	*	-17,54	0
Col_2 - Col_62	*	-23,57	0
Col_2 - Col_63	*	-21,65	0
Col_2 - Col_64	*	-17,02	0
Col_2 - Col_65	*	-13,72	0
Col_2 - Col_66	*	-21,9	0
Col_2 - Col_67	*	-18,58	0
Col_2 - Col_68	*	-22,7	0
Col_2 - Col_69	*	-14,79	0
Col_2 - Col_70	*	-26,22	0
Col_2 - Col_71	*	-20,59	0
Col_2 - Col_72	*	-19,03	0
Col_2 - Col_73	*	-14,49	0
Col_2 - Col_74	*	-15,34	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_2 - Col_75	*	-11,27	0
Col_2 - Col_76	*	-14,88	0
Col_2 - Col_77	*	-13,88	0
Col_2 - Col_78	*	-10,93	0
Col_2 - Col_79	*	-9,41	0
Col_2 - Col_80	*	-7,06	0
Col_2 - Col_81	*	-6,8	0
Col_2 - Col_82	*	-14,35	0
Col_2 - Col_83	*	-13,43	0
Col_2 - Col_84	*	-7,45	0
Col_3 - Col_4	*	-10,2	0
Col_3 - Col_5	*	-12,02	0
Col_3 - Col_6	*	-18,28	0
Col_3 - Col_7	*	-12,17	0
Col_3 - Col_8	*	-13,92	0
Col_3 - Col_9	*	-14,12	0
Col_3 - Col_10	*	-8,4	0
Col_3 - Col_11	*	-13,82	0
Col_3 - Col_12	*	-5,1	0
Col_3 - Col_13	*	-4,92	0
Col_3 - Col_14	*	-0,24	0
Col_3 - Col_15	*	-0,01	0
Col_3 - Col_16	*	-19,54	0
Col_3 - Col_17	*	-21,33	0
Col_3 - Col_18	*	-10,09	0
Col_3 - Col_19	*	-21,85	0
Col_3 - Col_20	*	-21,9	0
Col_3 - Col_21	*	-19,3	0
Col_3 - Col_22	*	-11,47	0
Col_3 - Col_23	*	-13,81	0
Col_3 - Col_24	*	-7,52	0
Col_3 - Col_25	*	-7,57	0
Col_3 - Col_26	*	-10,67	0
Col_3 - Col_27	*	-1,08	0
Col_3 - Col_28	*	-13,04	0
Col_3 - Col_29	*	-19,79	0
Col_3 - Col_30	*	-14,04	0
Col_3 - Col_31	*	-14,79	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_3 - Col_32	*	-13,33	0
Col_3 - Col_33	*	-21,53	0
Col_3 - Col_34	*	-18,7	0
Col_3 - Col_35	*	-16,86	0
Col_3 - Col_36	*	-12,01	0
Col_3 - Col_37	*	-16,57	0
Col_3 - Col_38	*	-18,06	0
Col_3 - Col_39	*	-14,76	0
Col_3 - Col_40	*	-14,35	0
Col_3 - Col_41	*	-12,51	0
Col_3 - Col_42	*	-11,31	0
Col_3 - Col_43	*	-10,22	0
Col_3 - Col_44	*	-13,12	0
Col_3 - Col_45	*	-5,22	0
Col_3 - Col_46	*	-23,89	0
Col_3 - Col_47	*	-25,64	0
Col_3 - Col_48	*	-26,74	0
Col_3 - Col_49	*	-23,38	0
Col_3 - Col_50	*	-23,94	0
Col_3 - Col_51	*	-24,07	0
Col_3 - Col_52	*	-23,51	0
Col_3 - Col_53	*	-24,32	0
Col_3 - Col_54	*	-22,62	0
Col_3 - Col_55	*	-24,44	0
Col_3 - Col_56	*	-26,69	0
Col_3 - Col_57	*	-23,76	0
Col_3 - Col_58	*	-23,11	0
Col_3 - Col_59	*	-20,91	0
Col_3 - Col_60	*	-18,53	0
Col_3 - Col_61	*	-19,4	0
Col_3 - Col_62	*	-25,43	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_3 - Col_63	*	-23,51	0
Col_3 - Col_64	*	-18,88	0
Col_3 - Col_65	*	-15,58	0
Col_3 - Col_66	*	-23,76	0
Col_3 - Col_67	*	-20,44	0
Col_3 - Col_68	*	-24,56	0
Col_3 - Col_69	*	-16,65	0
Col_3 - Col_70	*	-28,08	0
Col_3 - Col_71	*	-22,45	0
Col_3 - Col_72	*	-20,89	0
Col_3 - Col_73	*	-16,35	0
Col_3 - Col_74	*	-17,2	0
Col_3 - Col_75	*	-13,13	0
Col_3 - Col_76	*	-16,74	0
Col_3 - Col_77	*	-15,74	0
Col_3 - Col_78	*	-12,79	0
Col_3 - Col_79	*	-11,27	0
Col_3 - Col_80	*	-8,92	0
Col_3 - Col_81	*	-8,66	0
Col_3 - Col_82	*	-16,21	0
Col_3 - Col_83	*	-15,29	0
Col_3 - Col_84	*	-9,31	0
Col_4 - Col_5	*	-1,82	0
Col_4 - Col_6	*	-8,08	0
Col_4 - Col_7	*	-1,97	0
Col_4 - Col_8	*	-3,72	0
Col_4 - Col_9	*	-3,92	0
Col_4 - Col_10	*	1,8	0
Col_4 - Col_11	*	-3,62	0
Col_4 - Col_12	*	5,1	0
Col_4 - Col_13	*	5,28	0
Col_4 - Col_14	*	9,96	0
Col_4 - Col_15	*	10,19	0
Col_4 - Col_16	*	-9,34	0
Col_4 - Col_17	*	-11,13	0
Col_4 - Col_18	*	0,11	0
Col_4 - Col_19	*	-11,65	0
Col_4 - Col_20	*	-11,7	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_4 - Col_21	*	-9,1	0
Col_4 - Col_22	*	-1,27	0
Col_4 - Col_23	*	-3,61	0
Col_4 - Col_24	*	2,68	0
Col_4 - Col_25	*	2,63	0
Col_4 - Col_26	*	-0,47	0
Col_4 - Col_27	*	9,12	0
Col_4 - Col_28	*	-2,84	0
Col_4 - Col_29	*	-9,59	0
Col_4 - Col_30	*	-3,84	0
Col_4 - Col_31	*	-4,59	0
Col_4 - Col_32	*	-3,13	0
Col_4 - Col_33	*	-11,33	0
Col_4 - Col_34	*	-8,5	0
Col_4 - Col_35	*	-6,66	0
Col_4 - Col_36	*	-1,81	0
Col_4 - Col_37	*	-6,37	0
Col_4 - Col_38	*	-7,86	0
Col_4 - Col_39	*	-4,56	0
Col_4 - Col_40	*	-4,15	0
Col_4 - Col_41	*	-2,31	0
Col_4 - Col_42	*	-1,11	0
Col_4 - Col_43	*	-0,02	0
Col_4 - Col_44	*	-2,92	0
Col_4 - Col_45	*	4,98	0
Col_4 - Col_46	*	-13,69	0
Col_4 - Col_47	*	-15,44	0
Col_4 - Col_48	*	-16,54	0
Col_4 - Col_49	*	-13,18	0
Col_4 - Col_50	*	-13,74	0
Col_4 - Col_51	*	-13,87	0
Col_4 - Col_52	*	-13,31	0
Col_4 - Col_53	*	-14,12	0
Col_4 - Col_54	*	-12,42	0
Col_4 - Col_55	*	-14,24	0
Col_4 - Col_56	*	-16,49	0
Col_4 - Col_57	*	-13,56	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_4 - Col_58	*	-12,91	0
Col_4 - Col_59	*	-10,71	0
Col_4 - Col_60	*	-8,33	0
Col_4 - Col_61	*	-9,2	0
Col_4 - Col_62	*	-15,23	0
Col_4 - Col_63	*	-13,31	0
Col_4 - Col_64	*	-8,68	0
Col_4 - Col_65	*	-5,38	0
Col_4 - Col_66	*	-13,56	0
Col_4 - Col_67	*	-10,24	0
Col_4 - Col_68	*	-14,36	0
Col_4 - Col_69	*	-6,45	0
Col_4 - Col_70	*	-17,88	0
Col_4 - Col_71	*	-12,25	0
Col_4 - Col_72	*	-10,69	0
Col_4 - Col_73	*	-6,15	0
Col_4 - Col_74	*	-7	0
Col_4 - Col_75	*	-2,93	0
Col_4 - Col_76	*	-6,54	0
Col_4 - Col_77	*	-5,54	0
Col_4 - Col_78	*	-2,59	0
Col_4 - Col_79	*	-1,07	0
Col_4 - Col_80	*	1,28	0
Col_4 - Col_81	*	1,54	0
Col_4 - Col_82	*	-6,01	0
Col_4 - Col_83	*	-5,09	0
Col_4 - Col_84	*	0,89	0
Col_5 - Col_6	*	-6,26	0
Col_5 - Col_7	*	-0,15	0
Col_5 - Col_8	*	-1,9	0
Col_5 - Col_9	*	-2,1	0
Col_5 - Col_10	*	3,62	0
Col_5 - Col_11	*	-1,8	0
Col_5 - Col_12	*	6,92	0
Col_5 - Col_13	*	7,1	0
Col_5 - Col_14	*	11,78	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_5 - Col_15	*	12,01	0
Col_5 - Col_16	*	-7,52	0
Col_5 - Col_17	*	-9,31	0
Col_5 - Col_18	*	1,93	0
Col_5 - Col_19	*	-9,83	0
Col_5 - Col_20	*	-9,88	0
Col_5 - Col_21	*	-7,28	0
Col_5 - Col_22	*	0,55	0
Col_5 - Col_23	*	-1,79	0
Col_5 - Col_24	*	4,5	0
Col_5 - Col_25	*	4,45	0
Col_5 - Col_26	*	1,35	0
Col_5 - Col_27	*	10,94	0
Col_5 - Col_28	*	-1,02	0
Col_5 - Col_29	*	-7,77	0
Col_5 - Col_30	*	-2,02	0
Col_5 - Col_31	*	-2,77	0
Col_5 - Col_32	*	-1,31	0
Col_5 - Col_33	*	-9,51	0
Col_5 - Col_34	*	-6,68	0
Col_5 - Col_35	*	-4,84	0
Col_5 - Col_36	*	0,01	0
Col_5 - Col_37	*	-4,55	0
Col_5 - Col_38	*	-6,04	0
Col_5 - Col_39	*	-2,74	0
Col_5 - Col_40	*	-2,33	0
Col_5 - Col_41	*	-0,49	0
Col_5 - Col_42	*	0,71	0
Col_5 - Col_43	*	1,8	0
Col_5 - Col_44	*	-1,1	0
Col_5 - Col_45	*	6,8	0
Col_5 - Col_46	*	-11,87	0
Col_5 - Col_47	*	-13,62	0
Col_5 - Col_48	*	-14,72	0
Col_5 - Col_49	*	-11,36	0
Col_5 - Col_50	*	-11,92	0
Col_5 - Col_51	*	-12,05	0
Col_5 - Col_52	*	-11,49	0
Col_5 - Col_53	*	-12,3	0
Col_5 - Col_54	*	-10,6	0
Col_5 - Col_55	*	-12,42	0
Col_5 - Col_56	*	-14,67	0
Col_5 - Col_57	*	-11,74	0
Col_5 - Col_58	*	-11,09	0
Col_5 - Col_59	*	-8,89	0
Col_5 - Col_60	*	-6,51	0
Col_5 - Col_61	*	-7,38	0
Col_5 - Col_62	*	-13,41	0
Col_5 - Col_63	*	-11,49	0
Col_5 - Col_64	*	-6,86	0
Col_5 - Col_65	*	-3,56	0
Col_5 - Col_66	*	-11,74	0
Col_5 - Col_67	*	-8,42	0
Col_5 - Col_68	*	-12,54	0
Col_5 - Col_69	*	-4,63	0
Col_5 - Col_70	*	-16,06	0
Col_5 - Col_71	*	-10,43	0
Col_5 - Col_72	*	-8,87	0
Col_5 - Col_73	*	-4,33	0
Col_5 - Col_74	*	-5,18	0
Col_5 - Col_75	*	-1,11	0
Col_5 - Col_76	*	-4,72	0
Col_5 - Col_77	*	-3,72	0
Col_5 - Col_78	*	-0,77	0
Col_5 - Col_79	*	0,75	0
Col_5 - Col_80	*	3,1	0
Col_5 - Col_81	*	3,36	0
Col_5 - Col_82	*	-4,19	0
Col_5 - Col_83	*	-3,27	0
Col_5 - Col_84	*	2,71	0
Col_6 - Col_7	*	6,11	0
Col_6 - Col_8	*	4,36	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_6 - Col_9	*	4,16	0
Col_6 - Col_10	*	9,88	0
Col_6 - Col_11	*	4,46	0
Col_6 - Col_12	*	13,18	0
Col_6 - Col_13	*	13,36	0
Col_6 - Col_14	*	18,04	0
Col_6 - Col_15	*	18,27	0
Col_6 - Col_16	*	-1,26	0
Col_6 - Col_17	*	-3,05	0
Col_6 - Col_18	*	8,19	0
Col_6 - Col_19	*	-3,57	0
Col_6 - Col_20	*	-3,62	0
Col_6 - Col_21	*	-1,02	0
Col_6 - Col_22	*	6,81	0
Col_6 - Col_23	*	4,47	0
Col_6 - Col_24	*	10,76	0
Col_6 - Col_25	*	10,71	0
Col_6 - Col_26	*	7,61	0
Col_6 - Col_27	*	17,2	0
Col_6 - Col_28	*	5,24	0
Col_6 - Col_29	*	-1,51	0
Col_6 - Col_30	*	4,24	0
Col_6 - Col_31	*	3,49	0
Col_6 - Col_32	*	4,95	0
Col_6 - Col_33	*	-3,25	0
Col_6 - Col_34	*	-0,42	0
Col_6 - Col_35	*	1,42	0
Col_6 - Col_36	*	6,27	0
Col_6 - Col_37	*	1,71	0
Col_6 - Col_38	*	0,22	0
Col_6 - Col_39	*	3,52	0
Col_6 - Col_40	*	3,93	0
Col_6 - Col_41	*	5,77	0
Col_6 - Col_42	*	6,97	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_6 - Col_43	*	8,06	0
Col_6 - Col_44	*	5,16	0
Col_6 - Col_45	*	13,06	0
Col_6 - Col_46	*	-5,61	0
Col_6 - Col_47	*	-7,36	0
Col_6 - Col_48	*	-8,46	0
Col_6 - Col_49	*	-5,1	0
Col_6 - Col_50	*	-5,66	0
Col_6 - Col_51	*	-5,79	0
Col_6 - Col_52	*	-5,23	0
Col_6 - Col_53	*	-6,04	0
Col_6 - Col_54	*	-4,34	0
Col_6 - Col_55	*	-6,16	0
Col_6 - Col_56	*	-8,41	0
Col_6 - Col_57	*	-5,48	0
Col_6 - Col_58	*	-4,83	0
Col_6 - Col_59	*	-2,63	0
Col_6 - Col_60	*	-0,25	0
Col_6 - Col_61	*	-1,12	0
Col_6 - Col_62	*	-7,15	0
Col_6 - Col_63	*	-5,23	0
Col_6 - Col_64	*	-0,6	0
Col_6 - Col_65	*	2,7	0
Col_6 - Col_66	*	-5,48	0
Col_6 - Col_67	*	-2,16	0
Col_6 - Col_68	*	-6,28	0
Col_6 - Col_69	*	1,63	0
Col_6 - Col_70	*	-9,8	0
Col_6 - Col_71	*	-4,17	0
Col_6 - Col_72	*	-2,61	0
Col_6 - Col_73	*	1,93	0
Col_6 - Col_74	*	1,08	0
Col_6 - Col_75	*	5,15	0
Col_6 - Col_76	*	1,54	0
Col_6 - Col_77	*	2,54	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_6 - Col_78	*	5,49	0
Col_6 - Col_79	*	7,01	0
Col_6 - Col_80	*	9,36	0
Col_6 - Col_81	*	9,62	0
Col_6 - Col_82	*	2,07	0
Col_6 - Col_83	*	2,99	0
Col_6 - Col_84	*	8,97	0
Col_7 - Col_8	*	-1,75	0
Col_7 - Col_9	*	-1,95	0
Col_7 - Col_10	*	3,77	0
Col_7 - Col_11	*	-1,65	0
Col_7 - Col_12	*	7,07	0
Col_7 - Col_13	*	7,25	0
Col_7 - Col_14	*	11,93	0
Col_7 - Col_15	*	12,16	0
Col_7 - Col_16	*	-7,37	0
Col_7 - Col_17	*	-9,16	0
Col_7 - Col_18	*	2,08	0
Col_7 - Col_19	*	-9,68	0
Col_7 - Col_20	*	-9,73	0
Col_7 - Col_21	*	-7,13	0
Col_7 - Col_22	*	0,7	0
Col_7 - Col_23	*	-1,64	0
Col_7 - Col_24	*	4,65	0
Col_7 - Col_25	*	4,6	0
Col_7 - Col_26	*	1,5	0
Col_7 - Col_27	*	11,09	0
Col_7 - Col_28	*	-0,87	0
Col_7 - Col_29	*	-7,62	0
Col_7 - Col_30	*	-1,87	0
Col_7 - Col_31	*	-2,62	0
Col_7 - Col_32	*	-1,16	0
Col_7 - Col_33	*	-9,36	0
Col_7 - Col_34	*	-6,53	0
Col_7 - Col_35	*	-4,69	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_7 - Col_36	*	0,16	0
Col_7 - Col_37	*	-4,4	0
Col_7 - Col_38	*	-5,89	0
Col_7 - Col_39	*	-2,59	0
Col_7 - Col_40	*	-2,18	0
Col_7 - Col_41	*	-0,34	0
Col_7 - Col_42	*	0,86	0
Col_7 - Col_43	*	1,95	0
Col_7 - Col_44	*	-0,95	0
Col_7 - Col_45	*	6,95	0
Col_7 - Col_46	*	-11,72	0
Col_7 - Col_47	*	-13,47	0
Col_7 - Col_48	*	-14,57	0
Col_7 - Col_49	*	-11,21	0
Col_7 - Col_50	*	-11,77	0
Col_7 - Col_51	*	-11,9	0
Col_7 - Col_52	*	-11,34	0
Col_7 - Col_53	*	-12,15	0
Col_7 - Col_54	*	-10,45	0
Col_7 - Col_55	*	-12,27	0
Col_7 - Col_56	*	-14,52	0
Col_7 - Col_57	*	-11,59	0
Col_7 - Col_58	*	-10,94	0
Col_7 - Col_59	*	-8,74	0
Col_7 - Col_60	*	-6,36	0
Col_7 - Col_61	*	-7,23	0
Col_7 - Col_62	*	-13,26	0
Col_7 - Col_63	*	-11,34	0
Col_7 - Col_64	*	-6,71	0
Col_7 - Col_65	*	-3,41	0
Col_7 - Col_66	*	-11,59	0
Col_7 - Col_67	*	-8,27	0
Col_7 - Col_68	*	-12,39	0
Col_7 - Col_69	*	-4,48	0
Col_7 - Col_70	*	-15,91	0
Col_7 - Col_71	*	-10,28	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_7 - Col_72	*	-8,72	0
Col_7 - Col_73	*	-4,18	0
Col_7 - Col_74	*	-5,03	0
Col_7 - Col_75	*	-0,96	0
Col_7 - Col_76	*	-4,57	0
Col_7 - Col_77	*	-3,57	0
Col_7 - Col_78	*	-0,62	0
Col_7 - Col_79	*	0,9	0
Col_7 - Col_80	*	3,25	0
Col_7 - Col_81	*	3,51	0
Col_7 - Col_82	*	-4,04	0
Col_7 - Col_83	*	-3,12	0
Col_7 - Col_84	*	2,86	0
Col_8 - Col_9	*	-0,2	0
Col_8 - Col_10	*	5,52	0
Col_8 - Col_11	*	0,1	0
Col_8 - Col_12	*	8,82	0
Col_8 - Col_13	*	9	0
Col_8 - Col_14	*	13,68	0
Col_8 - Col_15	*	13,91	0
Col_8 - Col_16	*	-5,62	0
Col_8 - Col_17	*	-7,41	0
Col_8 - Col_18	*	3,83	0
Col_8 - Col_19	*	-7,93	0
Col_8 - Col_20	*	-7,98	0
Col_8 - Col_21	*	-5,38	0
Col_8 - Col_22	*	2,45	0
Col_8 - Col_23	*	0,11	0
Col_8 - Col_24	*	6,4	0
Col_8 - Col_25	*	6,35	0
Col_8 - Col_26	*	3,25	0
Col_8 - Col_27	*	12,84	0
Col_8 - Col_28	*	0,88	0
Col_8 - Col_29	*	-5,87	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_8 - Col_30	*	-0,12	0
Col_8 - Col_31	*	-0,87	0
Col_8 - Col_32	*	0,59	0
Col_8 - Col_33	*	-7,61	0
Col_8 - Col_34	*	-4,78	0
Col_8 - Col_35	*	-2,94	0
Col_8 - Col_36	*	1,91	0
Col_8 - Col_37	*	-2,65	0
Col_8 - Col_38	*	-4,14	0
Col_8 - Col_39	*	-0,84	0
Col_8 - Col_40	*	-0,43	0
Col_8 - Col_41	*	1,41	0
Col_8 - Col_42	*	2,61	0
Col_8 - Col_43	*	3,7	0
Col_8 - Col_44	*	0,8	0
Col_8 - Col_45	*	8,7	0
Col_8 - Col_46	*	-9,97	0
Col_8 - Col_47	*	-11,72	0
Col_8 - Col_48	*	-12,82	0
Col_8 - Col_49	*	-9,46	0
Col_8 - Col_50	*	-10,02	0
Col_8 - Col_51	*	-10,15	0
Col_8 - Col_52	*	-9,59	0
Col_8 - Col_53	*	-10,4	0
Col_8 - Col_54	*	-8,7	0
Col_8 - Col_55	*	-10,52	0
Col_8 - Col_56	*	-12,77	0
Col_8 - Col_57	*	-9,84	0
Col_8 - Col_58	*	-9,19	0
Col_8 - Col_59	*	-6,99	0
Col_8 - Col_60	*	-4,61	0
Col_8 - Col_61	*	-5,48	0
Col_8 - Col_62	*	-11,51	0
Col_8 - Col_63	*	-9,59	0
Col_8 - Col_64	*	-4,96	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_8 - Col_65	*	-1,66	0
Col_8 - Col_66	*	-9,84	0
Col_8 - Col_67	*	-6,52	0
Col_8 - Col_68	*	-10,64	0
Col_8 - Col_69	*	-2,73	0
Col_8 - Col_70	*	-14,16	0
Col_8 - Col_71	*	-8,53	0
Col_8 - Col_72	*	-6,97	0
Col_8 - Col_73	*	-2,43	0
Col_8 - Col_74	*	-3,28	0
Col_8 - Col_75	*	0,79	0
Col_8 - Col_76	*	-2,82	0
Col_8 - Col_77	*	-1,82	0
Col_8 - Col_78	*	1,13	0
Col_8 - Col_79	*	2,65	0
Col_8 - Col_80	*	5	0
Col_8 - Col_81	*	5,26	0
Col_8 - Col_82	*	-2,29	0
Col_8 - Col_83	*	-1,37	0
Col_8 - Col_84	*	4,61	0
Col_9 - Col_10	*	5,72	0
Col_9 - Col_11	*	0,3	0
Col_9 - Col_12	*	9,02	0
Col_9 - Col_13	*	9,2	0
Col_9 - Col_14	*	13,88	0
Col_9 - Col_15	*	14,11	0
Col_9 - Col_16	*	-5,42	0
Col_9 - Col_17	*	-7,21	0
Col_9 - Col_18	*	4,03	0
Col_9 - Col_19	*	-7,73	0
Col_9 - Col_20	*	-7,78	0
Col_9 - Col_21	*	-5,18	0
Col_9 - Col_22	*	2,65	0
Col_9 - Col_23	*	0,31	0
Col_9 - Col_24	*	6,6	0
Col_9 - Col_25	*	6,55	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_9 - Col_26	*	3,45	0
Col_9 - Col_27	*	13,04	0
Col_9 - Col_28	*	1,08	0
Col_9 - Col_29	*	-5,67	0
Col_9 - Col_30	*	0,08	0
Col_9 - Col_31	*	-0,67	0
Col_9 - Col_32	*	0,79	0
Col_9 - Col_33	*	-7,41	0
Col_9 - Col_34	*	-4,58	0
Col_9 - Col_35	*	-2,74	0
Col_9 - Col_36	*	2,11	0
Col_9 - Col_37	*	-2,45	0
Col_9 - Col_38	*	-3,94	0
Col_9 - Col_39	*	-0,64	0
Col_9 - Col_40	*	-0,23	0
Col_9 - Col_41	*	1,61	0
Col_9 - Col_42	*	2,81	0
Col_9 - Col_43	*	3,9	0
Col_9 - Col_44	*	1	0
Col_9 - Col_45	*	8,9	0
Col_9 - Col_46	*	-9,77	0
Col_9 - Col_47	*	-11,52	0
Col_9 - Col_48	*	-12,62	0
Col_9 - Col_49	*	-9,26	0
Col_9 - Col_50	*	-9,82	0
Col_9 - Col_51	*	-9,95	0
Col_9 - Col_52	*	-9,39	0
Col_9 - Col_53	*	-10,2	0
Col_9 - Col_54	*	-8,5	0
Col_9 - Col_55	*	-10,32	0
Col_9 - Col_56	*	-12,57	0
Col_9 - Col_57	*	-9,64	0
Col_9 - Col_58	*	-8,99	0
Col_9 - Col_59	*	-6,79	0
Col_9 - Col_60	*	-4,41	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_9 - Col_61	*	-5,28	0
Col_9 - Col_62	*	-11,31	0
Col_9 - Col_63	*	-9,39	0
Col_9 - Col_64	*	-4,76	0
Col_9 - Col_65	*	-1,46	0
Col_9 - Col_66	*	-9,64	0
Col_9 - Col_67	*	-6,32	0
Col_9 - Col_68	*	-10,44	0
Col_9 - Col_69	*	-2,53	0
Col_9 - Col_70	*	-13,96	0
Col_9 - Col_71	*	-8,33	0
Col_9 - Col_72	*	-6,77	0
Col_9 - Col_73	*	-2,23	0
Col_9 - Col_74	*	-3,08	0
Col_9 - Col_75	*	0,99	0
Col_9 - Col_76	*	-2,62	0
Col_9 - Col_77	*	-1,62	0
Col_9 - Col_78	*	1,33	0
Col_9 - Col_79	*	2,85	0
Col_9 - Col_80	*	5,2	0
Col_9 - Col_81	*	5,46	0
Col_9 - Col_82	*	-2,09	0
Col_9 - Col_83	*	-1,17	0
Col_9 - Col_84	*	4,81	0
Col_10 - Col_11	*	-5,42	0
Col_10 - Col_12	*	3,3	0
Col_10 - Col_13	*	3,48	0
Col_10 - Col_14	*	8,16	0
Col_10 - Col_15	*	8,39	0
Col_10 - Col_16	*	-11,14	0
Col_10 - Col_17	*	-12,93	0
Col_10 - Col_18	*	-1,69	0
Col_10 - Col_19	*	-13,45	0
Col_10 - Col_20	*	-13,5	0
Col_10 - Col_21	*	-10,9	0
Col_10 - Col_22	*	-3,07	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_10 - Col_23	*	-5,41	0
Col_10 - Col_24	*	0,88	0
Col_10 - Col_25	*	0,83	0
Col_10 - Col_26	*	-2,27	0
Col_10 - Col_27	*	7,32	0
Col_10 - Col_28	*	-4,64	0
Col_10 - Col_29	*	-11,39	0
Col_10 - Col_30	*	-5,64	0
Col_10 - Col_31	*	-6,39	0
Col_10 - Col_32	*	-4,93	0
Col_10 - Col_33	*	-13,13	0
Col_10 - Col_34	*	-10,3	0
Col_10 - Col_35	*	-8,46	0
Col_10 - Col_36	*	-3,61	0
Col_10 - Col_37	*	-8,17	0
Col_10 - Col_38	*	-9,66	0
Col_10 - Col_39	*	-6,36	0
Col_10 - Col_40	*	-5,95	0
Col_10 - Col_41	*	-4,11	0
Col_10 - Col_42	*	-2,91	0
Col_10 - Col_43	*	-1,82	0
Col_10 - Col_44	*	-4,72	0
Col_10 - Col_45	*	3,18	0
Col_10 - Col_46	*	-15,49	0
Col_10 - Col_47	*	-17,24	0
Col_10 - Col_48	*	-18,34	0
Col_10 - Col_49	*	-14,98	0
Col_10 - Col_50	*	-15,54	0
Col_10 - Col_51	*	-15,67	0
Col_10 - Col_52	*	-15,11	0
Col_10 - Col_53	*	-15,92	0
Col_10 - Col_54	*	-14,22	0
Col_10 - Col_55	*	-16,04	0
Col_10 - Col_56	*	-18,29	0
Col_10 - Col_57	*	-15,36	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_10 - Col_58	*	-14,71	0
Col_10 - Col_59	*	-12,51	0
Col_10 - Col_60	*	-10,13	0
Col_10 - Col_61	*	-11	0
Col_10 - Col_62	*	-17,03	0
Col_10 - Col_63	*	-15,11	0
Col_10 - Col_64	*	-10,48	0
Col_10 - Col_65	*	-7,18	0
Col_10 - Col_66	*	-15,36	0
Col_10 - Col_67	*	-12,04	0
Col_10 - Col_68	*	-16,16	0
Col_10 - Col_69	*	-8,25	0
Col_10 - Col_70	*	-19,68	0
Col_10 - Col_71	*	-14,05	0
Col_10 - Col_72	*	-12,49	0
Col_10 - Col_73	*	-7,95	0
Col_10 - Col_74	*	-8,8	0
Col_10 - Col_75	*	-4,73	0
Col_10 - Col_76	*	-8,34	0
Col_10 - Col_77	*	-7,34	0
Col_10 - Col_78	*	-4,39	0
Col_10 - Col_79	*	-2,87	0
Col_10 - Col_80	*	-0,52	0
Col_10 - Col_81	*	-0,26	0
Col_10 - Col_82	*	-7,81	0
Col_10 - Col_83	*	-6,89	0
Col_10 - Col_84	*	-0,91	0
Col_11 - Col_12	*	8,72	0
Col_11 - Col_13	*	8,9	0
Col_11 - Col_14	*	13,58	0
Col_11 - Col_15	*	13,81	0
Col_11 - Col_16	*	-5,72	0
Col_11 - Col_17	*	-7,51	0
Col_11 - Col_18	*	3,73	0
Col_11 - Col_19	*	-8,03	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_11 - Col_20	*	-8,08	0
Col_11 - Col_21	*	-5,48	0
Col_11 - Col_22	*	2,35	0
Col_11 - Col_23	*	0,01	0
Col_11 - Col_24	*	6,3	0
Col_11 - Col_25	*	6,25	0
Col_11 - Col_26	*	3,15	0
Col_11 - Col_27	*	12,74	0
Col_11 - Col_28	*	0,78	0
Col_11 - Col_29	*	-5,97	0
Col_11 - Col_30	*	-0,22	0
Col_11 - Col_31	*	-0,97	0
Col_11 - Col_32	*	0,49	0
Col_11 - Col_33	*	-7,71	0
Col_11 - Col_34	*	-4,88	0
Col_11 - Col_35	*	-3,04	0
Col_11 - Col_36	*	1,81	0
Col_11 - Col_37	*	-2,75	0
Col_11 - Col_38	*	-4,24	0
Col_11 - Col_39	*	-0,94	0
Col_11 - Col_40	*	-0,53	0
Col_11 - Col_41	*	1,31	0
Col_11 - Col_42	*	2,51	0
Col_11 - Col_43	*	3,6	0
Col_11 - Col_44	*	0,7	0
Col_11 - Col_45	*	8,6	0
Col_11 - Col_46	*	-10,07	0
Col_11 - Col_47	*	-11,82	0
Col_11 - Col_48	*	-12,92	0
Col_11 - Col_49	*	-9,56	0
Col_11 - Col_50	*	-10,12	0
Col_11 - Col_51	*	-10,25	0
Col_11 - Col_52	*	-9,69	0
Col_11 - Col_53	*	-10,5	0
Col_11 - Col_54	*	-8,8	0
Col_11 - Col_55	*	-10,62	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_11 - Col_56	*	-12,87	0
Col_11 - Col_57	*	-9,94	0
Col_11 - Col_58	*	-9,29	0
Col_11 - Col_59	*	-7,09	0
Col_11 - Col_60	*	-4,71	0
Col_11 - Col_61	*	-5,58	0
Col_11 - Col_62	*	-11,61	0
Col_11 - Col_63	*	-9,69	0
Col_11 - Col_64	*	-5,06	0
Col_11 - Col_65	*	-1,76	0
Col_11 - Col_66	*	-9,94	0
Col_11 - Col_67	*	-6,62	0
Col_11 - Col_68	*	-10,74	0
Col_11 - Col_69	*	-2,83	0
Col_11 - Col_70	*	-14,26	0
Col_11 - Col_71	*	-8,63	0
Col_11 - Col_72	*	-7,07	0
Col_11 - Col_73	*	-2,53	0
Col_11 - Col_74	*	-3,38	0
Col_11 - Col_75	*	0,69	0
Col_11 - Col_76	*	-2,92	0
Col_11 - Col_77	*	-1,92	0
Col_11 - Col_78	*	1,03	0
Col_11 - Col_79	*	2,55	0
Col_11 - Col_80	*	4,9	0
Col_11 - Col_81	*	5,16	0
Col_11 - Col_82	*	-2,39	0
Col_11 - Col_83	*	-1,47	0
Col_11 - Col_84	*	4,51	0
Col_12 - Col_13	*	0,18	0
Col_12 - Col_14	*	4,86	0
Col_12 - Col_15	*	5,09	0
Col_12 - Col_16	*	-14,44	0
Col_12 - Col_17	*	-16,23	0
Col_12 - Col_18	*	-4,99	0
Col_12 - Col_19	*	-16,75	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_12 - Col_20	*	-16,8	0
Col_12 - Col_21	*	-14,2	0
Col_12 - Col_22	*	-6,37	0
Col_12 - Col_23	*	-8,71	0
Col_12 - Col_24	*	-2,42	0
Col_12 - Col_25	*	-2,47	0
Col_12 - Col_26	*	-5,57	0
Col_12 - Col_27	*	4,02	0
Col_12 - Col_28	*	-7,94	0
Col_12 - Col_29	*	-14,69	0
Col_12 - Col_30	*	-8,94	0
Col_12 - Col_31	*	-9,69	0
Col_12 - Col_32	*	-8,23	0
Col_12 - Col_33	*	-16,43	0
Col_12 - Col_34	*	-13,6	0
Col_12 - Col_35	*	-11,76	0
Col_12 - Col_36	*	-6,91	0
Col_12 - Col_37	*	-11,47	0
Col_12 - Col_38	*	-12,96	0
Col_12 - Col_39	*	-9,66	0
Col_12 - Col_40	*	-9,25	0
Col_12 - Col_41	*	-7,41	0
Col_12 - Col_42	*	-6,21	0
Col_12 - Col_43	*	-5,12	0
Col_12 - Col_44	*	-8,02	0
Col_12 - Col_45	*	-0,12	0
Col_12 - Col_46	*	-18,79	0
Col_12 - Col_47	*	-20,54	0
Col_12 - Col_48	*	-21,64	0
Col_12 - Col_49	*	-18,28	0
Col_12 - Col_50	*	-18,84	0
Col_12 - Col_51	*	-18,97	0
Col_12 - Col_52	*	-18,41	0
Col_12 - Col_53	*	-19,22	0
Col_12 - Col_54	*	-17,52	0
Col_12 - Col_55	*	-19,34	0
Col_12 - Col_56	*	-21,59	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_12 - Col_57	*	-18,66	0
Col_12 - Col_58	*	-18,01	0
Col_12 - Col_59	*	-15,81	0
Col_12 - Col_60	*	-13,43	0
Col_12 - Col_61	*	-14,3	0
Col_12 - Col_62	*	-20,33	0
Col_12 - Col_63	*	-18,41	0
Col_12 - Col_64	*	-13,78	0
Col_12 - Col_65	*	-10,48	0
Col_12 - Col_66	*	-18,66	0
Col_12 - Col_67	*	-15,34	0
Col_12 - Col_68	*	-19,46	0
Col_12 - Col_69	*	-11,55	0
Col_12 - Col_70	*	-22,98	0
Col_12 - Col_71	*	-17,35	0
Col_12 - Col_72	*	-15,79	0
Col_12 - Col_73	*	-11,25	0
Col_12 - Col_74	*	-12,1	0
Col_12 - Col_75	*	-8,03	0
Col_12 - Col_76	*	-11,64	0
Col_12 - Col_77	*	-10,64	0
Col_12 - Col_78	*	-7,69	0
Col_12 - Col_79	*	-6,17	0
Col_12 - Col_80	*	-3,82	0
Col_12 - Col_81	*	-3,56	0
Col_12 - Col_82	*	-11,11	0
Col_12 - Col_83	*	-10,19	0
Col_12 - Col_84	*	-4,21	0
Col_13 - Col_14	*	4,68	0
Col_13 - Col_15	*	4,91	0
Col_13 - Col_16	*	-14,62	0
Col_13 - Col_17	*	-16,41	0
Col_13 - Col_18	*	-5,17	0
Col_13 - Col_19	*	-16,93	0
Col_13 - Col_20	*	-16,98	0
Col_13 - Col_21	*	-14,38	0
Col_13 - Col_22	*	-6,55	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_13 - Col_23	*	-8,89	0
Col_13 - Col_24	*	-2,6	0
Col_13 - Col_25	*	-2,65	0
Col_13 - Col_26	*	-5,75	0
Col_13 - Col_27	*	3,84	0
Col_13 - Col_28	*	-8,12	0
Col_13 - Col_29	*	-14,87	0
Col_13 - Col_30	*	-9,12	0
Col_13 - Col_31	*	-9,87	0
Col_13 - Col_32	*	-8,41	0
Col_13 - Col_33	*	-16,61	0
Col_13 - Col_34	*	-13,78	0
Col_13 - Col_35	*	-11,94	0
Col_13 - Col_36	*	-7,09	0
Col_13 - Col_37	*	-11,65	0
Col_13 - Col_38	*	-13,14	0
Col_13 - Col_39	*	-9,84	0
Col_13 - Col_40	*	-9,43	0
Col_13 - Col_41	*	-7,59	0
Col_13 - Col_42	*	-6,39	0
Col_13 - Col_43	*	-5,3	0
Col_13 - Col_44	*	-8,2	0
Col_13 - Col_45	*	-0,3	0
Col_13 - Col_46	*	-18,97	0
Col_13 - Col_47	*	-20,72	0
Col_13 - Col_48	*	-21,82	0
Col_13 - Col_49	*	-18,46	0
Col_13 - Col_50	*	-19,02	0
Col_13 - Col_51	*	-19,15	0
Col_13 - Col_52	*	-18,59	0
Col_13 - Col_53	*	-19,4	0
Col_13 - Col_54	*	-17,7	0
Col_13 - Col_55	*	-19,52	0
Col_13 - Col_56	*	-21,77	0
Col_13 - Col_57	*	-18,84	0
Col_13 - Col_58	*	-18,19	0

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Col_13 - Col_59	*	-15,99	0
Col_13 - Col_60	*	-13,61	0
Col_13 - Col_61	*	-14,48	0
Col_13 - Col_62	*	-20,51	0
Col_13 - Col_63	*	-18,59	0
Col_13 - Col_64	*	-13,96	0
Col_13 - Col_65	*	-10,66	0
Col_13 - Col_66	*	-18,84	0
Col_13 - Col_67	*	-15,52	0
Col_13 - Col_68	*	-19,64	0
Col_13 - Col_69	*	-11,73	0
Col_13 - Col_70	*	-23,16	0
Col_13 - Col_71	*	-17,53	0
Col_13 - Col_72	*	-15,97	0
Col_13 - Col_73	*	-11,43	0
Col_13 - Col_74	*	-12,28	0
Col_13 - Col_75	*	-8,21	0
Col_13 - Col_76	*	-11,82	0
Col_13 - Col_77	*	-10,82	0
Col_13 - Col_78	*	-7,87	0
Col_13 - Col_79	*	-6,35	0
Col_13 - Col_80	*	-4	0
Col_13 - Col_81	*	-3,74	0
Col_13 - Col_82	*	-11,29	0

APÉNDICE D

TABLA DE GRADOS DE ESTERIFICACIÓN.

N. Pruebas	Tipo de ácido	Concentración [%]	Temp. de Hidrólisis [°C]	Tiempo de Hidrólisis [minutos]	Porcentaje de Esterificación [%]
1	Ac. Sulfúrico	0,5	80	60	59,4
2	Ac. Sulfúrico	0,5	80	90	41,96
3	Ac. Sulfúrico	0,5	80	120	40,1
4	Ac. Sulfúrico	0,5	86	60	50,3
5	Ac. Sulfúrico	0,5	86	90	52,12
6	Ac. Sulfúrico	0,5	86	120	58,38
7	Ac. Sulfúrico	0,5	92	60	52,27
8	Ac. Sulfúrico	0,5	92	90	54,02
9	Ac. Sulfúrico	0,5	92	120	54,22
10	Ac. Sulfúrico	0,5	98	60	48,5
11	Ac. Sulfúrico	0,5	98	90	53,92
12	Ac. Sulfúrico	0,5	98	120	45,2
13	Ac. Sulfúrico	1	80	60	45,02
14	Ac. Sulfúrico	1	80	90	40,34
15	Ac. Sulfúrico	1	80	120	40,11
16	Ac. Sulfúrico	1	86	60	59,64
17	Ac. Sulfúrico	1	86	90	61,43
18	Ac. Sulfúrico	1	86	120	50,19
19	Ac. Sulfúrico	1	92	60	61,95
20	Ac. Sulfúrico	1	92	90	62
21	Ac. Sulfúrico	1	92	120	59,4
22	Ac. Sulfúrico	1	98	60	51,57

23	Ac. Sulfúrico	1	98	90	53,91
24	Ac. Sulfúrico	1	98	120	47,62
25	Ac. Clorhídrico	0,5	80	60	47,67
26	Ac. Clorhídrico	0,5	80	90	50,77
27	Ac. Clorhídrico	0,5	80	120	41,18
28	Ac. Clorhídrico	0,5	86	60	53,14
29	Ac. Clorhídrico	0,5	86	90	59,89
30	Ac. Clorhídrico	0,5	86	120	54,14
31	Ac. Clorhídrico	0,5	92	60	54,89
32	Ac. Clorhídrico	0,5	92	90	53,43
33	Ac. Clorhídrico	0,5	92	120	61,63
34	Ac. Clorhídrico	0,5	98	60	58,8
35	Ac. Clorhídrico	0,5	98	90	56,96
36	Ac. Clorhídrico	0,5	98	120	52,11
37	Ac. Clorhídrico	1	80	60	56,67
38	Ac. Clorhídrico	1	80	90	58,16
39	Ac. Clorhídrico	1	80	120	54,86
40	Ac. Clorhídrico	1	86	60	54,45
41	Ac. Clorhídrico	1	86	90	52,61
42	Ac. Clorhídrico	1	86	120	51,41
43	Ac. Clorhídrico	1	92	60	50,32
44	Ac. Clorhídrico	1	92	90	53,22
45	Ac. Clorhídrico	1	92	120	45,32
46	Ac. Clorhídrico	1	98	60	63,99
47	Ac. Clorhídrico	1	98	90	65,74
48	Ac. Clorhídrico	1	98	120	66,84
49	Ac. Cítrico	1	80	60	63,48
50	Ac. Cítrico	1	80	90	64,04
51	Ac. Cítrico	1	80	120	64,17

52	Ac. Cítrico	1	86	60	63,61
53	Ac. Cítrico	1	86	90	64,42
54	Ac. Cítrico	1	86	120	62,72
55	Ac. Cítrico	1	92	60	64,54
56	Ac. Cítrico	1	92	90	66,79
57	Ac. Cítrico	1	92	120	63,86
58	Ac. Cítrico	1	98	60	63,21
59	Ac. Cítrico	1	98	90	61,01
60	Ac. Cítrico	1	98	120	58,63
61	Ac. Cítrico	2	80	60	59,5
62	Ac. Cítrico	2	80	90	65,53
63	Ac. Cítrico	2	80	120	63,61
64	Ac. Cítrico	2	86	60	58,98
65	Ac. Cítrico	2	86	90	55,68
66	Ac. Cítrico	2	86	120	63,86
67	Ac. Cítrico	2	92	60	60,54
68	Ac. Cítrico	2	92	90	64,66
69	Ac. Cítrico	2	92	120	56,75
70	Ac. Cítrico	2	98	60	68,18
71	Ac. Cítrico	2	98	90	62,55
72	Ac. Cítrico	2	98	120	60,99
73	Ac. Cítrico	3	80	60	56,45
74	Ac. Cítrico	3	80	90	57,3
75	Ac. Cítrico	3	80	120	53,23
76	Ac. Cítrico	3	86	60	56,84
77	Ac. Cítrico	3	86	90	55,84
78	Ac. Cítrico	3	86	120	52,89
79	Ac. Cítrico	3	92	60	51,37

80	Ac. Cítrico	3	92	90	49,02
81	Ac. Cítrico	3	92	120	48,76
82	Ac. Cítrico	3	98	60	56,31
83	Ac. Cítrico	3	98	90	55,39
84	Ac. Cítrico	3	98	120	49,41

ANEXOS

A. PROCESO DE OBTENCIÓN DE PECTINA

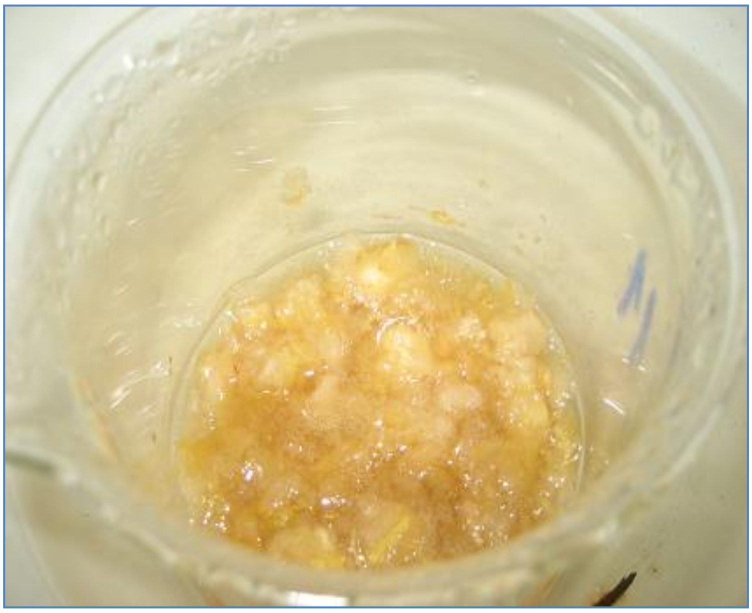


FIGURA 1.6.- INACTIVACIÓN ENZIMÁTICA A 60°C

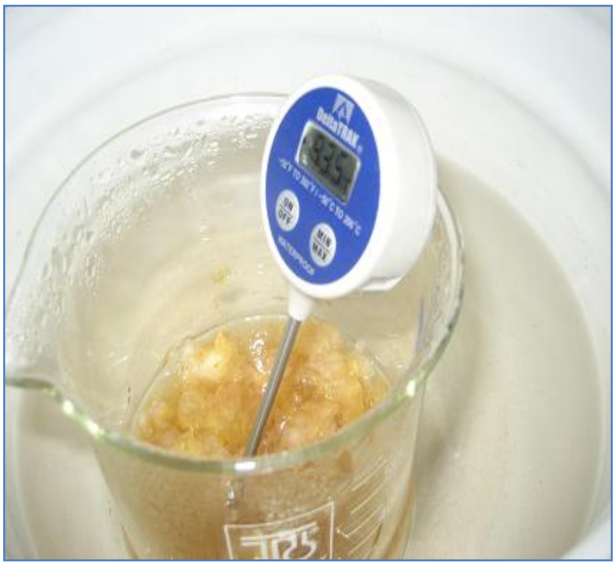


FIGURA 1.7.- HIDRÓLISIS ÁCIDA

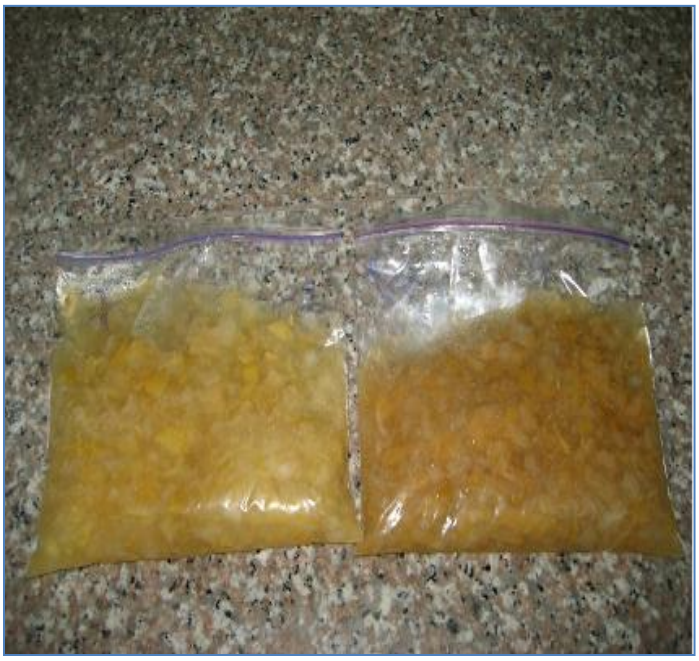


FIGURA 1.8.- CÁSCARAS HIDROLIZADAS

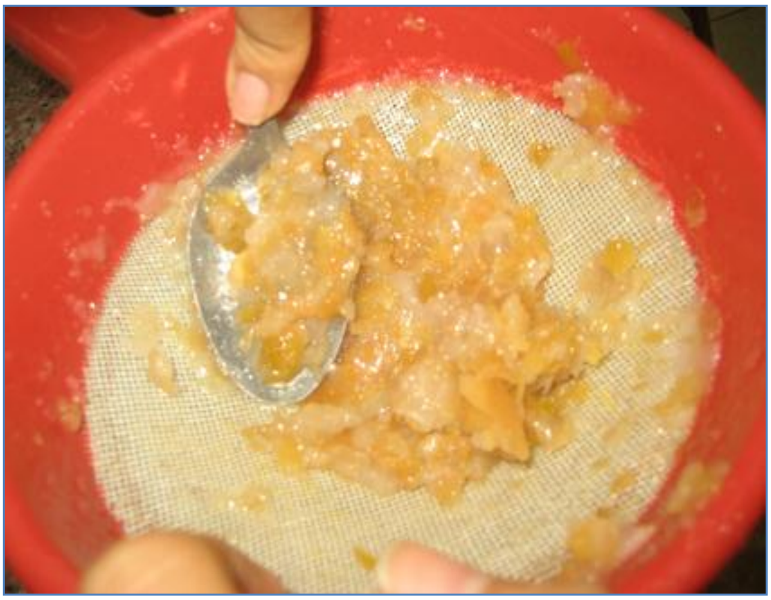


FIGURA 1.9.- SEPARACIÓN DEL ALBEDO (PARTE EXTERNA DE LA CÁSCARA)

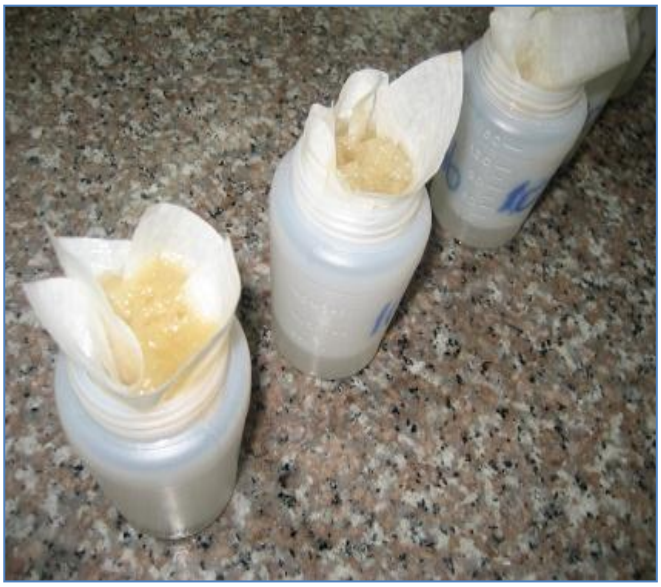


FIGURA 1.10.- PRECIPITACIÓN DE LA PECTINA CON ETANOL DE 95 GRADOS

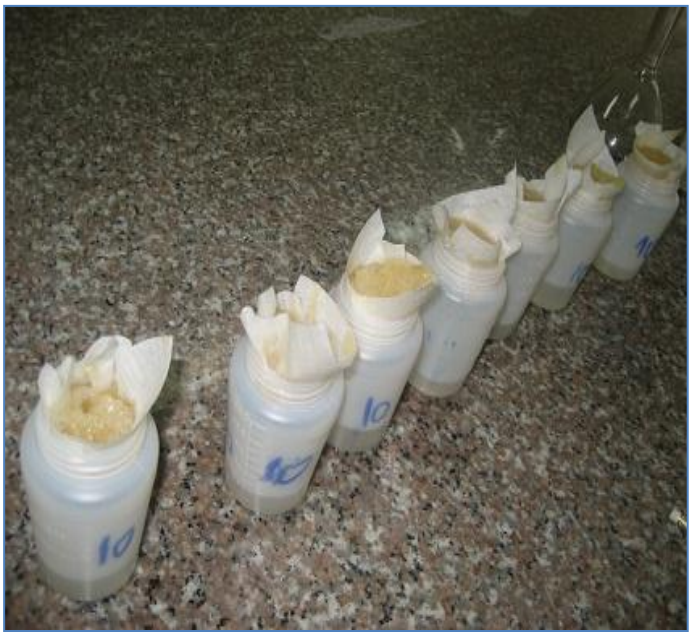


FIGURA 1.11.- ELIMINACIÓN DE ÁCIDOS CON ETANOL DE 60 GRADOS

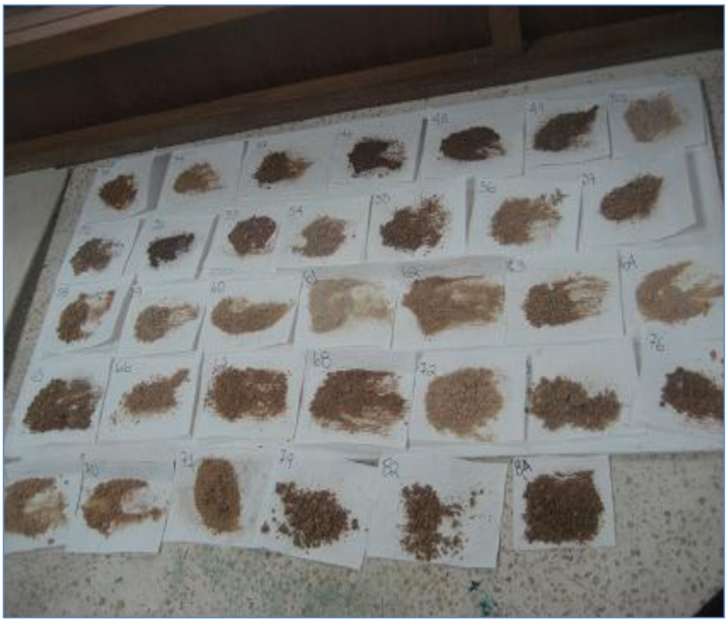


FIGURA 1.12.- PECTINA EN POLVO OBTENIDA EN LABORATORIO

FIGURA 1.13.- PECTINA EN POLVO COMERCIAL

BIBLIOGRAFÍA

1. ARAUZO INDIRA, Estudio Preliminar Para La Instalación De Una Planta Productora De Aceite Gourmet A Partir De Semillas De Maracuyá. Proyecto de Investigación de Ingeniería Industrial. Universidad de Lima. 2006

2. HUGUES CHRISTOPHER, Guía De Aditivos, Editorial Acribia. Zaragoza (España), 1994.

3. FENNEMA OWEN, Química de los Alimentos. Segunda Edición. Editorial Acribia, Zaragoza, España. Pág. 141-143.

4. COULTATE T., Alimentos. Química De Sus Componentes. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza (ESPAÑA).

5. RIVADENEIRA MARIELLA, “Extracción de pectina líquida a partir de cáscaras de Maracuyá (Passiflora edulis) y su aplicación en el desarrollo de un producto de humedad intermedia”. Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior politécnica Del Litoral. Guayaquil (Ecuador) 2009.

6. GRÜNAUER CECILIA, “Influencia del Secado sobre la Captación de Agua de Pectina extraída a partir del Citrus x Aurantifolia Swingle”. Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, escuela Superior politécnica Del Litoral. Guayaquil (Ecuador) 2009.

7. REINOSO BENJAMIN, OLLAGUE VICENTE, “Extracción y análisis experimental de la Pectina de las Cáscaras del Limón, Naranja y

Toronja”. Tesis, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil, Ecuador, 1976.

8. LOYOLA NELSON, PAVEZ PAULA, LILLO SERGIO, “Extracción De Pectina A Partir De Manzana (Malus Pumila)”. Facultad De Ciencias Agrarias Y Forestales, Departamento De Ciencias Agrarias. Universidad Católica Del Maule. Curicó. Chile.2010

9. DEVIA J., “Proceso para producir pectinas cítricas”. Proyecto, Universidad Eafit, Medellin Colombia. 2003

10. BELITZ, H.D., Y GROSCH W, Química De Los Alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia, Zaragoza (España).1977

11. DIAS MARÍA FERNANDA, DURAN FELIPE, Manual del Ingeniero de Alimentos. Editorial Grupo Latino Ltda. 2006

12. BADUI SALVADOR, Química de los Alimentos. Editorial AlambraMexicana, Mexico D.F, Mexico.

13. ULRICH GERHARDT, Aditivos e Ingredientes como adyuvantes de la <<Kutter>> emulgentes y estabilizadores de productos cárnicos. Editorial Acribia. Zaragoza (ESPAÑA).1994

14. CUBERO ALBERT, VILLALTA JORDI, Aditivos Alimentarios. Nuria. Coedicion A.Madrid Vicente. Ediciones Mundi-Prensa.2002

15. PIZA JAIME, Estudio preliminar de la obtención y caracterización de pectinas a partir de residuos de naranjas de la variedad criolla del

canton de Acosta. Proyecto de graduación, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. Costa Rica. 1984

16. DEVIA JORGE, Proceso para producir pectinas cítricas. Proyecto. Universidad Eafit, Medellin Colombia. 2003

17. FREDES CLAUDIO, LOYOLA NELSON, MUÑOZ JUAN, extracción de pectinas de vitis labrusca cv.concord para producir jaleas. Idesia (chile) volumen 27, no 3, septiembre-diciembre, 2009