

## AISLAMIENTO Y CARACTERIZACION DE LAS PECTINAS DE ALGUNAS VARIEDADES DE FRUTOS CITRICOS COLOMBIANOS

SALOMÓN FERREIRA A., Químico - Farmacéutico. Tecnólogo de Alimentos, MS. Profesor asociado.

### *INTRODUCCION*

*El desarrollo que las industrias farmacéuticas y de alimentos han alcanzado en los últimos años es muy notable. Dentro de la industria farmacéutica el aumento general del volumen de producción y en especial el de productos que utilizan pectina en su preparación (emulsiones, suspensiones, etc.), así como también el aumento de la producción de jaleas, mermeladas y de otros productos alimenticios en cuya preparación se utiliza pectina, especialmente pectina cítrica, ha hecho que el volumen de este producto, el cual tiene que ser importado en su totalidad para suplir las demandas nacionales, haya aumentado considerablemente.*

*La pectina juega papel muy importante en las frutas y hace posible la fabricación de jaleas y mermeladas. Como su naturaleza es compleja, variable y diferente en cada tipo de fruta y en cada variedad, y su utilización depende de su comportamiento en condiciones especiales y éste a su vez depende de su naturaleza, es necesario adelantar el estudio de las pectinas de frutas colombianas, especialmente de aquellas de importancia económica y de producción abundante en nuestro medio, para que al conocerlas podamos predecir su comportamiento y escoger así la mejor forma de utilizarlas.*

*Los frutos cítricos han sido producidos y consumidos en Colombia durante muchos años, en forma fresca como tal o en jugo o en forma procesada como jaleas, mermeladas, jugos, conservas, etc. La utilización industrial de los frutos cítricos dejó como ma-*

terial de desecho una gran proporción del peso total de la fruta, muy rica en pectinas y aceite esencial, la cual no es utilizada para obtener otros productos de uso en la alimentación o en la industria.

El incremento notable en la utilización técnica de los frutos cítricos, especialmente de la naranja dulce y del limón, hace que el volumen de estos materiales de desecho sea grande y en consecuencia la pérdida de este material vegetal, fuente potencial importante para la obtención de pectina y de aceite esencial de naranjas, sea también importante.

Como el país debe orientar sus esfuerzos hacia la utilización de sus recursos naturales y especialmente hacia la consecución de aquellos productos de fácil obtención y de cuyo suministro depende enteramente de otros países, se ha considerado importante conocer la calidad de las pectinas que podrían obtenerse a partir de algunas variedades de frutos cítricos colombianos.

Este trabajo incluye la evaluación de tres métodos diferentes de obtención de la pectina de varias variedades de frutos cítricos colombianos, el aislamiento, purificación, caracterización y análisis de las pectinas obtenidas y su comparación con otras pectinas cítricas importadas y utilizadas en la industria farmacéutica y la de alimentos.

Las muestras de frutos cítricos fueron gentilmente suministradas por el doctor Omar Marín, jefe del programa nacional de hortalizas y frutales del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en Palmira, Valle. Los trabajos fueron desarrollados en las instalaciones del Departamento de Farmacia de la Universidad Nacional. Las muestras de material de desecho de la obtención de jugo de naranja, fueron gentilmente suministradas por la Compañía Colombiana de Jugos Cítricos (Colcíticos) de Bogotá.

## MATERIALES Y METODOS

*Material vegetal.* Los frutos cítricos fueron cosechados en la granja experimental del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en Palmira. Fueron mantenidos en cuartos refrigerados y luego empacados debidamente en cajas de cartón y transportados por vía aérea a Bogotá. Se procedió inmediatamente a remover el flavedo, haciendo cortes circulares con cuchillos de acero inoxidable. Luego se desprendió el albedo, se colocó en bolsas plásticas con las tar-

jetas de identificación respectivas y se colocaron en un congelador con temperatura promedio de dos grados centígrados. Después se procedió a practicar las extracciones de las sustancias pécticas.

De cada muestra de frutos cítricos se guardaron 10-20 unidades, con las cuales se determinó el porcentaje en peso correspondiente al albedo y al flavedo en cada unidad, el jugo producido por unidad y su pH. Las variedades empleadas en este estudio son las siguientes:

- 1º Naranja Valle Washington (1).
- 2º Limón Eureka.
- 3º Naranja Lerma.
- 4º Naranja Valle Washington (2).
- 5º Grapefruit Foster.
- 6º Grapefruit Fletcher.

Además de las variedades enviadas por ICA, se recolectó el producto sobrante de la extracción del jugo de naranja, es decir, la naranja completa después de sufrir la presión de la máquina extractora del jugo, en el mismo lugar de extracción (Compañía de Jugos Cítricos Ltda. - Bogotá). Las naranjas recolectadas procedían de Pacho (Cundinamarca).

Estas naranjas fueron luego divididas por la mitad. Se removió el mesocarpo carnoso con ayuda de una cuchara metálica y el albedo se separó con ayuda de una mantequillera. Inmediatamente después se procedió a la extracción de las sustancias pécticas, empleando en este caso el método de extracción número 3, después de inactivar las enzimas por ebullición en alcohol de 95 grados durante 15 minutos. Esta muestra se denominó "muestra colcítricos".

Además se tomó como muestra patrón o de referencia, una pectina cítrica empleada en la preparación de productos farmacéuticos (Spécialité Pharmaceutique).

Las primeras dos variedades de frutas fueron recolectadas el 13 de septiembre de 1972 y las otras variedades fueron recolectadas el 5 de enero de 1973.

El material obtenido a partir de las dos primeras variedades a saber: Naranja Valle Washington y Limón Eureka, se sometió a tres diferentes métodos de la extracción de la pectina.

*Extracción de la pectina.* Los métodos de extracción empleados pueden verse, en forma esquemática, en los siguientes diagramas (figuras números 1, 2 y 3).

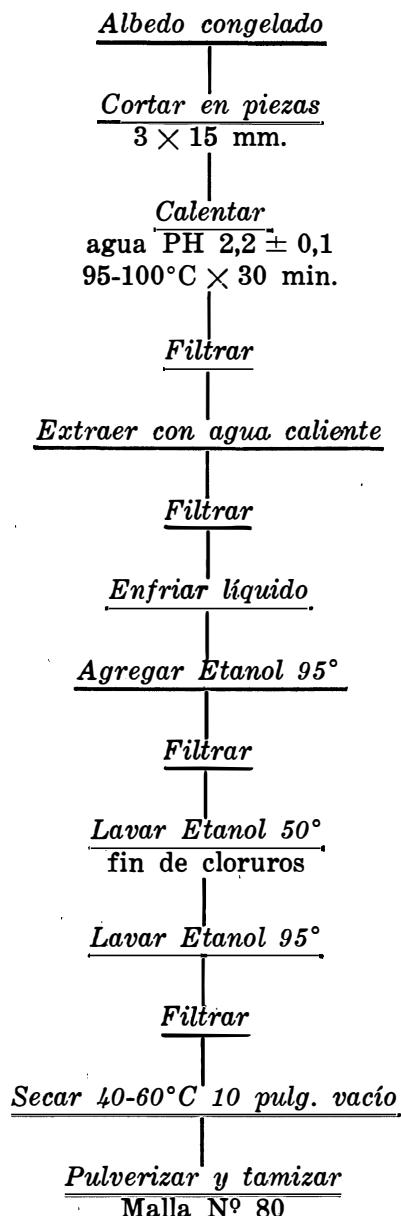


FIGURA N° 1. Método de Extracción de Pectina N° 1.

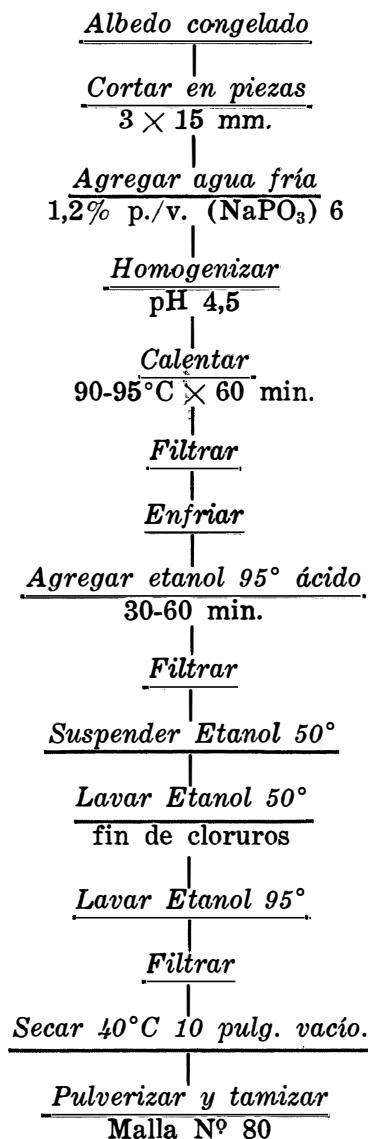


FIGURA N° 2. Método de Extracción de Pectina N° 2.

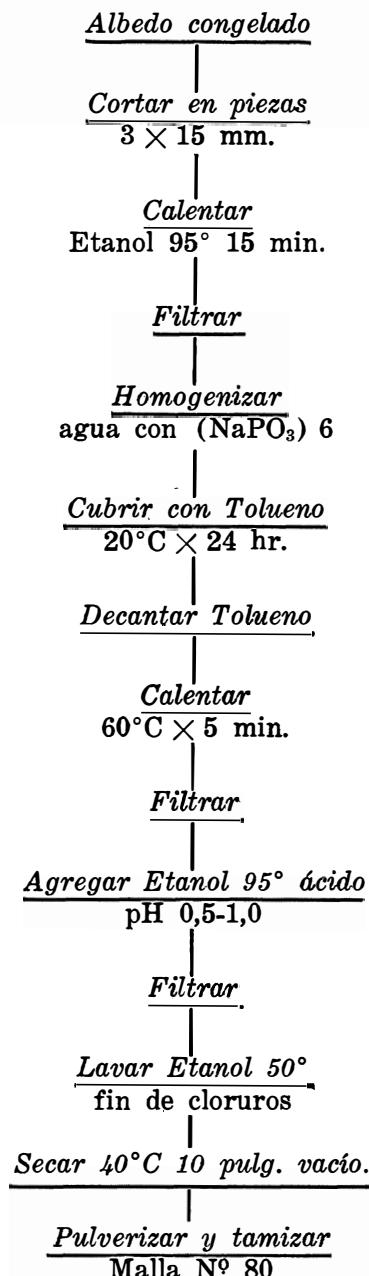


FIGURA Nº 3. Método de Extracción de Pectina Nº 3.

*Determinación del contenido de humedad.* Se hizo por secado del polvo malla 80 a 60 grados centígrados y 10 pulgadas de vacío.

*Determinación del contenido de cenizas.* Se hizo por calcinación del polvo malla 80 en una mufla a 600 grados centígrados durante 4 horas.

*Determinación de la alcalinidad de las cenizas.* Se determinó por titulación por retroceso del ácido clorhídrico empleado en la neutralización de los carbonatos.

*Determinación del contenido de ácido anhidrourónico (AUA).* Se empleó la técnica descrita por McComb y McCready (1). El método se basa en la medida de absorbancia a 520 mM de una solución de color rosado, el cual se desarrolla en presencia de ácido sulfúrico, carbazol y el galacturonido desesterificado.

Para la preparación de la curva de calibración se empleó ácido  $\alpha$ -D galacturónico monohidrato (R. A.) (Sigma Chemical Co.).

Con las muestras de pectina se procedió de igual manera que con las soluciones empleadas para obtener la curva de calibración, excepto que para las pectinas se hizo desesterificación con hidróxido de sodio y luego se liberó el galacturonano por hidrólisis con ácido sulfúrico, todo esto antes de agregar el reactivo de carbazol.

Para el cálculo del contenido de AUA se tuvo en cuenta que el peso molecular del ácido anhidrourónico (AUA) equivale al 83% del peso molecular del ácido galacturónico monohidrato (AGM).

*Determinación del peso equivalente y de la acidez libre.* El peso equivalente se determinó por medio de la técnica de Owens (2). El peso equivalente se calculó relacionando el peso de la muestra (mg.) y los miliequivalentes de hidróxido de sodio empleados en la titulación. La acidez libre se expresó como miliequivalentes de carboxilos libres por gramo.

*Determinación del contenido de metoxilo.* Se determinó con la solución empleada para la determinación de peso equivalente, después de hacer desesterificación del metoxilo con hidróxido de sodio 0,25 N; neutralizando la soda con ácido clorhídrico 0,25 N y titulando con hidróxido de sodio 0,1 N hasta pH 7,5.

El porcentaje de metoxilo se calculó por medio de la fórmula:

$$\% \text{ MeO} = \frac{\text{meq. de hidróxido de sodio} \times 31 \times 100}{\text{Peso de la muestra (mg.)}}$$

Donde 31 es el peso molecular del metoxilo ( $\text{CH}_3\text{O}^-$ ).

*Determinación del grado de esterificación.* Se basó en las determinaciones de acidez libre y de unidades metiladas, y se calculó por medio de la fórmula:

$$G.E. = \frac{\text{Carboxilos de urónico esterificados (meq./g.)} \times 100}{\text{Carboxilos totales de urónicos (meq./g.)}}$$

*Determinación del contenido de acetilo.* Se hizo siguiendo la técnica descrita por McComb y McCready (3) y se empleó un espectofotómetro Perkin Elmer Mod. 139, con celdas de cuarzo de 1,0 cm.

*Determinación de la viscosidad relativa.* Se hizo empleando un viscosímetro de Ostwald —Cannon— Fenske número 50, colocado en un baño de agua destilada a  $30 \pm 0,5^\circ C$  y empleando como líquido de referencia una solución que contiene 800 mg. de cloruro de sodio (R. A.) y 200 mg. de hexametafosfato de sodio por cada 100 ml. de solución acuosa.

*Determinación del tiempo de asentamiento y del grado de gelificación.* El tiempo de asentamiento se determinó empleando la técnica descrita por Joseph y Baier (4), utilizando para ello las jaleas preparadas para la determinación del poder de gelificación.

El grado de gelificación se determinó por medio de una adaptación del método 5-54 del Comité del IFT para estandarización de pectinas (5).

La técnica general de la determinación es la consignada en ese informe, pero el método se adaptó para el uso de una penetrómetro (Penetrómetro Universal de Precisión ASTM 217, Precision Scientific Co., Chicago, Illinois), con aguja de penetración ASTM.

El porcentaje de caída de la jalea y el grado de gelificación de la pectina se calcularon siguiendo el método descrito por Ferro y Casteblanco (6).

El control del contenido de sólidos solubles de las jaleas se hizo con un refractómetro (Refractómetro Abbe Mod. G. Jena) y el pH de las mismas se comprobó con un potenciómetro (Potenciómetro Metrohm Herisau Mod. E 350 B) con electrodos de vidrio y calomel.

*Determinación del contenido de calcio, magnesio y hierro.* Se hizo por absorción atómica en un aparato marca Perkin Elmer Mod. 303. Las concentraciones de los elementos se expresaron como miligramos de cada uno de ellos por 100 gramos de pectina libre de humedad.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

*El material vegetal.* El método de preparación del material para la extracción, permite obtener un albedo sin restos de flavedo, con lo cual se puede obtener pectinas blanquísimas, pero debido a su bajo rendimiento solo podría utilizarse como método de laboratorio.

Las características físicas de las frutas, el pH y la cantidad promedio de jugo por unidad, pueden observarse en la tabla Nº 1.

TABLA I

*Algunas características físicas de las frutas pH, y cantidad de jugo.*

Variedad	Peso promedio (g.)	% peso flavedo	% peso albedo	Jugo por unidad ml.	pH del jugo
V. Washington (1)	178,5	12,3	7,98	50	3,30
Limón Eureka	262,4	16,3	11,2	—	2,25
Naranja Lerma	176,9	13,3	7,5	46,5	4,0
V. Washington (2)	190	13,7	7,35	56,5	3,8
Grapefruit Foster	259	15,9	9,1	92	3,9
Grapefruit Fletcher	356	16,7	7,8	135	3,10

De acuerdo con la tabla anterior se puede concluir que el flavedo representa entre 12 y 17% del peso, mientras que el albedo corresponde a un 7-9% del peso. El pH del jugo varía entre 2,25 y 4,0 y se calcula que se puede obtener un vaso de jugo de naranja de tamaño usual (150 ml.) a partir de 3 naranjas V. Washington o Lerma.

El albedo de la variedad G. Foster tiene un color rosado y el pigmento es extraído parcialmente junto con la pectina, está presente en el material purificado y desaparece con el tiempo.

La tabla número 2 presenta los rendimientos brutos de pectina extraída de cada variedad.

Los resultados consignados en esta tabla ponen de manifiesto que el rendimiento bruto fluctúa entre 2,26% y 7,16% y los mayores valores se obtienen con las naranjas V. Washington (1) y (2), Lerma y la muestra comercial Colcíticos.

El rendimiento aumenta cuando las condiciones de extracción son más rígidas (pH, temperatura, etc.).

TABLA II

*Rendimiento de pectina extraída de cada variedad.*

Variedad	Método N°	Rendimiento bruto g./100 g. de albedo
Naranja V. Washington (1)	1	4,57
	2	3,70
	3	2,92
Limón Eureka	1	2,53
	2	2,54
Naranja Lerma	3	2,62
	3	4,13
Naranja V. Washington (2)	3	7,16
Grapefruit Foster	3	—
Grapefruit Fletcher	3	2,26
Muestra comercial "Colcíticos"	3	6,0

*Determinación del contenido de humedad, cenizas totales y carbonatos.* Los resultados obtenidos pueden observarse en la tabla número 3.

*Determinación del ácido anhidrourónico (AUA).* La tabla número 4 presenta los valores de contenido de ácido anhidrourónico en cada una de las muestras estudiadas.

Los valores se calcularon con relación al peso de muestra libre de humedad y de cenizas. Estos resultados permiten concluir que en el caso de la naranja V. Washington (1), el contenido de AUA no sigue un patrón definido y en el caso de la pectina de limón Eureka el contenido disminuye a medida que el medio de extracción es menos ácido y las condiciones de aislamiento son menos drásticas.

TABLA III  
*Analisis preliminares de las pectinas.*

Muestra	Humedad g./100 g.	Cenizas totales g./100 g.	Carbonatos g./100 g.	Cenizas Insol. g./100 g.
N-1	12,06	0,59	0,38	0,21
N-2	7,37	1,42	0,0	1,42
N-3	7,47	5,50	0,0	5,50
L-1	11,12	0,88	0,27	0,61
L-2	12,82	3,14	—	—
L-3	7,82	4,99	0,0	4,99
Patrón comercial	6,90	1,39	0,51	0,88
V. Washington (2)	0,19	0,62	0,54	0,08
Naranja Lerma	0,87	3,79	0,0	3,79
G. Foster	1,72	5,27	0,0	5,27
G. Fletcher	1,83	5,65	0,03	5,52
M. C. "Colcíticos"	0,18	1,37	0,0	1,37

TABLA IV

Contenido de ácido anhidrourónico (AUA).

Muestra Nº	Variedad	AUA g./100 g.
1	N-1	48,8
2	N-2	75,0
3	N-3	56,0
4	L-1	68,4
5	L-2	62,3
6	L-3	52,8
7	Patrón comercial	52,2
8	V. Washington (2)	42,8
9	G. Fletcher	74,4
10	G. Foster	68,2
11	N. Lerma	50,1
12	M. C. "Colcíticos"	46,2

Determinación del peso equivalente y de la acidez libre. Los resultados obtenidos, calculados con relación al peso de pectina libre de humedad y de cenizas, pueden apreciarse en la tabla Nº 5.

Estos valores permiten concluir que la acidez libre aumenta a medida que el pH del medio de extracción se hace menos ácido, y que el peso equivalente disminuye a medida que el medio se hace menos ácido y el procedimiento de extracción se vuelve menos drástico.

Los pesos equivalentes son relativamente elevados si se comparan con valores de 805 para pectina de lima (7), 800-1.000 para pectina de limón (8), 700-900 para pectina de guayaba (9) y 600-900 para pectina de papaya verde (10).

TABLA V

Peso equivalente y acidez libre.

Muestra Nº	Variedad	Peso equivalente	Acidez libre meq. carboxilos lib./g.
1	N-1	2.740	0,372
2	N-2	1.449	0,690
3	N-3	974	1,027
4	L-1	1.130	0,886
5	L-2	3.637	0,282
6	L-3	528	1,896
7	Patrón comercial	976	1,025
8	V. Washington (2)	887	1,129
9	G. Fletcher	928	1,089
10	G. Foster	827	1,089
11	N. Lerma	1.104	0,910
12	M. "Colcíticos"	1.149	0,844

*Determinación del porcentaje de metoxilo.* Los valores obtenidos, calculados con relación al peso de sustancia libre de humedad y de cenizas, pueden observarse en la tabla número 6.

Estos resultados permiten concluir que la mayoría de las muestras tienen menos del 7% de metoxilo y en consecuencia deben ser consideradas como de bajo porcentaje de metoxilo.

La pectina de naranja V. Washington (1), obtenida por el método de extracción número 3 (N-3), tiene alto porcentaje de metoxilo mientras que la obtenida por el mismo método a partir de la naranja V. Washington (2), tiene bajo porcentaje de metoxilo. Esto puede deberse a diferencias en las condiciones de cultivo, al grado de madurez y a la época de recolección de las muestras.

TABLA VI

*Determinación del porcentaje de metoxilo.*

Muestra Nº	Variedad	Porcentaje de metoxilo
1	N-1	5,52
2	N-2	10,17
3	N-3	7,95
4	L-1	8,36
5	L-2	5,11
6	L-3	6,19
7	Patrón comercial	5,88
8	N. Lerma	6,78
9	G. Fletcher	9,69
10	G. Foster	10,60
11	V. Washington (2)	4,50
12	M. "Colcíticos"	5,50

La extracción de la pectina de naranja V. Washington (1) por el método número 1 (muestra N-1), permite obtener un producto de bajo porcentaje de metoxilo en comparación con el porcentaje de las muestras obtenidas por los otros dos métodos (muestras N-2 y N-3).

Las pectinas de limón Eureka (muestra L-3), de naranja Lerma, V. Washington (2) y muestra comercial "Colcíticos", son de bajo porcentaje de metoxilo. Como el método de extracción número 3 permite obtener la pectina con el menor daño posible, es de suponer que es en este estado de bajo contenido de metoxilo como se encuentra en el material vegetal.

Las pectinas de G. Fletcher y G. Foster son de alto porcentaje de metoxilo y tienen los mayores valores entre las muestras analizadas.

*Determinación del grado de esterificación.* El grado de esterificación, expresado como porcentaje y con relación al peso de pectina libre de humedad y de cenizas, puede apreciarse en la tabla número 7.

TABLA VII  
*Grado de esterificación.*

Muestra Nº	Variedad	Grado de esterificación (%)
1	N-1	82,7
2	N-2	82,7
3	N-3	70,6
4	L-1	76,5
5	L-2	85,5
6	L-3	51,8
7	Patrón comercial	64,8
8	V. Washington (2)	57,2
9	N. Lerma	70,8
10	G. Foster	71,8
11	G. Fletcher	73,7
12	M. "Colcíticos"	67,4

Los resultados anteriores permiten concluir que las muestras N-1, N-2, L-1 y L-2 son de alto grado de esterificación (mayor de 74%).

Las muestras N-3 y L-3 son de bajo grado de esterificación. Las dos muestras de pectina de naranja V. Washington presentan diferentes grados de esterificación. La pectina de limón presenta menos grado de esterificación que la pectina de naranja.

*Determinación del contenido de acetilo.* Los valores de contenido de acetilo de las muestras de pectina libre de humedad y de cenizas pueden verse en la tabla número 8.

TABLA VIII

*Contenido de acetilo.*

Muestra Nº	Variedad	mcg./100 mcg. de pectina
1	N-1	0,46
2	N-2	0,33
3	N-3	0,47
4	L-1	0,49
5	L-2	0,40
6	L-3	0,31
7	Patrón comercial	0,20
8	V. Washington (2)	0,20
9	G. Fletcher	0,25
10	G. Foster	0,26
11	Naranja Lerma	0,45
12	M. "Colcíticos"	0,51

Estos valores permiten concluir que todas las muestras analizadas contienen acetilo y que los valores encontrados son superiores a los encontrados en la literatura (11). En la pectina de limón Eureka el contenido de acetilo disminuye a medida que el medio de extracción es menos ácido.

*Determinación de la viscosidad relativa.* Los resultados obtenidos pueden observarse en la tabla número 9.

TABLA IX  
*Determinación de la viscosidad relativa.*

Muestra Nº	Variedad	Viscosidad relativa	Viscosidad intrínseca
1	N-1	1,92	6,90
2	N-2	1,65	5,26
3	N-3	1,29	2,70
4	L-1	1,87	6,60
5	L-2	1,87	6,60
6	L-3	1,92	6,90
7	Patrón comercial	1,36	3,15
8	V. Washington (2)	1,44	3,80
9	N. Lerma	1,32	2,80
10	G. Fletcher	2,18	8,50
11	G. Foster	1,99	7,40
12	M. "Colcíticos"	1,71	5,60

Estos datos permiten concluir que para la pectina de naranja V. Washington (1) la viscosidad disminuye a medida que el medio de extracción es menos ácido. El efecto del método de extracción sobre la viscosidad de las soluciones de pectina de limón Eureka es despreciable. La pectina de naranja V. Washington (1) (muestra N-3) tiene menos poder viscosante que la pectina de naranja V. Washington (2).

La pectina de limón tiene mayor poder viscosante que la pectina de naranja. Las pectinas de G. Fletcher y G. Foster presentan los mayores poderes viscosantes. El patrón comercial presenta un poder viscosante muy parecido al de la pectina de naranja Lerma. La muestra comercial "Colcíticos" tiene un poder viscosante intermedio.

En general, se observa que a medida que aumenta el grado de esterificación de la pectina disminuye su poder viscosante.

*Determinación del tiempo de asentamiento y del grado de gelificación.* Los resultados obtenidos en la determinación del porcentaje de caída de una jalea estandar hecha con pectina cítrica de alto porcentaje de metoxilo y de 150 grados S. A. G., pueden observarse en la tabla número 10.

TABLA X  
*Porcentaje de caída de la jalea estandar.*

Muestra Nº	Caída pulgada	Porcentaje de caída	BRIX 20°C	pH de jalea
1	0,6496	21,00	64,6	2,70
2	0,6259	20,24	64,8	2,70
3	0,6417	20,75	64,6	2,60
4	0,6654	21,52	64,3	2,70
5	0,6220	20,12	65,0	2,70
6	0,6142	19,86	64,6	2,75
7	0,6260	20,25	64,8	2,60
8	0,6181	19,99	64,4	2,60

Porcentaje de caída promedio = 20,47.

Los resultados obtenidos en la determinación del poder gelificante de las pectinas cítricas extraídas y el patrón comercial pueden observarse en la tabla número 11.

TABLA XI

*Grado de gelificación de las pectinas.*

Muestra Nº	Variedad	T. Asentam. Min. 30°C	G. Gelfic. ° S.A. G.	BRIX 20°C	pH 20°C
1	N-1	—	—	—	—
2	N-2	2,0	68,9	64,6	3,10
3	N-3	2,62	N G	64,8	2,60
4	L-1	9,67	N G	64,0	2,20
5	L-2	9,67	N G	64,0	2,60
6	L-3	9,65	N G	65,3	2,20
7	V. Washington (2)	10,0	N G	64,6	2,60
8	N. Lerma	3,35	57	64,6	2,60
9	G. Fletcher	—	—	—	—
10	G. Foster	—	—	—	—
11	Patrón comercial	8,85	72,6	64,6	2,20
12	M. "Colcíticos"	4,88	N G	65,5	2,30

— La determinación no se llevó a cabo por carecer de cantidad suficiente para preparar la muestra.

N G. La muestra preparada según la técnica descrita no tenía suficiente consistencia para hacer la medida. En todos estos casos se tomó un grado supuesto de 65.

Los resultados anteriores permiten concluir que de todas las muestras estudiadas solo tres de ellas (N-2, N. Lerma y el patrón comercial) tienen un grado de gelificación susceptible de ser medido por el método empleado. Las otras muestras de pectina no produjeron jaleas con suficiente consistencia para efectuar la medición y tienen un grado de gelificación inferior a 65 grados S. A. G.

Sólo dos muestras (N-2 y N-3) permiten ser catalogadas decididamente como de rápido asentamiento. Las pectinas de N. Lerma y de la muestra comercial "Colcíticos" tienen un tiempo de asentamiento entre 3 y 5 minutos. Las otras muestras son de asentamiento relativamente lento.

Como en las condiciones de la determinación del grado de gelificación la mayoría de las muestras no gelificaron, podríamos suponer que esto puede deberse a las condiciones de pH de preparación de la jalea y a la concentración de sólidos de la jalea. Para obtener geles de consistencia aceptable deben emplearse concentraciones de azúcar entre 15 y 35%, adicionando además cloruro de calcio.

Las pectinas podrían utilizarse para hacer jaleas con bajo contenido de azúcar y bajo contenido calórico para obtener productos con asentamiento rápido, los cuales podrían utilizarse como alimentos dietéticos.

El examen detenido del método adaptado para permitir el uso del penetrómetro como aparato de medida permite concluir que si se toma la altura interior central del vaso empleado como recipiente para incubar las jaleas, expresada en grados penetrométricos, es posible hacer cálculos de la misma manera que se hizo con los valores correspondientes expresados en pulgadas. La tabla número 12 representa los valores de caída obtenidos para la jalea estandar hecha con pectina cítrica de 150 grados S. A. G., expresados en grados penetrométricos.

TABLA XII

*Porcentajes de caída de la jalea estandar.*

Muestra Nº	Caída Grad. Penet.	Porcentajes de caída
1	165	21,02
2	159	20,25
3	163	20,75
4	169	21,52
5	158	20,12
6	156	19,86
7	160	20,25
8	157	19,99

Porcentaje de caída promedio = 20,47.

Altura central del vaso = 785 grados penetrométricos.

1 grado penetrométrico = 0,1 mm.

Como se observa, el porcentaje de caída promedio obtenido con este procedimiento es igual al obtenido cuando las lecturas del penetrómetro se convierten a pulgadas, lo mismo que la altura interior central del vaso.

Este método de lectura directa permite eliminar la conversión de altura del recipiente y caída del gel, con lo cual se logra eliminar cálculos intermedios en la determinación.

*Determinación del contenido de calcio, hierro y magnesio.* Los resultados obtenidos en la determinación de estos elementos pueden observarse en la tabla número 13.

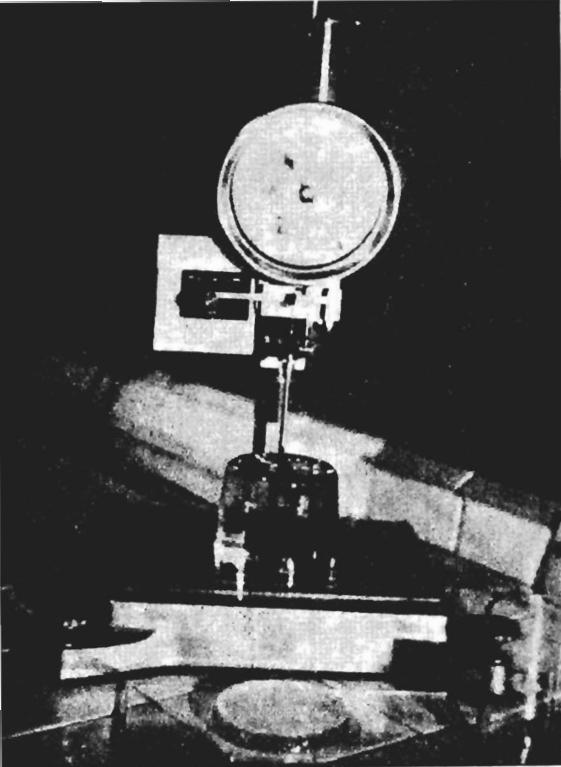


FIGURA No. 4

Medición del porcentaje de caída utilizando el penetrómetro universal.

FIGURA No. 5

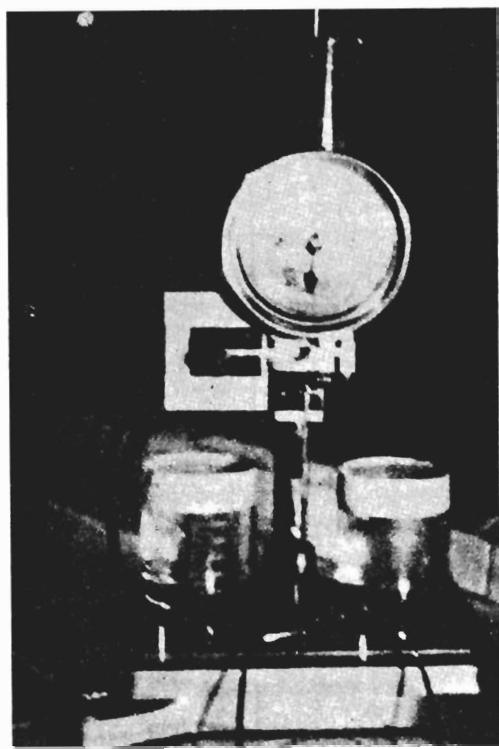


TABLA XIII

*Contenido de calcio, magnesio y hierro de las pectinas.*

Muestra Nº	Variedad	Calcio mg./100 g.	Magnesio mg./100 g.	Hierro mg./100 g.
1	N-1	62	1,37	4,83
2	N-2	151	1,94	9,39
3	N-3	350	16,13	5,93
4	L-1	56	1,85	3,35
5	L-2	403	14,34	3,98
6	L-3	359	15,68	3,62
7	V. Washington (2)	216	3,58	17,54
8	N. Lerma	402	9,38	3,93
9	G. Fletcher	1.965	40,21	18,25
10	G. Foster	498	9,20	18,91
11	M. "Colcíticos"	147	6,41	4,65
12	150° S.A.G.	155	3,64	4,37

Los resultados anteriores permiten observar un aumento del contenido de calcio a medida que el medio de extracción se hace menos ácido y se aproxima a 4,5.

El limón produjo pectinas con mayor contenido de calcio que las pectinas de naranja.

La muestra denominada "Colcíticos", tiene un contenido de calcio muy parecido al de la pectina cítrica de 150° S. A. G. (Sunkist Growers), la cual se tomó para comparación en la determinación de los elementos inorgánicos.

Las dos pectinas extraídas de naranja V. Washington tienen contenido de calcio muy diferente. Las mayores concentraciones de este elemento corresponden a las pectinas de G. Fletcher y de G. Foster y la primera de ellas tiene el mayor contenido de calcio de las muestras analizadas.

El contenido de magnesio aumenta a medida que el pH del medio de extracción se aproxima a 4,5. Las pectinas de limón contienen más magnesio que las de naranja. Entre las muestras examinadas el mayor contenido de magnesio corresponde a la pectina de G. Fletcher.

La muestra comercial "Colcíticos", contiene aproximadamente dos veces el contenido de magnesio de la muestra patrón de 150° S. A. G. Las pectinas de naranja V. Washington (1) (N-3) y V. Washington (2) tienen contenidos de magnesio en relación de 4:1.

El contenido de hierro es mucho menor que el de calcio y menor que el de magnesio, en las muestras analizadas.

Las pectinas de limón contienen menos hierro que las de naranja. Las pectinas de naranja V. Washington (1) (N-3) y V. Washington (2), tienen contenido de hierro en relación de 1:3. Entre las muestras analizadas, las pectinas de G. Fletcher y G. Foster tienen el más alto contenido de hierro, el cual es hasta 6 veces más grande que dicho contenido de las pectinas de naranja y de limón.

La muestra comercial "Colcíticos" tiene un contenido de hierro muy similar al de la pectina patrón y al de la pectina de la muestra N-3.

Se recomienda continuar el estudio de las pectinas de materiales cítricos de desecho, provenientes del procesamiento de frutas cítricas, así como también continuar el estudio de las pectinas de frutos cítricos sin procesar, para determinar sus características y establecer las posibilidades técnico-económicas de obtención industrial.

Es interesante acometer el estudio del comportamiento de las pectinas obtenidas frente al calcio, cobre y hierro, elementos que hacen parte de los instrumentos de trabajo en el procesamiento de frutas para jaleas y mermeladas, así como también adelantar el estudio del comportamiento reológico de las pectinas en presencia de sustancias con y sin acción biológica, presentes en preparaciones farmacéuticas líquidas que contengan pectina.

## RESUMEN

Este trabajo describe los métodos utilizados para extraer, purificar y caracterizar las pectinas presentes en algunas variedades de frutos cítricos colombianos y las relaciones entre los métodos de extracción y la calidad de las pectinas obtenidas. Se incluye una adaptación del penetrómetro para determinar el poder de gelificación de las pectinas.



## SUMMARY

This paper describes the methods used for extracting, purifying and characterizing the pectins of several varieties of Colombian citrus fruits and the relationships between the methods of extraction and the quality of the pectins obtained. An adaptation

of the penetrometer for determining the jellying power of the pectins is also included.

### RÉSUMÉ

Nous décrivons les méthodes d'extraction, de purification et d'identification des pectines présentes dans certains variétés de fruits citriques colombiens, ainsi que l'influence des paramètres d'extraction sur les qualités des pectines. Nous avons adapté un pénétromètre pour déterminer le pouvoir de gélification des pectines.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. McCOMB, E. A.; MCCREADY, R. M.; Colorimetric determination of Pectic Substances, *Anal. Chem.*; *24*, 1630, 1952.
2. OWENS, H. S.; MCCREADY, R. M. y *Col. Methods used at the Western Regional Research Laboratory for extraction and analysis of Pectic Materials*, U. S. D. A.; *Bur. Agri. Ind. Chem.* - AIC-340, 1952.
3. McCOMB, E. A.; MCCREADY, R. M. Determination of Acetyl in Pectin and in Acetylated Carbohydrate Polymers, *Anal. Chem.*; *29*, 819, 1957.
4. JOSEPH, G. H.; BAIER, W. E. Methods of determining the firmness and Setting time of Pectin test Jellies, *Food Technology*, *3*, 18, 1949.
5. I. F. T., Committee on Pectin Standardization. Final Report on the I. F. T. Committee, *Food Technology*, *13*, 496, 1959.
6. FERRO, R. M. L.; CASTEBLANCO, R. H. Extracción y caracterización de la Pectina de dos Variedades de Guayaba (*Psidium guajava* L.); *Tecnología*, II, Nº 57, 30, 1969.
7. SHRIVAS, S. R.; PRUTHI, J. S.; SIDDAPPA, G. S. Effect of Stage of maturity of Fruit and Storage Temperature on the Volatile oil and pectin content of Fresh limes; *Food Science*, *12*, 340, 1963.
8. CHALIHA, B. P.; BARNA, A. D.; SIDDAPPA, G. S. Assam lemon as a Source of Pectin. Part I: Effect of method and pomace on the recovery and quality of pectin; *Indian Food Packer*, *17*, Nos. 3, 1, 1963.
9. PRUTHI, J. S.; MOOKERJI, K. K.; LAL, G. Studies on the Dehydration of Guava for Subsequent Recovery of Pectin during off-season; *Central Food Tech. Res. Inst.*, India, 1960.
10. BHATIA, B. S.; KHISHNAMURTHY, G. V.; LAL, G. Preparation of Pectin from raw papaya (*Carica Papaya*) by aluminium chloride precipitation method; *Food Technology*; *13*, 553, 1959.
11. SCHULTZ, T. H. Determination of acetate ester content by alkaline hydrolysis followed by distillation and titration of the liberated acetid acid, *Methods Carbohydrate Chem.* *5*, 187, 1965.