

¿Acaso es como un río
 que en sus cristalinas aguas lleva
 las flores del campo,
 o como la música del aire
 que tiernamente mueve las hojas del árbol?

Es un cofre que atesora
 la luz de un hermoso amanecer,
 la tristezga de un ocaso sin razón
 y el lecho de una ilusión
 destrozada por la verdad.

Es alegría... es tristezga,
 es risa... es llanto;
 en ocasiones tiene el aspecto de un pantano
 que en sus tórridas aguas esconde
 odio, venganza y egoísmo;
 pero que ante la fuerza del amor y la fe
 se convierte en una cristalina fuente
 de paz, esperanza y ternura
 que ilumina los sueños de unos ojos
 abiertos a la ilusión.

Es como la eterna ola del mar,
 que llega impetuosa
 trayendo consigo estrellas y quimeras,
 para luego irse
 arrastrándolas hasta lo más profundo
 e inalcanzable de sus retañas,
 pero que en su alegre ir y venir
 trae después de mucho tiempo
 las flores que el río depositara un día
 en la inmensidad del mar.

Es...

la vida



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE.

Pág.

RESUMEN.

I.	INTRODUCCION.	1
I.1	LA FAMILIA LEGUMINOSAE (LEGUMINOSAS).	1
I.1.1	CARACTERISTICAS DEL FRIJOL.	2
I.2	EL PROCESO DE COCCION.	6
I.3	TEXTURA DE LA SEMILLA	10
I.4	COMPOSICION DE LA PARED CELULAR.	12
I.5	PECTINAS: CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS.	14
I.5.1	PROPIEDADES DE LAS PECTINAS.	14
I.6	MODELOS DE COCCION.	16
I.7	ANTECEDENTES INMEDIATOS.	18
II.	HIPOTESIS.	21
III.	OBJETIVO.	22
IV.	MATERIAL Y METODO.	23
IV.1	REACTIVOS.	23
IV.2	EQUIPO.	23
IV.3	MATERIAL BIOLÓGICO.	23
IV.4	EXTRACCION DE PECTINAS TOTALES.	24
IV.5	EXTRACCION FRACCIONADA DE PECTINAS.	25
IV.6	DETERMINACION DE PECTINAS.	27
IV.7	VOLUMEN DE LOS FRIJOLES.	30
IV.8	DETERMINACION DE LA DUREZA.	32

	Pág.
IV.9 COCCION DE LOS FRIJOLES.	32
IV.10 PRUEBAS ESTADISTICAS.	34
V. RESULTADOS Y DISCUSION.	36
V.1 CALIDAD CULINARIA DE LA SEMILLA DE FRIJOL.	36
V.2 EXTRACCION DE PECTINAS TOTALES.	42
V.2.1 PECTINAS (MG/SEMILLA) EXTRAIDAS CON HEXAMETAFOSE- FATO DE SODIO DE LAS SEIS VARIETADES DE FRIJOL MEXICANO.	42
V.2.2 PECTINAS (MG/G) EXTRAIDAS CON HEXAMETAFOSEFATO DE SODIO DE LAS SEIS VARIETADES DE FRIJOL ME- XICANO.	45
V.3 EXTRACCION FRACCIONADA DE PECTINAS.	49
V.3.1 PECTINAS (MG/SEMILLA) EXTRAIDAS CON AGUA Y CON HIDROXIDO DE SODIO DE LAS SEIS VARIETADES DE FRIJOL MEXICANO.	50
V.3.2 PECTINAS (MG/G) EXTRAIDAS CON AGUA Y CON HIDRO- XIDO DE SODIO DE LAS SEIS VARIETADES DE FRIJOL MEXICANO.	53
VI. CONCLUSIONES.	65
VII. BIBLIOGRAFIA.	66

INDICE DE FIGURAS, DIAGRAMAS, GRAFICAS Y TABLAS.

Pág.

Figura 1.	Semilla de frijol. A: vista lateral externa. B: vista externa del borde.	4
Figura 2.	Semilla de frijol abierta, mostrando el embrión.	5
Tabla 1.	Áreas cultivadas con frijol y su producción esperada en algunos estados de la República Mexicana.	7
Figura 3.	Estructura de la pared celular.	13
Figura 4.	Fórmula de la molécula de pectina.	15
Diagrama 1.	Método para la extracción del total de pectinas presentes en el frijol.	26
Diagrama 2.	Método para la extracción de pectinas con agua bidestilada.	28
Diagrama 3.	Método para la extracción de pectinas con hidróxido de sodio (continuación del diagrama 2).	29
Gráfica 1.	Curva patrón.	31
Tabla 2.	Algunas características de las semillas de seis variedades de frijol mexicano.	33
Gráfica 2.	Tiempos de cocción de las semillas de seis variedades de frijol.	38

	Pág.
Tabla 3. Dureza de 4 variedades de frijol re mojado por 18 horas.	40
Tabla 4. Dureza de 4 variedades de frijol re mojado por 18 horas y cocido por 30 minutos.	40
Tabla 4.A. Resultado del análisis de varianza rea- lizado con los datos de dureza en frijol remojado por 18 horas (tabla 3) y en frijol remojado por 18 horas y cocido por 30 minutos (tabla 4), comparando variedad contra variedad en ambos tratamientos.	41

Tablas de contenido de pectina en testa y cotiledones de seis variedades de frijol:

Tabla 5. Contenido de pectinas (mg/semilla) extraídas con hexametáfosfato de sodio.	44
Tabla 6. Contenido de pectinas (mg/g) ex- traídas con hexametáfosfato de so- dio.	47
Tabla 6.A. Resultado del análisis de varianza realizado con los datos de las extrac- ciones de pectina con hexametáfosfato de sodio (mg/semilla, tabla 5 y mg/g, tabla 6) comparando valores de testa	

	contra cotiledones para cada variedad, así como valores de testa, de cotiledo- nes y totales, variedad contra variedad para cada uno de estos tres casos, en ambos tratamientos.	48
Tabla 7.	Contenido de pectinas (mg/grano) so- lubles en agua y de pectinas solubles en hidróxido de sodio.	52
Tabla 8.	Contenido de pectinas (mg/g) solu- bles en agua, de pectinas solubles en hidróxido de sodio.	55
Tabla 8.A.	Resultado de la prueba de T para mues- tras pareadas realizada con los datos de la extracción fraccionada de pectina (mg/semilla, tabla 7 y mg/g, tabla 8) comparando valores de pectina extraída con agua contra valores de pectina ex- traída con hidróxido de sodio: de testa y de cotiledones para cada variedad.	56
Tabla 8.B.	Resultado del análisis de varianza rea- lizado con los datos de la extracción de pectina con agua y la extracción de pecti- na con hidróxido de sodio (mg/semilla, ta- bla 7 y mg/g, tabla 8), comparando varie- dad contra variedad en testa y en cotile- dones para ambos tratamientos.	57

	PÁG.
Tabla 9. Cantidad de pectinas (mg/grano) solubles en agua e hidróxido de sodio.	59
Tabla 9.A. Resultado de la prueba de T para muestras independientes realizada con los datos de la extracción con agua más hidróxido de sodio. (mg/semilla, tabla 9) comparando valores de testa contra valores de cotiledones para cada variedad.	60
Tabla 9.B. Resultados de la prueba de T para muestras independientes comparando datos de extracción con agua más hidróxido de sodio (tabla 9) contra datos de extracción con hexametáfosfato de sodio (tabla 5) mg/semilla, en testa y en cotiledones de cada variedad.	61
Tabla 10. Porcentaje de pectinas solubles e insolubles.	63

RESUMEN.

Una de las fuentes importantes de alimento para consumo humano la constituye el frijol, cuya aceptabilidad depende de su calidad culinaria, la cual está dada por el tiempo que tarda la semilla en suavizarse (tiempo de cocción).

Cuando la semilla es sometida al proceso de cocción se provocan cambios en la textura de la misma como resultado de alteraciones producidas a nivel celular, tanto en la testa como en los cotiledones del frijol. Para explicar lo anterior se ha propuesto que la suavización del frijol ocurre debido a la fractura y solubilización de la lamela media, que son inducidas por la despolimerización térmica de las pectinas.

En este trabajo se extrajeron las pectinas de las semillas de seis variedades de frijol mexicano y se trató de establecer una relación entre la cantidad y/o el tipo de pectinas extraídas con la calidad culinaria de las semillas.

Para conocer la cantidad y el tipo de pectinas se realizó la extracción de pectinas totales y la extracción fraccionada de las mismas; en cuanto a la calidad culinaria, ésta fué medida por el tiempo de cocción de las semillas y por la dureza de éstas después de un tiempo de remojo y cocción determinados.

Se obtuvo como resultado que las variedades que poseen buena calidad culinaria son Michigan, Negro Veracruz y Negro Jamapa, mismas que presentan bajos contenidos de pectina total, lo cual podría plantear una relación entre calidad culinaria y contenido de pectina total.

Así mismo se encontró que las variedades con buena calidad culinaria muestran menor contenido de pectina altamente metilada en cotiledones, pero no fué posible establecer una relación entre los demás tipos de pectina existentes en la semilla y la calidad culinaria, por lo que no es posible afirmar que la distribución o tipo de pectina influyan en la calidad culinaria de las semillas de frijol.

I. INTRODUCCION.

El frijol es nativo de América, probablemente del centro de México y Guatemala; en México se han encontrado evidencias de su existencia desde hace 5000 años, en el Valle de Tehuacán, estado de Puebla (Reyes, 1992). Es una planta que pertenece a la familia Leguminosae, de la cual se habla enseguida.

I.1 LA FAMILIA LEGUMINOSAE (LEGUMINOSAS).

La familia Leguminosae es una de las tres familias más grandes, con 600 géneros y 12000 especies. En esta familia están representadas todas las principales formas de crecimiento: hierbas tanto anuales como perennes, arbustos, enredaderas y árboles (Rost, 1988), que se encuentran distribuidas por todo el mundo, en climas tropicales y templados; sus raíces tienen nudosidades que encierran bacterias del género Rhizobium, con las cuales viven en simbiosis. Las plantas que pertenecen a esta familia presentan hojas alternas, generalmente compuestas; poseen flores hermafroditas en inflorescencia racimosa; el fruto es una vaina dehiscente o indehiscente, y las semillas carecen de endospermo, o bien éste queda reducido a una delgada capa. (Ruíz, 1977).

Se trata de una familia muy importante, pues proporciona alimentos a los seres humanos y a los animales. Muchas leguminosas se utilizan con fines ornamentales, desde los árboles sombra hasta las flores cortadas. Algunas especies tropicales producen maderas para trabajos finos de ebanistería. (Rost, 1988; Ruíz, 1977).

I.11 CARACTERISTICAS DEL FRIJOL.

El frijol, llamado también judía, alubia, habichuela, poroto, etc. es una planta herbácea y anual, cuyas numerosas variedades prosperan sobre todo en climas templados; se da a muy distintas alturas, desde el nivel del mar hasta los 3000 m. Presenta una raíz típica en la que se notan nudosidades bacterianas que fijan el nitrógeno atmosférico. El tallo puede ser corto y robusto o, más frecuentemente, rastrero y voluble, con pelos cortos y rígidos que favorecen la adhesión a su soporte. Las hojas, exceptuando las dos primeras, son compuestas, alternas, pecioladas, de color verde claro y provistas de estípulas. Las flores tienen forma amariposada y su color es variable en las diferentes especies (rojo, blanco, púrpúreo, etc.) y están agrupadas en racimos que salen de las axilas foliares; su caliz es pequeño, con cinco sépalos y la corola es dialipétala; los estambres son diez, de los cuales nueve están unidos por sus filamentos y uno permanece libre; el ovario es unicarpelar, unilocular y con muchos óvulos. El fruto es una vaina o legumbre (ejote) colgante, recta o arqueada, comprimida, gibosa y mucronada, que se abre en dos valvas. Las semillas son de forma variable, generalmente reniforme, más o menos comprimidas y algunas veces redondeadas o esféricas. Según éstas se distinguen numerosas variedades de frijol, como amarillo, blanco, bayo, negro, etc., entre las cuales se forman incontables híbridos. (Ruíz, 1977).

La semilla, que se desarrolla a partir de un óvulo, en la madurez consta de las siguientes partes: el embrión y la cubierta de la semilla, o testa. Externamente presenta el hilico, el

micrópilo y el rafe; el hilio es una gran cicatriz ovalada que aparece en el lugar donde la semilla estaba unida al funículo (cordoncillo del óvulo que contiene tejido vascular), el micrópilo es una pequeña abertura de la cubierta de la semilla que se localiza a un lado del hilio y que correspondía en el óvulo al orificio a través del cual entraba el tubo polínico, el rafe es un borde situado a un lado del hilio y opuesto al micrópilo y representa la base del funículo (figura 1) (Esau, 1972; Rost, 1988).

Al retirar la testa de un frijol remojado, lo que queda al descubierto es el embrión, constituido por el eje embrionario, el cual está formado por el hipocótilo o talluelo que tiene en un extremo un primordio radical llamado radícula y, en el otro los cotiledones y un ápice con las primeras hojas denominado plúmula (figura 2) (Esau, 1972; Bewley, 1985).

El papel del frijol en la alimentación del pueblo mexicano es muy importante, es consumido por todas las clases sociales y constituye junto con el maíz la base de la alimentación sobre todo de las poblaciones rurales de nuestro país, donde aporta hasta el 30% de la proteína en su dieta (Morales, 1992). El frijol es fuente de proteínas y de hidratos de carbono, su contenido de fibras solubles contribuye al desplazamiento de los alimentos a través del aparato digestivo, es también fuente de algunas vitaminas (tiamina, riboflavina, niacina, vitamina B₆, ácido fólico) de ciertos nutrimentos inorgánicos (calcio, hierro, cobre, zinc, fósforo, potasio, magnesio) y de ácidos grasos (Reyes, 1992).

De la planta de frijol también se emplean las semillas y los

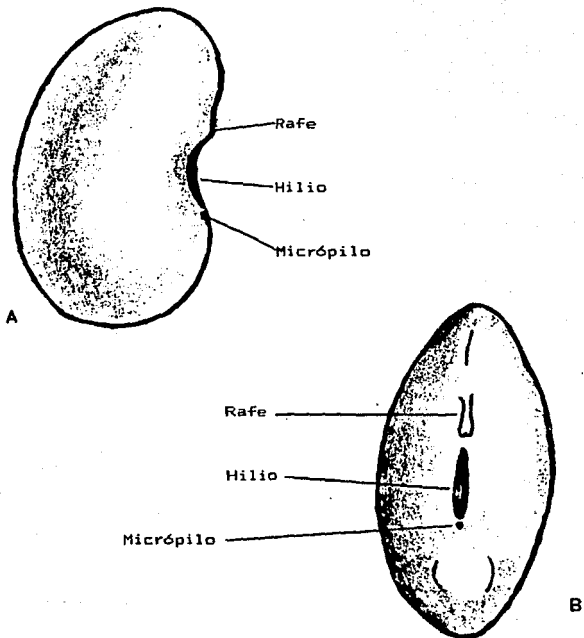


Figura 1. Semilla de frijol. A: vista lateral externa.
B: vista externa del borde.

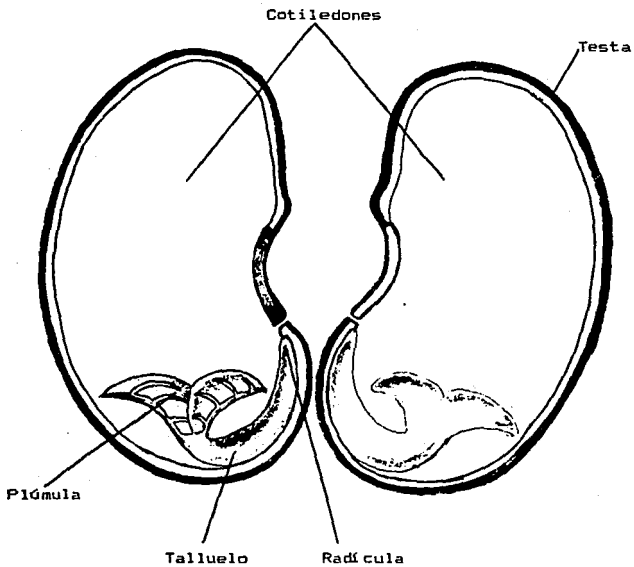


Figura 2. Semilla de frijol abierta, mostrando el embrión.

frutos cuando aún no han madurado (ejotes). Sus raíces, asociadas a bacterias simbióticas (Rhizobium phaseoli), enriquecen los terrenos con sustancias nitrogenadas, por lo cual se acostumbra sembrar frijol junto con el maíz cuyas cañas ofrecen sostén a los tallos volubles del primero, o bien se practican "cultivos rotatorios" debido a la capacidad fertilizante de esta leguminosa (Ruíz, 1977).

México es el segundo país productor de frijol en el mundo y el primero en América Central y América del Norte, con un promedio anual de 968 mil toneladas y 1 millón 800 mil hectáreas, en los últimos 5 años, con rendimientos promedios de 550 kg/ha, aunque con riego se han obtenido rendimientos de hasta 1200 kg/ha (Reyes, 1992). En la tabla 1 se presentan áreas de cultivo con frijol y su producción en algunos estados de la República Mexicana.

1.2 EL PROCESO DE COCCION.

La cocción es probablemente el procedimiento más antiguo de preparación de frijoles, incluye el remojo del grano previo a la cocción y un tiempo de ebullición determinado.

Durante dicho proceso el frijol se suaviza, desarrolla un sabor y aroma agradables y pierde toxicidad, volviéndose digerible (Reyes, 1992; Stanley y Aguilera, 1985). Así pues, la calidad culinaria del grano de frijol está dada por su comportamiento en el remojo y su facilidad para la cocción (ablandamiento de la semilla).

Un método utilizado por las amas de casa para valcrar la dureza del frijol cocido consiste en presionar la semilla entre

Tabla 1. Areas cultivadas con frijol y su producción esperada en algunos estados de la República Mexicana.

Estado.	Areas cultivadas. (hectáreas)	Producción esperada. (toneladas)
Sinaloa	8050	9825
Nayarit	4972	7458
Durango	2050	1025
Tamaulipas	1400	880
Chihuahua	900	1075
Sonora	600	700
Nuevo León	500	500
Guanajuato	250	300
San Luis Potosí	250	500

los dedos índice y pulgar; cuando los cotiledones son suaves, ceden a una ligera presión y están libres de granulosidades, se considera que el frijol está cocido (Reyes, 1992).

Durante el proceso de cocción, ocurren cambios estructurales y químicos en la semilla de frijol; en la primera fase (el remojo de la semilla a temperatura ambiente) los granos de almidón se hidratan y aumentan su volumen, (Sefa-Dedeh y Stanley, 1979). Además la adhesión intercelular de la semilla disminuye a causa de la hidratación de los polisacáridos de la pared celular (Rao y Lund, 1977, in Castillo, 1990), lo que da como resultado la disminución en la dureza de la semilla.

En la segunda fase (el tratamiento térmico que es necesario para la cocción), el calor aplicado induce en la semilla los cambios estructurales que conducen a su ablandamiento (Stanley y Aguilera, 1985), dichos cambios son: la gelatinización de los gránulos de almidón (Hanh et al., 1977), que se realiza paulatinamente conforme se incrementa la temperatura hasta llegar al punto de ebullición (Rockland, 1977, in Castillo, 1990); remoción parcial de los polifenoles, (Bressani et al., 1983, in Castillo, 1990), y la fractura y solubilización de la lamela media (Sefa-Dedeh y Stanley, 1979), todo esto conduce a daños mecánicos como puede ser el estallido celular y, finalmente, a la pérdida de rigidez o dureza.

Las diferencias en tiempos de cocción que se observan al compararse distintas variedades de frijol recién cosechado son debidas a factores inherentes a la semilla, los cuales son influenciados directamente por aspectos genéticos y ambientales; mientras que en frijoles almacenados dichas diferencias se deben a

condiciones de almacenamiento inapropiadas como temperatura y humedad relativa del ambiente altas, aunado ésto a largos tiempos de almacenamiento lo cual provoca cambios indeseables que alteran negativamente su calidad; esos cambios se manifiestan principalmente en el color (la testa del frijol endurecido es más oscura y opaca que la del fresco), en la necesidad de largos tiempos de cocción, en la presencia de olor y sabor desagradables y en la disminución de la eficiencia proteínica (González, 1982; Reyes, 1992), con lo que disminuye su aceptabilidad para el consumo.

Es posible entonces introducir los términos dureza y endurecimiento: dureza se refiere a los tiempos de cocción que presentan los frijoles recién cosechados, mientras que el endurecimiento provoca un aumento en el tiempo de cocción originado por condiciones inadecuadas de almacenamiento; a este respecto se sabe que todas las semillas de legumbres, almacenadas bajo condiciones de temperatura y humedad altas, progresivamente pierden su capacidad para ablandarse durante la cocción (Morris, 1963, in Ramírez, 1990). El endurecimiento de las semillas representa un problema nutricional para las poblaciones que dependen del frijol para suplir gran parte de las proteínas de su dieta y un problema económico y energético si se toma en consideración el costo del combustible y el largo tiempo de cocción necesario para ablandar los frijoles almacenados, por lo que baja mucho la aceptación del grano por el consumidor (Dos Santos, 1985).

La suavización de la semilla dependerá principalmente de cambios físicos y químicos de sus constituyentes celulares, como

son los almidones, las proteínas, los lípidos, los fenoles y, desde el punto de vista estructural, la pared celular y su lamela media. De ahí que los posibles mecanismos que expliquen el proceso de cocción deben involucrar aspectos físicos, químicos y bioquímicos de dos de las principales partes anatómicas de la semilla: la testa y los cotiledones.

I.3 TEXTURA DEL LA SEMILLA.

La textura es definida en el presente trabajo como una medida de la dureza de la semilla y se expresa como la fuerza necesaria para comprimir las semillas de frijol (Kg/semilla). La textura del frijol y de los alimentos en general, es resultado de su microestructura, la cual depende de las fuerzas físicas existentes entre los componentes químicos celulares (Stanley, 1986). La textura de la semilla se ve influenciada por el proceso de absorción de agua ocurrido durante el remojo de la misma, de tal manera que existe cierta correlación entre la capacidad de hidratación y la dureza de la semilla (Elias,1982).

Así pues, es importante mencionar que la absorción de agua por la semilla se realiza en dos pasos, primero la penetración del agua a través de la testa y en seguida la penetración y difusión uniforme del agua en los cotiledones; de esta forma, la testa es la primera barrera que enfrenta el agua antes de penetrar hacia el interior de la semilla.

Con respecto a la penetración del agua a través de la testa, Sefa-Dede y Stanley (1979) reportan que los cambios de textura asociados con el remojo y la absorción de agua en leguminosas son

influenciados por características anatómicas como estructura y grosor de la testa, tamaño del hilio y naturaleza y tamaño del micrópilo. Estos investigadores remojan semillas de frijol y encuentran que la velocidad con la cual se hidratan es diferente, sin embargo todas las variedades estudiadas, independientemente del grosor de su testa mostraron una fase rápida de ablandamiento y una siguiente fase en la que hay pequeños cambios en la dureza de las semillas.

Por otra parte, el efecto del calor durante el proceso de cocción, altera las propiedades físicas de la semilla, como resultado de catalizar algunas reacciones que influyen su textura. En resumen, el proceso de cocción está relacionado a cambios en la microestructura de la semilla y, se provoca inicialmente por la presencia del agua durante el período de remojo y, posteriormente, por el efecto adicional del calor usado durante la etapa de cocción (Elias, 1982).

Los procesos de cocimiento para los alimentos son: cocciones, deshidrataciones, emulsificaciones, aislamientos, etc., todos ellos causan cambios en sus propiedades físicas y microestructurales y, en consecuencia, en su textura (Stanley, 1986).

Se ha considerado que la adhesión intercelular es controlada por las sustancias pécticas de la lamela media, por lo que al estudiar las causas que determinan la textura de algún alimento durante su procesamiento es importante analizar la cantidad y tipo de pectinas que forman la lamela media.

I.4 COMPOSICION DE LA PARED CELULAR.

La pared celular es una estructura de las células vegetales cuya función principal es de soporte (Greulach, 1970). Muchos de los polisacáridos presentes en las plantas se encuentran en las paredes celulares, las cuales cuando están completamente desarrolladas poseen tres capas: pared primaria, pared secundaria y lamela media.

Las paredes celulares son un complejo tejido de microfibrillas de celulosa colocadas en una matriz amorfa constituida principalmente de sustancias pécticas, lignina y hemicelulosas, proteínas y agua. (Davies, et al., 1969; Van Buren, 1979) (Figura 3).

La lamela media forma una capa amorfa intercelular entre las paredes primarias de células adyacentes; es la estructura que mantiene juntas y rígidas a las células individuales, está compuesta en su mayor parte de pectina.

La estructura molecular de la pared celular y de la lamela media juega un importante papel en el cambio de textura durante la cocción (Van Buren, 1979); la celulosa de la pared celular le confiere rigidez y resistencia ante la ruptura, mientras que las sustancias pécticas y las hemicelulosas le proporcionan plasticidad.

Por su parte, la lamela media siendo la porción exterior de las células tiene un papel primario en la adhesión intercelular y, las pectinas, al constituir gran parte de la pared celular y de la lamela media contribuyen a la fuerza mecánica de la pared y a la adhesión entre las células (Van Buren, 1979).

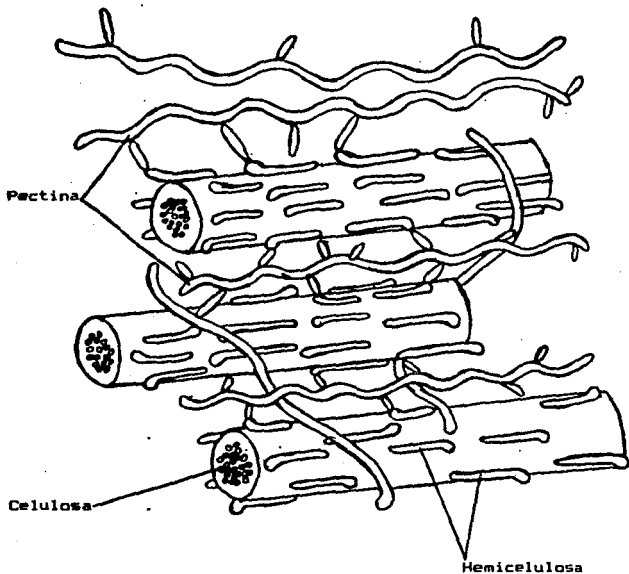


Figura 3. Estructura de la pared celular.

1.5 PECTINAS: CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS.

La pectina es una sustancia viscosa, coloidal, que se puede extraer de los tejidos vegetales por calentamiento y presión, se encuentra en los vegetales como polímero complejo de ácido galacturónico unido por enlaces glucosídicos α -1,4, (figura 4) (Davies et al., Gonda et al., 1988; Van Buren, 1979).

Existen tres tipos principales de sustancias pécticas: las propectinas, polímeros de alto peso molecular insolubles en agua, pero solubles en hexametáfosfato de sodio, los ácidos pectínicos o pectinas altamente metiladas solubles en agua y los ácidos pécticos o pectinas poco metiladas (pectatos) que pueden interaccionar con iones y cuya solubilidad depende de la cantidad de cationes asociados con ellos (Robertson, 1979; McFeeters y Armstrong, 1984; Konno et al. 1984; Hudson y Buescher, 1986). De dichas sustancias pécticas, el ácido péctico es el más sencillo, ya que se trata simplemente de una cadena no ramificada de unidades de ácido D-galacturónico y constituye la base de las restantes. Los ácidos pectínicos son ácidos pécticos en los que del 50 al 90% de los grupos carboxilo están esterificados con metanol (Van Buren, 1979) y ello influye en la estabilidad y solubilidad del polímero, de manera que la solubilidad aumenta con el grado de metilación.

1.5.1 PROPIEDADES DE LAS PECTINAS.

Lo que confiere a las distintas pectinas sus propiedades es su grado de metilación (Hudson y Buescher, 1986), su peso molecular y el número de entrecruzamientos con otros polímeros

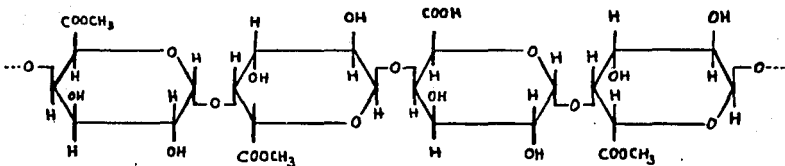


Figura 4. Fórmula de la molécula de pectina.

(Gonda et al., 1988), así como la proporción de cada uno de los diferentes tipos de pectinas y otros polisacáridos que forman parte de la lamela media (Goto, 1989).

Las pectinas contribuyen a la adhesión entre las células del parénquima de los vegetales y confieren fuerza mecánica a los tejidos, de tal forma que el ablandamiento de los vegetales durante la cocción se afecta considerablemente por las propiedades de las pectinas (Fuchigami, 1987B).

Una de las propiedades más notables de los compuestos pécticos es su capacidad para formar geles a bajas concentraciones, por lo cual son utilizadas comercialmente como agentes gelificantes. Esa propiedad de las pectinas para formar geles depende de la longitud de las cadenas de ácido galacturónico y de su grado de metilación.

Entre los polisacáridos que constituyen a la pared celular, las pectinas son las más susceptibles a la degradación inducida por el calor, por lo que se ha propuesto que la termosensibilidad que presentan las pectinas está relacionada con la solubilización de la lamela media (Loh et al., 1982, in Castillo, 1990).

1.6 MODELOS DE COCCION.

El modelo de cocción más aceptado en la actualidad propone que para que se suavicen el frijol u otras leguminosas, debe ocurrir la fractura y solubilización de la lamela media (Hanh et al., 1977; Rockland et al., 1977, in Castillo, 1990), lo cual llevaría a la separación de las células de los cotiledones y de la testa y con ello a la pérdida de rigidez de la semilla. Este

modelo no explica la forma ni los factores que permiten la fractura y solubilización de las pectinas de la lamela media: sin embargo, se ha propuesto que dicha solubilización se puede llevar a cabo por la acción de los quelantes citoplasmáticos (Kon y Sanshuck, 1981, in Castillo, 1990; Moscoso et al., 1984), y/o por un recambio en los iones divalentes por monovalentes (Van Buren, 1986) y/o por la termosensibilidad que presenten las pectinas (Loh et al., 1982, in Castillo, 1990).

El proceso basado en los quelantes citoplasmáticos propone al ácido fítico como principal responsable de la solubilización de las pectinas ya que, por su carga negativa, es una molécula capaz de interactuar con los iones calcio y magnesio (Lolas y Markakis, 1977, in Castillo, 1990) que forman parte de los pectatos de la lamela media (quienes le confieren parte de su rigidez e insolubilidad), dando lugar a fitatos de calcio o de magnesio, que serían insolubles (Cheryan, 1980, in Castillo, 1990) y a pectatos de sodio y potasio, que serían solubles (Moscoso et al., 1984, in Castillo, 1990), permitiendo así que la estructura de la lamela media sea más laxa y que la semilla se suavice (Moscoso et al., 1984, in Castillo, 1990). Para que esto sucediera el ácido fítico tendría que difundir hacia el exterior de la célula, ya que se encuentra en los cuerpos proteicos del citoplasma, mientras que los iones de calcio con los que tendría que interactuar se encuentran en la lamela media de las células formando eslabones entre los grupos carboxilo de las cadenas adyacentes de ácido galacturónico, (Van Buren, 1979; Barnes y Patchett, 1976, in Van Buren, 1979).

Las proteínas son otras de las moléculas que podrían actuar

como quelantes de los cationes de la lamela media en la célula y lo harían en forma similar a lo descrito para el ácido fítico (Castillo, 1990).

Por lo que respecta al mecanismo de recambio de iones, esta teoría postula que se requiere el cambio de iones divalentes (calcio y magnesio) que dan insolubilidad a los pectatos, por iones monovalentes (sodio y potasio), pues la cantidad de iones calcio y magnesio asociados a los pectatos está en relación directa con el ablandamiento de las semillas, y al ser sustituidos por los iones antes mencionados daría lugar a pectatos de sodio y potasio, que son solubles.

Finalmente se menciona el modelo que considera que la estructuración y composición de las sustancias pécticas de la lamela media determinan las características de ablandamiento, fracturabilidad y resistencia de la semilla de frijol durante la cocción. Dicho modelo propone que el ablandamiento que se presenta durante la cocción del frijol se debe a la despolimerización térmica de las pectinas (solubilización de ellas por acción del calor), lo cual induciría al fracturamiento del polímero de ácido galacturónico, permitiendo su solubilización (Loh y Breene, 1982; Loh et al., 1982, in Castillo, 1990).

1.7 ANTECEDENTES INMEDIATOS.

De acuerdo con Castillo (1990), se puede decir que el proceso de cocción del frijol no parece estar relacionado con los contenidos de ácido fítico presentes en la semilla, ya que el ácido no abandona la semilla durante la cocción ni cambia sus

propiedades de solubilidad, lo cual sugiere que la unión del ácido fítico con los cationes de la lamela media no se efectúa y por lo tanto este compuesto no debe ser considerado como un quelante durante la cocción.

Con respecto a las proteínas, igualmente se puede decir que éstas no intervienen de manera directa en la cocción, pues sólo se registró en el caldo de cocción una pequeña cantidad de ellas durante el proceso, que fué debida seguramente a la destrucción total del tejido (Castillo, 1990).

En cuanto al recambio de iones, ha sido observado que el remojo de los frijoles antes de la cocción en una solución salina con sodio como principal componente disminuye su tiempo de cocción (Castillo, 1990), lo cual apoyaría la teoría a que con esto se hace referencia, sin embargo, resultados de la Dra. Bernal (inédito, 1990) muestran que los iones divalentes de la semilla no se encuentran en el caldo de cocción, lo que sugiere que estos iones no son recambiados por monovalentes, con lo cual solamente quedaría como modelo de cocción a comprobar el que propone que el grado de termosdespolimerización de las pectinas determina la velocidad de cocción.

Con relación a este modelo, Castillo (1990) realizó lo siguiente: trabajó con las variedades Michigan y Ojo de Cabra y encontró diferencias en cuanto al contenido total de pectina de una variedad con respecto a la otra, a pesar de lo cual, ambas variedades muestran cantidades iguales de pectina en los cotiledones, de manera que la diferencia en cuanto a contenido total de pectina de una variedad con respecto a la otra, está determinada por la cantidad de pectina en testa. Además se

encontró que las pectinas que intervienen en el ablandamiento de la semilla durante la cocción son las solubles en agua y que están presentes en los cotiledones. El hecho de que ambas variedades posean igual contenido de pectina en los cotiledones permite sugerir que la diferencia en cuanto a tiempos de cocción entre las variedades debe estar dada por la calidad de las pectinas (tipos de pectina) existentes en los cotiledones (Castillo, 1970).

II. HIPOTESIS.

La velocidad de ablandamiento de las semillas durante la cocción (termoablandamiento) de seis variedades de frijol mexicano se debe a la cantidad y/o al tipo de pectina presente en los cotiledones y testa de los mismos.

III. OBJETIVO.

El objetivo de esta investigación es conocer si las pectinas contribuyen a la calidad culinaria de la semilla de frijol en seis variedades mexicanas.

Para lograrlo se hará la extracción de las pectinas y la determinación de la cantidad y tipo de ellas existentes en la testa y en los cotiledones de las semillas y se establecerá la relación de ello con la calidad culinaria de las mismas.

La calidad culinaria de las semillas será medida en este trabajo por el tiempo de cocción atendiendo a la termosuavización de las semillas y por la dureza medida según la firmeza de las semillas después de un tiempo de remojo y cocción determinados.

IV. MATERIAL Y METODO

IV.1 REACTIVOS.

Los reactivos utilizados en este trabajo fueron de grado analítico.

IV.2 EQUIPO.

El equipo utilizado para la realización de este trabajo fue el siguiente:

Balanza analítica Sartorius Handy H51; parrilla térmica Thermoline Type 1000 Stir Plate; Centrífuga Beckman J2-21; rotor JA-20; multiblock Heater Lab-line No. 2090; jet piper Cole-Parmer 07999-03; vortex Thermoline tipe 16700 mixer, maxi-mix 1; espectrofotómetro Sequoia-Turner 340, y medidor de dureza Instron de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (IPN).

IV.3 MATERIAL BIOLÓGICO.

El material biológico que se usó fue frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), de las siguientes variedades, cosechadas en 1987,

mismas que son estudiadas en la investigación en desarrollo de la cual forma parte el presente trabajo de tesis.

Michigan (Mich.)

Ojo de cabra (O.C.)

Bayo 400 (B400)

Cacahuate Jalisco (C.J.)

Negro Jamapa (N.J.)

Negro Veracruz (N.V.)

Las semillas fueron proporcionadas por el laboratorio de Fitopatología del Instituto de Biología de la UNAM y se mantuvieron almacenadas en frascos cerrados, a una temperatura de 4° C hasta ser utilizadas.

Todas las semillas fueron verificadas previamente en forma visual, y se usaron solamente las que no presentaron daño aparente.

IV.4 EXTRACCION DE PECTINAS TOTALES.

Para realizar la extracción de pectinas, primeramente se remojaron semillas de cada una de las variedades: el peso de una semilla para O.C., C.J. y B400 (frijol grande) y el de dos semillas para Mich., N.V. y N.J. (frijol chico) en agua bidestilada durante 16 horas, con dos gotas de cloroformo para evitar el desarrollo microbiano, posteriormente, de cada una de las semillas se separó testa de cotiledones y se homogenizaron

independientemente en hexametáfosfato de sodio, usando para ello un mortero de porcelana. Los homogenados se incubaron a 95° C durante 24 hr en tubos de ensaye colocados en el multiblock Heater, después de lo cual se centrifugaron durante 15 min. En los sobrenadantes se hizo la determinación de pectinas y las pastillas fueron resuspendidas en hexametáfosfato de sodio, (diagrama 1), e incubadas nuevamente a 95° C durante 24 hr en el multiblock para obtener el total de pectinas.

Todo lo anterior se hizo de acuerdo con el diagrama 1, y se realizaron tres repeticiones para cada tipo de frijol.

IV.5 EXTRACCION FRACCIONADA DE PECTINAS.

De cada una de las semillas de frijol, previamente remojadas en agua bidestilada durante 16 hr, se separaron testas de cotiledones y homogenizaron independientemente con el mortero de porcelana, también en agua bidestilada; posteriormente se pusieron a agitar durante 30 minutos, centrifugándolos después; en los sobrenadantes se determinaron pectinas y las pastillas fueron resuspendidas en agua bidestilada para hacer una segunda extracción de 30 minutos, repitiendo este proceso una vez más, con el objeto de hacer tres extracciones con agua bidestilada, (diagrama 2). Los resultados mencionados como pectinas solubles en agua son la suma de estas tres extracciones para cada variedad.

Después de esta tercera extracción con agua las pastillas se resuspendieron en hidróxido de sodio 1N, se agitaron durante 30 minutos y se centrifugaron, constituyendo esto la primera de tres extracciones que se hicieron con hidróxido de sodio, en las mismas

EXTRACCION DE PECTINAS TOTALES.

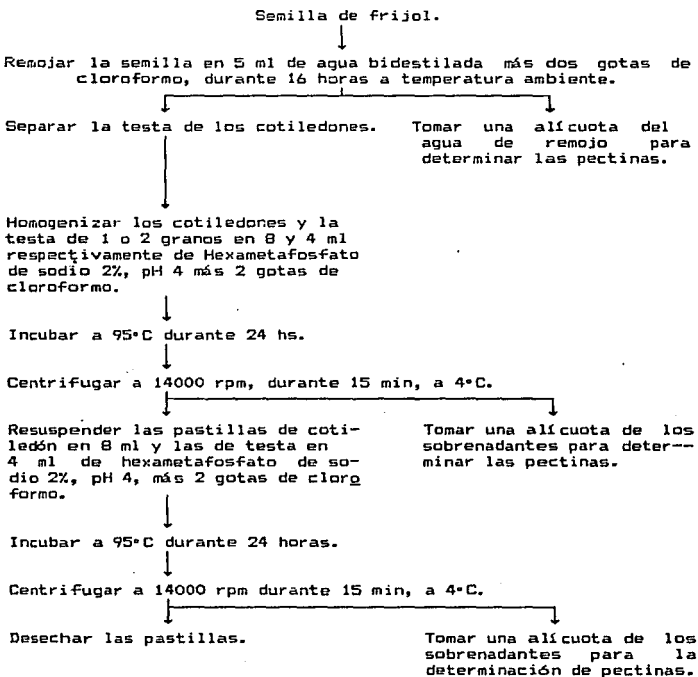


Diagrama 1. Método para la extracción del total de pectinas presentes en el frijol.

pastillas, tomando en cada caso una alícuota del sobrenadante para la determinación de pectinas (diagrama 3). Igualmente, los resultados que se mencionan como pectinas solubles en hidróxido de sodio son la suma de estas tres extracciones, para cada variedad.

Se hicieron tres extracciones con cada una de las sustancias mencionadas, con la finalidad de extraer todas las pectinas solubles en cada una de ellas que estuvieran presentes en las semillas (diagramas 2 y 3, tres repeticiones).

IV.6 DETERMINACION DE PECTINAS.

La determinación de pectinas se realizó basándose en el método de Blumenkrantz y Asboe-Hansen (1973), de la siguiente manera:

a) REACTIVOS USADOS:

* H_2SO_4 /Tetraborato.- Se preparó pesando 2.38 g de tetraborato de sodio para hacer una solución al 0.0125 M; se colocó el tetraborato dentro de un matraz Erlenmeyer al que se agregaron aproximadamente 350 ml de ácido sulfúrico concentrado y se agitó en una parrilla térmica durante 2 horas o hasta disolverse completamente el tetraborato; finalmente se aforó con ácido sulfúrico concentrado a 500 ml.

* NaOH 0.5% .- Se pesaron 0.5 g de hidróxido de sodio, que se colocaron en un matraz de aforación y se aforó a 100 ml con agua bidestilada.

EXTRACCION FRACCIONADA DE PECTINAS (1)

Semilla de frijol.

Remojar la semilla en 5 ml de agua bidestilada más dos gotas de cloroformo, durante 16 horas a temperatura ambiente.

Separar la testa de los cotiledones.

Tomar una alícuota del agua de remojo para determinar las pectinas.

Homogenizar 0.3 g de cotiledón y 0.1 g de testa, individualmente, en 5 ml de agua bidestilada, más 2 gotas de cloroformo en cada caso.

Agitar durante 30 minutos a temperatura ambiente.

Centrifugar a 14000 rpm durante 15 minutos, a 4°C.

Resuspender cada una de las pastillas en 5 ml de agua bidestilada más 2 gotas de cloroformo.

Tomar una alícuota del sobrenadante para la determinación de pectinas.

Agitar durante 30 minutos a temperatura ambiente.

Centrifugar a 14000 rpm durante 15 minutos a 4°C.

Resuspender cada una de las pastillas en 5 ml de agua bidestilada más 2 gotas de cloroformo.

Tomar una alícuota del sobrenadante para la determinación de pectinas.

Agitar durante 30 minutos a temperatura ambiente.

Centrifugar a 14000 rpm durante 15 minutos a 4°C.

Pastilla extraída con agua bidestilada.

Tomar una alícuota del sobrenadante para la determinación de pectinas.

Diagrama 2. Método para la extracción de pectinas con agua bidestilada.

EXTRACCION FRACCIONADA DE PECTINAS (2).

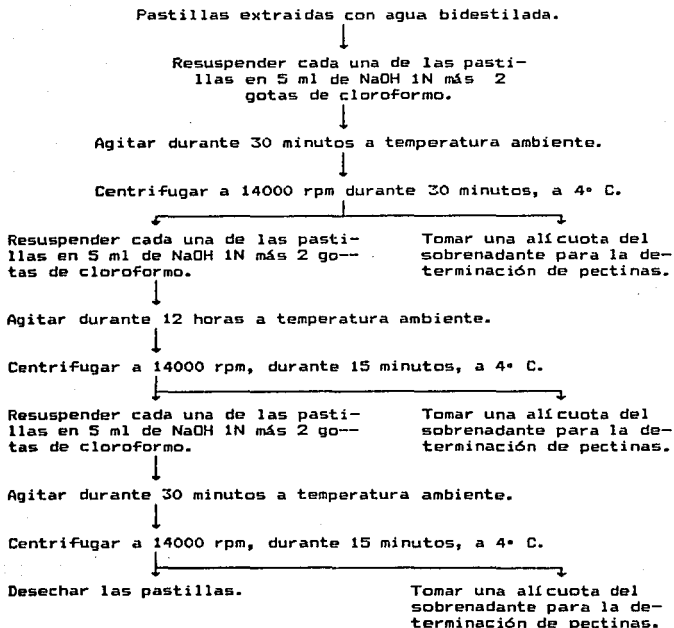


Diagrama 3. Método para la extracción de pectinas con hidróxido de sodio (continuación del diagrama 2).

* Orto-hidroxi-difenil 0.15% .- Se pesaron 0.15 g de orto-hidroxi-difenil y se aforaron a 100 ml con NaOH al 0.5% en un matraz de aforación.

b) METODO:

* Para cada tubo de muestra se prepararon dos tubos problema y un blanco. En cada uno de los tubos se colocaron 4.8 ml de H_2SO_4 /tetraborato 0.0125 M, agregando después 0.1 ml de muestra (sobrenadante obtenido en la extracción respectiva) cuando ésta correspondía a testa, ó 0.05 ml cuando la muestra pertenecía a cotiledones, más la cantidad de agua bidestilada necesaria en cada caso para completar un total de 0.8 ml; posteriormente se agitó muy bien cada tubo en un vortex y se enfrió en baño de hielo.

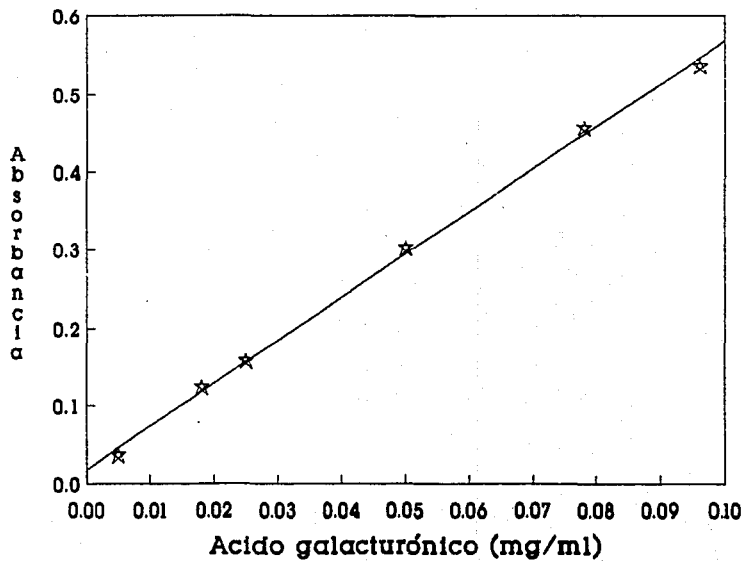
Después de lo anterior todos los tubos se calentaron hasta ebullición durante 5 minutos, enfriándose nuevamente en baño de hielo. Una vez fríos se agregaron 0.08 ml de NaOH al 0.5% a cada tubo blanco y 0.08 ml de orto-hidroxi-difenil al 0.15% a cada tubo problema, agitándolos muy bien en el vortex.

Después de 20 minutos se registró la absorbancia a 520 nm.

La curva patrón para la determinación de pectinas fue realizada con un stock de ácido galacturónico, dentro de un rango de 0.005 a 0.096 mg/ml en presencia de hexametáfosfato de sodio y cloroformo (gráfica 1).

IV.7 VOLUMEN DE LOS FRIJOLES.

El volumen de los frijoles se midió de manera indirecta, llenando una probeta de 100 ml con los frijoles y contando después



GRAFICA 1. CURVA PATRON

el número de ellos allí contenido. Luego, con la media de 10 repeticiones y mediante una regla de 3, se calculó el volumen de un solo frijol (tabla 2).

Este procedimiento tiene el inconveniente de que al llenar la probeta con las semillas de frijol, existe un determinado espacio entre una semilla y otra, lo cual va a provocar cierta imprecisión en la medición.

IV.8 DETERMINACION DE LA DUREZA.

La dureza de las semillas fue determinada con un medidor de dureza Instron, en frijoles de cada una de las variedades remojados en agua bidestilada durante 18 hr y en frijoles cocidos durante 30 minutos en agua bidestilada previamente remojados durante 18 hr, con tres repeticiones para cada variedad. La dureza se asoció con la fuerza necesaria para comprimir las semillas de frijol y fué expresada en Kg/semilla.

IV.9 COCCION DE LOS FRIJOLES.

Se remojaron frijoles de cada variedad en agua bidestilada durante 18 hr, a temperatura ambiente, con una relación de 1 ml de agua por 0.06 g de frijol. Posteriormente se hicieron 7 lotes de cada variedad, conteniendo 25 frijoles cada uno. Se tomó un lote de cada variedad y las semillas en él contenidas fueron presionadas con los dedos índice y pulgar tratando de comprimirlas.

Tabla 2. Algunas características de las semillas de seis variedades de frijol mexicano.

Variedad	Color	Volumen (cm ³)	No. de semillas en un gramo.	Peso/semilla (g)
Mich.	Bianco	0.17	6.5	0.154
N.V.	Negro	0.21	5.6	0.179
N.J.	Negro	0.22	5.4	0.184
O.C.	Pinto	0.39	4	0.250
B400	Bayo	0.41	3	0.328
C.J.	Pinto	0.49	2.5	0.406

Los 6 lotes restantes fueron colocados de manera individual en un matraz Erlenmeyer con agua bidestilada hirviendo (92° C), manteniendo la relación de agua arriba mencionada y se sometió cada uno de ellos a uno de los siguientes tiempos de cocción: 15, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos. Durante todo el tiempo de cocción se mantuvo constante el volumen de cada matraz por adición de agua bidestilada hirviendo. Finalmente las semillas de cada lote fueron presionadas al tacto tratando de comprimirlas.

El tiempo en que el 100% de las semillas de cada variedad pudo ser comprimido al tacto, aunque presentara grumos, se tomó como tiempo de cocción o de termosuavización para la variedad correspondiente.

Se realizaron tres repeticiones de la medición del tiempo de cocción de los frijoles.

IV.10 PRUEBAS ESTADISTICAS.

Para saber si hay diferencias significativas entre las medias obtenidas al extraer pectinas con hexametáfosfato de sodio de las 6 variedades de frijol (datos de las tablas 5 y 6) así como entre las medias obtenidas al extraer pectinas con agua má hidróxido de sodio (datos de la tabla 7 y 8) se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con un grado de significancia de $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$; esta técnica estadística nos permite saber si las medias de los tratamientos experimentales difieren significativamente (Durán, 1986), pero para determinar cuál o cuáles pares de medias son diferentes se realizó la prueba de Newman-Keuls (Nmn-Kls), que permite hacer una comparación múltiple de medias.

Las mismas pruebas estadísticas, con el mismo grado de significancia se aplicaron para saber si hay diferencias significativas entre las medias obtenidas al medir la dureza tanto al remojo (18 horas) como al remojo y cocción (18 horas y 30 minutos, respectivamente), (tablas 3 y 4).

Para comparar las medias obtenidas al extraer pectinas con agua contra las extraídas con NaOH de una misma variedad, (datos de las tablas 7 y 8, extracción fraccionada), se aplicó la prueba estadística de T, para muestras pareadas, con un grado de significancia $\alpha = 0.05$. Esta prueba estadística se aplica para comparar los efectos de dos tratamientos experimentales, al haber utilizado una sola muestra para aplicar ambos tratamientos (Durán, 1986).

Para comparar las medias obtenidas al extraer pectinas con agua y con NaOH contra las obtenidas al extraer con hexametáfosfato de sodio para cada variedad, se aplicó la prueba estadística de T para muestras independientes, con un grado de significancia $\alpha = 0.05$. Esta prueba estadística permite comparar los efectos de dos tratamientos experimentales, cuando se ha utilizado una muestra independiente para cada tratamiento, (Durán, 1986).

Esta última prueba estadística fué aplicada con el mismo grado de significancia al comparar las medias obtenidas de la extracción de pectinas con agua más NaOH contra las obtenidas de la extracción con hexametáfosfato de sodio, para cada una de las variedades.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

Con la finalidad de establecer cuál es la contribución de las pectinas en la calidad culinaria del frijol se determinó la cantidad y la distribución de dicha molécula tanto en testa como en cotiledones, la dureza inicial de las semillas, la dureza de la semilla después de un tiempo fijo de cocción y la dureza alcanzada a diferentes tiempos de cocción de seis variedades de frijol mexicano y se buscó una relación entre los parámetros anteriores.

Algunas características de las variedades utilizadas en el desarrollo de este trabajo se muestran en la tabla 2.

V.1 CALIDAD CULINARIA DE LA SEMILLA DE FRIJOL.

La calidad culinaria del frijol se establece por medio de la determinación del tiempo de cocción; éste se define como el tiempo que tarda la semilla en adquirir la textura y sabor agradables al paladar cuando es colocada en un baño de ebullición.

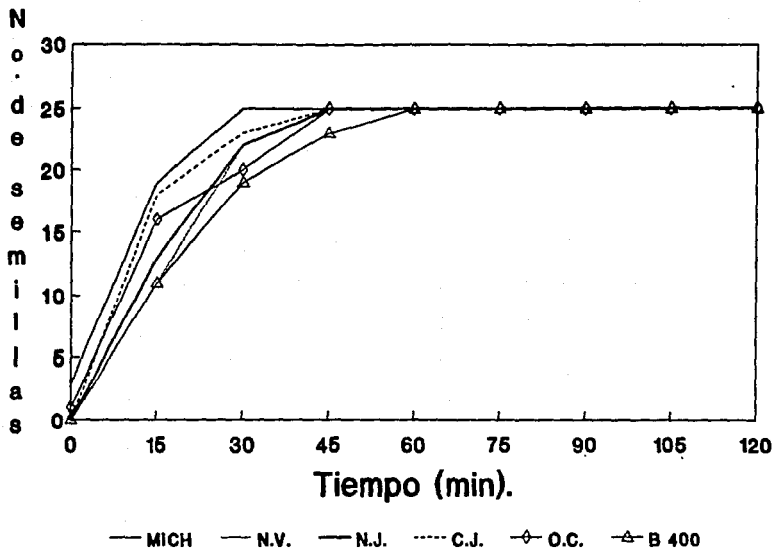
Así pues, se midió el tiempo de cocción de frijoles de las seis variedades ya mencionadas cociendo a diferentes tiempos y presionando después al tacto, como se describió en material y método, obteniendo así los tiempos de cocción mostrados en la gráfica 2, donde se puede observar que a los 30 minutos de cocción cede al tacto (porque se ha termoablandado) el 100% de las semillas de Michigan, mientras que las variedades Negro Veracruz, Negro Jamapa, Cacahuate Jalisco y Djo de Cabra alcanzan el 100 % de ablandamiento a los 45 minutos. Por último en Bayo 400, el 100 % de las semillas cede al tacto hasta los 60 minutos, por lo

que adoptando este parámetro como único indicador de la calidad culinaria, estos materiales se pueden agrupar de acuerdo a su tiempo de termoablandamiento así: Michigan es el que posee menor tiempo de termoablandamiento y por tanto presenta mejor calidad culinaria; mientras que Negro Veracruz, Negro Jamapa, Cacahuate Jalisco y Ojo de Cabra presentan calidad culinaria intermedia, que se refleja en un mayor tiempo de cocción que el que presenta Michigan, pero menor que el de Bayo 400 y, este último, constituye el material con menor calidad culinaria.

La forma más común para medir la dureza de las semillas es por el tiempo de cocción requerido para alcanzar un determinado grado de ablandamiento o por la firmeza de los frijoles después de un tiempo de cocción estándar (Dos Santos, 1985). Esto último también se realizó en este trabajo, pues se midió la dureza de las semillas con un Instron (aparato que mide el grado de dureza en Kg fuerza). La medición de la dureza se realizó en las variedades Mich., N.V., N.J. y O.C. en las siguientes condiciones:

- a) remojados durante 18 h (Tabla 3) y,
- b) remojados 18 h y cocidos durante 30 min (Tabla 4)

La tabla 3 muestra los datos obtenidos al medir la dureza de las semillas remojadas por 18 horas, donde el análisis de varianza, con un $\alpha = 0.01$ (tabla 4.A), mostró diferencias entre las durezas de las semillas y al aplicar la prueba estadística de Nmn-Kls con un $\alpha = 0.05$, dichos datos se pudieron agrupar de la siguiente manera: el primer grupo está formado por las variedades Michigan, Negro Veracruz y Negro Jamapa, cuyos valores de dureza son significativamente iguales entre sí y el segundo grupo corresponde únicamente a Ojo de Cabra, que presenta una



Grafica 2. Tiempos de cocción de las semillas de seis variedades de frijol

dureza significativamente mayor a las otras variedades.

En la tabla 4 se muestran los datos obtenidos al medir la dureza de las semillas remojadas por 18 horas y cocidas durante 30 minutos donde, después de realizar el análisis de varianza (p 0.01) (tabla 4.A) y la prueba de Nmn-K1s (p 0.05) se puede observar que Michigan presenta el menor valor de dureza con respecto a las otras variedades; las variedades Negro Jamapa y Negro Veracruz continúan presentando durezas significativamente iguales entre sí después de la cocción durante 30 minutos, siendo a su vez la dureza de éstas mayor que la de Michigan y menor que la de Ojo de Cabra.

Considerando los datos de las tablas 3 y 4 y la gráfica 2, se pueden agrupar los cultivares estudiados de acuerdo a su calidad culinaria en cuando menos tres grupos: el de mayor calidad culinaria, donde se encuentra Michigan, un segundo grupo, que denominaremos de calidad intermedia al que pertenecen Negro Jamapa y Negro Veracruz, de menor calidad culinaria que Michigan pero mayor que Ojo de Cabra y, por último, Ojo de Cabra, que forma un grupo aparte de menor calidad que cualquiera de los antes mencionados. Cacahuate Jalisco y Bayo 400 no pueden ser incluidos en estos grupos porque únicamente se les determinó el tiempo de termoablandamiento que es un parametro muy subjetivo.

Tabla 3. Dureza de 4 variedades de frijol remojado por 18 horas.

Variedad	Dureza (Kg/20g) *
Mich.	192.98 ± 15.55 a **
N.V.	196.27 ± 7.60 a
N.J.	197.37 ± 5.70 a
D.C.	371.71 ± 93.27 b

Tabla 4. Dureza de 4 variedades de frijol remojado por 18 horas y cocido por 30 minutos.

Variedad	Dureza (Kg/20g) *
Mich.	72.15 ± 2.49 a **
N.J.	87.06 ± 2.31 b
N.V.	89.91 ± 7.25 b
D.C.	146.05 ± 8.22 c

* Datos obtenidos con el Instron de la ENCB (IPN).

** Números con letra distinta son estadísticamente diferentes (Nmn-K1s p 0.05).

Tabla 4.A. Resultado del análisis de varianza realizado con los datos de dureza en frijol remojado por 18 horas (tabla 3) y en frijol remojado por 18 horas y cocido por 30 minutos (tabla 4), comparando variedad contra variedad en ambos tratamientos.

Tratamiento	Fr	Fc
Medición de dureza en frijol remojado 18 horas.	2.56	10.54
Medición de dureza en frijol remojado 18 horas y cocido 30 minutos.	2.56	104.06

NOTA: Si F_c es mayor que F_r entonces existen diferencias significativas (Durán, 1986).

F_c (valor calculado)

F_r (valor de tablas)

V.2 EXTRACCION DE PECTINAS TOTALES.

Con la finalidad de determinar el contenido total de pectinas en las semillas de frijol se hizo la extraccion de las pectinas, en testas y en cotiledones por separado, con hexametrafosfato de sodio durante 24 horas en semillas de las 6 variedades, siguiendo los pasos del diagrama 1 de material y método; los datos así obtenidos se muestran en la tabla 5.

V.2.1 PECTINAS (MG/SEMILLA) EXTRAIDAS CON HEXAMETAFOSFATO DE SODIO DE LAS SEIS VARIEDADES DE FRIJOL MEXICANO.

El análisis de varianza (p 0.01) (tabla 6.A) y la prueba estadística de Nmn-K1s (p 0.05) aplicados a los datos de la tabla 5 mostraron que las seis variedades de frijol presentan en los cotiledones contenidos de pectina significativamente mayores que en testa.

Atendiendo a los contenidos de pectina las variedades se pueden agrupar de forma tal que las pertenecientes a cada grupo presenten cantidades de pectina similares entre sí pero diferentes significativamente de las que presentan las variedades de otro grupo.

a) Análisis de los contenidos de pectina en testa.

El análisis de varianza (p 0.01) (Tabla 6.A) mostró diferencias entre los contenidos de pectina en la testa de las seis variedades. Al realizarse la prueba de diferenciación de medias (Nmn-K1s p 0.05) con los cultivares aquí estudiados se

podieron formar cuatro grupos diferentes: el primero que comprende a Michigan, Negro Veracruz y Negro Jamapa, con contenidos de pectina similares entre sí y significativamente menores que los que muestran los tres cultivares restantes, los cuales a su vez contienen cantidades de pectina significativamente mayores que el grupo anterior y diferentes entre sí, por lo que cada uno de ellos forma un grupo distinto y sus contenidos de pectina son en Bayo 400 mayor que en Cacahuate Jalisco y en éste mayor que en Ojo de Cabra.

b) Análisis de los contenidos de pectina en cotiledones.

Al realizarse el análisis de varianza (p 0.01) (tabla 6.A) y la prueba de Nmn-K1s (p 0.05) a los contenidos de pectina en cotiledones se formaron los mismos grupos que en el caso de pectina en testa descritos en el inciso anterior: los cultivares Michigan, Negro Veracruz y Negro Jamapa fueron estadísticamente iguales entre sí y con contenidos de pectina significativamente menores que los cultivares Ojo de Cabra, Cacahuate Jalisco y Bayo 400, los cuales tuvieron cantidades de pectina diferentes entre sí y en forma creciente en el orden en que son mencionados.

c) Análisis de los contenidos totales de pectina.

Con los contenidos totales de pectina de las seis variedades y de acuerdo con el análisis de varianza (p 0.01) (tabla 6.A) y la prueba de Nmn-K1s (p 0.05) se formaron exactamente los mismos grupos que en el caso de pectinas en testa (inciso a) y pectinas en cotiledones (inciso b): Michigan, Negro Veracruz y Negro Jamapa en un grupo con mayor contenido de pectinas que Ojo de Cabra,

Tabla 5. Contenido de pectinas (mg/semilla) extraídas con hexametafosfato de sodio en testa y cotiledones, de 6 variedades de frijol.

Variedad	Agua de remojo	Testa	Cotiledones	Total
Mich	0.03	1.98 ± 0.28 a	4.47 ± 0.62 e	6.48 ± 0.82 i
N.V.	0.05	2.20 ± 0.32 a	3.84 ± 0.43 e	6.09 ± 0.46 i
N.J.	0.4	2.72 ± 0.29 a	4.08 ± 0.51 e	7.02 ± 0.76 i
D.C.	0.14	4.15 ± 0.68 b	6.27 ± 0.37 f	10.56 ± 1.19 j
C.J.	0.26	5.20 ± 0.85 c	7.42 ± 1.02 g	12.88 ± 1.70 k
B400	0.01	6.21 ± 0.10 d	9.15 ± 0.69 h	15.37 ± 0.47 l

NOTA: Números con letra distinta son estadísticamente diferentes (Nmn-K1s p 0.05).

Cacahuate Jalisco y Bayo 400 las que forman cada una un grupo diferente con contenidos de pectina en Ojo de Cabra mayor que en Cacahuate Jalisco y en éste mayor que en Bayo 400.

El contenido de pectinas en agua de remojo es tan pequeño que se considera nulo.

Los resultados de la extracción con hexametáfosfato de sodio también se expresaron como contenido de pectinas por gramo de semilla (tabla 6). Estos datos se obtuvieron multiplicando las cantidades de pectina presentes en una semilla por un factor diferente para cada variedad, factor que corresponde al número de semillas necesarias para completar un gramo de frijol de cada una de las variedades (ver tabla 2).

V.22 PECTINAS (MG/G) EXTRAIDAS CON HEXAMETAFOSFATO DE SODIO DE LAS SEIS VARIETADES DE FRIJOL MEXICANO.

Cuando la agrupación se hace tomando en cuenta el contenido de pectinas, pero expresado en mg/g (tabla 6) se encuentran grupos con tendencia semejante a los mencionados al expresar en mg/semilla:

El análisis de varianza ($p < 0.01$) (tabla 6.A) mostró diferencias entre los contenidos de pectina en testa de las seis variedades, lo mismo ocurrió con los contenidos de pectina en cotiledones y con los contenidos totales de pectina. Al aplicar la prueba estadística de Nmn-K1s ($p < 0.05$) fue posible formar los siguientes grupos en cada caso:

a) Análisis de los contenidos de pectina en testa.

Al considerar las pectinas presentes en las testas contenidas en un gramo de frijol tenemos solo dos grupos, en uno de los cuales se ubican las variedades Michigan, Negro Veracruz, Negro Jamapa y Cacahuate Jalisco, que contienen significativamente menor cantidad de pectina (ANOVA p 0.01 tabla 6.A y Nmn-K1s p 0.05) que las variedades del segundo grupo que son Ojo de Cabra y Bayo 400.

b) Análisis de los contenidos de pectina en cotiledones.

De acuerdo con los contenidos de pectina en cotiledones se formaron los siguientes dos grupos: uno que incluye a los cultivares Negro Veracruz, Negro Jamapa y Cacahuate Jalisco cuyos contenidos de pectina son significativamente menores (ANOVA p 0.01 tabla 6.A y Nmn-K1s p 0.05) que los contenidos de los cultivares del otro grupo, que son Michigan, Ojo de Cabra y Bayo 400.

c) Análisis de los contenidos totales de pectina.

Con base en el análisis estadístico (ANOVA p 0.01, tabla 6.A y Nmn-K1s p 0.05) los grupos formados con los contenidos totales de pectina son los mismos que los grupos mencionados para el caso de los cotiledones (inciso anterior): un grupo con los cultivares Negro Veracruz, Negro Jamapa y Cacahuate Jalisco, con menor contenido de pectina que los pertenecientes al otro grupo que son Michigan, Ojo de Cabra y Bayo 400.

En agua de remojo el contenido de pectinas es tan pequeño que se considera nulo.

Tabla 6. Contenido de pectinas (mg/g) extraídas con hexametafosfato de sodio en testa y cotiledones, de 6 variedades de frijol.

Variedad	Agua de remojo	Testa	Cotiledones	Total
Mich	0.14	12.93 ± 1.18 a	29.06 ± 4.5 d	42.13 ± 5.33 f
N.V.	0.08	12.51 ± 1.86 a	21.52 ± 2.39 c	34.11 ± 2.60 e
N.J.	1.16	14.72 ± 1.80 a	22.02 ± 2.57 c	37.90 ± 4.12 e
O.C.	0.08	16.61 ± 2.70 b	25.10 ± 1.67 d	41.79 ± 4.29 f
C.J.	0.66	12.98 ± 1.99 a	18.55 ± 2.47 c	32.19 ± 4.26 e
B400	0.15	18.62 ± 1.24 b	27.44 ± 2.03 d	46.21 ± 1.34 f

NOTA: Números con letra distinta son estadísticamente diferentes (Nmn-K1s p 0.05).

Tabla 6.A. Resultado del análisis de varianza realizado con los datos de las extracciones de pectina con hexametáfosfato de sodio (mg/semilla, tabla 5 y mg/g, tabla 6) comparando valores de testa contra cotiledones para cada variedad, así como valores de testa, de cotiledones y totales, variedad contra variedad para cada uno de estos tres casos, en ambos tratamientos.

Tratamiento	TESTA CONTRA COTILEDONES.		TESTA		COTILEDONES		TOTAL	
	Fr	Fc	Fr	Fc	Fr	Fc	Fr	Fc
Hexameta- fosfato de sodio (mg/semilla).	2.56	35.31	2.56	56.30	2.56	54.26	2.56	70.52
Hexameta- fosfato de sodio (mg/g).	2.56	16.76	2.56	7.24	2.56	11.21	2.56	9.20

NOTA: Si F_c es mayor que F_r entonces existen diferencias significativas (Durán, 1986).

F_c (valor calculado)

F_r (valor de tablas)

Tomando en consideración el análisis anterior es posible hacer las siguientes comparaciones y deducciones:

Al comparar la calidad culinaria de las semillas contra los contenidos de pectina en cada una de las estructuras de la semilla (tabla 5), se puede observar que la variedad considerada en párrafos anteriores con mejor calidad culinaria (Michigan) presenta contenidos bajos de pectina, sin embargo, los contenidos de pectina de los cultivares Negro Veracruz y Negro Jamapa fueron similares a los encontrados en Michigan aún cuando la calidad culinaria de aquellos fué menor que la de Michigan. En las otras variedades también es posible establecer una relación como la anterior, ya que las variedades Bayo 400 y Ojo de Cabra siguen esa misma tendencia pues presentan una calidad culinaria menor que la de Michigan, Negro Veracruz o Negro Jamapa y además poseen mayor cantidad de pectina que estas últimas.

Los resultados anteriores indican que hay una relación inversa entre calidad culinaria de frijol y contenido de pectinas presentes en la testa y, que esta relación es más aparente cuando se comparan cultivares con grandes diferencias en su calidad culinaria.

V.3 EXTRACCION FRACCIONADA DE PECTINAS.

Para determinar si el tipo de pectina en la testa y en los cotiledones de las semillas de frijol tiene alguna relación con su calidad culinaria se extrajeron y cuantificaron las pectinas solubles en agua e hidróxido de sodio 1N, de testa y cotiledones, en las mismas 6 variedades de frijol, todo esto de acuerdo con los

diagramas 2 y 3 de material y método; los datos así obtenidos se pueden observar en las tablas 7 y 8.

En la tabla 7 y 8 se presentan las cantidades de pectina expresadas en mg/semilla y mg/g respectivamente, que fueron extraídas con agua (pectinas altamente metiladas), y las cantidades de pectina extraídas con hidróxido de sodio (propectinas y pectatos), tanto en testa como en cotiledones, de las 6 variedades de frijol, donde el hidróxido de sodio pudiera formar pectatos de sodio (que son solubles) al interactuar con los pectatos.

V.3.1 PECTINAS (MG/SEMILLA) EXTRAIDAS CON AGUA Y CON HIDROXIDO DE SODIO DE LAS SEIS VARIETADES DE FRIJOL MEXICANO.

En la tabla 7 se muestran los contenidos de pectinas solubles en agua y en hidróxido de sodio de las semillas de frijol, expresados en mg/semilla.

a) Análisis de los contenidos de pectina en testa.

Al aplicar la prueba de T ($p < 0.05$) (tabla 8.A) se encontró que los contenidos de pectina altamente metilada (pectina soluble en agua) fueron los mismos que los contenidos de propectinas y pectatos (pectina soluble en hidróxido de sodio), es decir, que no hubo diferencias entre los contenidos de los distintos tipos de pectina en las seis variedades de frijol.

También se tiene que, con base en la estadística, la cantidad de pectinas solubles en agua es igual para todas las variedades y

lo mismo sucede con las pectinas solubles en hidróxido de sodio (ANOVA p 0.01 tabla 8.B, Nmn-K1s p 0.05).

b) Análisis de los contenidos de pectina en cotiledones.

De acuerdo a la estadística aplicada a los datos correspondientes en cada caso, se tiene lo siguiente:

La cantidad de pectinas solubles en agua fué significativamente la misma que la cantidad de pectinas solubles en hidróxido de sodio para cada una de las variedades (Prueba de T p 0.05, tabla 8.A).

De las seis variedades estudiadas, cuatro presentan cantidades iguales de pectina soluble en agua, las variedades aludidas son Michigan, Negro Veracruz, Negro Jamapa y Ojo de Cabra; las otras dos variedades Cacahuate Jalisco y Bayo 400 poseen cantidades mayores de pectina que las antes mencionadas y, a su vez, se extrajo más pectina soluble en agua de Bayo 400 que de Cacahuate Jalisco; si esto se compara con la calidad culinaria se puede observar que Michigan, Negro Veracruz y Negro Jamapa son variedades consideradas de buena calidad y también se encuentran entre las que presentan menores cantidades de pectina de cotiledones soluble en agua, por lo que parece existir una relación entre calidad culinaria y tipo de pectina en cotiledones (ANOVA p 0.01, tabla 8.B, Nmn-K1s p 0.05).

En cuanto a las cantidades de pectina soluble en hidróxido de sodio, éstas fueron estadísticamente las mismas en todas las variedades (ANOVA p 0.01 tabla 8.B, Nmn-K1s p 0.05), por lo que no es posible establecer una relación entre pectina extraída de cotiledones con hidróxido de sodio y calidad culinaria.

Tabla 7. Contenido de pectinas (mg/semilla) solubles en agua y de pectinas solubles en hidróxido de sodio, en testa y cotiledones de 6 variedades de frijol.

Variedad	TESTA		COTILEDONES	
	H ₂ O	NaOH	H ₂ O	NaOH
Mich	0.24 [±] 0.05 a	0.28 [±] 0.26 a	1.30 [±] 0.19 b	2.51 [±] 1.31 e
N.V.	0.21 [±] 0.10 a	0.35 [±] 0.18 a	2.08 [±] 0.80 b	2.96 [±] 1.51 e
N.J.	0.20 [±] 0.11 a	0.32 [±] 0.08 a	2.15 [±] 0.71 b	3.74 [±] 1.65 e
D.C.	0.59 [±] 0.21 a	0.35 [±] 0.11 a	2.47 [±] 0.12 b	4.25 [±] 2.26 e
C.J.	0.65 [±] 0.26 a	0.49 [±] 0.06 a	3.68 [±] 0.60 c	5.83 [±] 2.28 e
B400	0.45 [±] 0.22 a	0.36 [±] 0.20 a	4.89 [±] 1.34 d	5.17 [±] 3.42 e

NOTA: Números con letra distinta son estadísticamente diferentes (Prueba de T p 0.05, Nmn-K1s p 0.05).

V.3.2 PECTINAS (MG/G) EXTRAIDAS CON AGUA Y CON HIDROXIDO DE SODIO DE LAS SEIS VARIEDADES DE FRIJOL MEXICANO.

En la tabla B se muestran los contenidos de pectina soluble en agua y en hidróxido de sodio de las semillas de frijol, expresados en mg/g.

a) Análisis de los contenidos de pectina en testa.

Los contenidos de los diferentes tipos de pectinas en cada una de las variedades fueron los mismos, pues no se encontraron diferencias significativas al comparar las pectinas solubles en agua con las pectinas solubles en hidróxido de sodio (prueba de T, $p < 0.05$, tabla B.A).

Tampoco hubo diferencias significativas de los contenidos de pectina soluble en agua entre una variedad y otra ni de los contenidos de pectina soluble en hidróxido de sodio (ANOVA $p < 0.01$, tabla B.B, Nmn-K1s $p < 0.05$).

b) Análisis de los contenidos de pectina en cotiledón.

Se encontró que la cantidad de pectinas solubles en agua fué significativamente la misma que la cantidad de pectinas solubles en hidróxido de sodio para cada una de las variedades (prueba de T, $p < 0.05$ tabla B.A).

Se observa también, apoyándose en la estadística (ANOVA $p < 0.01$ tabla B.B, Nmn-K1s $p < 0.05$), que Michigan, Negro Veracruz, Negro Jamapa, Ojo de Cabra y Cacahuate Jalisco presentan cantidades iguales de pectina altamente metilada, mientras que Bayo 400 presenta un contenido más alto que las anteriores, por

ello en este caso existe una tendencia semejante hacia la formación de los mismos grupos que en mg/semilla (Tabla 7): las variedades consideradas con mejor calidad culinaria presentan menor contenido de pectinas solubles en agua.

Entre las cantidades de pectinas solubles en hidróxido de sodio expresadas en mg/g y la calidad culinaria no fué posible establecer relación alguna, pues dichas cantidades de pectina resultaron significativamente iguales en todas las variedades (ANOVA p 0.01 tabla B.B, Nmn-K1s p 0.05).

Como se observa, no se encontraron diferencias en los tipos de pectina de la testa en ninguna de las variedades, incluyendo las consideradas con mejor calidad culinaria, contrario a lo encontrado al extraer pectina total (tablas 5 y 6), donde sí fué posible establecer una relación entre cantidad de pectina en testa y calidad culinaria. Estas diferencias pueden deberse a que en la extracción de pectina total se utilizó pH ácido y calor, mientras que el fraccionamiento de pectinas se hizo a pH alcalino y sin calor.

De esta manera, en los cotiledones es donde únicamente se encontró alguna diferencia y fué en las pectinas solubles en agua, de modo que al relacionar ésto con la calidad culinaria se encuentra una menor cantidad de dicha pectina en las variedades consideradas con mejor calidad (Michigan, Negro Veracruz y Negro Jamapa), lo cual haría suponer que la calidad culinaria tendría alguna relación con el tipo de pectinas de la siguiente manera: las variedades que tuvieran menor contenido de pectinas solubles en agua (pectinas altamente metiladas) de los cotiledones serían las de mejor calidad.

Tabla B. Contenido de pectinas (mg/g) solubles en agua y de pectinas solubles en hidróxido de sodio, en testa y cotiledones de 6 variedades de frijol.

Variedad	TESTA		COTILEDONES	
	H ₂ O	NaOH	H ₂ O	NaOH
Mich	1.76 [±] 0.66 a	1.85 [±] 1.75 a	8.43 [±] 1.19b	16.39 [±] 8.60 d
N.V.	1.15 [±] 0.58 a	1.95 [±] 1.03 a	9.01 [±] 0.57b	16.64 [±] 8.40 d
N.J.	1.10 [±] 0.57 a	1.74 [±] 0.44 a	7.07 [±] 4.10b	19.27 [±] 9.50 d
O.C.	2.35 [±] 0.85 a	1.38 [±] 0.45 a	9.90 [±] 0.48b	16.99 [±] 9.05 d
C.J.	1.62 [±] 0.65 a	1.15 [±] 0.28 a	9.58 [±] 1.94b	14.58 [±] 5.78 d
B400	1.05 [±] 0.16 a	1.07 [±] 0.61 a	17.48 [±] 3.74c	15.52 [±] 10.3 d

NOTA: Números con letra distinta son estadísticamente diferentes (Prueba de T p 0.05, Nmn-K1s p 0.05).

Tabla 8.A Resultado de la prueba de T para muestras pareadas realizada con los datos de la extracción fraccionada de pectina (mg/semilla, tabla 7 y mg/g, tabla 8) comparando valores de pectina extraída con agua contra valores de pectina extraída con hidróxido de sodio de testa y de cotiledones para cada variedad.

Variedad	mg/semilla		mg/g	
	TESTA	COTILEDONES	TESTA	COTILEDONES
	Tc	Tc	Tr	Tc
Mich	-0.23	-1.62	-0.07	-1.62
N.V.	-0.89	-1.60	-0.90	-1.50
N.J.	-1.09	-2.71	-1.10	-1.55
O.C.	1.97	-1.29	1.99	-1.29
C.J.	0.88	-1.29	0.93	-1.14
B400	0.39	-0.21	-0.05	0.41
Tr	4.303	4.303	4.303	4.303

NOTA: Si Tc es mayor que Tr o si Tc es menor que -Tr entonces existen diferencias significativas (Durán, 1986).

Tc (valor calculado)

Tr (valor de tablas)

Tabla 8.B Resultado del análisis de varianza realizado con los datos de la extracción de pectina con agua y la extracción de pectina con hidróxido de sodio (mg/semilla, tabla 7 y mg/g, tabla 8), comparando variedad contra variedad en testa y en cotiledones para ambos tratamientos.

Tratamiento	TESTA		COTILEDONES	
	Fr	Fc	Fr	Fc
Agua (mg/semilla)	2.56	2.17	2.56	9.07
Hidróxido de sodio (mg/semilla)	2.56	0.50	2.56	1.02
Agua (mg/g)	2.56	2.06	2.56	6.67
Hidróxido de sodio (mg/g)	2.56	0.51	2.56	0.10

NOTA: Si Fc es mayor que Fr entonces existen diferencias significativas (Durán, 1986).

Fc (valor calculado)

Fr (valor de tablas)

El hecho de tener en la tabla B a todas las variedades, excepto una, con cantidades iguales de pectina motivó a tomar solamente los datos reportados en mg/semilla para hacer las comparaciones mostradas enseguida.

Como siguiente paso se obtuvo la suma de las pectinas extraídas con agua más las pectinas extraídas con hidróxido de sodio de cada una de las variedades, lo cual se muestra en la tabla 9, donde se puede observar también que la cantidad de pectina extraída de cotiledones es mayor que la extraída de testa (prueba de T, $p < 0.05$ tabla 9.A) y se hizo una comparación de estos datos contra la cantidad de pectina extraída con hexametáfosfato de sodio (tabla 5) en las 6 variedades de frijol estudiadas; la estadística aplicada en este caso (prueba de T, $p < 0.05$ tabla 9.B) muestra que en la testa se extrajo una cantidad mayor de pectina con hexametáfosfato de sodio que con agua más hidróxido de sodio, mientras que en cotiledones todas las variedades mostraron los mismos contenidos de pectina al ser extraída con hexametáfosfato de sodio que con agua más hidróxido de sodio.

Como resultado de esta misma comparación (tabla 5 contra tabla 9) y como una diferente forma de expresión de estos datos se puede obtener una tabla más, la tabla 10, donde se muestran como "pectinas solubles" a las que fueron extraídas con agua más hidróxido de sodio y "pectinas insolubles" a las restantes de un 100% representado por las pectinas extraídas con hexametáfosfato de sodio, realizado tanto para testa como para cotiledones de cada variedad.

Tabla 9. Cantidad de pectinas (mg/semilla) solubles en agua e hidróxido de sodio, de testa y cotiledones, de 6 variedades de frijol mexicano.

Variedad	Testa	Cotiledones
Mich	0.56 ± 0.21	3.81 ± 1.35
N.V.	0.55 ± 0.13	5.05 ± 2.23
N.J.	0.50 ± 0.25	5.89 ± 2.34
O.C.	0.93 ± 0.27	6.83 ± 2.33
C J.	1.13 ± 0.20	9.51 ± 1.68
B400	0.81 ± 0.12	10.70 ± 4.64

Tabla 9.A Resultado de la prueba de T para muestras independientes realizada con los datos de la extracción con agua más hidróxido de sodio, (mg/semilla, tabla 9) comparando valores de testa contra valores de cotiledones para cada variedad.

Variedad	T_c
Mich	-4.12
N.V.	-3.49
N.J.	-3.98
O.C.	-4.36
C.J.	-8.59
B400	-3.45
T_r	2.776

NOTA: Si T_c es mayor que T_r o T_c es menor que $-T_r$ entonces existen diferencias significativas, (Durán, 1986).

T_c (valor calculado)

T_r (valor de tablas)

Tabla 9.B Resultados de la prueba de T para muestras independientes comparando datos de extracción con agua más hidróxido de sodio (tabla 9) contra datos de extracción con hexametáfosfato de sodio (tabla 5) mg/semilla, en testa y en cotiledones de cada variedad.

Variedad	TESTA	COTILEDONES
	Tc	Tr
Mich	7.06	0.77
N.V.	8.49	-0.92
N.J.	13.30	-1.31
O.C.	7.63	-0.40
C.J.	8.05	-1.85
B400	52.68	-0.26
Tr	2.776	2.766

NOTA: Si Tc es mayor que Tr o Tc es menor que -Tr entonces existen diferencias significativas (Durán, 1986).

Tc (valor calculado)

Tr (valor de tablas)

En esta tabla 10 se puede observar en testa la existencia de pectinas insolubles encontrándose éstas en un porcentaje mayor que las pectinas solubles. Por el contrario, el total de pectinas en cotiledones son pectinas solubles, en todas las variedades excepto Michigan, la cual, sin embargo, sigue la misma tendencia, pues la mayoría de sus pectinas contenidas en cotiledones son solubles.

Así pues, se encontró mayor cantidad de pectina en cotiledones que en testa, pectina que en su totalidad es soluble, por lo que se propone que las pectinas solubles de la semilla se encuentran básicamente en los cotiledones, lo cual coincide con los resultados encontrados por Castillo (1990).

Es importante mencionar que en el presente trabajo las extracciones y determinaciones de pectina fueron realizadas en semillas que habían sido previamente remojadas por 18 horas, lo cual podría modificar la distribución inicial de las pectinas de la semilla sin remojar, ya que durante el proceso de remojo las pectinas altamente metiladas de los cotiledones se solubilizan y tienden a salir de la semilla pasando a la testa donde, al unirse a los iones de calcio y magnesio allí existentes pierden solubilidad y pasan a formar parte del alto porcentaje de pectinas insolubles encontrado en testa.

Otra posible causa que, junto con la anterior, pudo contribuir a que se encontrara tan alto contenido de pectinas insolubles en testa podría ser el hecho de haber realizado la extracción fraccionada a temperatura ambiente, mientras que la ruptura por β -eliminación de los enlaces glucosídicos existentes

Tabla 10. Porcentaje de pectinas solubles e insolubles presentes en testa y cotiledones de seis variedades de frijol mexicano.

Variedad	T E S T A		C O T I L E D O N E S	
	Solubles	Insolubles	Solubles	Insolubles
Mich.	28.3	71.17	85.2	14.8
N.V.	25.0	75.0	100.0	0
N.J.	18.4	81.6	100.0	0
D.C.	22.4	77.6	100.0	0
C.J.	21.7	78.3	100.0	0
B400	13.0	87.0	100.0	0

entre los residuos de ácido galacturónico sucede durante el calentamiento (Van Buren, 1979), de esta manera pudo haber algunos enlaces glucosídicos que al no ser rotos impidieron la solubilidad de las pectinas las cuales pudieron pasar a aumentar el número de pectinas insolubles encontradas en testa.

VI. CONCLUSIONES:

1.- De las 6 variedades de frijol mexicano estudiadas en el presente trabajo, la que presenta mejor calidad culinaria es Michigan, seguida muy cercanamente por Negro Veracruz y Negro Jamapa con calidad culinaria intermedia, mientras que Ojo de Cabra es el de menor calidad culinaria. Cacahuete Jalisco y Bayo 400 no pudieron ser clasificados ya que sólo se contaba con un parámetro (tiempo de termoablandamiento) como determinante de la calidad culinaria de esta variedad.

2.- De acuerdo al contenido total de pectina en las semillas de frijol, existe la tendencia hacia una relación entre las variedades con mejor calidad culinaria (Michigan, Negro Veracruz y Negro Jamapa) y sus bajos contenidos de pectina total.

3.- Es posible plantear que las variedades que presentan menor contenido de pectina altamente metilada en cotiledones son las que poseen buena calidad culinaria, sin embargo, el no poder establecer una relación con los demás tipos de pectina existentes en la semilla, tanto en testa como en cotiledones, impide establecer una relación entre calidad culinaria y tipo de pectina.

VII. BIBLIOGRAFIA.

- Barnes, M. E., Patchett, B. J. 1976. Cell wall degrading enzymes and the softening of senescent strawberry fruit. *J Food Sci.* 41: 1392-1395.
- Bewley, J. D. Michael, B. 1985. Seeds Physiology of development and germination. Published by Plenum, U.S.A. 367 pp.
- Blumenkrantz, N., Asboe-Hansen, G. 1973. New method for quantitative determination of uronic acids. *Anal Biochem.* 54: 484-489.
- Bressani, R., Elias, L.G., Wolzak, A., Hagerman, A.N., Butler, L.G. 1983. Tannin in common beans: methods of analysis and effects on protein quality. *J Food Sci.* 48: 1000-1003.
- Castillo, M. A. 1990. Tesis de licenciatura: Participación del ácido fítico, pectinas y proteínas en la velocidad de cocción del grano de frijol. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. 50 pp.
- Cheryan, M. 1980. Phytic acid interactions in food systems CRC. *Crit Rev Food Sci Nut.* pp: 297-335.
- Davies, D. D., Giovanelli, J., Ress, T. A. 1969. Bioquímica Vegetal. Editorial Omega, Barcelona. 504 pp.

- Dos Santos, G. R., Bourne, M. C. 1985. Effect of storage conditions of dry bean seeds (*Phaseolus vulgaris*) on texture profile parameters after cooking. J Food Sci. 50 (4): 1067-1071.
- Durán, D. A., Cisneros, C. A. E., Fernández, A. M. A., Gersencowies, R. J. R., Meraz, M. S., Vargas, V. A. 1986. Manual de técnicas estadísticas. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM. 140 pp.
- Elias, L. G. 1982. Conocimientos actuales sobre el proceso de endurecimiento del frijol. Publicación INCAP E-1062.
- Esau, K. 1972. Anatomía Vegetal. Editorial Omega, Barcelona. 779 pp.
- Fuchigami, M. J. 1987. Relationship between pectic composition and the softening of the texture of Japanese radish roots during cooking. J of Food Sci. 52(5): 1317-1320.
- González de M., E. 1982. Efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre el desarrollo de la dureza del frijol. Archivos Latinoamericanos de nutrición. 32 (2): 259-274.

- Gonda, R., Tomoda, M., Kanari, M., Yoneda, N., Shimizu, T., Shigeshiro, K., Yazawa, T. 1988. Constituents of the seed of *Malva verticillata* III. Pharmacological Bulletin 36 (8): 2790-2795.
- Goto, A. 1989. Relation between pectic substances and calcium in healthy gelled and granulated juice saus of sand bokan fruit. Plant Cell Physiology. 30 (6): 801-806.
- Greulach, V. A., Edison, A. J. 1970. Las plantas: Introducción a la Botánica moderna. Editorial Limusa, México. 679 pp.
- Hanh, D.M., Jones, F.T., Akhavan, I., Rockland, L. B. 1977. Light and scanning electron microscope studies on dry beans: intercellular gelatinization of starch in cotyledons of large lima beans (*Phaseolus lunatus*). J Food Sci. 42: 1208-1211.
- Hincks, M. J., Stanley, S. W. 1986. Multiple mechanisms of bean hardening. J Food Tech. 21: 731-750.
- Hudson, J. M., Buescher, R. W. 1986. Relationship between degree of pectin methylation and tissue firmness of cucumbers pickles. J Food Sci. 51: 138-149.
- Jones, P. M. B., Boulter, D. 1983. The causes of reduced cooking rate in *Phaseolus vulgaris* following adverse storage conditions. J Food Sci. 48: 623-626.

- Kon, S., Sanshuck, D. W. 1981. Phytate content and its effects on cooking quality of beans. *J Food Sci.* 5: 169-178.
- Konno, H., Yamaya, T., Yamalaki, Y., Matsumoto, H. 1984. Pectic polysaccharide breakdown of cell walls in cucumber roots grown with calcium starvation. *Plant Physiol.* 76: 633-637.
- Loh, J., Breene, W. M. 1982, a. Between species differences in fracturability loss: Comparison of the thermal behavior of pectic and cell wall substances in potato and Chinese waterchestnut. *J Text Studies.* 13: 381-396.
- Loh, J., Breene, W. M., Davies, N. 1982, b. Between species differences in fracturability loss: Microscopic and chemical comparison of potato and Chinese waterchestnut. *J Text Studies.* 13: 325-347.
- Lolas, G. W., Markakis, P. 1977. The phytase of navy beans (*Phaseolus vulgaris*). *J Food Sci.* 42: 1094-1097.
- McFeeters, R. F., Armstrong, S. A. 1984. Measurement of pectin methylation in plant cell walls. *Anal Biochem.* 139: 212-217.
- Morales de León, J. 1992. Frijoles de colores y sabores: Lo que todos debemos saber sobre su preparación. *Cuadernos de Nutrición.* 15(2): 38-41.

- Moreno, E. 1986. Hongos de granos almacenados. Su importancia y combate en manejo y conservación de granos y semillas. Programa Universitario de Alimentos, UNAM.
- Morris, H. J. 1963. Cooking qualities of dry beans. Sixth Annual Dry Bean Conference. Los Angeles, C. A.
- Moscoso, W., Bourne, M. C., Hood, L. F. 1984. Relationship between the hard to cook phenomenon in red kidney beans and water absorption, puncture force, pectin, phytic acid and minerals. *J Food Sci.* 49: 1577-1583.
- Parker, R. E. 1976. Estadística para biólogos. Editorial Omega, España. 136 pp.
- Ramírez, G. J. 1990. Tesis doctoral: Efecto de las condiciones de almacenamiento sobre el endurecimiento del grano de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Facultad de Ciencias UNAM, México, 63 pp.
- Rao, M. A., Lund, D. B. 1977. Kinetic of thermal softening of foods: a review. *J Food Proc and Preserv.* 10: 370-374.
- Reyes, M. C., Paredes, L. O. 1992. Endurecimiento del frijol común: Estrategias para su prevención y alternativas tecnológicas para su utilización. *Cuadernos de Nutrición.* 15(2): 17-32.

- Robertson, G. L. 1979. The fractional extraction and quantitative determination of pectic substances in grapes and musts. Am. J Enol. 30 (3): 182-186.
- Rockland, B. L., Francis, T., Hang, D. M. 1977. Light and scanning electron microscope studies on dry beans: Extracellular gelatinization of lima beans starch in water and mixed salt solutions. J Food Sci. 42:1204-1207.
- Rost, T. L., Barbour, Michael, G., Thornton, R. M., Weier, T. E., Stocking, I. R. 1988. Botánica. Introducción a la Biología Vegetal. Editorial Limusa, México. 466 pp.
- Ruiz-Oronoz, M., Nieto, R. D., Rodríguez, L. I. 1977. Tratado Elemental de Botánica. Editorial ECLALSA, México. 730 pp.
- Schefler, W. C. 1979. Bioestadística. Editorial F.E.I., México, 267 p.
- Sefa-Dedeh, S., Stanley, D. W. 1979. Textural implications of the microstructure of legumes. Food Technology. 77-83.
- Stanley, D. W. 1986. Chemical and structural determinants of texture of fabricated foods. Food Technology. 40 (3): 65-68.

Stanley, D. W., Aguilera, J. M. 1985. A review of textural defects in cooked reconstituted legumes the influence of structure composition. J Food Biochem. 9: 277-323.

Van Buren, J. P. 1979. The chemistry of texture in fruits and vegetables. J of Texture Studies. 10: 1-23.

Van Buren, J. P. 1986. Snap bean texture softening and pectin solubilization caused by the presence of salt during cooking. J Food Sci. 51: 131-134.