



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



TESIS QUE PARA OBTENER
EL TÍTULO DE INGENIERO BIOQUÍMICO

Determinación de compuestos funcionales
en Canela (*Cinnamomum zeylanicum*).

Presenta: Luisa Sánchez Miranda

Asesora: M. en C. Haydeé Yazmín Hernández Unzón

El presente trabajo se realizó en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Departamento de Ingeniería Bioquímica en el Laboratorio de Alimentos Funcionales bajo la coordinación de la M. en C. Haydeé Yazmín Hernández Unzón.

AGRADECIMIENTOS

Enseñar exige respeto a los saberes de los educandos.

Enseñar exige seguridad, capacidad profesional y generosidad.

Enseñar exige saber escuchar.

Nadie es, si se prohíbe que otros sean.

No hay enseñanza sin investigación ni investigación sin enseñanza.

El estudio no se mide por el número de páginas leídas en una noche, ni por la cantidad de libros leídos en un semestre. Estudiar no es un acto de consumir ideas, sino de crearlas y recrearlas.

Sólo educadores autoritarios niegan la solidaridad entre el actor de educar y el acto de ser educados por los educandos.

Todos nosotros sabemos algo. Todos nosotros ignoramos algo. Por eso aprendemos siempre.

Gracias a los profesores de la ENCB que ayudaron en mi formación académica bajo los anteriores conceptos de Paulo Freire. En especial a la maestra Haydeé Yazmín Hernández Unzón por ser la asesora del presente trabajo y a los maestros Maricela Quiroz, Carmen Robles, Epifanio Jiménez y Pedro Olivares por aceptar ser sinodales y hacer las correcciones pertinentes.

AGRADECIMIENTOS

**Soñar es el prólogo de la realidad que construimos.
René Galván Heim**

Gracias a mi familia por brindarme el apoyo moral y económico durante mi desarrollo profesional, también aquellas personas que te encuentras en el camino llamadas amigos que hacen de la vida una aventura extraordinaria.

INDICE

	Página
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Definición de especia.	1
1.2 Historia de la canela.	1
1.3 Cultivo y agronomía de la canela.	2
1.4 Composición química.	7
1.5 Compuestos Funcionales.	11
1.6 Aplicaciones de <i>Cinnamomum zeylanicum</i> .	15
II. JUSTIFICACIÓN	19
III. OBJETIVOS	20
3.1 Objetivo general.	20
3.2 Objetivo específicos.	20
IV. MATERIALES Y METODOS	21
4.1 Muestro.	21
4.2 Materiales.	21
4.3 Métodos.	22
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	26
5.1 Muestreo	26
5.2 Caracterización de la canela.	27
5.3 Extracción Sólido-Líquido de canela.	28
5.4 Contenido de Compuestos fenólicos	29

5.5. Actividad Antioxidante (AA).	31
5.6 Cromatografía en capa fina sistema butanol-acético-agua y sistema benceno-acetato de etilo-ácido acético.	34
5.7 Cromatografía Líquida de Alta Resolución.	36
5.8 Infusión de canela.	45
VI. CONCLUSIONES.	47
VII. BIBLIOGRAFÍA.	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Composición del aceite esencial de canela.	10
2	Compuestos fenólicos totales en <i>Cinnamomum zeylanicum</i> .	13
3	Actividad antimicrobiana y antifúngica de canela por difusión en disco.	17
4	Reactivos y equipo a utilizar,	21
5	Condiciones cromatograficas de las muestras patrón y extractos.	24
6	Condiciones de elución.	25
7	Claves y precio de las muestras de canela.	27
8	Características físicas de las muestras de canela	28
9	Porcentajes de extracción en etanol al 80%.	28
10	Contenido de compuestos fenólicos en canela.	29
11	Porciento de Actividad Antioxidante. Método de Velioglu.	31
12	Actividad captadora de radicales a diferentes concentraciones de compuestos fenólicos. Método DPPH.	32
13	Valores de IC ₅₀ del ensayo DPPH para las muestras de canela	33
14	Valores de R _f y compuestos identificados en sistema Butanol-Acético-Agua (4:1:5).	35
15	Valores de R _f y R _c de los compuesto en CD.M. sistema benceno-acetato de etilo-ácido acético.	36
16	Tiempos de retención y % de área de las canelas	42
17	Compuestos funcionales identificados en las muestras de canela.	42
18	Tiempo de extracción y absorbancia de la infusión de canela.	45

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura	Título	Página
1	Hojas, flores y semillas de <i>Cinnamomum zeylanicum</i> .	3
2	Cultivo de canela.	4
3	Canela para el comercio	6
4	Corteza de la canela en polvo. x 240	7
5	Estructura de algunos componentes presentes en canela	9
6	Tirosina y fenilalanina como precursores de algunos metabolitos secundarios en plantas.	12
7	Posible ruta para la formación de fenilpropanoides en canela.	14
8	Muestras de canela.	26
9	Curva Tipo de compuestos fenólicos, expresada como ácido gálico.	29
10	Contenido de fenólicos totales en los tipos de canela.	30
11	Actividad captadora de radicales de las muestras de canela usando el método de DPPH a diferentes concentraciones.	32
12	Cromatograma de CDM en Butanol-Acético-Agua (4:1:5)	34
13	Cromatografía capa fina sistema benceno-acetato de etilo-ácido acético.	36
14	Cromatograma de Canela Delgada de la Central.	38
15	Cromatograma de Canela Delgada de Jamaica.	38
16	Cromatograma de Canela Delgada de la Merced.	39
17	Cromatograma de Canela Gruesa de la Central.	39
18	Cromatograma de Canela Gruesa de Jamaica	40
19	Cromatograma de Canela Gruesa de la Merced	40
20	Comparación de Cromatogramas.	41
21	Extracción acuosa de Compuestos fenólicos.	46

I. INTRODUCCIÓN.

1.1 Definición de especia.

No existe una distinción clara para diferenciar entre hierbas y especias, las hierbas son plantas fragantes no derivadas de la madera y se emplean las hojas, los tallos, las flores y las semillas de éstas, generalmente recién cortadas. Para dar sabor suave y delicado a los platillos, mientras que las especias son las partes secas de las plantas aromáticas, generalmente tropicales que incluyen semillas, flores, hojas, corteza o raíces y se emplean para impartir un sabor especial o mejorar el sabor de los platillos (Kirk y col., 1996).

La definición de especia varía según los países o regiones del mundo. Las especias a veces se definen según donde se cultiven, si están secas o húmedas o su historia (es decir, cuando comenzaron a usarse como tales). No obstante, dichas definiciones no son concretas desde el punto de vista de sus funciones y constituyentes. El término <<especia>> puede definirse como la parte desecada de una planta, tal como raíces, hojas y semillas que imparten a los alimentos un cierto sabor y estímulo picante (Kenji, 2002).

1.2 Historia de la canela.

La canela es originaria de Sri Lanka un país insular ubicado al sureste de la India. Es una de las especias más antiguas, se conoció y usó antes de la era cristiana por los chinos. Aparece mencionada en la Biblia bajo el nombre de Quesiah. Los antiguos egipcios la usaban para acabar con las epidemias y en los embalsamamientos de sus momias.

Los mercaderes árabes la vendían a griegos y romanos, que la usaban como condimento por su poder estimulante, sin especificar su lugar de procedencia porque se consideraba más valiosa que el oro. En China y en Arabia sólo la usaban los sacerdotes cuando iban hacer ofrendas religiosas al sol y al fuego (Ravindran, 2004).

La búsqueda de la canela realizada por los portugueses en el siglo XVI, fue una de las razones determinantes para el descubrimiento de la ruta hacia Ceilán y la India, rodeando África. Los portugueses acapararon el comercio de la especia hasta que fueron expulsados por los holandeses en 1636, se apoderaron de Ceilán y monopolizaron el comercio mundial de la canela durante aproximadamente 200 años. Su monopolio finalizó en 1796, año en que la Compañía de las Indias Orientales inglesa tomó el control. El mercado se volvió más competitivo a partir de 1770, cuando se trasladaron las plantaciones a Java, la India y las islas Seychelles (Wijesekera, 1978).

Actualmente el comercio de la canela es a partir de la manera inerte del árbol. Uno de los principales países exportadores es Sri Lanka donde es nativa y crece a gran escala (conocida como canela de Ceilán o canela de Sri Lanka) los precios se regulan de acuerdo con el uso. El término *cinnamomum* deriva de la raíz griega *kinnamon* o kinnamomon, que significa madera dulce, este término posiblemente tiene origen semítico del hebreo *quinamom*, el malayo e indonesio nombre de *kayu manis* también significa madera dulce y una versión del nombre puede ser hebrea o griega (Ravindran, 2004).

El género *cinnamomum* comprende varios cientos de especies, que se producen en Asia y Australia. Los aceites de canela más importantes en el comercio mundial son los de *C. zeylanicum*, *C. cassia* y *C. camphora* (Jayapraskasha, 2002).

1.3 Cultivo y agronomía de la canela.

Se trata de una planta perteneciente a la familia de las *Lauraceae*. Su nombre técnico es *Cinnamomum zeylanicum*. Conocida comúnmente en México como canela, que es un vocablo de origen francés *Canne* (que significa caño o tubo) que en diminutivo se pronuncia *cannelle*. Existen otras especies con amplia distribución como la canela china (*Cinnamomun cassia*) de calidad inferior y sustituto de la primera (Martínez, 1959).

Las hojas son oval acuminadas, tiesas, brillantes y olorosas de 8 cm a 16 cm de largo por 3.5 cm a 7 cm de ancho, con 3 a 5 nervaduras bien visibles que parten de la base. Las flores son de color amarillento, de unos 6 mm y se presenta en racimos; el fruto es ovoide-agudo, seco, de color café oscuro y mide de 10 a 13 mm como se muestra en la Figura 1. Fructifica de junio a septiembre. Requiere un clima tropical húmedo cuya temperatura no sea inferior a 25°C y con una precipitación pluvial de uno a dos metros anuales; puede prosperar bien cerca del nivel del mar hasta unos 500 metros en terrenos de aluvión, bajos arenosos-humíferos. En México hay lugares apropiados, principalmente en los Estados de Veracruz, Tabasco, Oaxaca, Chiapas, Michoacán, Jalisco, Nayarit y Colima (Martínez, 1959).



Figura 1. Hojas, flores y semillas de *Cinnamomum zeylanicum* (Köhler's, 1887).

La canela es una planta resistente, creciendo en todo tipo de suelo bajo variadas condiciones tropicales se puede propagar por estacas, por acodos y por semillas. En la Figura 2(a) se muestra que cuando la planta tiene de 15 a 20 cm de altura es trasplantada al lugar de cultivo en hileras de siete a diez plantas con una separación de cuatro a ocho centímetros cubriéndose con una fina capa de suelo. Los cuidados que necesitan las plantaciones son el deshierbe y el riego oportuno.



a)



b)



c)



d)

Figura 2. Cultivo de canela. a) cultivo del árbol, b) árbol de canela, c)desprendimiento de la corteza y d) corteza de *Cinnamomum zeylanicum*.

En la Figura 2b) se muestra el árbol leñoso y ramificado perennifolio, de 5 a 10 metros de altura con follaje denso y una corteza café delgada, con el tallo de 10 a 30 centímetros de diámetro, pero en las plantaciones no se les deja llegar a esas dimensiones, pues se poda constantemente al explotarlo (Ravindran 2004).

La primera cosecha consiste en desprender la corteza o cáscara del tallo, puede hacerse en los meses de lluvia, lo cual correspondería al verano en los climas tropicales, cuando la plantas tienen aproximadamente dos metros de altura, esto sucede al cabo de dos años si las condiciones son favorables (Figura 2 c) . Se cortan las varas, se deshojan, despuntan y se forman manojos que se llevan al lugar donde se descortezan. La corteza es aromática, de color gris rojizo por fuera y amarillo rojizo por dentro como se muestra en la Figura 2 d (Ravindran 2004).

La que comúnmente se ve en el comercio (Figura 3 b) procede de las ramas delgadas, pues la del tronco, por ser demasiado gruesa y de calidad menor, se vende en fragmentos o en polvo. Las varas cosechadas se colocan sobre una mesa, se les hace una incisión longitudinal en un lado y otra en el opuesto, se separan las cortezas, se empalman y se envuelven en mantas para que no pierdan la humedad rápidamente así mismo para que sufran ligera fermentación durante dos o tres días (Figura 3 a). En seguida se colocan en una vara para formar los rollos, dejándolos secar primero a la sombra, luego al sol y así se entregan al comercio (Figura 3 b).

Considerando que en este cultivo paulatinamente se incrementa el número de tallos para las cosechas subsecuentes se tienen los siguientes rendimientos: 700 kg/Ha para la primera cosecha, 1000 kg/Ha para las subsecuentes cosechas.



a)



b)

Figura 3 Canela para el comercio. a) Formación de los rollos de canela, b) Canela para el comercio.

La corteza de canela se importa en forma de carrujos cafés de 6 a 9 mm de diámetro, pero hay otras formas de comercialización en forma de carrujos rotos, en forma de plumaje, en forma de astillas y en polvo. Para su exportación los rollos de canela o plumas, son graduadas y denominadas como “Alba,” “Continental ceros”, “Mexican ceros” y “Hamburgs”. Estos grados son posteriormente subclasificados dependiendo de los requerimientos del mercado (Wijesekera, 1978).

De acuerdo con el EDB (Departamento de Desarrollo Económico de Sri Lanka), Sri Lanka produce el 80% de la demanda global de canela y exporta el 85% de la producción anual del país sobre todo a México y Estado Unidos. México es el mayor comprador, compra el 51% de las exportaciones de canela, seguido por Estados Unidos.

1.4 Composición química.

Al microscopio la canela se identifica por fibras acordonadas y largas, con paredes gruesas, células esclerenquimatosas (a menudo más gruesas por un lado que por el otro), pequeños granos de almidón y diminutos cristales de oxalato de calcio (Figura 4) (Kirk y col, 1996).

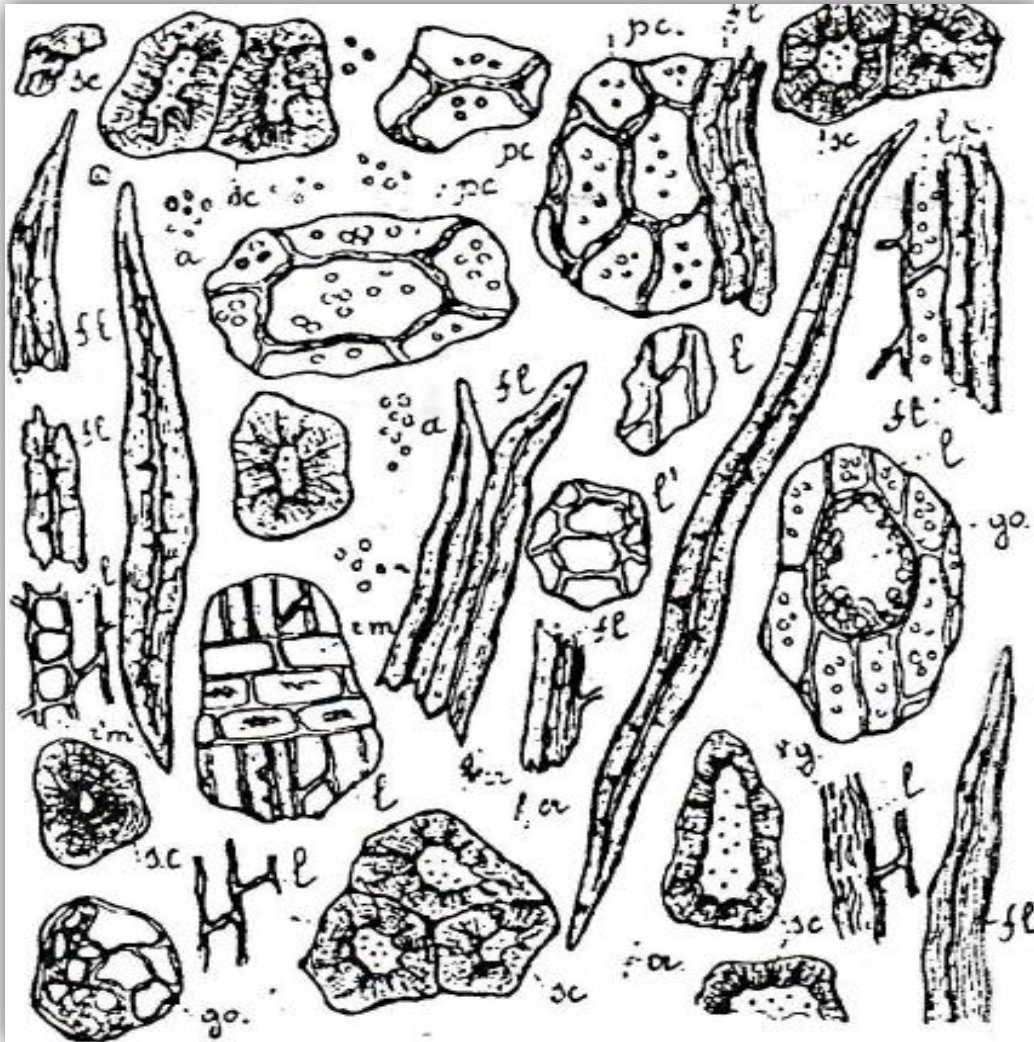


Figura 4. Corteza de la canela en polvo x240. Claves: a (granos de almidón), cr (cristales diminutos de oxalato de calcio), fl (fibras de blastos con paredes muy gruesas), go (células de secreción), l, l' (líber en corte longitudinal y trasverso), pc (parénquima cortical), rm, r'm (rayos medulares en corte radial y tangencial), sc (células esclerenquimatosas), vg (tubos de filtración colapsados) (Kirk y col, 1996).

Los aceites esenciales del género *Cinnamomum*, destilados de la corteza, se distinguen por contener fenoles (expresado como eugenol 4-10%) y aldehídos (expresado como cinamaldehído 60-75%) como los principales compuestos. El cinamaldehído (trans-3-fenilpropenal) tiene un punto de ebullición de 252°C, su estructura se muestra en la Figura 5 a. Es el compuesto orgánico que le da sabor y olor a la canela, esta molécula tiene un bajo nivel de densidad y es un agente anti-diabético y antimicrobiano (Senanayake, 2004).

El eugenol, Figura 5 b, es un derivado fenólico de consistencia líquida y aceitosa, color amarillo claro, con aroma característico, poco soluble en agua y soluble en alcohol (Senanayake, 2004). Es usado como fragancia, agente saborizante, antioxidante, antiséptico y analgésico en preparaciones dentales (Dighe, 2009).

La canela también puede llegar a contener otros compuestos como: β -linalol, acetato de eugenil, α y β pineno, β cariofileno, p-cimeno, alcanfor y cinamil acetato (Dighe, 2009).

La canela contiene catequinas y procianidinas (Figura 5), las cuales tienen un sabor astringente y actividad antioxidante, las estructuras de la procianidina A y B de la canela han sido reportadas utilizando la cromatografía en capa fina (TLC) normal y por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) (Tanaka, 2008). Éstas procianidinas pueden estar en forma de dímeros a hexámeros en donde las fracciones de polifenoles son producidos cuando la catequina y el cinamaldehído, son sometidos a tratamientos térmicos a 100°C. Tanaka y col., 2008, estudiaron que la catequina y la procianidina B1 forman complejos a partir de la condensación del cinamaldehído con la catequina, formando dos productos uno es un fenilpropanolato sustituido en las posiciones C-6 y C-8 del esqueleto de la catequina, mientras que el otro producto tiene una estructura dimérica con las catequinas y dos unidades de fenilpropanoides.

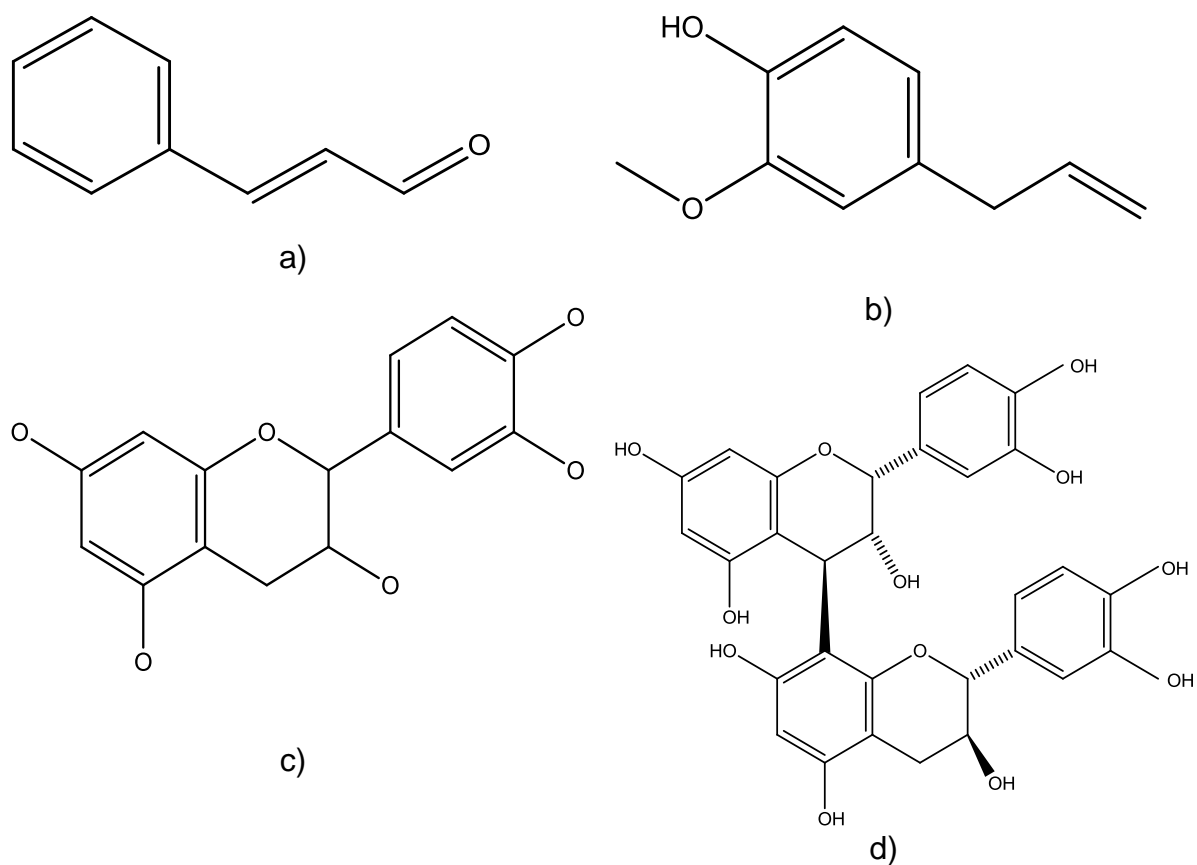


Figura 5. Estructura de algunos componentes presentes en canela.

a) cinamaldehído, b) eugenol, c) catequina y d) procianidina.

Vernin y colaboradores en 1994 separaron un total de 142 componentes, 90 fueron identificados, 11 tentativamente y 40 sin identificar. De los 90 compuestos identificados 25 fueron reportados por primera vez. Los compuestos más importantes se reportan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición del aceite esencial de canela.

Compuesto	%
α -Pireno	0.07
Camfeno	0.04
δ -3- Careno	0.01
Limoneno	0.09
β -Felandreno	0.40
p-Cumeno	0.35
Linalol.	0.70
β -Cariofileno	1.00
α -Humeleno	0.20
α -Terpinol	0.35
Hidrocinaldehído	0.10
Cinamaldehído	72.00
Eugenol	13.30
Benzil Benzoato	1.00

Fuente. Vernin y colaboradores, 1994.

1.5 Compuestos Funcionales.

Las plantas son una fuente potencial de antioxidantes naturales, algunas de ellas tienen usos culinarios y medicinales, algunas son especies endémicas que tienen interés porque son usadas para producir a partir de materiales crudos o en preparaciones que contienen fitoquímicos con una capacidad antioxidante significativa y beneficios para la salud (Chua y col., 2008).

Los compuestos fenólicos son los metabolitos secundarios derivados de las vías: pentosas fosfato, shikímico y fenilpropanoide. Estos componentes son considerados de importancia fisiológica y morfológica para las plantas porque juegan un rol importante en el crecimiento y reproducción, promueven la protección de patógenos y depredadores junto con la contribución de color y características sensoriales. Los compuestos fenólicos tienen un amplia propiedad fisiológica como: antialérgica, antiinflamatoria, antimicrobiana, antioxidante, antimutagénica y cardioprotectora (Balasundram, 2006).

En las células vegetales hay enzimas conocidas colectivamente como las amonoliasas cuya función es quitar un grupo amino sin oxidar la molécula. Estas enzimas son conocidas porque juegan un papel importante en el metabolismo del nitrógeno en el tejido vegetal. La mejor enzima caracterizada es la fenilalanina-amonoliasa que cataliza no oxidando y desaminando a fenilalanina (precursor de cinamaldehído uno de los principales componentes de la corteza de canela) y tirosina dando como productos *trans*-cinamato y *trans-p*-cumarato respectivamente, importantes intermediarios en la biosíntesis de muchos metabolitos en plantas. Entre los productos ilustrados en la Figura 6 varios de ellos le confieren características a las plantas de olor, color y en el caso de algunas hierbas y especias, sabor (Bray, 1983).

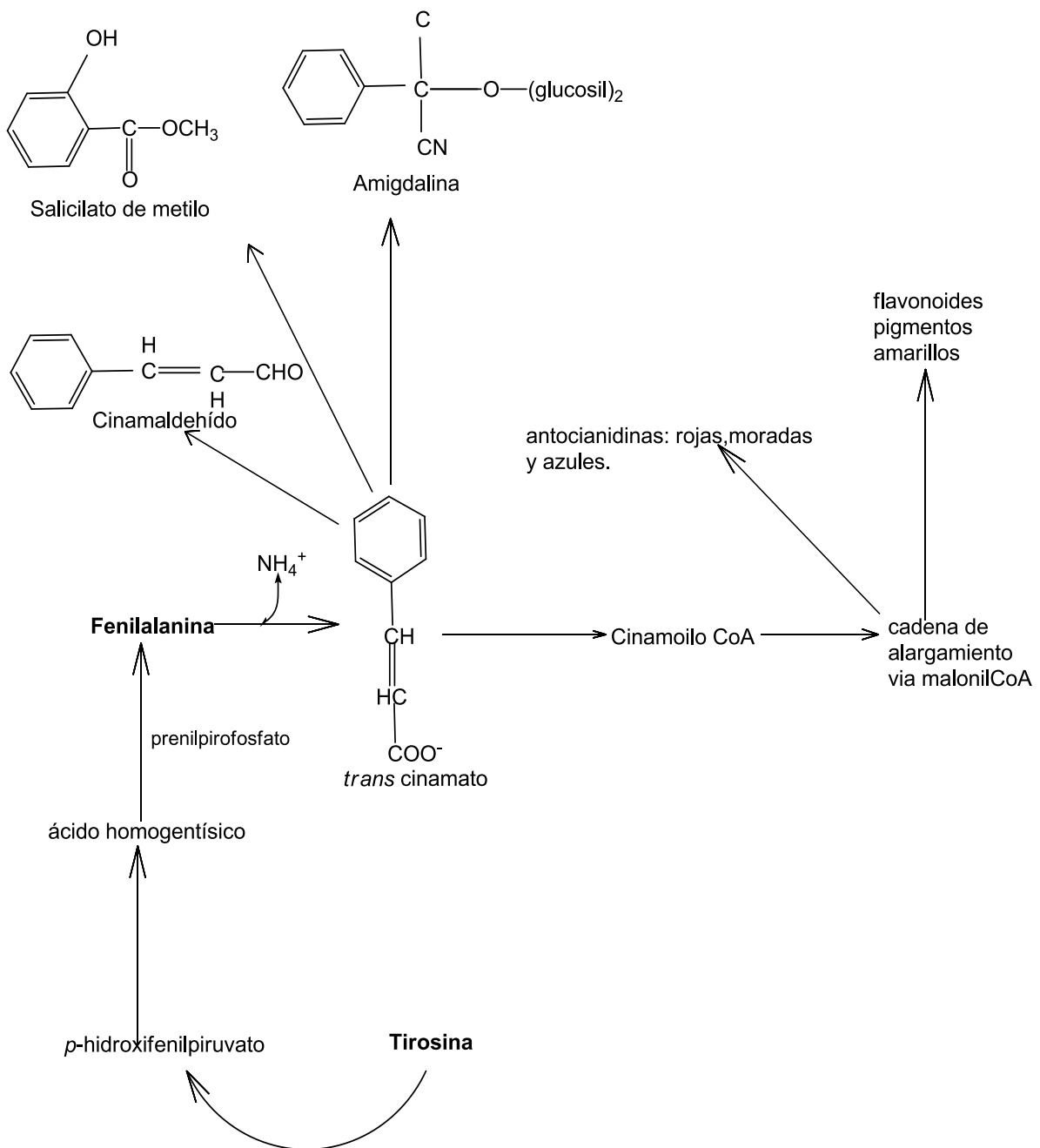


Figura 6. Tirosina y fenilalanina como precursores de algunos metabolitos secundarios en plantas (Bray 1983).

En la Figura 7 se muestra la posible ruta para la formación de fenilpropanoides presentes en canela, se ha demostrado que el ácido shikímico es un precursor importante para la formación de productos aromáticos como taninos y ligninas así como de fenilalanina, tirosina y ácido cinámico.

En el Cuadro 2 se muestra la cantidad de compuestos fenólicos totales presentes en canela que algunos autores han cuantificado. Lv y col., 2012 cuantificaron los compuestos fenólicos y propiedades antioxidantes de canela y menta, Shan y col., 2005 evaluaron la capacidad antioxidante y los compuestos fenólicos de veintiséis especias y Su y col., 2007 determinaron el contenido de fenólicos totales, capacidad quelante y antioxidante de pimienta negra, nuez moscada, rosa mosqueta, canela y orégano.

Cuadro 2. Compuestos fenólicos totales en *Cinnamomum zeylanicum*.

g GAE/100 g	Autor
10.14±4.0	Lv y col., 2012.
11.90±0.004	Shan y col., 2005.
14.82±0.28	Su y col., 2007.

GAE: Equivalentes de ácido gálico.

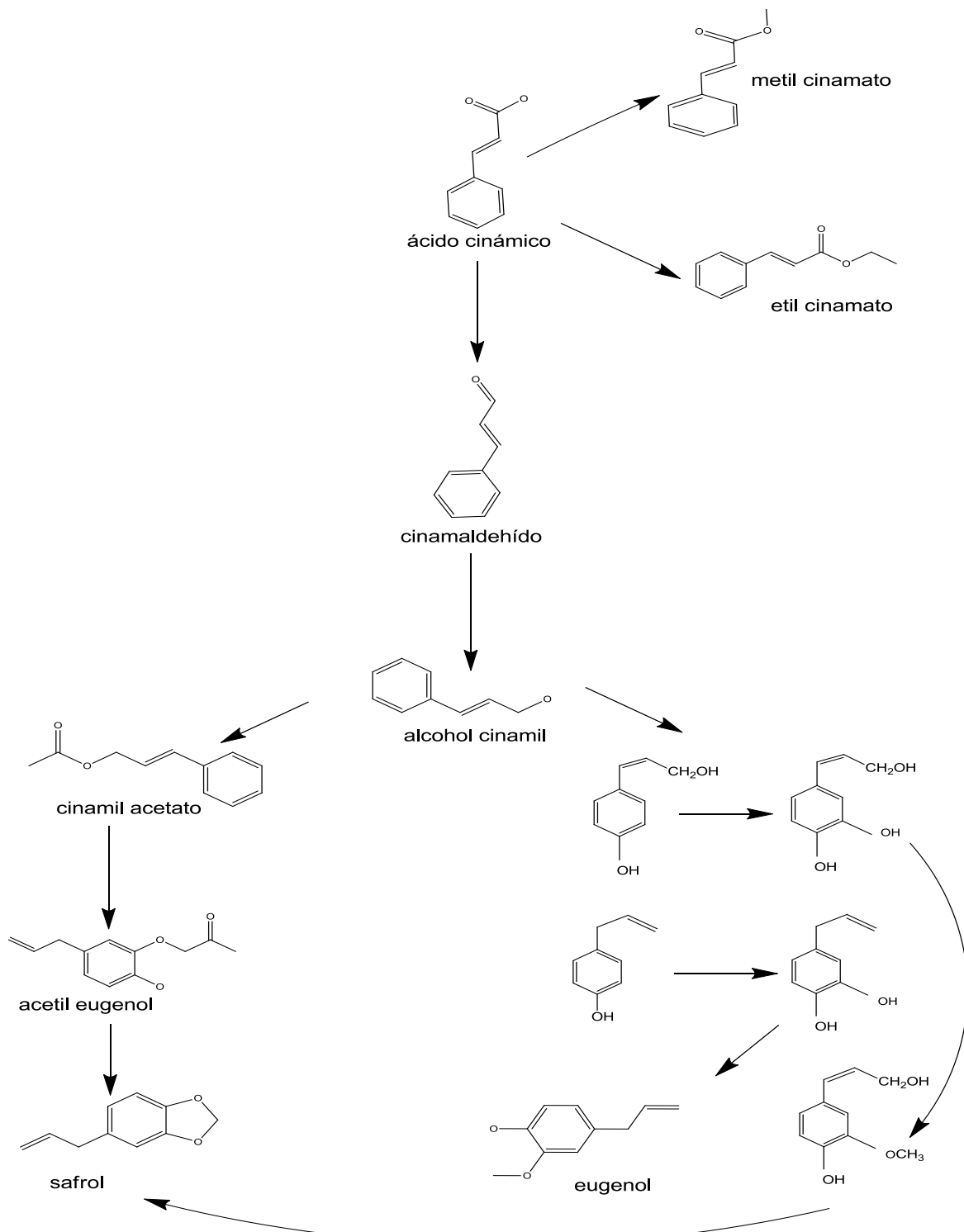


Figura 7. Posible ruta para la formación de fenilpropanoides en canela (Wijesekera 1978).

1.6 Aplicaciones de *Cinnamomum zeylanicum*.

1.6.1 Uso culinario

El principal uso que se le ha dado en México es en forma de té ya que es sencillo y rápido de preparar, posteriormente como especia en comida tradicional como lo es el mole, en productos de panificación para dar un mejor sabor y olor. Como adorno en postres y bebidas dando una mejor presentación (Martínez, 1959).

1.6.2 Antioxidante

Los compuestos antioxidantes principales en las hierbas y especias son; ácidos fenólicos y flavonoides como la catequina. *Cinnamomum zeylanicum* contiene una buena cantidad de antioxidantes fenólicos que ayudan a contrarrestar los efectos dañinos de los radicales libres y pueden proteger contra la mutagénesis (Jayapraskasha, 2007).

Extractos de canela lograron reducir la peroxidación de lípidos en el sistema β -caroteno-linoleico y su efecto inhibitorio fue comparado con un antioxidante estándar y usado comúnmente BHT a un nivel de 100 ppm (Mancini-Filho 1998). En otro estudio los extractos de canela demuestran la capacidad antioxidante contra la radiación, hidroxil-radicales y peróxido de hidrógeno (Murcia, 2004).

1.6.3 Protección estomacal y expectorante.

Se ha documentado que problemas digestivos se alivian con ayuda de canela, pues alivia el dolor de estómago, especialmente en aquellas infecciones intestinales que provocan diarrea. Los taninos que cuidan el estómago, una de las razones por la cual la canela es buena para los males estomacales es su abundante contenido en taninos. Estas sustancias poseen propiedades astringentes y antiinflamatorias que actúan en beneficio del aparato digestivo. Algunas de las acciones benéficas de los taninos son secar y desinflamar la mucosa intestinal (Krishnamoorthy, 2004).

El estudio realizado por Rafatullah demuestra actividad gastroprotectora de la canela, porque disminuye la secreción de ácido y la inhibición de la formación de úlceras inducida por diferentes modelos experimentales. La capacidad de antiulcerosa gástrica de canela podría estar relacionado con sus propiedades antioxidantes, que resulta en elevación de los contenidos NP-SH (sulfhidrilos no proteicos) en el estómago (Rafatullah, 2011).

La corteza de canela tiene propiedades expectorantes, favoreciendo la eliminación de secreciones pulmonares, de esta forma su consumo es aconsejable para tratar casos de bronquitis, como así también, para resfriados que se manifiestan con tos excesiva (Krishnamoorthy, 2004).

1.6.4 Actividad Antimicrobiana

Toda acción inhibidora frente al crecimiento microbiano generalmente se expresa como acción antimicrobiana, incluyendo las acciones bacteriostática o fungistático y muchas especias poseen propiedades antimicrobianas y/o fúngicas. Por ejemplo, la canela, el comino y el tomillo se emplearon en la momificación en el antiguo Egipto y las especias en la antigua China e India se empleaban ya para conservar alimentos, así como también con fines medicinales. La investigación de las propiedades antimicrobianas de las especias comenzó en la década de 1880 y pronto se supo que la mostaza, el clavo y la canela tenían efectos antimicrobianos. Galli y algunos colaboradores investigaron el espectro antimicrobiano de diversas especias, sobre varias bacterias gram-positivas y gram-negativas y confirmaron la actividad antimicrobiana de canela, mejorana, orégano y tomillo. De las bacterias ensayadas, *Bacillus subtilis* fue el más susceptible, hallándose que *Escherichia coli* era relativamente resistente a estas especias (Kenji, 2002).

Los compuestos de la corteza contienen ciertos fungicidas que presentan una actividad potencial antifúngico contra *Artenaria solani* y *C. lunata*. La actividad antimicrobiana contra *Paenibacillus larvae*, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella choleraesuis* del aceite esencial de canela fue estudiada, por medio de una combinación de técnicas in vitro, demostrando que el cinamaldehído tiene efectos antibacterianos. Utilizando una concentración inhibitoria mínima (MIC) y concentración bactericida mínima (CBM) entre 25 a 100 mg / ml y 125 a 250 mg / ml respectivamente (Mishra Ajay K, 2009).

El Cuadro 3 la actividad antimicrobiana y antifúngica de canela por difusión en disco.

Cuadro 3. Actividad antimicrobiana y antifúngica de canela por difusión en disco.

Diámetro de inhibición (mm)					
Bacterias			Hongos y levaduras		
	canela	Penicilina		canela	fluconazo l
<i>Bacillus cereus</i>	38.25	13.5	<i>Candida lipolytica</i>	69.5	16.0
<i>Escherichia coli</i>	24.5	10	<i>Pichia membranaefaciens</i>	48.0	10.0
<i>Listeria monocytogenes</i>	20.75	17.5	<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>	55.0	34.0
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	21.0	-	<i>Aspergillus flavus</i>	58.0	-
<i>Salmonella Rissen</i>	22.5	18.5	<i>Aspergillus parasiticus</i>	59.75	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	42.0	46.5	<i>Fusarium moniliforme</i>	CI	-

Fuente: Nanasombat and Wimuttigisol .2011

1.6.5 Tratamiento de Diabetes.

Cinnamomum zeylanicum es ampliamente utilizado en el sistema tradicional de la medicina para tratar la diabetes en la India. Se ha identificado que el compuesto activo es cinamaldehído disminuyendo la hemoglobina glucosilada, colesterol total, triglicéridos y al mismo tiempo marcando aumento de insulina en plasma. Los efectos a largo plazo del aceite de *Cinnamomum zeylanicum* sobre algunos parámetros fisiológicos fueron investigados en ratas machos Wistar no diabéticas y diabéticas. La administración de aceite de canela a ratas diabéticas resultó en un decrecimiento significativo de glucosa en sangre, triglicéridos, colesterol, LDL-colesterol y ALT, mientras que la concentración de HDL-colesterol se incrementó marcadamente después, la dieta con aceite de *C. zeylanicum* mejora los parámetros fisiológicos, especialmente cuando éste es usado por un largo período (Babu Subash, 2007).

Se han propuesto algunos mecanismos de cómo actúa la canela relacionados a la glucosa y la función de la insulina. Se encuentra una mejor captación celular de glucosa a través de la estimulación de la insulina aumentando la actividad del receptor quinasa, aumento de la fosforilación del receptor de insulina y la actividad de la síntesis de glucógeno y la reducción de inflamación a través de efectos antioxidantes (Markey y col., 2011).

II. JUSTIFICACIÓN.

El uso gastronómico y medicinal de canela en México se ha difundido por generaciones en el país, sin embargo el conocimiento de los componentes que brindan las propiedades medicinales, antimicrobianas y alimenticias es mínimo. Siendo México uno de los principales países importadores de canela proveniente de Sri Lanka el presente trabajo busca conocer si existe diferencia cualitativa y cuantitativa de compuestos presentes en los tipos de canela que se distribuyen a través de los principales mercados en la Ciudad de México.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General.

Determinar los compuestos funcionales en canela.

3.2 Objetivos específicos.

- Realizar el muestro de canela en El Mercado de la Merced, Mercado de Jamaica y La Central de Abastos.
- Realizar la caracterización de diámetro, peso, volumen, densidad en los tipos de canela.
- Llevar a cabo la extracción alcohólica de la corteza.
- Determinar el contenido de compuestos fenólicos totales.
- Determinar actividad antioxidante por el método de Velioglu y por el método de la decoloración del radical 1,1-difenil-2-picrilhidracilo (DPPH).
- Identificar los compuestos funcionales por medio de la cromatografía en capa fina, utilizando dos sistemas Butanol-ácetico-agua y benceno-acetato de etilo-ácido acético.
- Cuantificar por cromatografía Líquida de Alta Resolución los compuestos funcionales.
- Determinar el tiempo necesario para obtener la mayor concentración de compuestos funcionales en una infusión de canela.

IV. MATERIALES Y METODOS.

4.1 Muestro.

La materia prima a utilizar será obtenida de los tres mercados de mayor concurrencia en la Ciudad de México. El Mercado de la Merced, Mercado de Jamaica y La Central de Abastos. El muestro es dos tipos de canela comúnmente llamada gruesa y delgada.

4.2 Materiales.

Cuadro 4. Reactivos y equipo a utilizar.

Determinación.	Reactivo.
Extracción Alcohólica.	Etanol al 80%. Equipo Soxhlet.
Compuestos Fenólicos Totales	Reactivo de Folin Ciocalteu, carbonato de sodio, ácido gálico. Espectrofotómetro Perkin Elmer Lamda 25.
Capacidad antioxidante	Ácido linoléico, Tween 40, β -caroteno, agua oxigenada, butil hidroxitolueno (BHT), metanol al 80%, 1,1-difenil-2-picrilhidracilo (DPPH), ácido ascórbico, regulador de acetatos. Espectrofotómetro Perkin Elmer Lamda 25.
Cromatografía en capa fina.	N-butanol, ácido acético, benceno, acetato de etilo, ácido acético. . Espectrofotómetro Perkin Elmer Lamda 25, cromatoplaca de silica gel y cámara para cromatografía
Cromatografía Líquida de Alta Resolución.	Ácido acético grado HPLC, agua desionizada, acetonitrilo grado HPLC. Cromatógrafo de líquidos Marca Waters Modelo 515
Se usara el material y equipo propio de laboratorio.	

4.3 Métodos.

4.3.1 Caracterización de la canela.

Pesar 10 gramos de cada muestra de canela, con una regla medir longitud posteriormente con el vernier medir el diámetro. Calcular volumen y densidad.

4.3.2 Extracción Alcohólica.

Pesar 10 gramos de muestra, colocar la muestra en el matraz balón y adicionar alcohol al 80%. Montar el Equipo Soxhlet, conectar el refrigerante previamente revisando que no se encuentren fugas. Al cabo de seis horas detener la extracción y evaporar el alcohol por calentamiento. Filtrar el concentrado.

4.3.3 Determinación del contenido de compuestos fenólicos.

Se realizará bajo el método de Singleton y col., 1965 el cual consiste en tomar 1 ml de extracto llevar a un volumen de 50 mL. De esta dilución tomar 10 mL y añadir 0.75 mL del reactivo de Folin Ciocalteu (diluido 1:10), después de 5 minutos; adicionar 0.75 mL de carbonato de sodio al 10% y después de 90 minutos leer absorbancia a 760 nm.

Se realiza curva tipo utilizando ácido gálico en concentraciones de 0-200 µg/mL.

4.3.4 Evaluación de la actividad antioxidante de los extractos etanolicos de canela.

En recipientes color ámbar por triplicado colocar 0.02 mL de ácido linoléico, 0.2 mL de Tween 40 y 1 mL de solución de β-caroteno (0.2 mg /mL en cloroformo), agregar 0.2 ml de extracto. Evaporar a sequedad y agregar 20mL de agua oxigenada al 5% posteriormente leer la absorbancia a 470 nm.

Enseguida someter a autooxidación térmica en baño a 50 °C leer la absorbancia cada 10 minutos durante 120 minutos. Preparar estándar de BHT y control con metanol al 80% además de un blanco con agua.

La actividad antioxidante es calculada como porcentaje de inhibición relativo al control usando las siguientes ecuaciones (Al-Saikhan y col., 1995).

$$R = \frac{\ln \left(\frac{A_0}{A_t} \right)}{t} \qquad \%AA = \frac{R_{\text{control}} - R_{\text{muestra}}}{R_{\text{control}}} \times 100$$

Donde:

A_0 = absorbancia de muestra o control al tiempo cero.

A_t = absorbancia de la muestra o control al tiempo t de incubación.

La determinación es bajo el método de Velioglu, 1998.

4.3.5 Evaluación de la actividad antioxidante de los extractos etanolicos de canela por el método 1,1-difenil-2-picrilhidracilo (DPPH) .

La actividad utilizando el radical DPP (Shimada, 1992) con extractos de canela se lleva a cabo utilizando regulador de acetatos 0.1M pH 5.5, y DPPH 0.004% en metanol, después de 30min de incubación a temperatura ambiente se determina la reducción del radical DPPH a 517 nm en un espectrofotómetro. El ácido ascórbico un conocido antioxidante se utiliza como control positivo, las determinaciones se llevan a cabo por triplicado, la inhibición es calculada como:

% de inhibición = [(absorbancia del control – absorbancia de la muestra problema)/absorbancia del control] x 100.

4.3.6 Cromatografía en capa fina sistema butanol-acético-agua y benceno-acetato de etilo-ácido acético.

En la parte inferior de la cromatoplaque de sílica, colocar con ayuda de un capilar 200 µL del extracto de canela, colocar la cromatoplaque en una cámara saturada conteniendo como fase móvil N-butanol-ácido acético-agua (4:1:5). Correr la cromatografía durante dos horas con un valor de temperatura entre 20 °C -25 °C. Sacar el cromatoplaque, marcar el frente del disolvente y dejar secar a temperatura ambiente.

Observar las manchas en luz visible, después revelar las manchas con luz ultravioleta. Calcular el valor de R_f y comparar con bibliografía. Posteriormente del cromatoplaque raspar las manchas y colocarlas en un tubo de ensayo, al tubo adicionar etanol.

Uno de los métodos empleados para separar los compuestos presentes en canela, utilizando cromatografía en capa fina, es con los disolventes benceno-acetato de etilo-ácido acético glacial en un proporción de 90:10:01 respectivamente. (Voelker y col., 1967). Este sistema fue utilizado para evaluar si existe una diferencia entre las canelas de Ceilán y Seychelles, con respecto a las cassias de Saigón, Batavia y Korintji (Wijesekera, 1978). El procedimiento es igual al descrito anteriormente.

4.3.7 Cromatografía Líquida de Alta Resolución.

Preparar la fase A ácido acético-agua (2.5% / 97.5%) y fase B acetonitrilo-ácido acético-agua (80% / 20% acético-agua). Filtrar la fase A y fase B en un membrana Sep-Pack mediante un sistema al vacío. Filtrar las muestras patrón y extractos con un acrodisc nylon 0.45 µm (Svedström y col., 2006). Las condiciones de trabajo y de elución se muestran en el Cuadro 5 y Cuadro 6.

Cuadro 5. Condiciones cromatográficas de las muestras patrón y extractos.

Cromatógrafo de líquidos Marca Waters Modelo 515
Método gradiente pHCarbac
Detector UV Marca Waters 2847, 280nm
Columna 25cm, LiCrosorb RP18
Fase A ácido acético 2.5% / agua 97.5%
Fase B acetonitrilo 80% / ácido acético-agua 20%
Proporción: 0.93 fase A y 0.07 fase B
Flujo: 1 mL/min.

Cuadro 6. Condiciones de elución.

minuto	% Fase B	Duración (minutos)
0	40	50
50	7	5
59.8	alarma	0.1
59.9	alarma	0.1
60.0	FIN.	-

4.3.7 Infusión de canela.

Calentar 1000 mL de agua a 84 °C y agregar cuatro gramos de canela tomar 3 mL de la infusión cada 5 minutos durante 115 minutos y analizar compuestos fenólicos con el método descrito en el punto.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1 Muestreo

Las muestras adquiridas en la Central de Abastos, Mercado de la Merced y en el Mercado de Jamaica los vendedores indican que son importadas de Sri Lanka, llegando al puerto de Veracruz en la mayoría de los casos mediante intermediarios españoles. La canela que es cultivada en México solo es comercializada en Chiapas; pero no tiene una apertura comercial hacia toda la República Mexicana, por lo que la producción en México de canela no es significativa.



Figura 8. Muestras de canela.

En los tres mercados se venden dos tipos de canela coloquialmente llamada canela gruesa y canela delgada. La canela de mayor venta en los tres mercados es la canela delgada, los comerciantes indican que la gente compra canela delgada creyendo que es mejor porque “pinta más” que la canela gruesa.

En el Cuadro 7 se muestran las claves que se asignaron a cada canela así como el precio de venta por cada 100 gramos, sin embargo en los mercados se puede adquirir una rama de canela por diez pesos.

Cuadro 7. Claves y precio de las muestras de canela.

Muestra	Clave	Fecha enero 2011	
		precio \$	gramos
Canela delgada del Mercado de la Merced	CDM	30.0	100.0
Canela delgada del Mercado de Jamaica	CDJ	30.0	100.0
Canela delgada de la Central de Abastos	CDC	30.0	100.0
Canela gruesa del Mercado de la Merced	CGM	20.0	100.0
Canela gruesa del Mercado de Jamaica	CGJ	40.0	100.0
Canela gruesa de la Central de Abastos	CGC	18.0	100.0

La canela delgada se vende al mismo precio en los tres mercados y la canela gruesa es más barata en La Central de Abastos con una diferencia de dos pesos con respecto a la que se vende en el Mercado de la Merced y hasta de veintidós pesos con respecto a la del Mercado de Jamaica.

5.2 Caracterización de la canela.

Para su estudio el peso es constante en todas las muestras. En el Cuadro 8 se indican las características físicas de cada canela: longitud, diámetro, volumen y densidad.

En longitud presentan diferencia siendo la de mayor longitud CDJ y la de menor CGJ; con respecto a los diámetros la canela delgada de los tres mercados presenta un diámetro promedio de 1 cm este tipo de canela es la de mayor comercio viene en rollos con el menor maltrato mecánico posible, mientras que el

diámetro de las canelas gruesas es de 1.67 cm en promedio y la forma de los rollos es menos estructurada que la canela delgada.

Se puede observar que el volumen aparente de las canelas delgadas es de 19.15 cm³, mientras que en las canelas gruesas se encuentra entre 31 cm³ y 66 cm³. Mientras que la densidad promedio de las canelas delgadas y gruesas es de 0.5228 g/cm³ y 0.2475 g/cm³, respectivamente.

Cuadro 8. Características físicas de las muestras de canela.

Canela	Peso (g)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)
CDM	10	16.70±0.80	1.02±0.06	18.20±0.82	0.5496
CDJ	10	19.00±0.87	1.00±0.07	19.90±0.90	0.5026
CDC	10	18.50±0.92	1.00±0.05	19.37±0.87	0.5162
CGM	10	15.10±0.76	1.40±0.08	30.99±1.38	0.3227
CGJ	10	13.10±0.64	2.20±0.02	66.40±2.98	0.1509
CGC	10	18.10±0.90	1.40±0.07	37.15±1.67	0.2692

5.3 Extracción Sólido-Líquido de canela.

Se obtuvieron extractos de 50 ml cada uno. En el Cuadro 9 se muestran los porcentajes correspondientes de material insoluble y soluble en etanol al 80%. En promedio 95.3% es material insoluble en etanol como lo es la celulosa, hemicelulosa y almidones y el 4.65% en promedio es la parte soluble en etanol al 80%.

Cuadro 9. Porcentajes de extracción en etanol al 80%

Canela	Peso inicial (g)	Peso final (g)	% material insoluble En alcohol al 80%	% material soluble en alcohol
CDM	10	9.6 ±0.38	96	4.0 ±0.12
CDJ	10	9.4 ±0.33	94	6.0 ±0.15
CDC	10	9.6 ±0.34	96	4.0 ±0.10
CGM	10	9.7 ±0.29	97	3.0 ±0.08
CGJ	10	9.3 ±0.28	93	7.0 ±0.20
CGC	10	9.6 ±0.29	96	4.0 ±0.07
Promedio		9.53±0.15	95.3 ±1.5	4.65±1.51

5.4 Contenido de Compuestos fenólicos.

El contenido de compuestos fenólicos de las muestras de canela, fue calculado utilizando la curva tipo expresada como ácido gálico que se muestra en la Figura 9. En el Cuadro 10, se puede observar que la CGJ presenta el mayor contenido de fenólicos, aproximadamente 2 veces más que el encontrado para CGC.

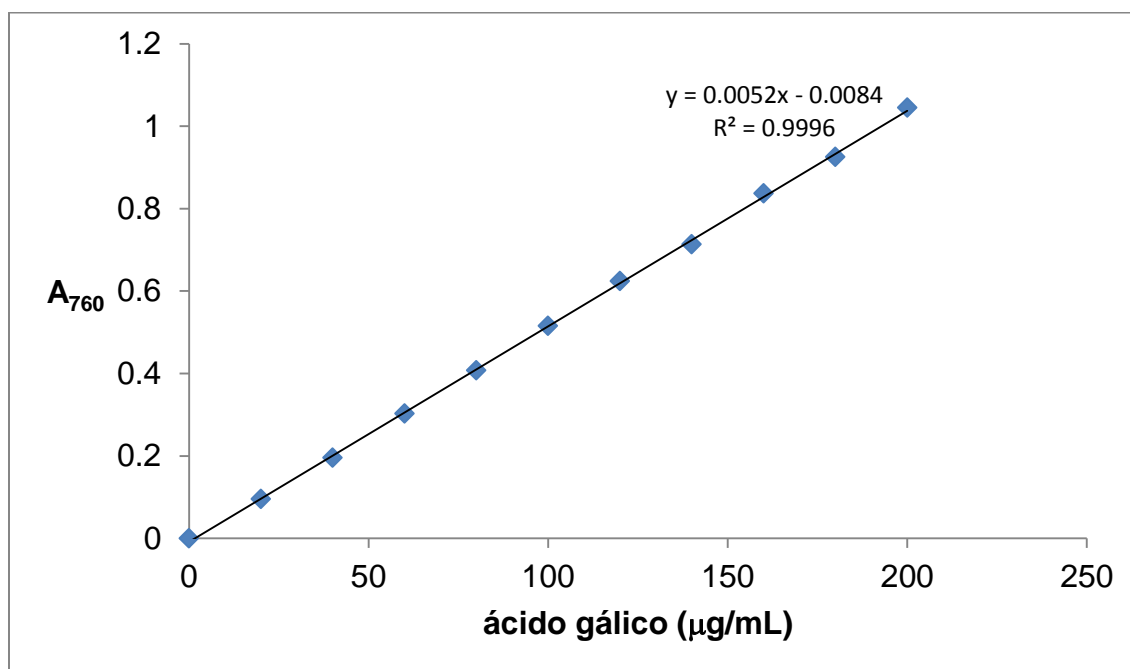


Figura 9. Curva Tipo de compuestos fenólicos, expresada como ácido gálico.

Cuadro10. Contenido de compuestos fenólicos en canela.

Canela Delgada (g GAE/100 g de muestra)		Canela gruesa (g GAE/100 g de muestra)	
CDJ	7.43 ±0.31	CGJ	11.22 ±0.43
CDM	7.48 ±0.29	CGM	6.91 ±0.26
CDC	8.47 ±0.34	CGC	5.67 ±0.24
Promedio	7.79 ±0.59	Promedio	7.93 ±2.91

GAE: Equivalentes de ácido gálico.

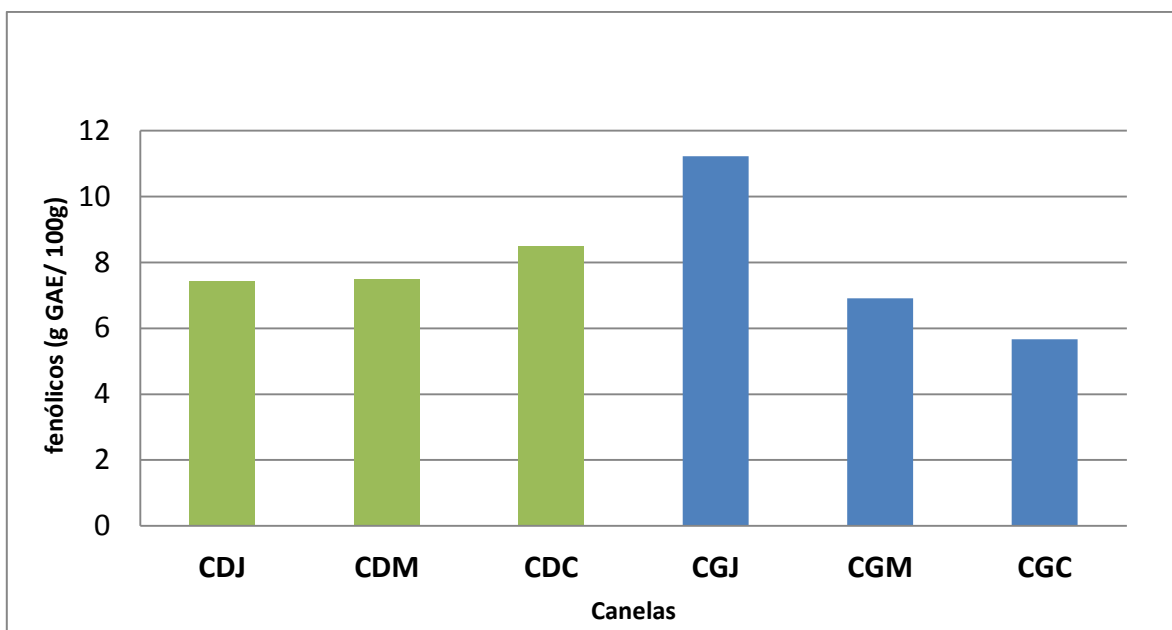


Figura 10. Contenido de fenólicos totales en los tipos de canela

Como se observa en el Cuadro 10, en un análisis general, las canelas delgadas y gruesas presentan en promedio un contenido de compuestos fenólicos totales de 7.79 g GAE/100 g de muestra y 7.93 g GAE/100 g de muestra, respectivamente. Para el caso de las canelas delgadas (Figura 10) la variación en contenido de fenólicos no es significativa, sin embargo en las canelas gruesas se puede observar que la CGJ presenta el mayor contenido de fenólicos, aproximadamente 2 veces más que el encontrado para CGC y CGM. Esta variación, se puede deber a el tipo de cultivo que se le dio en el país de origen, el tiempo de trasladado para la importación y las condiciones ambientales.

5.5 Actividad Antioxidante (AA).

Generalmente el contenido de compuestos fenólicos, está relacionado con la actividad antioxidante es decir entre mayor concentración de compuestos fenólicos mayor actividad antioxidante. Esta relación la presentan CDM y CGJ con un valor de %AA de 92.92 y 97.87 respectivamente que a su vez son las que mayor %AA presentan de las seis muestras. Como se muestra en el Cuadro 11 cuya actividad se determinó por el método de Velioglu.

Cuadro 11. Por ciento de Actividad Antioxidante. Método de Velioglu.

Canela Delgada %AA		Canela gruesa %AA	
CDJ	69.69	CGJ	97.89
CDM	92.92	CGM	2.37
CDC	33.43	CGC	23.58

En el Cuadro 12 se observa la actividad captadora de radicales libres de las muestras de canela por el método de DPPH utilizando tres concentraciones, 0.2 mg, 0.4 mg y 0.6 mg de compuestos fenólicos. La actividad captadora de radicales es mayor al aumentar la concentración de compuestos fenólicos de canela. En la Figura 11 se muestra gráficamente la actividad siendo CDC, CGM y CGC las muestras que presentan mayor actividad captadora de radicales libres en las tres concentraciones y CGJ la que menor actividad presenta en las diferentes concentraciones.

Cuadro 12. Actividad captadora de radicales a diferentes concentraciones de compuestos fenólicos. Método DPPH.

Muestra de canela	[compuestos fenólicos]		
	0.2 mg	0.4 mg	0.6 mg
CDJ	45.01±3.64	68.04 ±1.51	91.29± 1.76
CDM	52.77± 3.31	81.47± 2.25	92.08 ±0.74
CDC	59.08± 0.64	84.51± 0.23	93.23± 0.16
CGJ	31.79±4.10	50.88 ±3.15	78.71± 0.62
CGM	63.18± 0.22	93.13 ±1.14	94.35± 0.61
CGC	76.38± 1.35	90.43 ±1.17	94.36±0.62

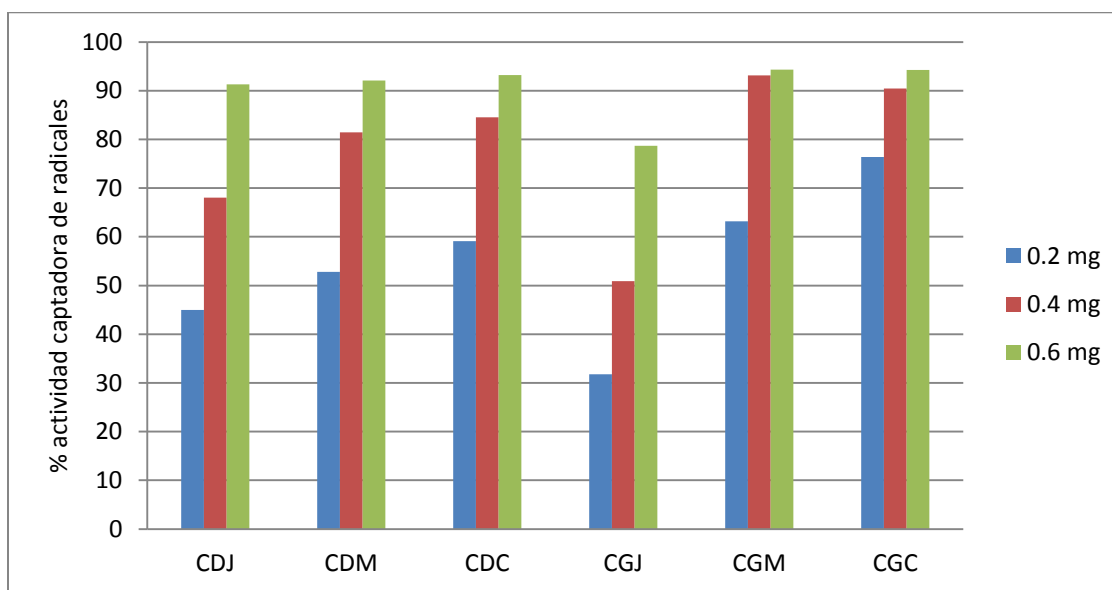


Figura 11. Actividad captadora de radicales de las muestras de canela usando el método de DPPH a diferentes concentraciones.

En el Cuadro 13 se muestra la cantidad en mg de compuestos fenólicos necesarios para tener una actividad antioxidante del 50%, siendo para CDC la muestra que a baja cantidad de compuestos tiene actividad antioxidante en un 50%. La actividad que presentan las muestras de canela en ambos métodos, es debido a los ácidos fenólicos y flavonoides.

Cuadro 13. Valores de IC₅₀ del ensayo DPPH para las muestras de canela.

Muestra	IC 50
CDJ	0.243
CDM	0.141
CDC	0.061
CGJ	0.368
CGM	0.112
CGC	-

5. 6 Cromatografía en capa fina sistema butanol-acético-agua y sistema benceno-acetato de etilo-ácido acético.

Se realizó cromatografía en capa fina en el sistema N-butanol: ácido acético: agua (4:1:5) aplicando 0.6 mL de extracto de la muestra CDM y el cromatograma obtenido se muestra en la Figura 12.

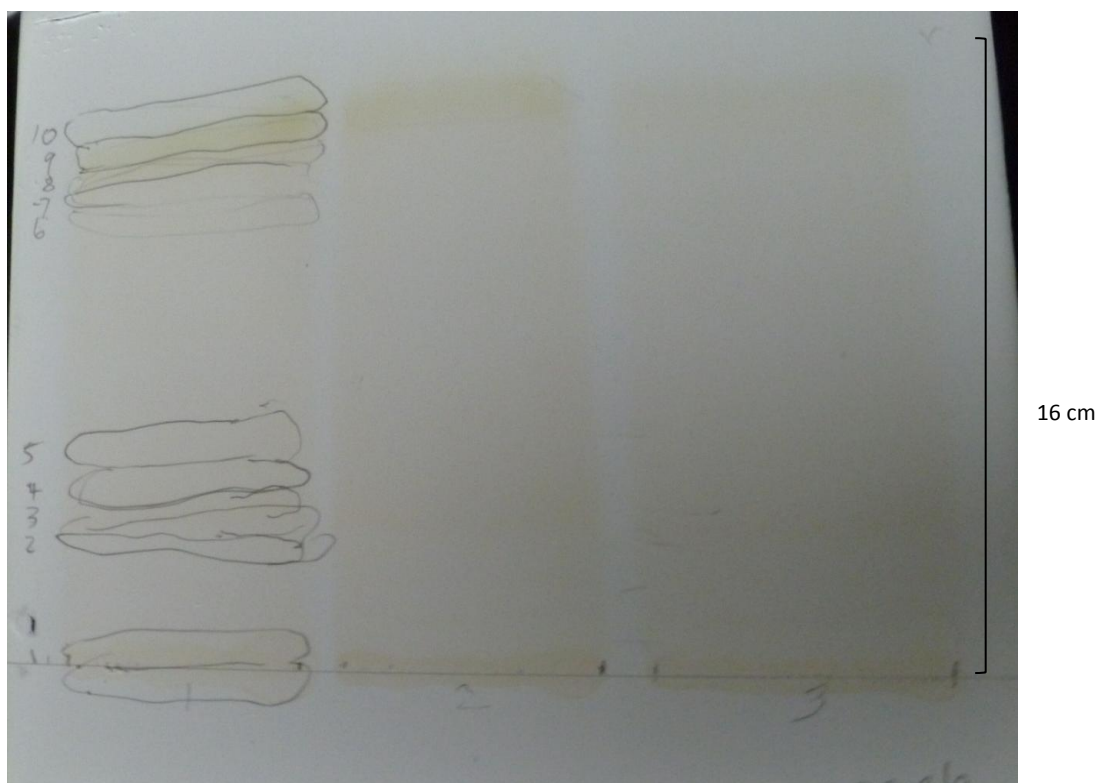


Figura 12. Cromatograma de CDM en Butanol-Acético-Agua (4:1:5)

En cromatografía sistema N-butanol: ácido acético: agua (4:1:5), se observaron 19 manchas, en luz visible de color café y en luz ultravioleta cada una tiene un color distinto, calculando y comparando valores de R_f con bibliografía se afirma que son flavonoides presentados en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Valores de R_f y compuestos identificados en sistema Butanol-Acético-Agua (4:1:5).

Línea	Luz visible	Luz U.V	Rf c	Rf b	Componente
1	café	Morada	0.00	-	nr
2	Café claro	Azul	0.02	-	nr
3	Café claro	Morada	0.05	-	nr
4	Café claro	Morada	0.11	-	nr
5	Café claro	Morada	0.14	-	nr
6	Café claro	Azul	0.18	-	nr
7	Café claro	Morada	0.22	0.22	flavonona
8	Café claro	Morada	0.26		nr
9	Café claro	Lila	0.31	0.31	Kaempferol 3-glucosido
10	Café claro	naranja	0.37	0.37	Acido <i>p</i> -cumárico
11	Café claro	morada	0.38	-	nr
12	Café claro	morada	0.52	0.52	epicatequina
13	Café claro	morada	0.57	0.57	Flavonol glucósido
14	Café claro	morada	0.66	0.67	Neohesperidin
15	Café claro	amarilla	0.71	0.72	Isoquercitrin
16	Café-amarillo	morada	0.75	0.75	Kaempferol 3-ramnosido
17	Café-amarillo	morada	0.79	0.70	Rhametin
18	Café-amarillo	amarilla	0.84	0.84	3,3,4,5,7 Pentahidroxi flavona.
19	Amarilo	roja	0.86	0.87	Hesperidin metil chalchona.

nr = no reportado, Rf c = Rf calculado, Rf b = Rf bibliográfico

Por medio de este sistema no es posible afirmar que se encuentre cinamaldehído y eugenol. Al realizar la cromatografía con el otro sistema de disolventes (benceno-acetato de etilo-ácido acético (90:10:01)) reportado por Wijesejera 1978, se observa en luz visible (Figura 13a) dos manchas una de ellas color café y otra color verde, indicando presencia mínima de clorofilas, las demás manchas fueron reveladas en U.V (Figura 13b) donde la mancha 6 es más grande en comparación con las demás, lo que indica la presencia de cinamaldehído comprobándose con los valores de R_{c_b} (bibliografía). El cálculo de R_c se realizó de acuerdo a la relación entre valores de R_f de la muestra con relación al R_f del cinamaldehído (Cuadro 15).

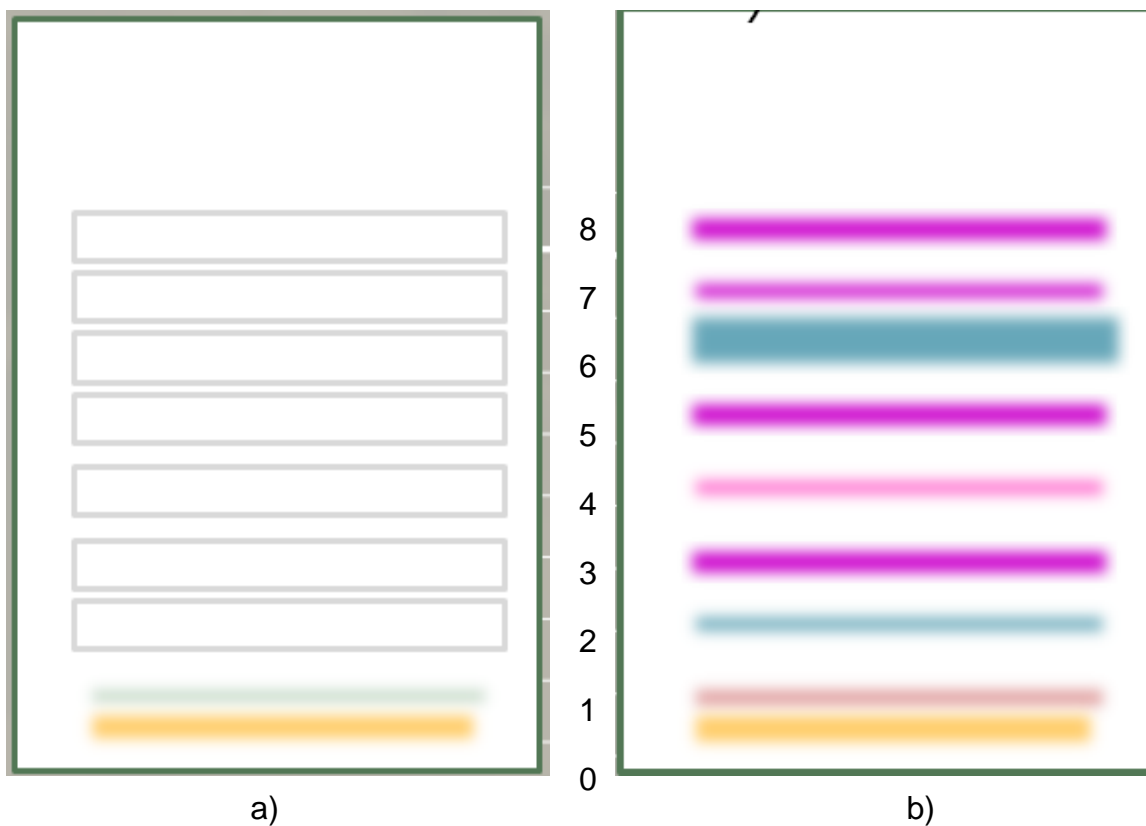


Figura 13. Cromatografía capa fina sistema benceno-acetato de etilo-ácido acético. a) Luz visible. b) Luz ultravioleta.

Cuadro 15. Valores de R_f y R_c de los compuesto en C.D.M sistema benceno-acetato de etilo-ácido acético.

Mancha	Luz visible	Luz ultravioleta	R_f	R_c	R_{cb}	Compuesto
0	amarilla	Café	0	0	0	nr
1	azul	Rojo	0.012	0.07	-	nr
2	-	Azul	0.030	0.18	-	nr
3	-	Morado	0.060	0.37	-	nr
4	-	Morado-lila	0.083	0.51	0.54	Cumarin
5	-	Morado	0.114	0.70	0.70	Eugenol
6	-	Azul	0.162	1.00	1.00	Cinamaldehído
7	-	Morado	0.221	1.36	1.37	Terpineno
8	-	morado	0.270	1.67	1.57	Safrol

R_c : R_f con respecto al cinamaldehído, R_{cb} : valores de bibliografía. nr= no reportado.

5.7 Cromatografía Líquida de Alta Resolución.

En las Figuras 14-19 se presentan los cromatogramas de cada muestra de canela. Cada cromatograma se puede diferenciar por dos principales características: la primera el número de picos que aparecen a diferentes tiempos de retención, estos picos representan los compuestos presentes en las muestras de canela y la segunda característica es la amplitud de los picos; indicando la concentración en que encuentra cada compuesto. Las muestras de canela presentan compuestos en común pero en diferente concentración. La Figura 20 indica una comparación entre canelas delgadas y gruesas del mismo mercado.

De manera numérica el Cuadro 16 contiene los resultados obtenidos por HPLC de cada muestra de canela. La primera columna indica el total de picos encontrados, la segunda su respectivo tiempo de retención, la tercera engloba las muestras de canela indicando el % área que presento cada pico y la última columna presenta en cuantas muestras se obtuvo en común ese pico. Como se puede observar en un mismo tiempo de retención, hay picos en común con diferente cantidad de % área y sólo el pico número 20 se presenta en las 6 muestras de canela.

La última fila indica cuantos picos en total presentaron cada una las muestras, siendo CDJ y CGJ las muestras con mayor número de picos y CDM la que tiene un menor número de picos.

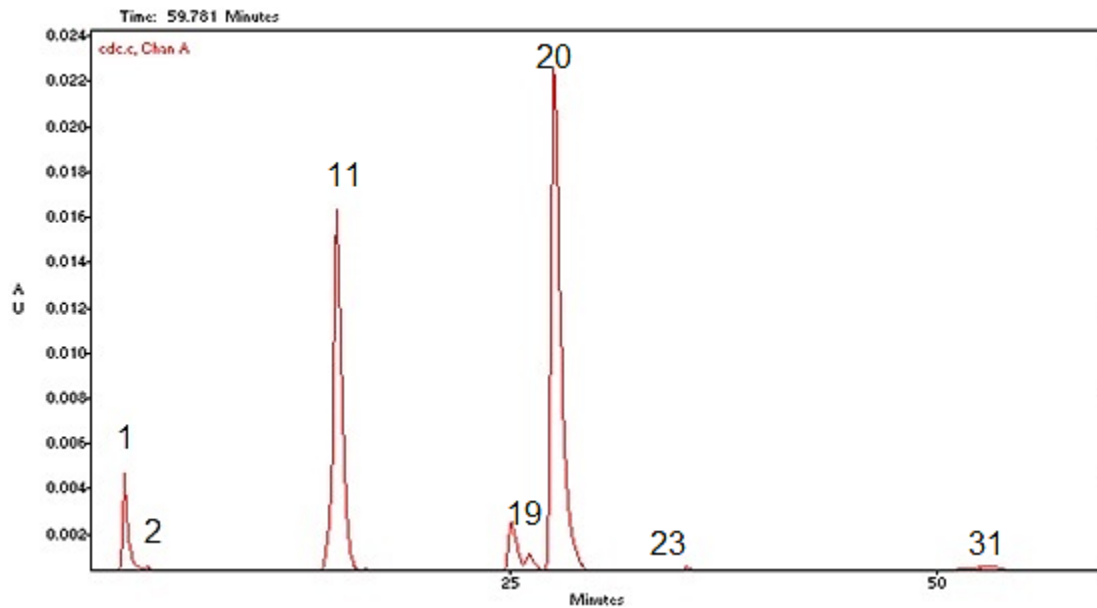


Figura 14. Cromatograma de Canela Delgada de la Central. 1) ácido gálico 2) catecol 11) quercetrin 19) hidroxicinamaldehído 20) cinamaldehído 23) eugenol 31) linalol.

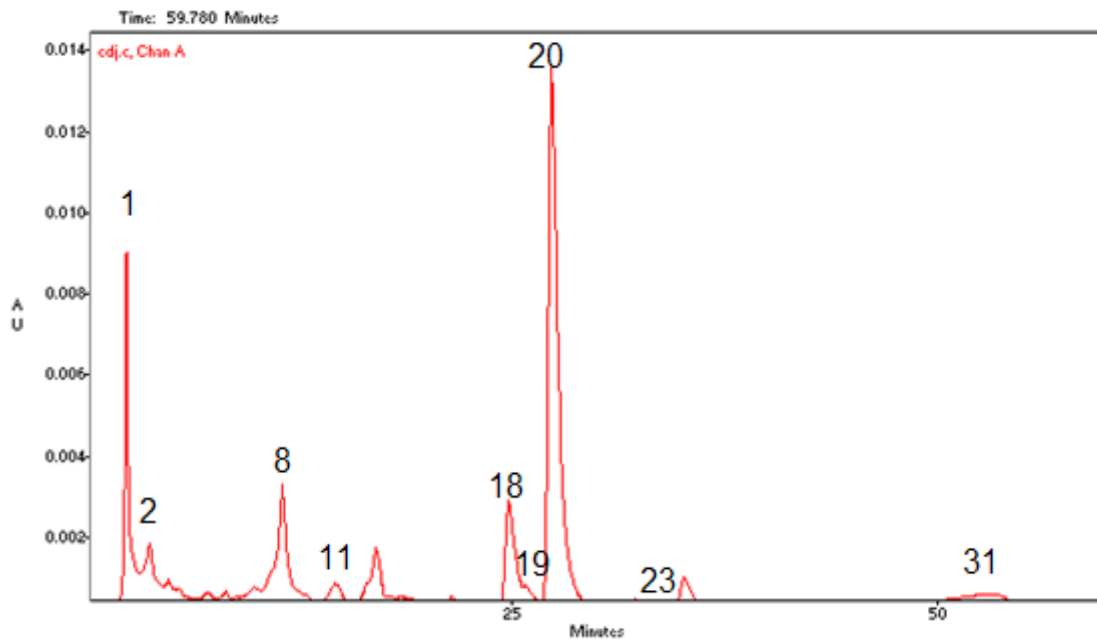


Figura 15. Cromatograma de Canela Delgada de Jamaica. 1) ácido gálico 2) catecol 8) epicatequina 11) quercetrin 18) cumarina 19) hidroxicinamaldehído 20) cinamaldehído 23) eugenol 31) linalol.

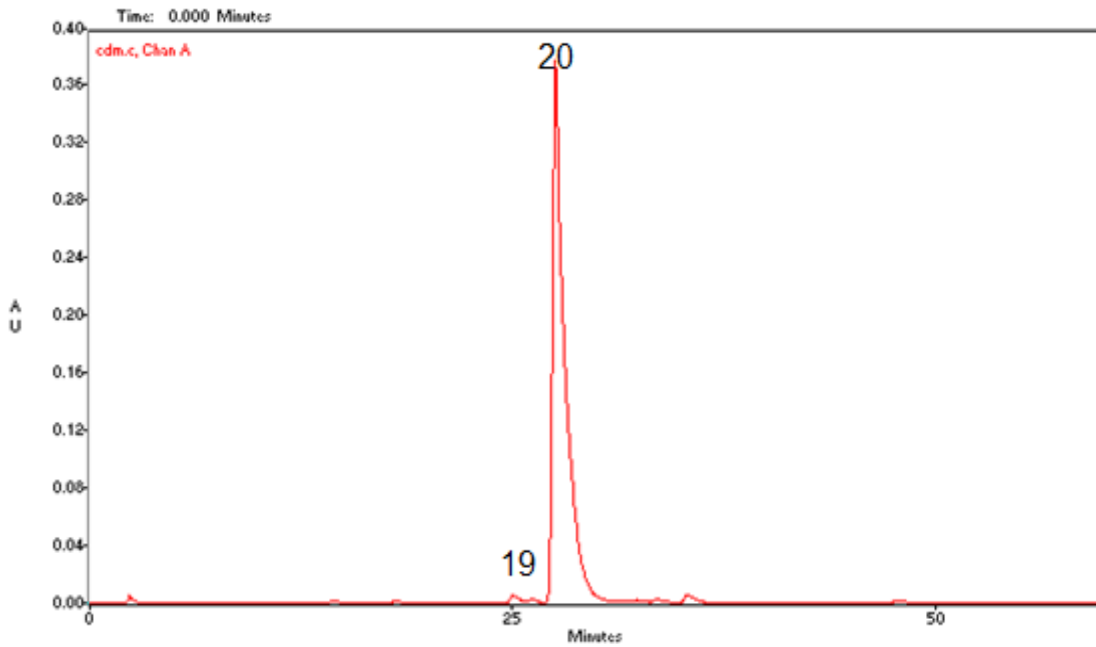


Figura 16. Cromatograma de Canela Delgada de la Merced. 19) hidroxicinamaldehído 20) cinamaldehído.

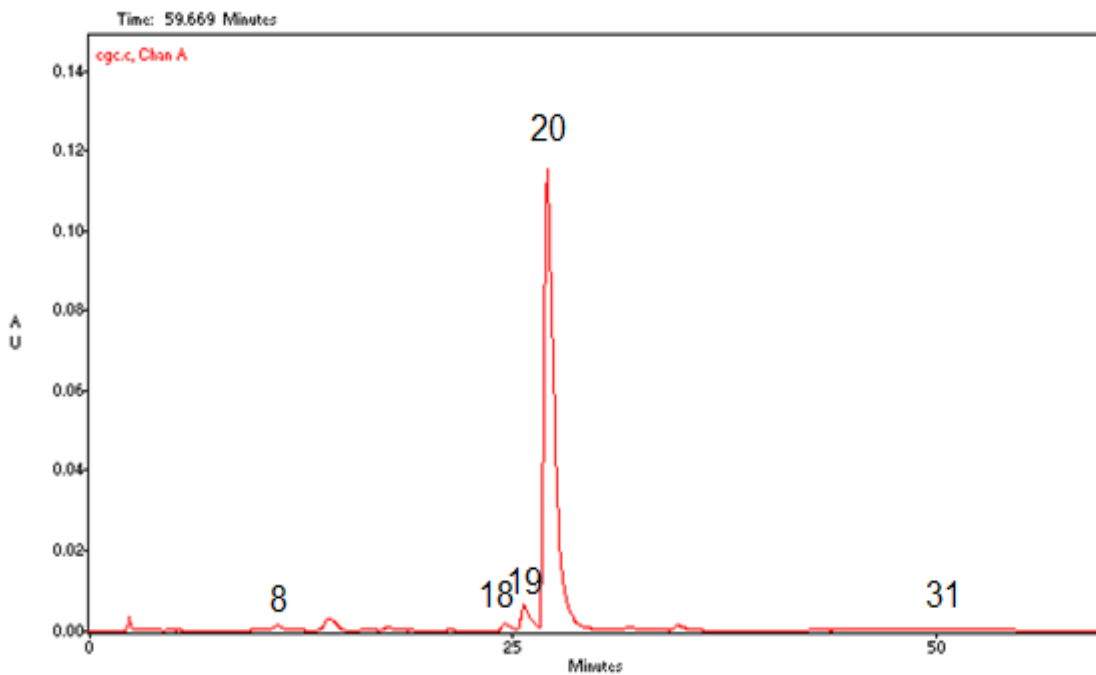


Figura 17. Cromatograma de Canela Gruesa de la Central 8) epicatequina 18) cumarina 19) hidroxicinamaldehído 20) cinamaldehído 31) linalol.

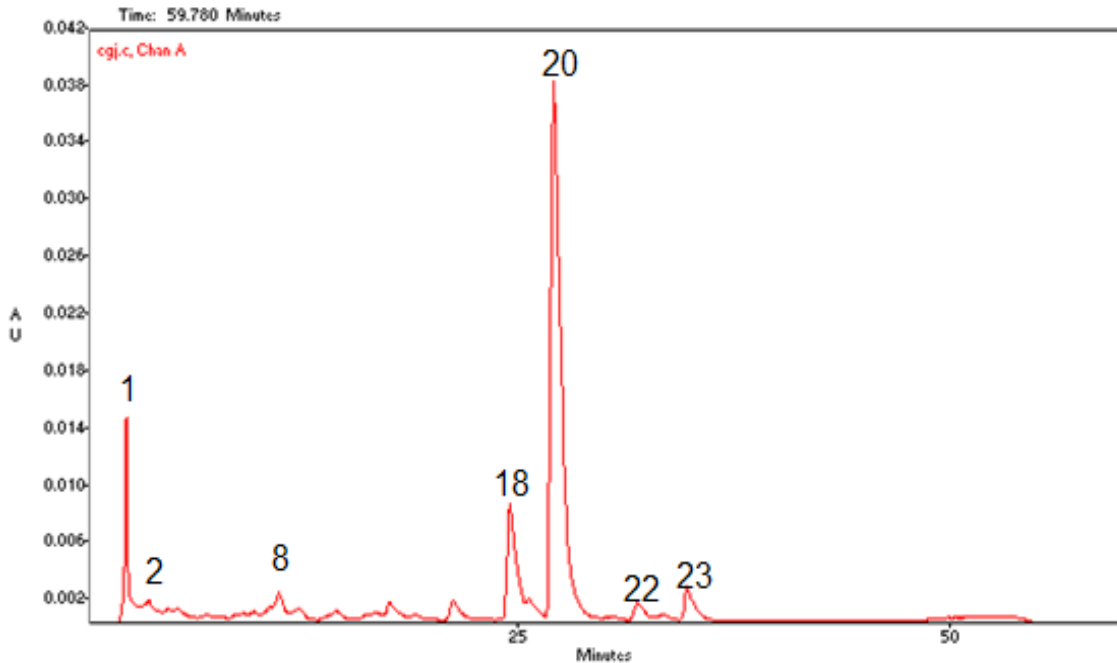


Figura 18. Cromatograma de Canela Gruesa de Jamaica 1) ácido gálico 2) catecol 8) epicatequina 18) cumarina 20) cinamaldehído 22) limoneno 23) eugenol

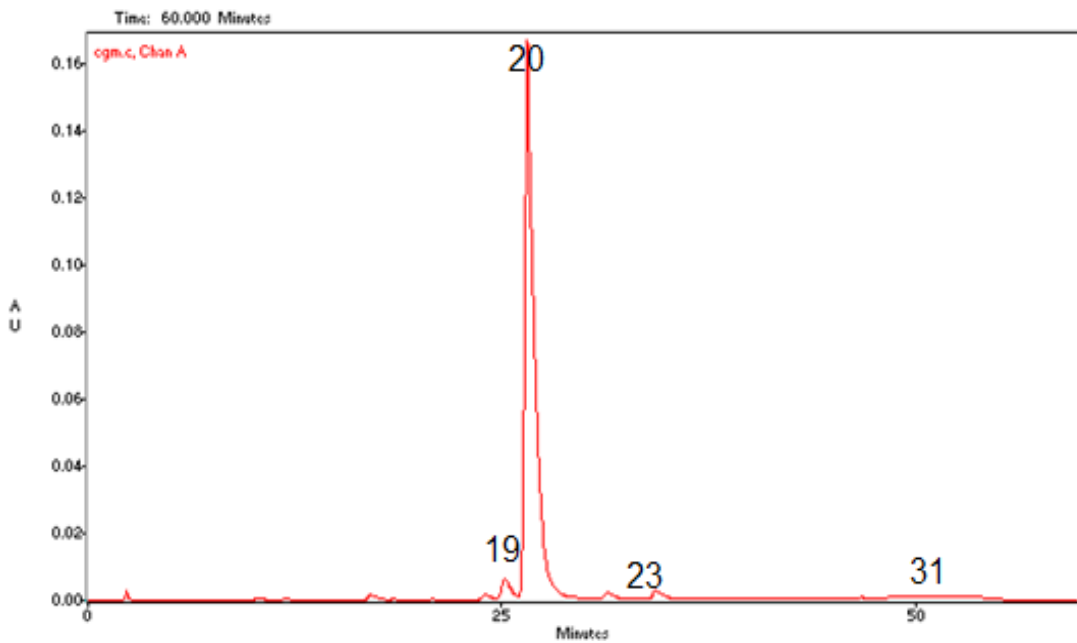


Figura 19. Cromatograma de Canela Gruesa de la Merced. 19) hidroxicinamaldehído 20) cinamaldehído 23) eugenol 31) linalol.

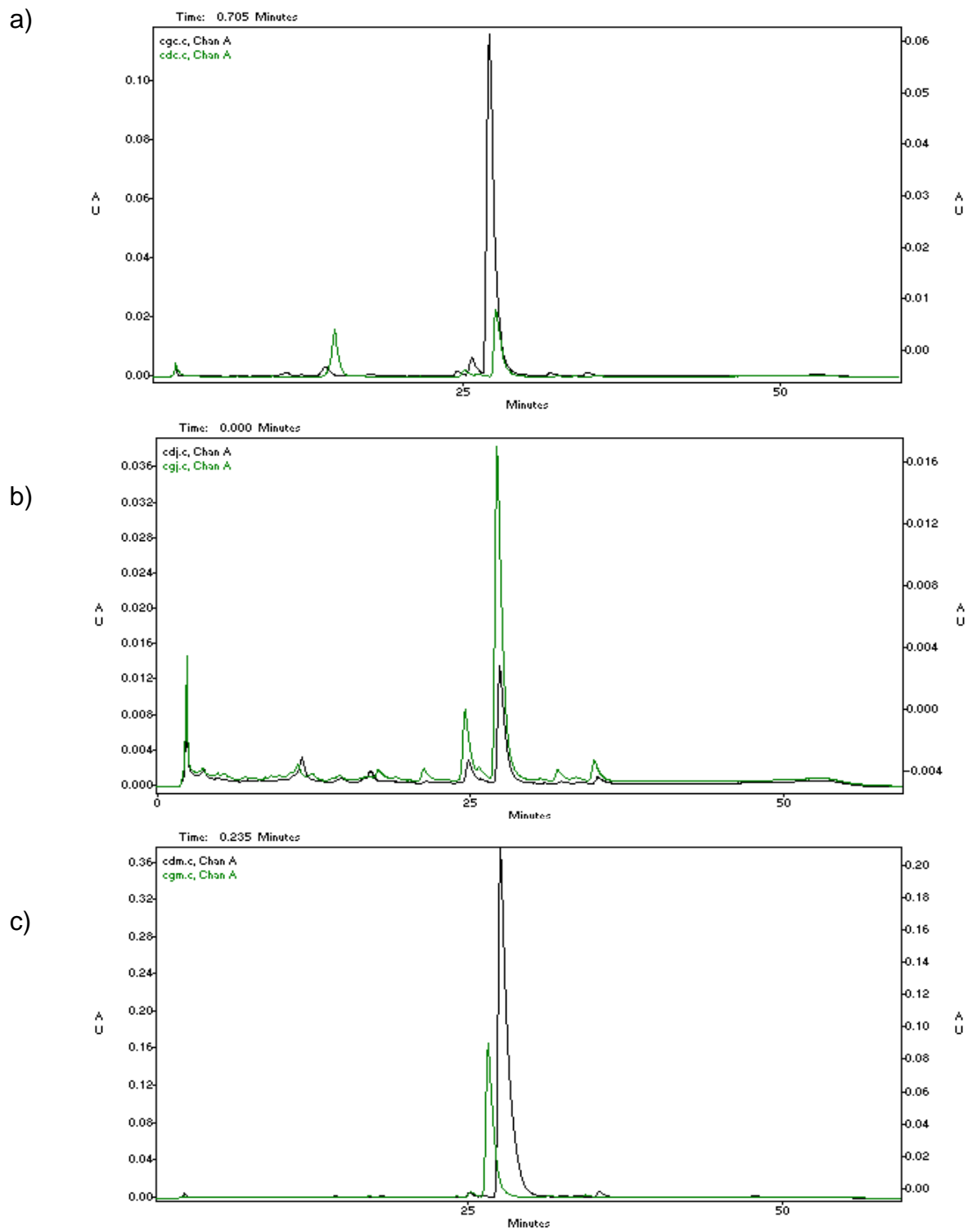


Figura 20. Comparación de Cromatogramas. a) CDC-CGC. b) CDJ-CGJ. c) CDM-CGM.

Cuadro 16. Tiempos de retención y % de área de las candelas.

Pico	Tiempo de retención (min)	Muestra de canela %área						Número de muestras que presentan el mismo pico.
		CDJ	CDC	CDM	CGJ	CGC	CGM	
1	2.52	6.88	4.56	-	4.99	-	-	3
2	3.89	3.97	1.01	-	2.56	-	-	3
3	4.98	1.47	-	-	1.11	-	-	2
4	5.53	1.96	-	-	1.88	-	-	2
5	7.24	1.36	-	-	1.19	-	-	2
6	8.33	1.44	-	-	-	-	-	1
7	10.00	2.01	-	-	-	-	-	1
8	11.39	7.76	-	-	2.45	1.32	-	3
9	12.71	1.17	-	-	1.96	-	-	2
10	14.30	-	-	-	-	2.62	-	1
11	14.80	2.82	22.48	-	2.00	-	-	3
12	16.98	4.48	-	-	1.23	-	-	2
13	17.75	-	-	-	2.39	-	-	1
14	18.53	1.18	-	-	-	-	-	1
15	19.18	-	-	-	1.21	-	-	1
16	20.12	1.05	-	-	-	-	-	1
17	21.47	1.30	-	-	2.33	-	-	2
18	24.76	4.87	-	-	7.57	1.11	-	3
19	25.55	1.65	-	1.11	-	3.92	2.93	4
20	27.31	23.04	33.03	86.99	33.71	74.82	81.78	6
21	31.10	-	-	-	1.07	-	-	1
22	32.29	1.47	1.04	-	2.07	-	-	3
23	33.76	1.54	1.29	-	1.56	-	-	3
24	34.73	-	-	-	3.70	1.43	1.45	3
25	35.49	3.10	1.97	1.73	2.14	-	-	4
26	48.02	1.59	-	-	-	-	-	1
27	49.87	-	-	-	2.03	-	1.46	2
28	51.27	-	-	-	-	1.60	-	1
29	52.63	5.23	2.70	-	4.01	1.18	-	4
30	53.03	1.28	-	-	-	-	-	1
31	53.40	2.98	2.54	-	-	1.19	1.66	4
		24	9	3	21	9	6	

En el Cuadro 17 se presentan los compuestos con su respectivo nombre, que se presentaron con mayor frecuencia en cada muestra así como su concentración en μg .

Cuadro 17. Compuestos funcionales identificados en las muestras de canela.

Pico	Tiempo de retención	Nombre del compuesto	Concentración del compuesto en las muestra de canela					
			μg					
			CDJ	CDC	CDM	CGJ	CGC	CGM
1	2.52	Ácido gálico	2.04	1.54	-	2.24	-	-
2	3.89	catecol	1.18	0.34	-	1.15	-	-
8	11.39	epicatequina	2.31	-	-	1.10	0.30	-
11	14.80	quercetrin	0.84	7.61	-	0.99	-	-
18	24.76	cumarina	1.45	-	-	3.40	0.25	-
19	25.55	Hidroxicinam aldehído	0.49	1.25	0.33	-	0.89	0.81
20	27.31	cinamaldehído	6.85	11.19	26.03	15.13	16.97	22.60
22	32.29	limoneno	0.44	0.35	-	0.93	-	-
23	33.76	eugenol	0.46	0.44	-	0.70	-	-
29	52.63	Ácido cafeico	1.55	0.92	-	1.80	0.27	-
31	53.03	linalol	0.89	0.86	-	-	0.27	0.46

El pico 1 fue identificado como ácido gálico y sólo lo contienen las muestras CDJ, CDC y CGJ en diferentes concentraciones 2.04 µg, 1.54 µg, 2.24 µg respectivamente, el pico 2 identificado como catecol se presenta en las mismas muestras mencionadas anteriormente en concentración de 1.18 µg, 0.34 µg, 1.15 µg respectivamente. El pico 3 corresponde a epicatequina que se presenta en una concentración de 2.31 µg para CDJ, 1.10 µg para CGJ y 0.30 µg para CGC. El compuesto quercetrin corresponde al pico 11, CDC contiene 7.61 µg, CGJ 0.99 µg y CDJ 0.84 µg. Cumarina se presenta en CDJ 1.45 µg, CGJ 3.40 µg y CGC 0.25 µg.

El pico 19 corresponde a hidroxicinamaldehído presente en CDJ 0.49 µg, CDC 1.25 µg, 0.33 µg, CGC µg y CGM µg. Todas las muestras presentan, en tiempo de retención de 27.31 minutos, al compuesto cinamaldehído siendo las muestras CDM y CGM las muestras con mayor concentración de este compuesto 26.03 µg y 22.60 µg respectivamente que a su vez CDM es la muestra con mayor contenido de cinamaldehído, este compuesto le confiere su actividad antioxidante, ya que esta muestra presenta sólo dos componentes y éste lo presenta en mayor cantidad. CDJ, CDC y CGJ presentan el compuesto limoneno en 0.44 µg, 0.35 µg, 0.93 µg y eugenol en 0.46 µg, 0.44 µg y 0.70 µg respectivamente. Ácido cafeíco se identifica en el pico 29 y en las muestras de CDJ 1.55 µg, CDC 0.92 µg, CGJ 1.80 µg, CGC 0.27 µg y linalol se presenta en CDJ 0.89 µg, CDC 0.86 µg, CGC 0.27 µg y CGM 0.46 µg.

5.8 Infusión de canela.

En la Figura 21 se puede observar que en los primeros cinco minutos la extracción es del 0.1%, a 25 minutos aproximadamente es del 47.0% en el minuto 60 se ha llegado al equilibrio con un 88% de los compuestos fenólicos extraídos.

En la mayoría de las infusiones (comúnmente llamadas té) las indicaciones de preparación son que después de 5 minutos se puede retirar la bolsa, sin embargo con estos resultados la canela es una excepción y se debe dejar más tiempo por ejemplo 20 minutos, para extraer las compuestos más importantes y no exceder porque al extraer en su totalidad los compuestos confieren un sabor ligeramente astringente.

Cuadro 18. Tiempo de extracción y absorbancia de la infusión de canela.

Condiciones 84.0 °C pH 6.24

Tiempo de extracción (min)	Absorbancia 280 nm
0.5	0.000667
1	0.009200
5	0.012593
15	0.070867
21	0.169167
25	0.230033
30	0.324800
35	0.363200
40	0.391733
45	0.428967
60	0.434233
115	0.490500

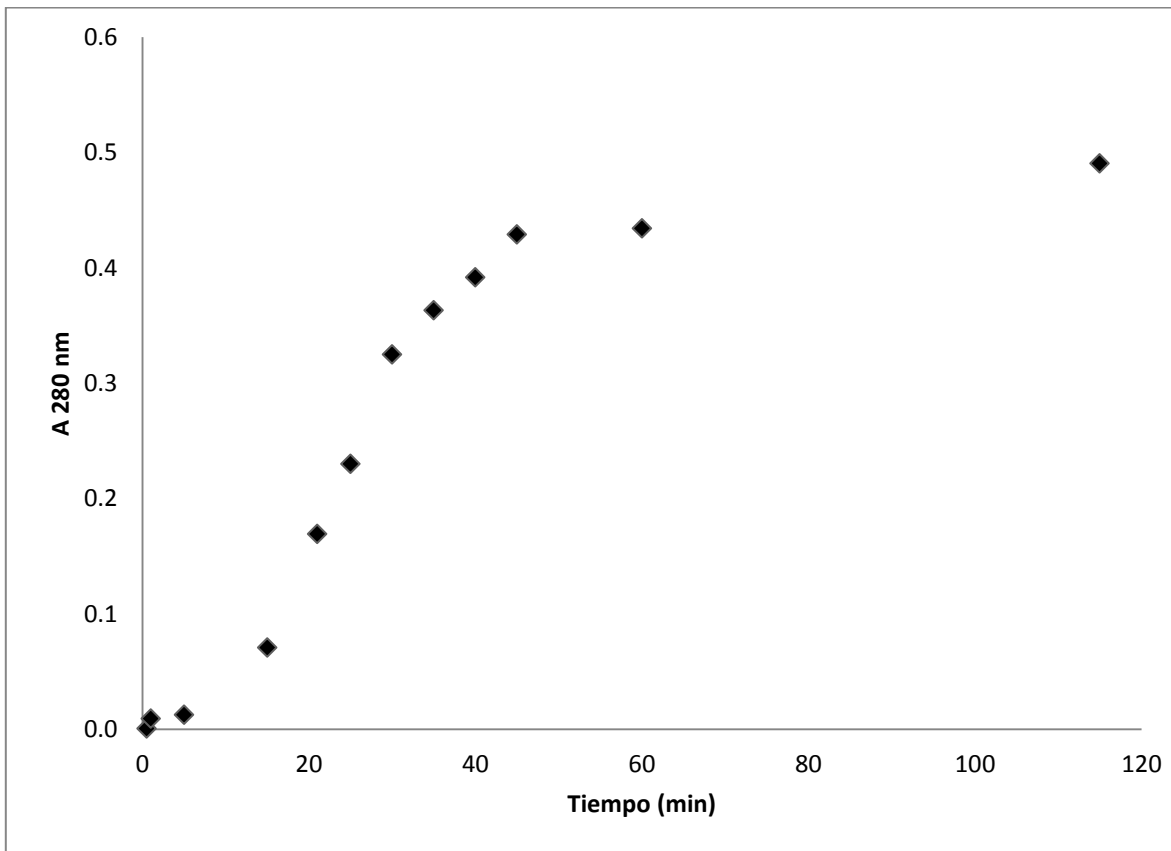


Figura 21. Extracción acuosa de Compuestos fenólicos.

VI CONCLUSIONES.

- La canela distribuida en La Merced, Mercado de Jamaica y Central de Abastos es proveniente de Sri Lanka y llega al puerto de Veracruz por intermediarios españoles.
- Las muestras de canela delgada presentan un diámetro promedio de 1 cm y las muestras de canela gruesa de 1.67 cm. El volumen aparente de las canelas delgadas es de 19.15 cm^3 , mientras que en las canelas gruesas se encuentra entre 31 cm^3 y 66 cm^3 . La densidad promedio de las canelas delgadas y gruesas es de 0.5228 g/cm^3 y 0.2475 g/cm^3 , respectivamente.
- El 95.3% es material insoluble en etanol como lo es la celulosa, hemicelulosa y almidones y el 4.65% en promedio es la parte soluble en etanol al 80%.
- Las canelas delgadas y gruesas presentan en promedio un contenido de compuestos fenólicos totales de 7.79 g GAE/100 g de muestra y 7.93 g GAE/100 g de muestra, respectivamente.
- Por el método de Velioglu las muestras con mayor actividad antioxidante son CDM con 92.92 % y CGJ con 97.87 %.
- Por el método de DPPH la actividad captadora de radicales es mayor al aumentar la concentración de compuestos fenólicos.

- Por cromatografía en capa fina sistema butanol- ácido acético-agua se identifican en su mayoría flavonoides y en sistema benceno-acetato de etilo-ácido acético los compuestos identificados son: cumarin, eugenol, cinamaldehído, terpineno y safrol.
- Los compuestos identificados son: ácido gálico y catecol que se presentan en las muestras CDJ, CDC y CGJ, epicatequina en CDJ, CGJ y CGC, quercetrin en CDC, CGJ y CDJ, cumarina en CDJ, CGJ y CGC, hidroxicinamaldehído presente en CDJ, CDC, CGC y CGM. Todas las muestras presentan, al compuesto cinamaldehído siendo las muestras CDM y CGM las muestras con mayor concentración de este compuesto 26.03 μg y 22.60 μg respectivamente. Las muestras CDJ, CDC y CGJ presentan el compuesto limoneno y eugenol, ácido cafeíco se presenta en CDJ, CDC, CGJ, CGC y linalol se presenta en CDJ, CDC, CGC y CGM.
- El tiempo para extraer en su mayoría los compuestos funcionales en una infusión de canela es de 20 minutos.

VII. BIBLIOGRAFÍA.

Al-Saikan, M.S., Howard, L.R., J.C. 1995. Antioxidant activity and total phenolics in different genotypes of potato (*Solanum tuberosum*. L.). Journal Food Science. 60:341-343. Texas, U.S.A.

Krishnamoorthy B. and Rema J 2004. End uses of cinnamon and cassia. . Editorial CRC. First Edition. 311-327 pp. Kerala, India.

Babu Subash, P. Prabuseenivasan, S. Ignacimuthu S. 2007. Cinnamaldehyde – A potential antidiabetic agent. Phytomedicine 14:15-22. Tamil Nadu, India.

Balasundram Nagendran, Sundram Kalyana and Samman Samir. 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chemistry 99:191-2003. Sydney, Australia.

Bray C.M. 1983. Nitrogen metabolism in plants. Chapter 3. Publishing House Longman Group. First Edition. 62-70 pp. Manchester, Inglaterra.

Chua, M-T., Tung Y-T., and Chang, S-T. 2008. Antioxidant activities of ethanolic extracts from the twigs of *Cinnamomum osophloeum*. Biosource Technology 99:1918-1925. Taipei, Taiwan.

Dighe Vidya V, Gursale Atish A, Charegaonkar Gauri A. 2009. Quantitation of Eugenol, cinnamaldehyde and isoeugenol from *Cinnamomum tamala*, Nees and Erm., leaf powder and *Cinnamomum zeylanicum* Breyne stem bark powder by LC. Chromatographia 70:1759-1762. Mumbai, India.

Jayapraskasha G.K, Negi P. S, Jena B.S and Rao Lingamallu Jaganmohan 2007. Antioxidant and antimutagenic activities of *Cinnamomum zeylanicum* fruit extracts. Journal of Food Composition and Analysis. 20:330–336. Karnataka, India.

Jayapraskasha G.K, Rao Lingamallu Jaganmohan and Sakaria Kunnumpurath K. 2002. Chemical composition of volatile oil from *Cinnamomum zeylanicum* Buds. Central Food Technological Research Institute 57:990-993. Mysore, India.

Mancini-Filho J. , Van-Koij , Mancini DA, Cozzolino FF and Torres RP. 1998. Antioxidant activity of cinnamon (*Cinnamomum Zeylanicum*, Breyne) extracts. Bol Chim Farm. 137:443-7. São Paulo, Brasil.

Kenji Hirasa, Takamasa Mitsuo. 2002 Ciencia y Tecnología de la especias. Editorial .Acribia. 1 y 175-188 pp. Zaragoza, España.

Kirk, R.S., Sawyer, R., y H. Egan. 1996. Hierbas y especias. Sal. En Composición y Análisis de Alimentos de Pearson. Capítulo 11. Compañía Editorial Continental. Segunda Edición. 431-472 pp. México.

Köhler's .1887. Medizinal-Pflanzen in naturgetreuen Abbildungen mit kurz erläuterndem Texte. Band 1. Berlin, Alemania.

Lv Junli, Huang Haiqiu, Yu Lu, Whent Monica, Niu Yuge, Shi Haiming, Wang Thomas T.Y., Luthria Levanand, Charles Denys, Lu Liangli Lucy. 2012. Phenolic composition and nutraceutical properties of organic and conventional cinnamon and peppermint. Food Chemistry. 132: 1442-1450. U.S.A.

Murcia MA, Egea I. , Romojaro F., Parras P., Jiménez AM., ,M. Martínez-Tomé. 2004. Antioxidant evaluation in dessert spices compared with common food additives. Influence of irradiation procedure. J Agric Food Chem. 52:1872-81. Murcia, España.

Martínez Maximino. 1959. Plantas útiles de la flora mexicana. Editorial Botas. 112-114 pp. México.

Mishra Ajay K, Mishra Amita, Kehri HK, Sharma Bechan and Pandey Abhay K. 2009. Inhibitory activity of Indian spice plant *Cinnamomum zeylanicum* extracts against *Alternaria solani* and *Curvularia lunata*, the pathogenic dematiaceous moulds. Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials, 8:9 doi:10.1186/1476-0711-8-9. Allahabad, India.

Markey Oonagh , McClean Conor M, Medlow Paul, Davison Gareth W, Trinick³, Ellie Duly³ Tom R and Shafat Amir. 2011. Effect of cinnamon on gastric emptying, arterial stiffness, postprandial lipemia, glycemia, and appetite responses to high-fat. Cardiovascular Diabetology 10:78. Irlanda.

Nanasombat Suree and Wimuttigosol Pornpan.2011. Antimicrobial and Antioxidant Activity of Spice Essential Oils. Food Sci. Biotechnol. 20:45-53. Tailandia.

Rafatullah S, Alqasoumi S. Al-Dosary, Al-Yahya M., I. Al-Mofleh 2011. Gastroprotective effect of a popular spice cinnamon *Cinnamomum zeylanicum* in rats .09:294

Ravindran, P.N. , Nirmal Babu, K. and M. Shylaja. 2004. Cinnamon and Cassia. The genus *Cinnamomum*. CRC Press LLC. Kerala, India.

Senanayake, U.M. and Wijesekera, R.O.B. 2004. Chemistry of Cinnamon an Cassia. En Ravindran, P.N. , Nirmal Babu, K. and M. Shylaja. 2004. Cinnamon and Cassia. The genus *Cinnamomum*. CRC Press LLC. Chapter 3. 81-125 pp. Nugegoda, Sri Lanka.

Shan Bin, Cai Yizhong Z., Sun Mei y Corke Harold. 2005. Antioxidant Capacity of 26 species Extracts and Characterization of Their Phenolic Constituents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53:7749-7759. Hong Kong, China.

Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara K., and Nakamura, T. 1992. Antioxidative properties of xanthan of the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *Journal Agricultural and Food Chemistry* 40:945-948. Tokyo, Japón.

Singetlon V.L., Ross J.A.1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdc-phosphotugstic acid reagents *Am. J.Enol.Vitic.* 16:144-158. California, U.S.A.

Su Lan, Yin Jun-Jie, Chales Denys, Zhou Kequan, Moore Jeffrey, Yu Liangli Lucy.2007. Total phenolic contents, chelating capacities, and radical-scavenging properties of black peppercorn, nutmeg, rosehip, cinnamon and oregano leaf. *Food Chemistry*. 100:990-997. U.S.A

Svedröm, U.J. Varela, K. Laakso H. 2006. Fractionation of polyphenolsin hawthorn into polymeric procyanidins, phenolic acids and flavonoid prior to high-performance liquid chromatographic analysis. *Journal of Chromatographic A*. 1112:103-11. Helsinki, Finlandia.

Tanaka, t., Matsuo, Y., Yamada, Y., and Kouno,I.,2008. Structure of polymeric Polyphenols of Cinnamon Bark deduced from condensation Products of cinnamaldehyde with catechin and procyanidins. *J. Agric. And Food Chem.* 56:5864-5870. Japón.

Velioglu Y.S, Mazza G., Gao L., Oomah B.D. 1998. Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products. *J. Agric. Food Chem.* 46: 4113-4117. Canadá.

Vernin, G., Vernin, C., Metzger, J., Pujol, L. and Parkanyi, C. 1994.GC/MS analysis of cinnamon and cassia essential oils: A comparative study. In G. Charalambous (ed.) *Spices, Herbs and Edible Fungi*. Elseiver Science, B.V. Amsterdam, pp. 411–425. Amsterdam, Holanda.

Wagner, H. and Bladt, S.,1996. Drugs Containing Essential Oils. In *Plant Drug Analysis. A Thin Lager Chromatography Atlas*. Springer. Second Edition. Chapter 6: 149-194pp. Múnich, Alemania.

Wijesekera, R.O.B. 1978. The Chemistry and Technology of Cinnamon. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 10:1-30. Rajagiriya, Sri Lanka.

Paginas Web.

<http://www.ft.lk/2013/02/21/edb-plans-to-increase-cinnamon-production/>