



## Mostaza: características químicas, botánicas y sus aplicaciones en el área de alimentos

B. Mejía-Garibay\*, A. López-Malo, J.A. Guerrero-Beltrán

*Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Fundación Universidad de las Américas Puebla.  
Exhacienda Sta. Catarina Mártir S/N, Cholula, Puebla. C.P. 72810. México.*

### Resumen

Las especias son materiales vegetales con usos tan diversos tales como conservantes, colorantes y aromatizantes de los alimentos; algunas tienen la capacidad de estimular fuertemente el paladar. Entre éstas se encuentra la mostaza con características de sabor, color y aroma inigualables. La mostaza fue uno de los primeros cultivos domesticados por el hombre y se ha empleado en el área de alimentos y medicina desde tiempos muy antiguos. Existen tres principales variedades de mostaza: negra (*Brassica nigra*), blanca o amarilla (*Brassica alba*) y parda (*Brassica juncea*). La ventaja de estas variedades de mostaza es que se aprovechan tanto las hojas como las semillas para condimentar alimentos. En la actualidad, el consumo de la mostaza se ha incrementado debido a que, en investigaciones recientes se ha descubierto que tiene una alta efectividad antimicrobiana y antioxidante en los alimentos, además de propiedades medicinales. El objetivo de este trabajo es proporcionar una revisión actualizada de las características químicas y botánicas de la mostaza, así como sus aplicaciones.

**Palabras clave:** mostaza; características químicas; aplicaciones de la mostaza.

### Abstract

Spices are plant materials with diverse applications such as food preservatives, coloring and flavoring agents. Some spices are able to strongly stimulate taste. Among these, mustard has unique flavor characteristics, color, and aroma. Mustard was one of the first domesticated crops and has been used in food and medicine since ancient times. There are three main types of mustard: black (*Brassica nigra*), white or yellow (*Brassica alba*), and brown (*Brassica juncea*). The advantage of these mustard varieties is that both leaves and seeds are used to flavor foods. Nowadays, consumption of mustard has increased due to recent research findings that demonstrate it is a highly effective antimicrobial and antioxidant in foods, as well due to its medicinal properties. The aim of this paper is to provide an updated review of the chemical and botanical characteristics of mustard and its applications.

**Keywords:** mustard; chemical characteristics; mustard applications.

\*Programa de Doctorado en Ciencia de Alimentos  
Tel: +52 222 229 2126, fax: +52 222 229 2727  
Dirección electrónica: beatriz.mejia@udlap.mx

## Introducción

La mostaza es una de las especias que desde tiempos muy antiguos ha sido usada como fuente de aceite comestible y en el área de medicina como antídoto en picaduras de escorpión y mordidas de víboras. Actualmente las semillas y las hojas se cosechan para propósitos medicinales, alimenticios y ciertas aplicaciones agrícolas. La mostaza se define como el producto resultante de la molienda de las semillas.

Esta especia ocupa el tercer lugar como el condimento más importante después de la sal y la pimienta. Mientras que las semillas enteras y su polvo seco carecen de aroma y sabor, éstos aparecen en presencia de agua o de líquidos poco ácidos (leche, cerveza). Es entonces cuando la enzima mirosinasa libera, a partir del glucósido sinagrina de las variedades de *Brassica*, el isotiocianato de alilo, esencia volátil de olor y sabor pungente (Schmidt-Hebbel, 2002).

En la segunda mitad del siglo XX el consumo mundial de la mostaza se incrementó de 75,000 a 170,000 toneladas. Originalmente la mayoría de los países aumentaron sus propios suministros, pero en el siglo XXI el proveedor predominante ha sido Canadá. Actualmente se ha desarrollado una fuerte demanda para la mostaza amarilla debido a su alto contenido de proteína y propiedades emulgentes y estabilizantes (Mc New y Bixley, 2001).

En la actualidad esta especia tiene aplicación en áreas como medicina y agricultura, debido a que se le han atribuido efectos anti-cáncerígenos, propiedades antioxidantes y antibióticos de amplio espectro (King y Young, 2000), así como efectividad como fungicida (Mayton, 2006).

Dada la importancia de la mostaza, el objetivo de este trabajo es proporcionar una

revisión actualizada de sus características químicas y botánicas, así como de sus aplicaciones.

## Revisión bibliográfica

### 1. Generalidades de la mostaza

De acuerdo a registros en Sánscrito que datan de alrededor del año 3000 A.C. (Mehra, 1968) la mostaza es una de las especias más antiguas y uno de los primeros cultivos domesticados. Originalmente fue un condimento conocido como mostaza y su nombre se deriva del latín *mustum*. Se cree que fueron los romanos quienes desarrollaron el preparado de mostaza conocido hasta hoy. Mezclaban jugo de uva sin fermentar conocido como “mosto” con semillas de mostaza, para formar el *mustum ardens* o mosto ardiente. Los romanos dieron a conocer por toda Europa este condimento y empezó a ser popular para sazonar carne y pescado. Aparte de ser usada como condimento, el valor medicinal de la mostaza ya era conocido y mencionado por Pitágoras en el año 530 A.C., señalando que podía usarse como un remedio para las picaduras de escorpión. Se menciona también que la mostaza era usada como aromatizante para disfrazar el olor desagradable de alimentos perecederos (Thomas *et al.*, 2004).

La mayoría de la mostaza se preparaba moliendo las semillas en un mortero y humedeciéndola con vinagre. En Dijon, Francia, se produjo una famosa mostaza en la que se empleaba *verjus*, un jugo ácido extraído de uva blanca de la región de Borgoña. La era moderna de la mostaza, comenzó en 1720 cuando el Sr. Clements de Durham en Inglaterra, encontró la manera de moler el corazón de las semillas y convertirlas en una harina fina. Otros empresarios experimentaron combinando varios tipos de semillas de mostaza para crear excelentes polvos de

mostaza. Hoy en día existen innumerables tipos de recetas de mostaza disponibles por el mundo, cada una reflejando la cocina local, regional y nacional (Thomas *et al.*, 2004).

La mostaza es el condimento que posee mayor contenido de proteína (Tabla I) debido a su intensidad de sabor, la ingesta es mínima y su aporte es de 10 calorías por cada 2 gramos de ésta (Lund *et al.*, 2000), por lo que su consumo se prefiere en lugar de aderezos como la mayonesa y la cátsup.

## 2. Especies principales

Las mostazas son miembros de las familias *Cruciferaceae* o *Brassicaceae*. El género *Brassica* consiste de 150 especies de hierbas anuales o bienales, algunas de las cuales son cultivadas para ser usadas como semillas oleaginosas o como forraje (Parry, 2002).

Tres especies de mostaza se cultivan por sus semillas: negra (*Brassica nigra*), blanca o amarilla (*Brassica alba*) y parda (*Brassica juncea*). Las tres contienen una cantidad significativa de aceite comestible y proteína de alta calidad.

*Brassica alba* (L.) sinónimo *Sinapsis alba* (L) o *B. hirta*. Ésta es comúnmente llamada

mostaza amarilla. Es originaria del sureste de Europa. Actualmente es cultivada en Australia, China, Chile, Japón, Inglaterra, Canadá y Estados Unidos (Farrell, 2000). Es una planta herbácea anual. Sus hojas son largas, erizadas, dentadas y con vellosidades de ambos lados. Las flores son pequeñas, amarillas, de cuatro pétalos, cruciformes con pistilo bicarpelado. Las frutas son silicuas erizadas esféricas, ensiformadas con largos picos. Las semillas son globulares y amarillentas, de 1.5 a 3 mm de diámetro (Parry, 2002).

La mostaza blanca o amarilla contiene el glucosinolato sinalbina (Fig. 1), que por la hidrólisis causada por la enzima mirosinasa produce compuestos como *p*-hidroxibencil-isotiocianato, *p*-hidroxibencilamina, conocidos como “los principios blancos” y otros compuestos similares (proteínas, aceites, mucílago). Los isotiocianatos son los principales ingredientes de la mostaza blanca o amarilla (Antol y Levenson, 2000). El *p*-hidroxibencil isotiocianato está asociado exclusivamente con la semilla de mostaza amarilla. Este compuesto es un sólido inestable no volátil, su inestabilidad se atribuye a que el grupo *p*-hidroxibencil puede formar fácilmente una quinona inestable como intermediario (Isshiki *et al.*, 2002).

**Tabla I.** Composición nutrimental de semillas, polvo y aceite de mostaza (por 100 g).

Composición	Semilla de mostaza	Polvo de mostaza	Aceite de mostaza
Agua (g)	6.86	3.00	0
Proteína (g)	24.94	32.00	0
Grasas (g)	28.76	42.60	100
Fibra diética (g)	1.8	2.00	0
Carbohidratos (g)	34.94	18.50	0
Cenizas (g)	4.51	4.00	0

Adaptado de Thomas *et al.* (2004)

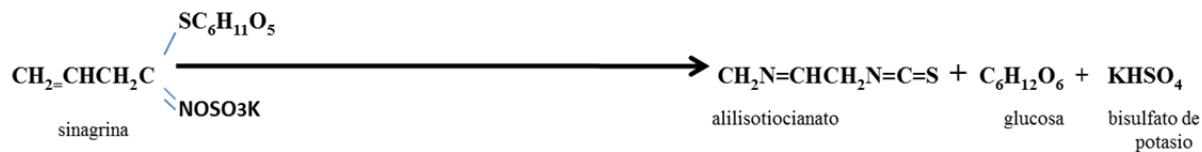
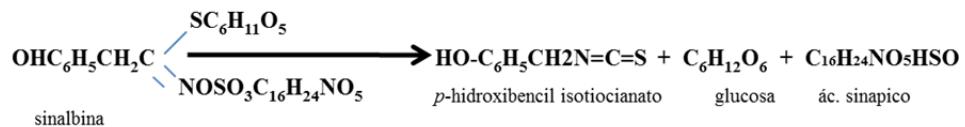
a) Mostaza parda (*Brassica juncea*)b) Mostaza amarilla (*Brassica alba*)

Fig. 1. Liberación de compuestos químicos a partir de sinagrina (a) y sinalbina (b) de mostaza. (Adaptado de: Tainter y Grenis, 2001).

*Brassica juncea* (L.) ó mostaza parda fue introducida originalmente de China al noreste de la India de donde se ha extendido a Afganistan vía Punjab (Sambamurthy y Subrahmanyam, 2000). Ésta es popularmente conocida como *rai* ó mostaza de la India. La mostaza parda comprende dos tipos, la “Oriental”, la cuál es usada más comúnmente por los chinos, y la otra variedad más oscura que es usada por los indios. Las flores son pequeñas y de un color amarillo brillante. Las semillas son pequeñas y contienen 35% de aceite (Parry, 2002).

Los constituyentes más importantes en la mostaza parda, son los glucosinolatos y sinagrina (Fig. 1), la enzima mirosinasa, ácido sinapico, sinapina, y aceites constituidos principalmente de glicéridos de ácido erúcico, eicosenoico, araquídico, nonadecanoico, behénico, oleico y palmítico (Leung y Foster, 2006). La sinagrina, en la hidrólisis causada por la enzima mirosinasa, produce alilisotiocianato, glucosa y bisulfato de potasio. El alilisotiocianato es un componente

volátil producto principalmente de *B. juncea*. Cantidades menores de componentes volátiles, que también son liberados por la hidrólisis, incluyen los siguientes: metil, isopropil, sec-butil, butil, 3-butenil, 4-pentenil, fenil-3-metilpropil y beta-feniletilisotiocianatos (Hanley *et al.*, 2002).

*Brassica nigra* (L.) ó mostaza negra también es nombrada mostaza real. La mostaza negra es probablemente endémica del sureste de la región del Mediterráneo. *Brassica nigra* es de importancia no sólo como una planta de cultivo sino que también ha contribuido a la evolución de varias especies del género *Brassica*. Esta planta alcanza una altura de 1 m. Las hojas son pecioladas de color verde oscuro. Las flores son pequeñas de color amarillo brillante, cruciformes con cuatro pétalos. Las frutas son cápsulas cuadrangulares, suaves con un pico delgado corto. Las semillas son pequeñas, de color rojizo a negro, su diámetro es de 2 mm o menos (Uhl, 2000).

La mostaza negra contiene constituyentes similares a *B. juncea*, predominantemente sinagrina, que en la hidrólisis produce alilisotiocianato.

### 3. Aplicaciones de la mostaza

Las mostazas son un grupo versátil de plantas. Las hojas, semillas y aceite pueden usarse en una variedad de formas (Thomas *et al.*, 2004).

Las hojas de mostaza ya sean tiernas ó verdes, así como las vainas verdes, se consumen como verduras o ensaladas. Las hojas tiernas deshidratadas o secas están disponibles en el mercado como verduras (Pruthi, 2001).

Las semillas de mostaza han sido usadas como especias y medicamentos desde tiempos inmemorables. Han sido incorporadas en varios alimentos como salsas, cremas, curris y encurtidos. Las semillas se pueden usar para dar y potenciar el sabor de algunos alimentos (Dunn, 2010), y actúan como conservadores contra la acción de mohos y levaduras. En la industria del vino, han sido usadas para remover y evitar la presencia de mohos en el vino y en los barriles (Thomas *et al.*, 2004). Las semillas de mostaza trituradas se utilizan principalmente para dar apariencia y textura a los aderezos. En muchos países se usan como aglutinante natural en lugar de los almidones y

gomas que contienen los productos a base de tomate (Dunn, 2010).

#### 3.1 Aceite de mostaza

Los aceites son obtenidos por el prensado de las semillas y el subsecuentemente proceso de refinación para usarse en los alimentos. El aceite de mostaza es un líquido amarillo pálido y es usado para propósitos comestibles. En la mostaza negra y blanca se obtiene del 24 al 40% de aceite. Las semillas de mostaza contienen antioxidantes naturales que protegen al aceite de la rancidez. Una porción de esta protección es proporcionada por los tocoferoles (Luthy y Matile, 2004).

Los aceites de mostaza son también llamados “aceites de ácido erúcico” debido a su alto contenido de este ácido (FAO, 2001). Otros ácidos grasos presentes en el aceite de mostaza son ácidos grasos insaturados como oleico, linolénico y ácidos saturados como behénico, esteárico, mirístico y lignocérico (Sindhu *et al.*, 2003). La composición típica de ácidos grasos en las diferentes variedades de mostaza se muestra en la Tabla II. Como se observa los ácidos oleico, linolénico y linoleico se encuentran en un alto porcentaje. Estos ácidos poseen múltiples beneficios y usos. En muchos estudios se ha demostrado que el ácido oleico y linoleico ejercen una acción beneficiosa en los

**Tabla II.** Composición de ácidos grasos de los aceites de mostaza amarilla (*B.alba*) y café (*B. juncea*).

Ácidos grasos	Mostaza Amarilla	Mostaza Café
Palmitico (%)	3.3	3.6
Esteárico (%)	0.8	0.8
Oleico (%)	17	19
Linoleico (%)	12	23
Linolénico (%)	15	15
Eicosenoico (%)	9	12
Erúcico (%)	40	21

Fuente: Voroëv (2000).

vasos sanguíneos reduciendo el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares (Renaud y Lanzmann-Petithory, 2002). Así mismo, la presencia de ácido linolénico confiere a los aceites en los que se encuentra propiedades tecnológicas únicas para su empleo en formulaciones comerciales de tintas, barnices, pinturas y lacas entre otros. Los aceites ricos en ácido linolénico tienen una amplia gama de aplicaciones como materia prima renovable en la industria química (Overeem, 2000).

El aceite de mostaza se usa como aceite comestible y también en la manufactura de aderezos, margarina y mantecas vegetales. El aceite refinado se utiliza en la industria como lubricante para superficies de metales, en el engrasado y como plastificantes, entre otros usos (Leung y Foster, 2006). Para confirmar la identidad y comestibilidad de un aceite, es necesario realizar el análisis de sus características físicas y químicas, ya que de ellas derivan sus propiedades.

En un análisis de rutina las determinaciones de los índices de yodo, saponificación y la materia saponificable, son suficientes para este propósito. Como se observa en la Tabla III, el índice de yodo para el aceite de *B. nigra* es mayor que el de los aceites de *B. juncea* y *B.*

*alba*, lo cual indica mayor contenido de ácidos grasos insaturados. Esta misma variedad presenta mayor índice de saponificación, isotiocianatos y cianuros.

El olor característico del aceite de mostaza es producido por el sulfuro obtenido por la hidrólisis de los glucósidos contenidos en la semilla y trazas de alilisotiocianato, el cual confiere un olor desagradable a la mostaza (Whitmore y Naidu, 2000).

### 3.2 Mostaza molida, harina y preparado.

Algunos de los productos comerciales de la mostaza son harina de mostaza, mostaza molida y el preparado de mostaza. La harina de mostaza es un polvo fino obtenido de la porción interior de las semillas. Es considerada como un ingrediente para mayonesas, aderezos, salsas y productos relacionados. La harina de mostaza tiene propiedades de conservador y antioxidante, además de proveer sabor y color. Se encontró que es más potente que dos conservadores químicos conocidos como ácido benzoico y dióxido de azufre (Pruthi, 2002). En los aderezos para ensaladas, la propiedad más importante de esta especia es su capacidad como emulgente, pues une las fases agua-aceite e incrementa la viscosidad (Uhl, 2000).

**Tabla III.** Valores químicos de los aceites de las principales especies de mostaza.

Datos	<i>B. juncea</i>	<i>B. nigra</i>	<i>B. alba</i>
Aceite extraído por éter de petróleo (%)	40.4	38.8	46.2
Ácidos grasos libres (%)	3.8	3.9	2.6
Glicéridos (%)	92.2	92.1	93.1
Materia insaponificable (%)	1.1	0.9	0.8
Isotiocianatos (%)	0.58	0.8	0.28
Cianuro (%)	0.03	0.04	0.02
Índice de saponificación (mg KOH / g)	174	175	172
Índice de yodo (cg I <sub>2</sub> / g)	103	108	95

Fuente: López *et al.* (1999)

La mostaza molida es un polvo obtenido por molienda de semillas de mostaza amarilla y es ampliamente usada en la industria de cárnicos como emulgente, ligante de agua y agente texturizante. Una nueva forma de presentación de la mostaza molida es como mostaza desactivada. La desactivación se realiza sobre la enzima mirosinasa, al exponerla a condiciones de calor y humedad controladas, con este proceso se logra eliminar la pungencia de sabor. La mostaza desactivada se utiliza para facilitar el rebanado de quesos procesados y mejorar su estabilidad frente al calor. Además es un ingrediente indispensable en la industria panadera, debido a que mejora el sabor, la absorción del agua, la matriz de gluten, relaja la masa y mejora su elasticidad (Dunn, 2010).

El preparado de mostaza es una pasta elaborada de semillas de mostaza, vinagres, especias y cúrcuma (Charalambous, 2004).

### 3.3. Aceite esencial de mostaza

Otro producto que se ha extraído a partir de las semillas es el aceite esencial, el cual contiene principalmente alilisotiocianato, se ha investigado que este compuesto tiene un gran efecto inhibitorio y posee una amplia actividad antimicrobiana contra una gran variedad de bacterias como *E. coli* 33625, *E. coli* NC101, *Pseudomonas fluorescens*, *Staphylococcus aureus* 4220, *Bacillus subtilis* IS75, *Lactobacillus brevis* MD42 y algunas levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* MD7, *Pichia membranefaciens* Y1617 y *Torulopsis etchellsii* Y6651 (Shofran *et al.*, 2000; Brabban y Edwards, 2001).

En otras investigaciones se ha empleado el vapor del alilisotiocianato obtenido a partir del aceite esencial, en lechugas frescas inoculadas con *Escherichia coli* O157:H7 y *Listeria monocytogenes*; logrando una reducción de 8

ciclos logarítmicos de ambos patógenos (Chia-Min *et al.*, 2000).

Nielsen y Ríos (2000) demostraron la efectividad anti-fúngica del alilisotiocianato sobre mohos y levaduras en pan de centeno y otras variedades de productos de panificación. Los microorganismos analizados en este experimento fueron *Aspergillus flavus*, *Endomyces fibuliger*, *Penicillium commune*, *Penicillium corylophilum*, *Penicillium discolor*, *Penicillium palitans*, *Penicillium roqueforti*, *Penicillium solitum* y *Pichia anomala*. Los resultados obtenidos mostraron que la actividad fungicida y fungistática dependía de la concentración de los componentes volátiles del aceite.

## Conclusiones

En base a la revisión realizada se observa que existen diferencias entre las características químicas y botánicas de las tres principales especies de mostaza, estas diferencias en la composición a partir de hidrólisis enzimática permiten la formación y liberación de otros compuestos como proteínas, aceites, entre otros, que permiten su aplicación en diferentes áreas.

En la actualidad a partir de investigaciones sobre la composición química de la mostaza, se han logrado importantes avances en su posible aplicación en diferentes áreas como alimentos, medicina y agricultura. Las investigaciones más recientes se han enfocado en el área de alimentos, donde se ha evaluado su potencial uso como agentes antimicrobianos o emulgentes. Actualmente también se emplea como mostaza desactivada para elaborar quesos procesados y productos de panadería. Debido a sus propiedades antioxidantes, la mostaza está ganando terreno en comparación con otras especias; sin embargo, se continúan realizando investigaciones sobre sus

propiedades funcionales y otras áreas de aplicación que podría tener esta especia.

## Agradecimientos

A la Universidad de las Américas Puebla y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT, México) por el financiamiento recibido para la realización de este trabajo.

## Referencias

- Antol, M.N.y Levenson, B. 2000. *The incredible secrets of Mustard: The Quintessential Guide to the History, Lore, Varieties and Healthful Benefits of Mustard*. Avery Publishing Group. 21 p.
- Brabban, A.D., y Edwards, C. 2001. Isolation of glucosinolate degrading microorganisms and their potential for reducing the glucosinolate content of rapemeal. *Federation of European Microbiological Societies Letters*. 119:83-88.
- Charalambous, G. 2004. Off-Flavor in Foods and Beverages. *Developments in Food Science series 34*. Elsevier Science B.V., Amsterdam, The Netherlands. 265 p.
- Chia-Min, L., Jeongmok, K., Wen-Xian, D.y Cheng-I, W. 2000. Bactericidal Activity of Isothiocyanate against Pathogens on Fresh Produce. *Journal of Food Protection*. 63(1):25-30.
- Dunn,G.S. 2010. Mostaza una opción natural. <http://www.gsdunn.com/es/contact-us>. Accesada: 16/03/2011.
- FAO. 2001. “Utilización de alimentos tropicales: semillas oleaginosas tropicales”. Ed. Roma. El Salvador. San Salvador. 92p.
- Farrell, K.T. 2000. *Spices, Condiments and Seasonings*. AVI Publishing Co., Westport, Connecticut. 150 p.
- Hanley, B.A., Parsley, K.R., Lewis, J.A. y Fenwick, R.G. 2002. Chemistry of indole glucosinolates: Intermediacy of indole methyl isothiocyanates in the enzyme hydrolysis of indol glucosinolates. *Journal Chemical Societies Perkin Trans*. 1:2273-2276.
- Isshiki, K., Tokuoka, K., Mori, R. y Chiba, S.J. 2002. Preliminary examination of allyl isothiocyanate vapor for food preservation. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*. 56: 1476-1477.
- King, A. y Young G. 2000. Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. *Journal of the American Dietetic Association*. 99 (2):214.
- Leung, A.Y. y Foster, S. 2006. “*Encyclopedia of Common Natural Ingredients Used in Food, Drugs and Cosmetics*”. Segunda edición. John Wiley and Sons, Inc. New York. E.E.UU. 649 p.
- López, E., Vázquez, B. y Bosch, B. 1999. *Grasas y Aceites*. 50:444-447.
- Lund, B., Baird-Parker, T. y Gould, G. 2000. “*Safety and Quality of Food*”. Vol. II. Aspen Publishers, Inc. Maryland. E.E.UU. 1882 p.
- Luthy, B. y Matile, P. 2004. The mustard oil: Rectified analysis of subcellular organization of the myrosinase system. *Biochemistry Physiology Pflanzen*. 179:5-12.
- Mayton, H.S. 2006. Correlation of fungicidal activity of Brassica species with allyl isothiocyanate production in macerated leaf tissue. *Phytopathology*. 86:267-271.
- McNew, K. y Bixley, S. 2001. Mustard: Production, Uses, and Exports. *Agricultural Marketing Policy Center*. Briefing No. 21.
- Mehra, K.L. 1968. History and ethnobotany of mustard in India. *Advancing Frontiers of Plant Sciences*. 19:57.
- Nielsen, V.P. y Rios, R. 2000. Inhibition of fungal growth on bread by volatile components from spices and herbs, and the possible application in active packaging, with special emphasis on mustard essential oil. *International Journal of Food Microbiology*. 60:219-229.
- Overeem, A. 2000. Seed oils rich in linolenic acid as renewable feedstock for environment-friendly crosslinkers in powder coatings. *Industrial Crops and Products*. 10:157-165.
- Parry, J.W. 2002. “*Spices: Morphology, Histology and Chemistry*”. Vol. I y II. Chemical Publishing Co. New York. E.E.UU. 249 p. 360 p.
- Pruthi, J.S. 2002. “*Spices and Condiments*”. National Book Trust of India. New Delhi. India. 414 p.
- Pruthi, J.S. 2001. “*Minor Spices and Condiments- Crop Management and Post Harvest Technology*”.

- Direktorate of Information and Publication of Agriculture. New Delhi. India. 782 p.
- Renaud, S. y Lanzmann-Petithory, D. 2002. Dietary Fast and Coronary Heart Disease Patogenesis. Current Atherosclerosis Reports. 4:410-424.
- Sambamurthy, A.V.S.S y Subrahmanyam, N.S. 2000."Economic Botany of Crop Plants". Asitec Publishers Ltd, New Delhi. India. 424 p.
- Schmidt-Hebbel, H. 2002. "Las especias (Condimentos vegetales) Su importancia en Química y tecnología de los alimentos y en el arte culinario". Editorial Universitaria. Santiago. Chile. 108 p.
- Shofran, B.G., Purrngton, S.T., Breidt, F. y Fleming, H.P. 2000. Antimicrobial properties of sinigrin and its hydrolysis products. J. Food Sci. 63:621-624.
- Sindhu, K. T.C., Nagaraju, T. y Kantharas, U.K. 2003. Glucosinolate and lipid composition of newer indian varieties of mustard and rapessed. Journal Food Science Technology. 30: 137-138.
- Tainter, D.R. y Grenis, A.T. 2001. "Spices and Seasoning: A Food Technology Handbook". Second edition. John Wiley and Sons Inc. New York. EE.UU. 249 p.
- Thomas, K., Kuruvilla, M. y Hrideek, T.K. 2004. Mustard. En " Handbook of Herbs and Spices". Vol 2. Ed. K.V. Peter.198. CRC Press. Boca Raton. Fla. EE.UU. 360 p.
- Uhl, S.R. 2000. "Handbook of Spices, Seasonings and Flavourings". Technomic. Publishing Co. Inc. Lancaster. EE.UU. 329 p.
- Voroëv. 2000. Fatty acids in some varieties of Indian mustard. Maslozhir Prom. 32: 10-12.
- Whitmore, B.B. y Naidu, A.S. 2000. Glucosinolates. Chemical abstracts 137:399-416.