



El ajo y sus aplicaciones en la conservación de alimentos

D. Bender - Bojalil* y M. E. Bárcenas - Pozos

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

Resumen

El ajo (*Allium sativum*) es un bulbo perteneciente a la familia *Liliaceae*, que contiene una gran cantidad de compuestos azufrados, entre ellos la alicina, varias enzimas, aminoácidos libres y algunos minerales que contribuyen a su actividad antioxidante y antimicrobiana. La alicina es el principal compuesto activo en el ajo; sin embargo, es un componente muy volátil e inestable, cuya vida media es muy corta y puede descomponerse rápidamente en otros compuestos azufrados, que aún mantienen su actividad biológica. Dada la amplia funcionalidad del ajo, este vegetal ha ganado interés entre los investigadores como fuente de compuestos antimicrobianos y antioxidantes naturales para incrementar la vida de anaquel de distintos alimentos. Los resultados de diversos estudios, han demostrado la efectividad del ajo en la conservación de alimentos.

Palabras clave: ajo, *Allium sativum*, alicina, actividad antimicrobiana, actividad antioxidante.

Abstract

Garlic (*Allium sativum*) is a bulb member of the *Liliaceae* family which contains numerous organosulphur compounds, such as allicin, enzymes, aminoacids and a few minerals which contribute to its antioxidant and antimicrobial potential. Allicin is the main biologically active compound found in garlic, nevertheless, it is very unstable and decomposes rapidly into other organosulphur compounds, which still have remaining activity. Due to the wide functionality of garlic, it has gained interest by many investigators who have used it as a natural source of antimicrobial and antioxidant compounds to increase the shelf life of food. The results of several studies have demonstrated the effectiveness of garlic when used in food preservation.

Keywords: garlic, *Allium sativum*, allicin, antimicrobial activity, antioxidant activity.

Introducción

En los últimos años, los consumidores han mostrado preocupación por reducir el consumo de alimentos conteniendo aditivos “sintéticos”, buscando cada vez más ingerir alimentos naturales o cercanos a lo “natural”. Esto ha

estimulado a los científicos a llevar a cabo estudios sobre la efectividad de productos naturales como aditivos, específicamente como antimicrobianos y antioxidantes. Entre los productos que han sido evaluados se encuentra el ajo, el cual ha despertado gran interés, debido a que desde tiempos antiguos ha sido utilizado con fines curativos con éxito. Se piensa que si el ajo es capaz de combatir a los microorganismos causantes de

*Programa de Maestría en Ciencia de Alimentos
Tel.: +52 222 229 2126, fax: +52 222 229 2727
Dirección electrónica: denisse.benderbl@udlap.mx

enfermedades, es probable que también afecte a los responsables del deterioro de los alimentos. Se ha demostrado que el ajo contiene compuestos bioactivos con propiedades antimicrobianas y antioxidantes, que le permiten ser considerado como un alimento funcional. Es debido a lo anterior, que en este artículo se pretende presentar una descripción del ajo, así como abordar la capacidad antioxidante y antimicrobiana, la estabilidad y los usos de sus componentes activos en la conservación de los alimentos con el fin de mostrar su diversa funcionalidad.

Revisión bibliográfica

1. Aspectos generales del ajo

Diversas especies del género *Allium*, al que pertenece el ajo, han sido cultivadas durante miles de años por sus propiedades terapéuticas, higiénicas, su significado religioso, su sabor y aroma. Esta hortaliza es un condimento natural por excelencia y forma parte de los hábitos alimentarios y terapéuticos de muchas culturas (Greco, 2011).

Su origen se ubica en Asia Central, en donde se utilizaba desde la más remota antigüedad. En China se estima que en el año 2000 A.C. ya se conocía el ajo y formaba parte de la dieta diaria como condimento y componente medicinal importante. También se sabe que en Egipto alimentaban con ajos a los esclavos que construían las pirámides, porque se pensaba que les aportaba energía (López, 2007).

En la actualidad se cultivan diversas variedades de ajo en numerosos países del mundo. Los principales países productores son en su mayoría países asiáticos como China, India, Corea y Tailandia. Éstos, junto a otros 12 países, entre los cuales se encuentran España, Estados Unidos, Brasil, Argentina,

Chile y Perú, concentran el 90% de la superficie cultivada a nivel mundial (Greco, 2011).

1.1. Características botánicas

El género *Allium* contiene más de 300 especies de plantas; entre ellas se encuentra el *Allium sativum*, que es un bulbo perteneciente a la familia *Liliaceae* y subfamilia *Allioideae*. Sus características olorosas le permiten su denominación con el uso del término *Allium* que significa “oloroso” en latín (Greco, 2011).

El ajo se caracteriza por tener un sistema radicular, al tener una raíz bulbosa compuesta de 6 a 12 bulbillos, reunidos en su base por medio de una película delgada para formar la “cabeza del ajo”. Cada bulbillo se encuentra envuelto por una hoja protectora blanca o rojiza, membranosa muy delgada. De la parte superior del bulbo nacen las partes fibrosas, que se introducen en la tierra para alimentar y anclar a la planta. Los tallos de la planta son fuertes y crecen desde 40 a más de 55 centímetros de largo, terminando por las flores. Las flores se encuentran contenidas en una espata membranosa que se abre longitudinalmente en el momento de la floración (Greco, 2011).

1.2. Composición

El ajo fresco posee distintos componentes entre los que se destacan el agua y los carbohidratos, como la fructosa, compuestos azufrados, fibra y aminoácidos libres. Tiene altos niveles de vitaminas A y C y bajos niveles de vitaminas del complejo B. Asimismo, posee un alto contenido de compuestos fenólicos, polifenoles y fitoesteroles (Rahman, 2003). En la Tabla I se presenta la composición del ajo fresco.

En general, el ajo presenta un mayor contenido de proteína que otros vegetales, pero a su vez tiene un contenido de grasa menor. En

Tabla I. Composición en 100 g de ajo fresco

Composición	Unidades	Cantidad
Agua	g	58.58
Energía	kcal	149
Proteína	g	6.36
Lípidos totales	g	0.5
Carbohidratos (por diferencia)	g	33.06
Fibra total dietética	g	2.1
Azúcares totales	g	1
Lípidos		
Ácidos grasos saturados	g	0.089
Ácidos grasos monoinsaturados	g	0.011
Ácidos grasos poliinsaturados	g	0.249
Colesterol	mg	0
Vitaminas		
Vitamina C	mg	31.2
Tiamina	mg	0.2
Riboflavina	mg	0.11
Niacina	mg	0.7
Vitamina B ₆	mg	1.235
Folato	µg	3
Vitamina A	UI	9
Vitamina E	mg	0.08
Vitamina K	µg	1.7
Minerales		
Calcio	mg	181
Hierro	mg	1.7
Magnesio	mg	25
Fósforo	mg	153
Potasio	mg	401
Sodio	mg	17
Zinc	mg	1.16

Adaptado de USDA (2013)

cuanto a los minerales, el ajo tiene niveles importantes de potasio, fósforo, magnesio, sodio, calcio y hierro. También presenta un contenido moderado de selenio y germanio, pero su concentración depende de los minerales presentes en el suelo donde crece el

bulbo. Algunos compuestos en ajo intacto como lectinas (proteínas más abundantes en el ajo), prostaglandinas, fructanos, pectina, adenosina, algunas vitaminas y ácidos grasos, glicolípidos y fosfolípidos han sido ampliamente estudiados por su efecto

biológico. De interés actual se ha demostrado la importancia de algunas saponinas y sapogeninas, como β -clorogenina, ya que ha mostrado actividad antimicrobiana y antiinflamatoria, entre otras. Otros componentes, como alixina y selenio, se han investigado por sus propiedades antioxidantes (Krejci y Pacurar, 2010).

1.3. Propiedades y toxicidad

El ajo tiene características muy variables, lo que lo hace ser un alimento funcional de muchos usos. Tiene una gran capacidad antioxidante, atribuida a sus compuestos azufrados, aminoácidos libres y selenio. También actúa como antimicrobiano, pues se ha utilizado como conservador de alimentos, al inhibir el crecimiento de microorganismos debido a la presencia de sus componentes activos. Además, desde épocas remotas ha sido utilizado como saborizante para la preparación de muchos tipos de alimentos (Bhandari, 2012). Asimismo, estimula la destoxificación de las células y se ha utilizado como quimiopreventivo o coadyuvante para tratar el cáncer (Elkins, 1995).

El ajo también se ha utilizado como descongestionante, ayudando a liberar el tracto respiratorio de mucosa. Adicionalmente, tiene características anti-ateroscleróticas, ya que disminuye la cantidad de depósitos grasos en los vasos sanguíneos. Funciona como antibiótico, al estimular el sistema inmunológico y ha demostrado tener propiedades anticoagulantes y antiparasitarias (Elkins, 1995).

Sus características antiinflamatorias han permitido que se utilice en pacientes que padecen artritis, al reducir la inflamación de las articulaciones. Por otro lado, el ajo actúa como coadyuvante en la purificación de la sangre, al estimular el sistema linfático a eliminar los materiales residuales del cuerpo. También se ha visto que controla la tolerancia

a la glucosa y su consumo resulta benéfico para personas que padecen de hipo e hiperglicemia. Por último, el ajo tiene funciones anti hipertensivas y en Japón se reconoce como el tratamiento oficial para la alta presión arterial (Bhandari, 2012).

A pesar de que este vegetal se ha utilizado de manera segura en áreas culinarias, así como para fines médicos, se sabe que un consumo excesivo de ajo puede causar reacciones adversas. Es por ello que se recomienda una ingestión diaria máxima de dos dientes de ajo para adultos (Bhandari, 2012). En relación a esto, se ha demostrado que el componente activo mayoritario del ajo, la alicina, causa irritación cuando se consume excesivamente. De igual manera, otros compuestos azufrados liposolubles presentes en el ajo también han resultado ser tóxicos en grandes concentraciones (Rahman, 2007).

Es por ello que se han realizado investigaciones con el fin de determinar el nivel de toxicidad y los efectos adversos que pudiera causar el ajo al abusar de su consumo. Amagase *et al.* (2001) realizaron estudios para determinar la seguridad de diferentes preparaciones de ajo y descubrieron que el consumo de este vegetal produce olor en el aliento y piel, y ocasionalmente reacciones alérgicas. Otros efectos adversos asociados con el ajo son desórdenes de estómago, diarrea, disminución de proteínas séricas y calcio, anemia, asma y dermatitis. También se considera que las personas que sufren trastornos de coagulación de la sangre deben usar el ajo con precaución, debido a que puede favorecer la aparición de hemorragias (López, 2007).

2. Potencial del ajo como agente antimicrobiano

Históricamente se cree que Louis Pasteur fue el primero que describió el efecto antibacteriano en jugo de ajo en 1858, para

tratar infecciones (Kumar y Jain, 2010). El ajo contiene por lo menos 33 compuestos azufrados, varias enzimas, 17 aminoácidos y algunos minerales que contribuyen a su actividad antimicrobiana. De todas las especies de *Allium*, el ajo es el que contiene la mayor concentración de compuestos azufrados, lo que le da una actividad antimicrobiana muy potente. Los principales compuestos azufrados son la aliína, alicina, ajoeno, trisulfuro de dialilo, salicisteína, vinilditiínas, disulfuro de alilpropilo, S-alil-mercapto cisteína, entre otros. Entre las enzimas importantes en la actividad antimicrobiana se encuentran la alinasa, peroxidasa y mirosinasa. Los aminoácidos y sus glucósidos, en especial la arginina, también influyen de manera importante en la actividad antimicrobiana, al igual que el selenio, germanio, telurio y trazas de otros minerales (Bhandari, 2012).

El compuesto biológico más activo en el

ajo es la alicina, que se genera por reacciones enzimáticas cuando el ajo se tritura o se corta. Este compuesto se forma cuando la aliína, aminoácido azufrado inodoro que se encuentra en el citoplasma de las células del ajo fresco intacto, entra en contacto con la alinasa, enzima presente en la vacuola, como consecuencia de la ruptura celular causada por la trituration o el corte (Fig. 1) (Bhandari, 2012). La reacción anterior ocurre extremadamente rápido, en ella más del 80% de aliína se metaboliza en los primeros 2 minutos (Kyung y Lee, 2001).

La alicina es un componente muy volátil e inestable, tiene una vida media muy corta, incluso a temperatura ambiente. En unas cuantas horas, ésta puede descomponerse en muchos tipos de tiosulfatos (Fig. 2) a través de diferentes vías metabólicas (Harris *et al.*, 2001). Por medio de otras degradaciones no enzimáticas, los tiosulfatos se transforman en otros compuestos azufrados tales como

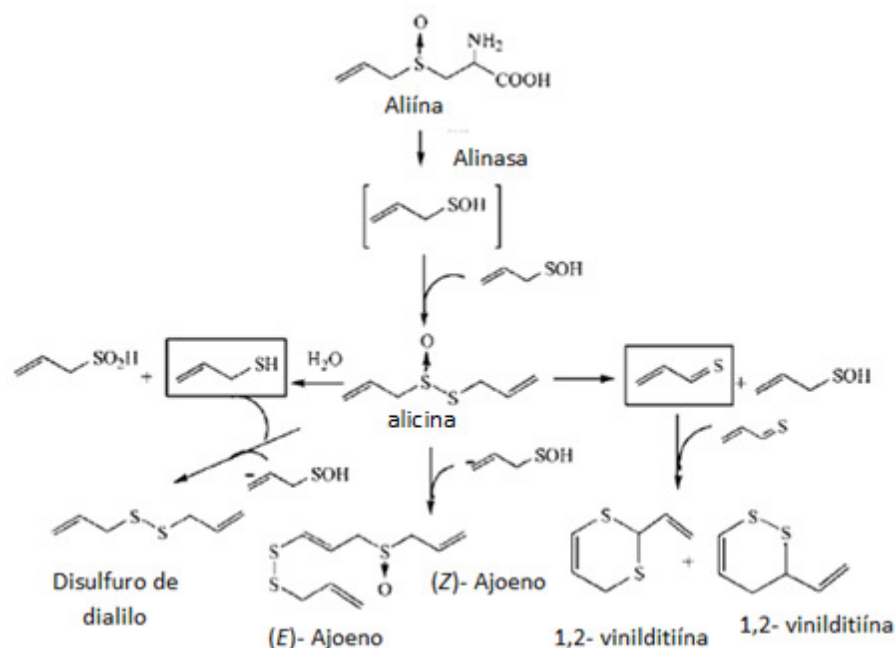


Fig. 1. Reacción enzimática de aliína. Adaptado de Kyung y Lee (2001).

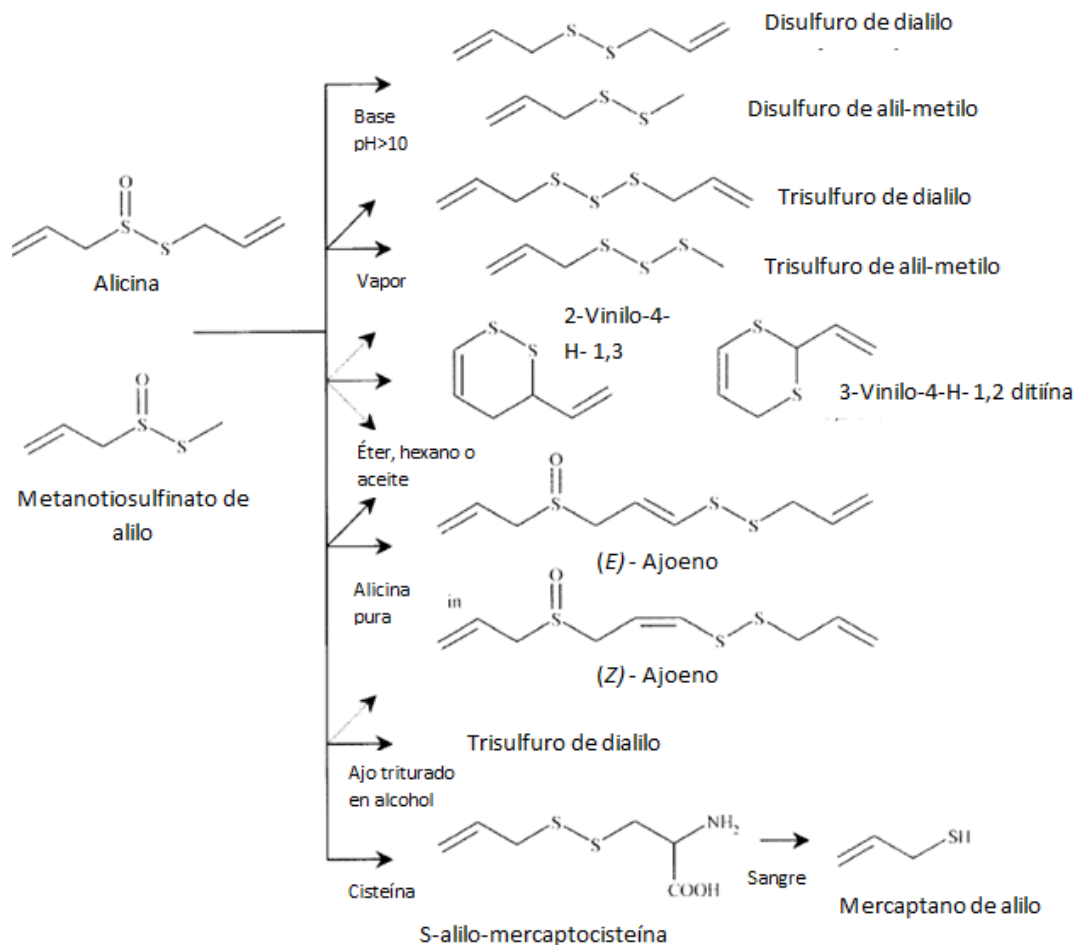


Fig. 2. Descomposición de alicina en los principales tiosulfatos. Adaptado de Harris *et al.* (2001).

mono, di, tri y tetrasulfuros, tioles, tiofenos y anhídrido sulfuroso (Harris *et al.*, 2001).

Fujisawa *et al.* (2008) estudiaron la estabilidad de la alicina en diferentes soluciones acuosas y etanólicas, así como en aceite vegetal. Comprobaron que la alicina es más estable en etanol que en agua, ya que mantiene su actividad 11 y 6 días en cada medio, respectivamente. En cuanto al aceite vegetal, la alicina mostró ser completamente inestable en este medio, conservándose solamente 0.8 horas.

Para asegurar la estabilidad de la alicina, en muchos procesos de deshidratación de ajo se han agregado β -ciclodextrinas y carbamidas, que forman complejos con la alicina para protegerla y prolongar su actividad hasta por 60 días (Ilic *et al.*, 2011).

Se considera que la alicina tiene actividad antimicrobiana porque modifica la biosíntesis de los lípidos y síntesis del RNA de los microorganismos y disminuye el perfil de lípidos de los mismos. Este compuesto activo reacciona rápidamente con grupos tiol libres, por ello se cree que el principal mecanismo antimicrobiano se produce a través de la

interacción de alicina con enzimas que contienen grupos tiol, como proteasas y alcohol dehidrogenasas (Rahman, 2007).

La alicina inhibe a más de 300 bacterias, tanto Gram-positivas como Gram-negativas, tales como *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus sphaericus*, *Bacillus polymyxa*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* (Kumar y Jain, 2010), *Salmonella* Typhy, *Salmonella* Paratyphy (Abraham, 2010) y *Helicobacter pylori* (O’Gara *et al.*, 2000), entre otras.

En cuanto a hongos, se ha probado que los extractos de ajo disminuyen su absorción de oxígeno, reducen su crecimiento, inhiben la síntesis de lípidos, proteínas y ácidos nucleicos y dañan sus membranas. El componente principal del ajo que inhibe el crecimiento de hongos es la alicina, aunque también se ha demostrado que otros compuestos activos

ha demostrado que la alicina, el ajoeno y el trisulfuro de dialilo muestran actividad contra la influenza A y B, el citomegalovirus, rinovirus, el VIH, el virus del herpes simple tipo 1 y 2, la neumonía viral y el rotavirus (Harris *et al.*, 2001).

3. Potencial como agente antioxidante

El ajo tiene una capacidad antioxidante muy potente, debido a que muchos de sus componentes activos son eficaces para inhibir la formación de radicales libres. Además refuerzan el mecanismo de captación de radicales endógenos, aumentan las enzimas antioxidantes celulares como la superóxido dismutasa, catalasa y glutatión peroxidasa y protegen a las lipoproteínas de baja densidad de la oxidación causada por los radicales libres (López, 2007).

Esta propiedad antioxidante sólo la adquiere el ajo cuando está manipulado, permitiendo que bajo esas condiciones se

(trisulfuro de dialilo y ajoeno) tienen propiedades antifúngicas al inhibir la biosíntesis de fosfatidilcolina, provocando de esta manera la muerte celular (Harris *et al.*, 2001). Entre las cepas que son inhibidas por el ajo, se encuentra el *Aspergillus luchuensis*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium oxalicum*, *Rhizopus stolonifer*, *Mucor* spp. y *Scopulariopsis* sp. (Kumar y Jain, 2010).

Por otro lado, este vegetal también ha demostrado tener propiedades antiprotozoarias y antivirales. Se ha comprobado en varios estudios que la alicina, el ajoeno y varios compuestos organosulfurados son antiprotozoarios eficaces, ya que tienen efecto contra *Trypanosomes*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia* (Lun *et al.*, 1994), *Opalina ranarum*, *Opalina dimidicita*, *Balantidium enterozoon*, *Leishmania*, *Leptomas* y *Crithidia* (Reuter *et al.*, 1996). En cuanto a los efectos antivirales se han estudiado poco, aunque se

forme la alicina y otros compuestos importantes. De manera contraria, el ajo intacto contiene una actividad oxidante, lo que no es deseable (Bhandari, 2012).

Entre los componentes antioxidantes de importancia en el ajo se encuentran los compuestos azufrados, selenio y aminoácidos libres, en especial la cisteína, glutamina, isoleucina y metionina. El componente que tiene la mayor capacidad antioxidante es la alicina, aunque su efecto es dependiente de la dosis y del tiempo (López, 2007). Ésta actúa como antioxidante al reaccionar con las enzimas que tienen grupos tiol libres, atrapando radicales libres, en especial radicales hidroxilo y de esta manera inhibiendo la producción de superóxido en el cuerpo humano (Rahman, 2007).

Debido a la inestabilidad de la alicina, se han obtenido algunos extractos de ajo envejecido, que además de mantener su potencial antioxidante por más tiempo,

modifican compuestos inestables, como la alicina e incrementan el número de componentes estables hidrofílicos y altamente biodisponibles como el S-allil-mercapto cisteína y la S-allil cisteína. Estos extractos también contienen fitoquímicos, selenio y flavonoides, en especial la alicina, que mejoran su capacidad antioxidante (Rahman, 2007).

4. Aplicaciones del ajo como agente antimicrobiano y/o antioxidante en alimentos

Debido a que los componentes activos del ajo tienen un espectro antimicrobiano amplio, se ha evaluado su uso en la conservación de diversos productos alimenticios. En cuanto a su capacidad antioxidante, se ha considerado esta propiedad para aumentar la vida de anaquel de algunos alimentos, buscando retardar principalmente la oxidación de lípidos en productos cárnicos. Es por ello, que continuamente se han realizado estudios para determinar la efectividad del ajo como agente antimicrobiano o antioxidante, con el fin de diversificar su uso en una mayor cantidad de alimentos.

En este sentido, Ayala-Zavala y González-Aguilar (2010) encapsularon aceite esencial de ajo con β -ciclodextrinas para incrementar la estabilidad de los compuestos activos y lo aplicaron a tomates cortados frescos, extendiendo su vida útil hasta cinco semanas. Por otro lado, Gomes *et al.* (2011) probaron la efectividad de extractos de ajo encapsulados con β -ciclodextrinas como coadyuvantes en el proceso de irradiación, con el fin de disminuir la dosis para la inactivación de *Salmonella* spp. y *Listeria* spp., así como para reducir el impacto del tratamiento en la calidad sensorial de espinacas frescas. Se obtuvo un efecto sinérgico y una reducción del 50% de la dosis de irradiación. Por su parte, Luna (2012) demostró que la adición de ajo fresco a la formulación de pan parcialmente horneado almacenado en refrigeración permite prolongar

la vida útil del producto 14 días más de lo que se logra con el pan sin ajo.

En otras investigaciones, Sallam *et al.* (2004) observaron el efecto de ajo fresco, ajo en polvo y aceite esencial de ajo en el crecimiento microbiano y la oxidación de lípidos en salchicha de pollo cruda. De la misma manera, Dewi *et al.* (2010) estudiaron el efecto de ajo fresco y en polvo en salchicha de pato. En ambas investigaciones, tanto la oxidación como el crecimiento de microorganismos se redujeron significativamente, permitiendo extender la vida útil de los productos sin importar el tipo de ajo utilizado. Similarmente, Kim *et al.* (2009) comprobaron el efecto antimicrobiano y antioxidante de diferentes formulaciones de ajo y butilhidroxianisol (BHA) en salchicha tipo emulsión, demostrando que la adición de BHA no incrementaba significativamente la efectividad antioxidante y antimicrobiana del ajo, pero la adición de este último, mejoraba significativamente su conservación.

En cuanto a otros estudios relacionados con productos cárnicos, Park y Chin (2010) evaluaron la capacidad antioxidante y antimicrobiana de extractos de ajo utilizando distintos solventes y adicionándolos a medallones de carne de cerdo molida, con el fin de determinar si éstos podrían sustituir a los aditivos sintéticos. Los resultados mostraron que todos los extractos retardaban la oxidación de lípidos significativamente e inhibían el crecimiento de *Listeria monocytogenes* y *Escherichia coli* O157:H7. De igual forma, se investigó el potencial antioxidante y antimicrobiano de algunos compuestos azufrados presentes en el ajo contra la decoloración, oxidación de lípidos y crecimiento microbiano de carne de res. Se obtuvo un retraso significativo en la oxidación de oximioglobina y de los lípidos y una inhibición de cinco cepas inoculadas intencionalmente (*Salmonella* Typhimurium,

Escherichia coli O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* y *Campylobacter jejuni*) (Yin y Cheng, 2003). Por otra parte, Gheisari y Ranjbar (2012) investigaron la capacidad antioxidante y antimicrobiana de diferentes presentaciones de ajo (fresco, en polvo y aceite esencial) adicionadas a carne de camello, almacenada en refrigeración. Los resultados mostraron un retardo en la oxidación de lípidos y crecimiento microbiano, siendo los ingredientes más efectivos el ajo fresco o en polvo para la conservación de este producto. Asimismo, Park *et al.* (2008) adicionaron ajo y cebolla en polvo a lomo y panza de cerdo con el fin de evaluar sus propiedades fisicoquímicas, antioxidantes y antimicrobianas, obteniendo un incremento en las tonalidades rojizas y amarillas del producto. La adición de estos componentes redujo el índice de peróxido, el contenido de productos oxidativos volátiles y la cuenta microbiana. Los investigadores concluyeron que la capacidad antioxidante que presenta el ajo es comparable a la que posee el ascorbato de sodio. Kim *et al.* (2010) marinaron carne de cerdo con jugo de ajo o cebolla para determinar su efecto en la oxidación de lípidos y calidad durante el almacenamiento en refrigeración. Se obtuvo una disminución de la luminosidad y tonalidades amarillas respecto a la carne sin adición de jugos, así como un aumento en las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico. Sensorialmente, los jugos de ajo y cebolla le proporcionaron a la carne una mayor suavidad y mejores atributos de sabor.

Otros estudios han probado la efectividad de extractos de ajo en la conservación de canales de aves frescas almacenadas en refrigeración, obteniendo una reducción significativa de la contaminación microbiana, al inhibir el crecimiento de microorganismos mesófilos y al reducir el crecimiento de coliformes totales y fecales (De Moura-Oliverira *et al.*, 2005).

Asimismo, Pacheco-Guerrero *et al.* (2011) estudiaron el efecto de ajo en solución acuosa sobre la calidad microbiológica y oxidación lipídica en rebanadas de bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) almacenadas a 4 °C, mostrando un retraso significativo en la oxidación de lípidos, así como en la proliferación de bacterias psicrótroficas, bacterias productoras de sulfuro de hidrógeno, bacterias ácido lácticas y del género Enterobacteriaceae, por al menos 15 días.

En otras investigaciones, Schwartz *et al.* (2011) evaluaron el efecto de ajo en la calidad y estabilidad de una pasta de aceitunas, obteniendo parámetros microbiológicos adecuados, así como una menor oxidación de lípidos en la pasta.

Del mismo modo, se probó la adición de diferentes concentraciones de ajo a yogurt asentado y batido para determinar el efecto de éste en parámetros físicos, químicos, microbiológicos y sensoriales durante su almacenamiento. Los resultados reflejaron una ausencia de mohos y levaduras en el yogurt. Además, la adición de ajo no provocó cambios significativos en la acidez, contenido de grasa, proteínas ni acetaldehído y mejoró su conservación hasta por 18 días (Gündoğdu *et al.*, 2009).

Navas *et al.* (2006) evaluaron las propiedades antioxidantes y la estabilidad de aceite de maíz refinado ante el calor, adicionado con ajo. Los investigadores observaron que el ajo retardaba la oxidación de lípidos, sin embargo, éste no mostró reducir la velocidad de oxidación a temperaturas de freído. Por otra parte, Gambacorta *et al.* (2007) adicionaron ajo a aceite de oliva extra virgen, demostrando que su adición incrementa la estabilidad del aceite significativamente.

También se ha utilizado el aceite esencial de ajo como antimicrobiano adicionado a películas comestibles. Pranoto *et al.* (2005) lo adicionaron a películas de quitosano, Du *et al.* (2009) a películas a base de puré de tomate, mientras que Seydim y Sarikus (2006) lo agregaron a películas de aislado de proteína de suero de leche. Estos investigadores probaron su efectividad antimicrobiana contra *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. y *Listeria monocytogenes*, obteniendo una inhibición satisfactoria de estos patógenos.

Por todo lo anterior es posible afirmar que el ajo puede utilizarse efectivamente para inhibir o retardar el crecimiento microbiano, así como las reacciones de oxidación de lípidos.

Conclusiones y comentarios finales

A partir de la revisión anterior sobre el ajo y sus componentes activos, se puede entender más ampliamente la funcionalidad que tiene el mismo en la salud y dentro del área alimenticia. Debido a las capacidades antioxidantes y antimicrobianas intrínsecas del ajo, se han realizado cada vez más estudios que demuestran la efectividad del ajo en la conservación de alimentos, lo que ha permitido diversificar su uso. Lo anterior se ha hecho con el fin de crear más alternativas que permitan darle al consumidor un beneficio adicional, asegurando que los componentes activos del ajo no se pierdan durante su manipulación o extracción.

Agradecimientos

La autora D. Bender-Bojalil agradece al Consejo Nacional de Tecnología y Ciencia (CONACYT) y a la Universidad de las

Américas Puebla (UDLAP), por el apoyo en el financiamiento de sus estudios de posgrado.

Referencias

- Abraham, J. 2010. Evaluation of antimicrobial activity of herbal extracts against *Salmonella*. *Journal of Pharmacy Research*. 3(8):1981-1983.
- Amagase, H., Petesch, B.L., Matsuura, H., Kasuga, S. e Itakura, Y. 2001. Intake of garlic and its components. *Journal of Nutrition*. 131:955S-962S.
- Ayala-Zavala, J. F. y González-Aguilar, G. A. 2010. Optimizing the use of garlic oil as antimicrobial agent on fresh-cut tomato through a controlled release system. *Journal of Food Science*. 75(7):M398- M405.
- Bhandari, P. R. 2012. Garlic (*Allium sativum* L.): A review of potential therapeutic applications. *International Journal of Green Pharmacy*. 2:118.
- De Moura-Oliverira, K., Santos-Mendonça, R., De Miranda Gomide, L. y Vanetti, M. 2005. Aqueous garlic extract and microbiological quality of refrigerated poultry meat. *Journal of Food Processing and Preservation*. 29(2):98-108.
- Dewi, M., Huda, N. e Ismail, N. 2010. Use of fresh garlic and garlic powder in duck sausages during refrigerated storage. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*. 3(5):526-534.
- Du, W. X., Olsen, C. W., Avena-Bustillos, R. J., Mchung, T. H., Levin, C. E., Mandrell, R. R., y Friedman, M. 2009. Antibacterial effects of allspice, garlic, and oregano essential oils in tomato films determined by overlay and vapor-phase methods. *Journal of Food Science*. 74(7):M390-M397.
- Elkins, R. 1995. *Garlic: Nature's amazing nutritional and medicinal wonder food*. Woodland Publishing, Inc. Utah, EE. UU. 32 p.
- Fujisawa, H. Watanabe, K., Suma, K., Origuchi, K., Kumagai, H., Seki, T. y Ariga, T. 2008. Biological and chemical stability of garlic-derived allicin. *Journal of Food Chemisitry*. 56:4229-4235.
- Gambacorta, G., Faccia, M. Pati, S. Lamacchia, C., Baiano, A. y La Notte, E. 2007. Changes in the chemical and sensorial profile of extra virgin olive

- oils flavored with herbs and spices during storage. *Journal of Food Lipids*. 14:202–215.
- Gheisari, H. R. y Ranjbar, V. R. 2012. Antioxidative and antimicrobial effects of garlic in ground camel meat. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 36(1):13-20.
- Gomes, C., Moreira, R. G., y Castell-Pérez, E. 2011. Microencapsulated antimicrobial compounds as a means to enhance electron beam irradiation treatment for inactivation of pathogens on fresh spinach leaves. *Journal of Food Science*. 76(6):E479-E488.
- Greco, M .F. 2011. Estudio de procesos de deshidratación industrial de ajo con la finalidad de preservar alicina como principio bioactivo. Tesis de Licenciatura. *Universidad Nacional de Cuyo*. Argentina. 60 p.
- Gündoğdu, E., Çakmakçi, S. y Dağdemir, E. 2009. The effect of garlic (*Allium sativum* L.) on some quality properties and shelf-life of set and stirred yoghurt. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 33(1):27-35.
- Harris, J. C., Cottrell, S. L., Plummer, S. y Lloyd D. 2001. Antimicrobial properties of *Allium sativum* (garlic). *Applied Microbiology and Biotechnology*. 57:282–286.
- Ilic, D. P., Nikolic, V. D. Nikolic, L. B., Stankovic, M. Z. Sanojevic, L. P. y Cakic, M. D. 2011. Allicin and related compounds: biosynthesis, synthesis and pharmacological activity. *Physics, Chemistry and Technology*. 9(1):9-20.
- Kim, Y. J., Jin, S. K., Park, W. Y., Kim, B. W., Joo, S. T. y Yang, H. S. 2010. The effect of garlic or onion marinade on the lipid oxidation and meat quality of pork during cold storage. *Journal of Food Quality*. 33:171-185.
- Kim, Y. J., Nahm, B. A. y Choi, I. H. 2009. An evaluation of the antioxidant and antimicrobial effectiveness of different forms of garlic and BHA in emulsion-type sausages during refrigerated storage. *Journal of Muscle Foods*. 21:813–825.
- Krejci, G. y Pacurar, M. 2010. *Garlic Consumption and Health*. Nova Science Publishers. Nueva York, EE. UU. 60 p.
- Kumar, R. y Jain, P. 2010. Antimicrobial activity of *Allium sativum* ethanolic extract against food associated bacteria and fungi. *Drug Invention Today*. 2(4):229-232.
- Kyung, K. H. y Lee, Y. C. 2001. Antimicrobial activities of sulfur compounds derived from *s*-alk(en)yl-l-cysteine sulfoxides in *allium* and *brassica*. *Food Reviews International*. 17(2):183–198.
- López, M. T. 2007. El ajo, propiedades farmacológicas e indicaciones terapéuticas. *Fitoterapia*. 26(1):78–81.
- Lun, Z. R., Burri, C., Menzinger, M. y Kaminsky, R. 1994. Antiparasitic activity of diallyl trisulfide (Dasuansu) on human and animal pathogenic protozoa (*Trypanosoma* sp., *Entamoeba histolytica* and *Giardia lamblia*) *in vitro*. *Annales de la Societe Belgue de Medecine Tropicale*. 74:51–59.
- Luna, M. 2012. Evaluación de ajo como agente antimicrobiano para la conservación de pan parcialmente horneado y almacenado en refrigeración. Tesis de Maestría. *Universidad de las Américas Puebla*. México. 39 p.
- Navas, P. B., Carrasquero-Durán, A. y Flores, I. 2006. Effect of black tea, garlic and onion on corn oil stability and fatty acid composition under accelerated oxidation. *International Journal of Food Science and Technology*. 41:243–247.
- O’Gara E. A., Hill D. J. y Maslin D. J. 2000. Activities of garlic oil, garlic powder, and their diallyl constituents against *Helicobacter pylori*. *Applied Environmental Microbiology*. 66:2269–2273.
- Pachecho-Guerrero, J. V., Tomé, E., Guerra, M. y Raybaudi, R. 2011. Efecto antioxidante y antimicrobiano de sales de ácidos orgánicos y extractos naturales en filete de bagre (*Brachyplatystoma rousseauxii*) refrigerados. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 2(1):16-40.
- Park, S. Y., y Chin, K. B. 2010. Evaluation of pre-heating and extraction solvents in antioxidant and antimicrobial activities of garlic, and their application in fresh pork patties. *International Journal of Food Science and Technology*. 45(2):365-373.
- Park, S. Y., Yoo, S. S., Shim, J. H. y Chin, K. B. 2008. Physicochemical properties, and antioxidant and antimicrobial effects of garlic and onion powder in fresh pork belly and loin during refrigerated storage. *Journal of Food Science*. 73(8):C577-C584.
- Pranoto, Y, Rakshit, S. K. y Salokhe, V. M. 2005. Enhancing antimicrobial activity of chitosan films by incorporating garlic oil, potassium sorbate and nisin. *Food Science and Technology*. 38(8):859-865.

- Rahman, K. 2003. Garlic and aging: new insights into an old remedy. *Ageing Research. Reviews.* 2(1):57-93.
- Rahman, M. S. 2007. Allicin and other functional active components in garlic: Health benefits and bioavailability. *International Journal of Food Properties.* 10:245–268.
- Reuter, H. D., Koch, H. P. y Lawson, L. D. 1996. *Therapeutic effects and applications of garlic and its preparations.* Williams and Wilkins, EE. UU. 213 p.
- Sallam, K. I., Ishioroshi, M y Samejima, K. 2004. Antioxidant and antimicrobial effects of garlic in chicken sausage. *Food Science and Technology.* 37(8):849-855.
- Seydim, A. C. y Sarikus, G. 2006. Antimicrobial activity of whey protein based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils. *Food Research International.* 39(5):639-644.
- Schwartz, M. M., Quitralb, V. V., Daccaretta, C. C. y Callejas, R. R. 2011. Efecto de la adición de ajo en la estabilidad y calidad sensorial de una pasta de aceituna. *Grasas y Aceites.* 62(3):337-343.
- USDA. 2013. Nutrient data for raw garlic. Disponible: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2953?fg=Vegetables+and+Vegetable+Products&man=&lfacet=&format=&count=&max=25&offset=150&sort=&qlookup=>. Accesado: 27/01/2013.
- Yin, M. C. y Cheng, W. S. 2003. Antioxidant and antimicrobial effects of four garlic-derived organosulfur compounds in ground beef. *Meat Science.* 63(1):23-28.