

**USO DEL AJO Y/O SUS COMPUESTOS ACTIVOS COMO AGENTE
ANTIMICROBIANO EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS**

JHONN FREYMAN GARZON VALLEJO

MONOGRAFÍA

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS BASICAS DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
FACATATIVA, 2018**

**USO DEL AJO Y/O SUS COMPUESTOS ACTIVOS COMO AGENTE
ANTIMICROBIANO EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS**

JHONN FREYMAN GARZON VALLEJO

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO EN LA MODALIDAD DE MONOGRAFÍA
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE TECNÓLOGIA DE ALIMENTOS**

Asesor

MSc. ZAIN ZANCHEZ REINOSO

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS BASICAS DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
FACATATIVA, 2018**

DEDICATORIA

A mi señora madre la cual siempre me dejó como consejo lo importante de estudiar de su fuerza y valentía para afrontar las situaciones de la vida, por ser un ejemplo de mujer a mi familia por tener un voto de fe y esperanza en los propósitos que me he encaminado a mi compañera y esposa la cual siempre ha estado presente en cada paso que he dado acompañados de mi hijo el cual ha crecido en medio de mis sueños y anhelos de llegar a ser un gran profesional, a mi trabajo el cual me ha brindado los recursos necesarios para cumplir con las expectativas de la carrera, a cada uno de los tutores y personas que han estado en mi camino para lograr este proyecto de vida, y sobre todo a Dios por permitirme llegar a este momento, por mostrarme el camino correcto por guiarme y enfocarme y por enseñarme que nada es imposible.

AGRADECIMIENTOS

A cada uno de los miembros de mi familia que me han acompañado en este camino por tener paciencia y tolerancia al momento de enfrentarme a situaciones complicadas.

Al ingeniero Omar Mesa Restrepo el cual un día me expreso unas sabias y poderosas palabras la cuales hoy me permiten llegar a estas estancias de mi vida.

A la organización Solla S.A la cual ha permitido que continúe estudiando años tras año.

A mi universidad por permitirme empoderarme de esta gran carrera la cual me ha dejado grandes enseñanzas.

A la ingeniera Laura María Reyes Méndez por creer en esta propuesta y por guiarme en cada propósito de este trabajo.

Al ingeniero Zain Sánchez Reinoso por su dedicación y comprensión en cada objetivo planteado en este trabajo por exigirme, corregirme, alentarme y felicitarme cada vez que ve en mi un avance en la construcción de manera apropiada en este proyecto.

Gracias a cada una de las personas que han estado presentes con sus palabras, sabiduría y aprendizaje, los cuales han sido los motores principales para la culminación de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	10
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
JUSTIFICACION	14
OBJETIVOS	16
CAPÍTULO 1: Generalidades.....	17
1.1 Origen (<i>Allium sativum</i>).....	17
1.2 Botánica	18
1.3 Agroecología.....	20
1.4 Producción y comercialización nacional e internacional del ajo	22
CAPÍTULO 2: COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AJO	24
2.1 Composición nutricional del ajo.....	24
2.2 Carbohidratos	26
2.3 Proteínas	26
2.4 Minerales	26
2.5 Vitaminas.....	27
2.6 Lípidos.....	27
2.7 Composición química.....	27
2.8 La Alicina.....	29
2.9 Potencial funcional del ajo.....	30
2.10 Propiedades antioxidantes del ajo	31
CAPÍTULO 3: METODOS DE EXTRACCION DE LA ALICINA	33
3.1 Extracción sólido-líquido	33
3.2 Extracción de Alicina método propuesto por el laboratorio de análisis Fitoquímico de Southern Cross University (LAFSCU)	34
CAPITULO 4: ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL AJO.....	35
4.1 Antecedentes sobre la actividad antimicrobiana del ajo	35
4.2 Actividad antimicrobiana sobre Cepas de <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> y <i>Escherichia coli</i>	35
4.3 Actividad antimicrobiana sobre Cepas de <i>Micrococcus luteus</i>	36
4.4 Actividad antimicrobiana en Cepas de <i>Escherichia coli</i> y <i>Salmonella entérica</i>	37
4.5 Actividad antimicrobiana en Cepas de <i>Escherichia coli</i>	38
CAPÍTULO 5: APLICACIONES DE COMPUESTOS ANTIMICROBIANOS DEL AJO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.....	39
5.1 Aplicaciones del aceite esencial de ajo	39

5.2 Aplicaciones del ajo fresco	40
5.3 Aplicaciones del Jugo de ajo	42
5.4 Aplicaciones de extracto de ajo.....	42
5.5 Aplicaciones de ajo deshidratados	44
5.6 Colombia y el ajo	47
CONCLUSIONES.....	49
REFERENCIAS	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Taxonomía del ajo	19
Figura 2 Estados fenológicos del cultivo de ajo..	23
Figura 3 Reacción química de la formación de Alicina	30
Figura 4 Extracción y purificación de Alicina a partir de ajo	33
Figura 5 Diferencia de la reacción de la Alicina.	37

LISTA TABLAS

Tabla 1 Composición nutricional del ajo 100 g de ajo fresco	25
Tabla 2 Compuestos con efectos bioactivos.....	30
Tabla 3 Compuestos sulfurados	28
Tabla 4 Comportamiento de <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> y <i>Escherichia coli</i> en diferentes concentraciones de Alicina en milímetros.....	36
Tabla 5 Recopilación de estudios relacionados con uso del ajo y/o sus compuestos activos como agente antimicrobiano en la industria de alimentos.....	45

RESUMEN

En esta monografía se estudia el uso del ajo y/o sus compuestos activos como agente antimicrobiano en la industria de alimentos, se realiza una búsqueda sobre los recursos disponibles acerca del origen del ajo, su taxonomía y generalidades. El ajo ha sido tema de investigaciones por su composición nutricional y química ya que dentro de su estructura cuenta con minerales, vitaminas, lípidos y proteínas importantes para una adecuada nutrición. Los estudios han avanzado sobre esta matriz vegetal logrando extraer sus compuestos bioactivos de los cuales se originan sus propiedades antimicrobianas, destacándose el proceso en la obtención de la Alicina la cual se genera por acción enzimática al triturar la matriz. Este proceso se ha puesto en práctica en diferentes entornos de aprendizaje evidenciando la inhibición de diferentes bacterias como la *Salmonella*. Las ventajas reconocidas sobre el ajo siempre han estado presentes, de ahí el interés por industrializarlo y obtener por diferentes métodos de extracción sus potenciales compuestos azufrados. Hoy se puede encontrar diferentes presentaciones de ajo de los cuales la industria alimenticia ha tomado para incluirlo como tema de estudio en la conservación de alimentos, con resultados prometedores en los diferentes grupos de alimentos como cárnicos, vegetales y lácteos en donde se comprobó la eficacia en la inhibición de bacterias, aportando en extender la vida útil de los diferentes productos puestos en estudio.

INTRODUCCIÓN

El ajo (*Allium sativum* L.) es una planta herbácea perenne, cultivada generalmente en regiones tropicales y de gran aplicación culinaria y terapéutica (Kuate, 2017; Lim, 2015). La planta de ajo crece cerca de 100 cm y está constituida por hojas largas, estrechas y planas; pequeñas flores blancas y una estructura bulbosa comestible compuesta principalmente por agua (65%), carbohidratos (28%) y proteínas (2%) (Kuate, 2017). Esta a su vez se encuentra dividida en numerosos bulbillos unidos a una base, conocidos como dientes o “cloves” en inglés, que consisten en pequeñas estructuras carnosas divididas naturalmente por una delgada piel blanca o rosada (Lim, 2015; Pandey, 2012). Es originario de Asia y considerada como la segunda planta más cultivada de la familia *Allium* después de la cebolla; actualmente se cultiva en la región del mediterráneo y Asia central, encontrando como principales productores a China, India, Corea, Egipto, Argentina, España y Estados Unidos (Charles, 2013). El cultivo de ajo depende de diferentes factores tales como variedad, clima, suelo, humedad y nutrición, los cuales pueden diferir de una región a otra (Pandey, 2012). No obstante, Lim (2015) señala que se desarrolla adecuadamente en suelos con alto drenaje, por encima de los 1500 m.s.n.m y una temperatura baja que oscila entre 9 – 28 °C.

Su importancia radica en su aroma y sabor, así como en sus múltiples propiedades funcionales tales como efecto contra el riesgo cardiovascular, inmunológico, anticancerígeno, antifúngico y antimicrobiano, entre otros (Amagase y Petesch, 2003; Charles, 2013; López, 2007; Ramírez-Concepción, Castro-Velasco, y Martínez-Santiago, 2016). En cuanto a la relación de actividad antimicrobiana, se han reportado numerosos estudios de su actividad *In vitro* sobre diferentes cepas fúngicas y bacterianas (Harris, Cottrell, Plummer y Lloyd, 2001; Naoaki et al., 2007). La Alicina es uno de los principales compuestos a los cuales se les ha atribuido la actividad antimicrobiana, donde se ha evaluado su efecto sobre cepas de *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli* (Chalar, Moya, Vargas, Sejas, y Romero, 2014).

A pesar de que se han reportado múltiples estudios enfocados a la aplicación de esta matriz vegetal para conservación de alimentos, se encuentran escasos estudios de revisión que profundicen y destaquen la importancia de la actividad antimicrobiana del

ajo en la industria de alimentos. Bender-Bojalil and Bárcenas-Pozos (2013) llevaron a cabo una revisión de la importancia del ajo en la conservación de alimentos, destacando algunos aspectos de composición, potencial como agente antimicrobiano y algunas aplicaciones en alimentos. No obstante, es importante abordar en amplitud los aspectos de composición química y actividad bioactiva del ajo, su actividad antimicrobiana, revisar las diferentes metodologías de extracción de compuestos bioactivos y presentar los estudios prácticos aplicados a la conservación en la industria de alimentos de los últimos años.

Por lo tanto, el presente trabajo pretende revisar a profundidad la literatura reportada con relación a la composición química del ajo, su actividad antimicrobiana y su aplicación en la conservación de alimentos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La vida moderna conlleva a cambiar hábitos en todos los aspectos, buscando obtener los mismos beneficios, pero de una manera ágil y práctica, lo cual hace que todo alrededor cambie encaminado en lograr nuevos objetivos, deleitando ya a un gremio en específico y a ganar nuevos consumidores, son los retos por los cuales está pasando la industria alimenticia. Esta se enfrenta a una población informada de cada uno de los avances en la industria alimenticia y de la implementación de estas tecnologías innovando en el mercado, con tendencias marcadas hacia el consumo de alimentos saludables de alto valor nutritivo y escaso uso de conservantes químicos.

Por otro lado, la industria alimenticia presenta merma de sus productos por alteraciones biológicas causadas por microorganismos generando características inestables en los alimentos sea por descomposición o pérdida de sus características comerciales. Para lo cual se han utilizado conservantes químicos que representan un posible riesgo para la salud, esta problemática se puede definir por la falta de conocimiento en las nuevas alternativas que se están originando a partir de los mismos alimentos los cuales dentro de su composición poseen componentes capaces de combatir de igual manera o mejor que los conservantes tradicionales.

Hoy se encuentran temas de investigación sobre la historia de la humanidad acompañada con el uso del ajo, definiéndolo como una fuente de bienestar y gozo para la salud de los consumidores, pero aún se sigue considerando como tema de estudio los múltiples beneficios y usos de este producto en su composición física o química o a que se debe su compuesto antimicrobiano. Son los temas que no se han dado a conocer en los avances que ha tenido este alimento y su inclusión en la industria alimenticia la cual busca generar nuevas alternativas de conservación en la producción y elaboración de alimentos.

A pesar de que se encuentran reportados estudios específicos en torno a esta temática, no se evidencian documentos registrados a destacar de forma global el potencial uso del ajo en la conservación de alimentos, el cual si bien cumple en todos los beneficios para la salud humana la cual lo ha acogido como un alimento de primer

consumo buscando mejorar sus condiciones de vida, no se le dio el tratamiento adecuado para demostrar que cada una de las ventajas asociadas a combatir enfermedades, se puede lograr en la conservación de los alimentos, el éxito de este producto radica en su composición y de ahí se parte para dar a entender que todas estas bondades se pueden poner en práctica con resultados sorprendentes en la conservación de alimentos. Lo cual nos lleva a plantearnos como pregunta de investigación, ¿Cuáles son los avances tecnológicos reportados hasta la fecha en la aplicación de compuestos bioactivos del ajo para la conservación de alimentos?

JUSTIFICACION

La conservación de alimentos tiene como objetivo prolongar la vida útil de los alimentos, facilitando su almacenamiento y comercialización (Karel y Lund, 2003). Para ello, se han desarrollado tecnologías de procesamiento de alimentos que buscan reducir los mecanismos de deterioro tales como físicos, químicos y microbiológicos; siendo este último el factor que puede afectar en mayor medida la seguridad alimentaria (Berk, 2018). Con relación a ello, el uso de aditivos alimentarios, particularmente conservantes o agentes antimicrobianos (principalmente artificiales), sigue representando una alternativa ampliamente usada para la protección contra el deterioro microbiano. No obstante, se ha encontrado que su uso puede representar algún riesgo para la salud humana, razón por la cual comienza a ser cada vez más regulada en diferentes países (Silva y Lidón, 2016).

Como consecuencia de este hecho, existe una marcada tendencia de consumo hacia productos naturales y con menor uso de aditivos artificiales; la aplicación de aditivos alimentarios, incluyendo conservantes, debe ser ajustada progresivamente a las exigencias de los consumidores. De acuerdo con ello, se han reportado diversos estudios que destacan el ajo como una fuente natural de agentes antimicrobianos. Davidson, Cekmer, Monu, and Techathuvanan (2015), señalan que la actividad antimicrobiana del ajo es bien conocida y atribuida a su alto contenido de compuestos organosulfurados destacándose la Alicina por su importante efecto contra una amplia variedad de bacterias y hongos. Sin embargo, su potencial uso en la conservación de alimentos aún se encuentra en evolución constante y no ha sido ampliamente documentada, encontrándose la necesidad de revisar y destacar el avance en este tópico. Teniendo en cuenta estos aspectos mencionados, encontramos que la revisión de información reportada en cuanto a la extracción de compuestos antimicrobianos a partir del ajo y su aplicación en la conservación de alimentos constituye un tema de interés para la industria alimentaria.

Dentro del trabajo de revisión, se ha considerado la información enfocada en la actividad antimicrobiana a nivel mundial, desde su origen hasta la actualidad; abordando diferentes estudios que soportan la relación entre composición química y su actividad antimicrobiana. De igual forma, consideramos avances relevantes en procesos de

extracción y purificación de compuestos bioactivos, así como casos de investigación aplicada a la reducción del deterioro microbiológico de alimentos procesados. Por lo tanto, con el presente trabajo se logra destacar la importancia de esta matriz vegetal como una fuente alternativa de agentes antimicrobianos naturales, contribuyendo a la comunicación de posibles alternativas para la prolongación de la vida útil de alimentos, y, en consecuencia, al bienestar social enfocado al fortalecimiento de la seguridad alimentaria.

OBJETIVOS

Objetivo general.

Estudiar el uso del ajo y/o sus compuestos activos como agente antimicrobiano en la industria de alimentos.

Objetivos específicos

Identificar a través de estudios reportados en la literatura, los principales compuestos activos presentes en el ajo.

Realizar una revisión bibliográfica de trabajos enfocados en la actividad antimicrobiana del ajo.

Analizar las diferentes metodologías de extracción o síntesis de la Alicina presente en el ajo.

Presentar estudios prácticos del uso del ajo o del compuesto activo Alicina, en la industria de alimentos.

CAPÍTULO 1: Generalidades

1.1 Origen (*Allium sativum*)

El pasado del ajo se remonta varios años atrás a. C. en donde diferentes culturas tenían en cuenta este alimento por los efectos positivos que generaba su consumo. Dentro de los estudios históricos del ajo se encontraron en 1911 figuras en barro con semejanza a las características físicas del ajo, estos fueron hallados en la tumba de Mahasna Egipto, teniendo en cuenta esta cultura y sus tradiciones conocidas actualmente, a los faraones los enterraban con tesoros y tributos asociados a tener gran valor, de encontrar esta piezas con forma de ajo, se puede establecer como en esta época este alimento ya era considerado de gran importancia, para esta civilización sus ciudades y Dioses era lo más importante y entre más imponentes fueran, era símbolo de su gran poder, para lograr esto muchos años como lo relata la biblia se usó como mano de obra a los judíos los cuales realizaban largas jornadas de trabajo para satisfacer las necesidades arquitectónicas del momento, las condiciones para estos trabajadores no eran las más alentadoras, causando enfermedades y hasta la muerte, la solución que en el momento se pudo adquirir para evitar la mortalidad de los judíos, fue el consumo del ajo al ver sus propiedades curativas (Fulder y Blackwood, 1997).

La historia de este alimento siempre ha estado en disputa, partiendo de su origen en la actualidad se encuentra información dando como registro varios puntos en donde se supone sus primeros cultivos pasando de un continente a otro. Los chinos y sumerios, los indios y los antiguos egipcios son conocidos por haber utilizado como alimento el ajo, hace más de 4000 años (Pandey, 2012). En el tratado del origen de las plantas cultivadas de 1986 considera su origen del sudoeste de Siberia, de donde se propago al sur de Europa en donde se acondiciono a las características ambientales (Ganado, 2001).

Otros autores como Etoh y Simón (2002), han registrado, ubicándolo en diferentes partes del mundo de donde su origen nace de las montañas en Asia central fuera el principal origen de este alimento logrando su desplazamiento en zonas mediterránea y del Cáucaso.

Dentro de la teoría de la existencia de genocentros o centros de origen de las plantas cultivadas cuyo autor corresponde a Vavilov (1887-1943), afirma que el origen de este vegetal, así como lo han registrado otros autores, certifica su origen en Asia, proyectándolo con mayor fuerza en el centro y sur de este continente y de ahí parte su propagación así el mediterráneo y el resto del mundo (Abdelnour, Esquivel, Bermúdez, Rivera y Venutolo, 2006).

Lograr identificar su origen exacto con certeza no se ha podido definir, lo único si verdadero y fundamentado en la historia de la humanidad es su cercanía con las grandes civilizaciones, de ahí se puede concluir que desde su origen ha pasado por diferentes continentes logrando adaptarse de manera exitosa a climas y suelos dando como resultado diferentes variedades, las cuales radican principalmente por los diferentes mecanismos que se han utilizada para su conservación, en la actualidad los países de donde se supone su origen, registran ser los mayores productores de este alimento, para el año 2014 la producción mundial dedicada a este cultivo fue de 1.547.381 ha, el país principal productor fue china con el 80% de cobertura, ocupando el segundo lugar España con un 57% (Galves, 2017).

1.2 Botánica

Su nombre *Garlic* de origen anglosajón derivado de *gar* (lanza) y de *leac* (planta) refiriéndose a la forma de las hojas, su nombre botánico es *Allium sativum* derivada a lo áspero o abrasivo y *sativum* que significa cultivado o sembrado. Planta herbácea la cual se refiere a sus grandes aportes culinarios y medicinales, ya que logra brindarles sabor a los alimentos que se preparen con este vegetal y posee un valor agregado por su composición con propiedades antimicrobianas, pertenece a la familia liliáceas la cuales corresponden a los vegetales en forma de bulbo, con una flor de seis pétalos, su cultivo remonta a muchos años atrás, de todas sus variedades cumplen con las mismas propiedades de menor a mayor grado de concentración (Ganado, 2001).

Se encuentran diferentes conceptos los cuales dan a conocer cada una de las partes de este alimento, el género *Allium* se considera que contiene más de 300 especies de

plantas de donde surge *Allium sativum* identificándolo como una planta la cual su estructura comestible se desarrolla dentro de la tierra, la parte más sobresaliente del ajo es su tallo el cual posee 3 cm de diámetro y 5 mm de altura, de donde se desprenden sus hojas de un tamaño de 20 a 50 cm de longitud de 1 a 3 cm de ancho, estas no poseen dentro de sus componentes sustancias nutritivas, las cuales cumplen un papel de protección, esta planta desarrolla la parte comestible subterráneamente conocido como bulbo conformado por varios bulbos pero estos de menor tamaño (Ramírez, Castro y Martínez, 2016). En la Figura 1 se presenta un esquema de las estructuras que componen la planta de ajo.

El ajo corresponde a un vegetal de tamaño reducido, su forma está estructurada de manera circular con ciertas protuberancias formadas por la unión de diferentes cuerpos solidos con forma de dientes alargados los cuales en sus extremos son delgados dejando sobresalir en la parte central un mayor tamaño, estos cuentan con una protección de diferentes capas alternas las cuales son frágiles al tacto, descubriendo cada una de estas se logra obtener la parte comestible (Bravo, 2003).

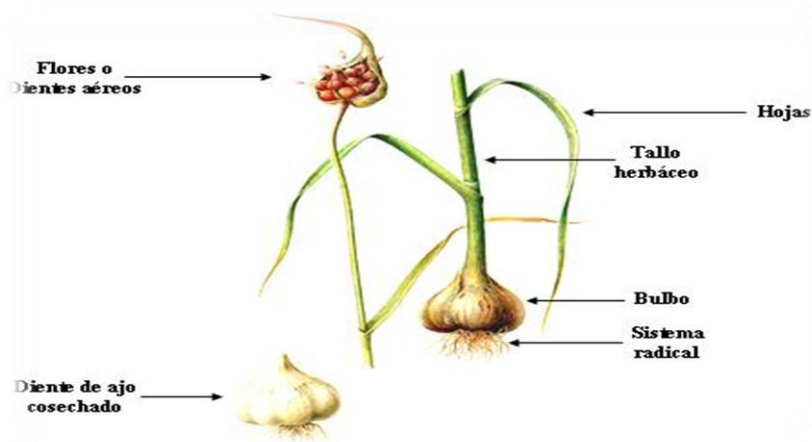


Figura 1 Taxonomía del ajo. Tomado de Fritsch y Friesen, (2002) *Allium crop science*

Según el autor Campo (2013), este vegetal cuenta con un sistema de raíces las cuales nacen desde el tallo, logrando alcanzar una profundidad de 60-70 cm, dando lugar a la formación del bulbo, el tallo está ubicado en el centro de la formación de los dientes de ajo de consistencia blanda del cual se desprenden las raíces y hojas la cuales crecen

unos 45 cm a más de 60 cm de longitud, el color y el tamaño final lo determina la variedad, sus flores se distinguen por poseer seis pétalos con colores variados entre los más destacados el rojo, blanco, rosado y violeta, de estas se desprenden hebras largas conocidos como estambres y pistilo.

El ajo dentro de sus diferentes variedades no logra coincidir con las mismas características físicas únicas como vegetal, demostrando así en cada una de las estudiadas cambios en su estructura y clasificación botánica, existen algunos requerimientos que se deben tener presentes al momento de diferenciar un bulbo de ajo de otro, su morfología la cual está ligada a sus hojas, formación de sus dientes, lo largo y ancho de sus hojas, la formación de su tallo, color y formación de sus flores, son claves para distinguir variedades, la madurez del bulbo hace referencia al tiempo de siembra y a las operaciones de cosecha y postcosecha, todas las variedades necesitan un proceso correcto y adecuado en donde se tenga en cuenta las condiciones de suelo y clima favoreciendo su estructura física y sus composición química (Pandey, 2000).

1.3 Agroecología

El *Allium sativum* dentro de su distribución nativa requiere ciertas condiciones para el desarrollo de su producción, de ahí los diferentes tipos de hábitats los cuales deben presentar las condiciones apropiadas, un suelo el cual permita mantener una humedad constante sin pasar a encharcar el cultivo, permitiendo un correcto drenaje de agua, el éxito de este cultivo radica en terrenos que se encuentren por encima de los 1500 m.s.n.m y una temperatura de 9 a 28°C, criterios importantes para la continuidad del cultivo. Dentro de la estructura del ajo se forman los bulbos la parte comestible de este vegetal, aproximadamente 2 meses se necesitan para el desarrollo total teniendo en cuenta una temperatura de 10 a 15°C (Lim, 2015).

Las condiciones climáticas cumplen un factor indispensable para el desarrollo del cultivo de ajo, en donde la luminosidad y la temperatura, permiten la formación del bulbo y del tallo, dependiendo de estos factores se establecen las diferentes variedades de este alimento, una temperatura entre los 12°C a 24°C es la óptima apropiada para la

germinación, la formación de los nutrientes, estos dependen en donde se está desarrollando el cultivo de ajo, el suelo debe cumplir unas condiciones adecuadas dentro de su estructura el cual debe ser rico en contenido orgánico y con buena retención de humedad, suelos arcillosos y con drenaje favorecerán el crecimiento morfológico del cultivo, con estos factores adecuados se busca mantener un pH entre 6 a 7, lo cual disminuye la posibilidad de tener un suelo con una acidez baja, provocando un desbalance en su composición nutricional, el pleno desarrollo del cultivo de ajo, no es necesario pensar en algún método de fertilización, este sistema hace parte del esquema del cultivo favoreciendo y evitando posibles daños, uno de los componentes el cual se recomienda por las ventajas que genera en la estructura física del bulbo del ajo es el fósforo, provocando ganancia en peso y tamaño (Terán-Quiroga, 1997).

Como lo indica Fulder y Blackwo (1997), el ajo no germina de una semilla, este se origina de su propia producción vegetal la cual se conoce como diente de ajo. El ajo se siembra por medio de su propia producción, para lo cual se toman los dientes previamente seleccionados, esto depende de los bulbos los cuales deben ser a la vista uniformes y frescos estos factores tenidos en cuenta son claves para el éxito de futuras producciones logrando mantener la capacidad productiva en peso y tamaño favoreciendo las características genéticas (Green, Hartley y West, 1987). Las labores previas tenidas en cuenta son la selección de cada uno de los dientes, esta labor se puede realizar manualmente separando cada uno de estos del bulbo lo cual facilita una revisión previa realizada por el operario descartando material el cual no cumple con los criterios morfológicos buscados, en esta actividad es fundamental el cuidado de la cáscara que protege el diente de ajo lo cual radica en la defensa que estas capas brindan, esta labor se puede realizar por ayuda mecánica la cual consiste en una maquina con rodillos, se alimenta y realiza la separación, este mecanismo es apropiado cuando se manejan grandes extensiones de tierra (Calderón, Serwatowski, Cabrera y García, 2003).

El cultivo de ajo cuenta con unas características fisiológicas, desde su brotación la cual consiste en el brote o aparición en forma de punta el cual desarrollara el tallo de la planta, en la parte inferior de la semilla inicia la aparición de las raíces, con el crecimiento vegetativo el cual consiste en absorber los nutrientes del suelo, actividad que realiza las

raíces logrando la formación del bulbo este periodo esta alrededor de 100 a 150 días, esta etapa de formación también conocida como bulbificación la cual depende de las condiciones ambientales dadas en temperatura y humedad, en este cultivo se puede apreciar la floración, la cuales brotan unas flores de diversos colores estas son estériles y no se genere reproducción sexual, el punto de maduración de la planta se considera al contacto con el tallo el cual pierde su rigidez (Campo, 2013).

1.4 Producción y comercialización nacional e internacional del ajo

Para el año 2015 según los reportes establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, el cultivo mundial de ajo logro 25 millones de toneladas en producción, Colombia no ha sido la excepción en la implementación de este cultivo, las regiones comprendidas entre Cundinamarca y Boyacá los departamentos de Nariño y Santander que se ubican entre los 2.200 y 2.800 m.s.n.m. para el año 2014 sembraron 375 ha con una producción de 4.300 toneladas y un rendimiento de 11,5 t/ha. Este resultado ha sido positivo teniendo en cuenta que en Colombia no existen entidades las cuales ofrezcan un adecuado material de propagación, lo que obliga a importar desde Perú la semilla, para el año 2010 las importaciones de este alimento crecieron en un 182%, el consumo mensual de este alimento en Colombia según Pinzón (2009) está por encima de muchas hortalizas de consumo consideradas de importancia en la canasta familiar del 0,29 kg/persona para el año 1992 a 0,50 kg/persona para el año 2001, estimulando las importaciones. El ajo se comercializa en diferentes presentaciones algunas tratadas técnicamente por medio de mallas y clasificación, la más conocida y aplicada en el comercio son los manojos los cuales consiste en unir varios bulbos por lo general no se cuenta con selección ni clasificación (Sarmiento, 2016).

La producción mundial de ajo según los autores Huez, López, Jiménez, Garza Preciado, Alvares y Rodríguez (2010) para el año 1999 estaba en 994.751 ha, para el año 2008 1.225.007 ha con una superficie de siembra de 230.256 nuevas hectáreas, los principales productores de ajo para el año 2008 fueron China e India con 694,040 ha y 147,000 ha, en Suramérica, Argentina presenta la mayor superficie de siembra con 15,600 ha, le sigue Brasil con 10,214 ha, Perú con 7,974 ha y Chile con 1,044 ha. Durante

el periodo de 2000 a 2013 el ajo se ubica en 24 millones de toneladas producidas, China paso de 7,38 ha sembradas a 19,17 millones ha siendo el principal productor mundial con una participación de volumen del 79,2%, el segundo lugar India con 1,259 ha con una participación del 5,2%, en el tercer lugar La República de Corea con 1,7% y el 13,9% restante se encuentra distribuido aproximadamente en 35 países.

La producción de este vegetal a nivel internacional tiene gran salida gracias a las técnicas que han implementado desde su siembra hasta la comercialización, utilizándolo como saborizante en la preparación de alimentos, dentro de los países latinos que han desarrollado este cultivo Colombia no figura dentro de esta lista, teniendo presente que es un país el cual cuenta con los requerimientos climáticos necesarios para la siembra de este producto, pero no se han gestionado los criterios necesarios para tecnificar y capacitar en la producción de este cultivo, obligando al país a generar importaciones para que cubra los requerimientos de consumo de este vegetal, en la figura 2 se puede observar el proceso de crecimiento de este cultivo.

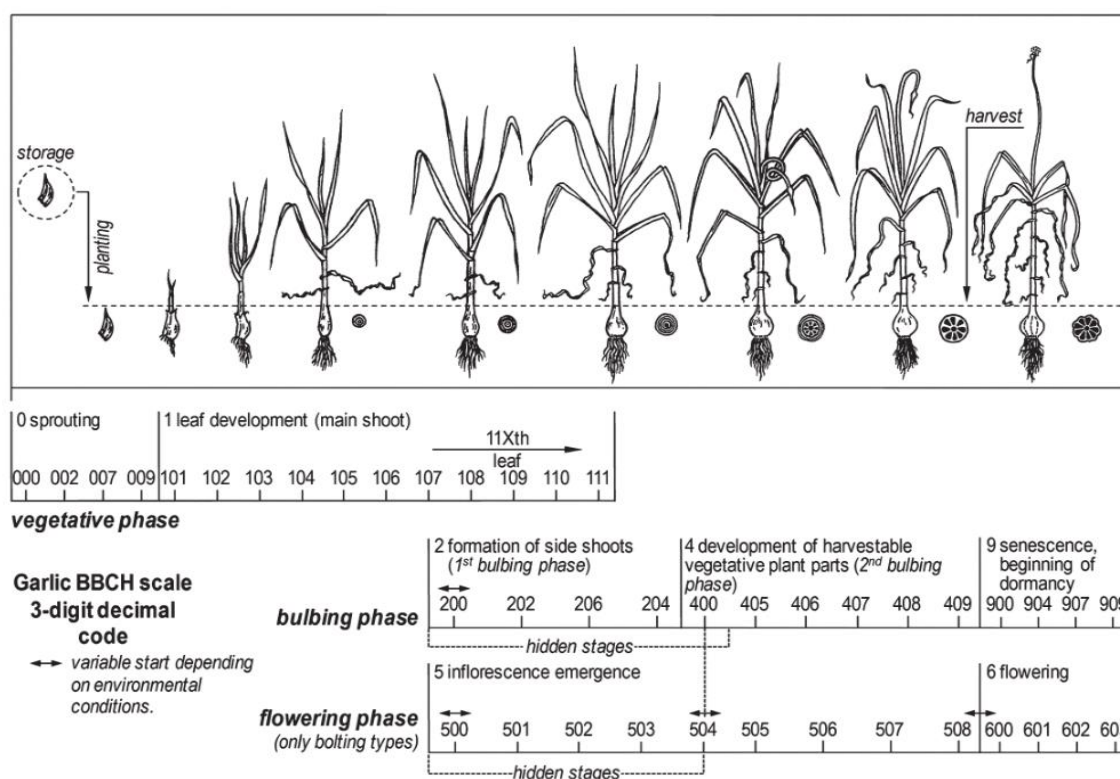


Figura 2 Estados fenológicos del cultivo de ajo. Tomado de López-F, López-R, Muñoz, Fernández y López-L. (2016).

CAPÍTULO 2: COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AJO

2.1 Composición nutricional del ajo

El ajo es un alimento que logra destacarse dentro de su composición, según Mujica (2012), los nutrientes de este vegetal cumplen un factor importante en las funciones del ser humano al poseer cantidades considerables de oligoelementos definidos como minerales destacando este alimento como una buena fuente de estos compuestos, de los cuales sobresalen el azufre, potasio y germanio. La parte comestible del ajo conocida como bulbo posee dentro de sus componentes carbohidratos liberando principalmente fructosa, proteínas, aminoácidos libres, derivados fenólicos y fibra, componentes de mayor y menor cantidad como los minerales donde encontramos los macro fósforo, potasio, azufre, zinc y micro calcio, magnesio, sodio, hierro, manganeso, y saponinas con niveles moderados de selenio y vitaminas A y C (Panchi, 2016). En la Tabla 1 se presenta la composición del ajo fresco.

Como lo menciona Olmedo (2011), existe información referente en los componentes químicos del ajo y de su estructura los cuales cumplen múltiples acciones encaminadas a combatir patógenos causantes de posibles trastornos en la salud, para obtener estos resultados se han estudiado sus componentes principales, fósforo, potasio, azufre y zinc en altos niveles, selenio y vitamina C en niveles moderados, calcio, magnesio, sodio, hierro, y complejo vitamínico B en bajos niveles. Hormonas y sustancias como colina, ácido hidro orgánico y yodo.

El ajo cumple con cada una de las necesidades nutricionales requeridas para destacarlo como un alimento óptimo, dentro de su composición química se destacan los principales requerimientos esenciales de agua, fibra y ácidos grasos los cuales son aprovechados por el organismo al momento de ser consumidos, su composición está conformada por cuatro grandes grupos definidos en hidratos de carbono, proteínas, lípidos y minerales, de querer obtener un balance completo de un alimento dentro de su composición el ajo sobresale por contener en su parte comestible definida como bulbo del cual se desprenden los dientes de ajo, proporcionando en micro y macro cantidades componentes de gran valor nutricional y de los cuales se han originado estudios.

Tabla 1 Composición nutricional del ajo 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
<i>Lípidos</i>		
Ácidos grasos saturados	g	0,089
Ácidos grasos mono insaturados	g	0,011
Ácidos grasos poliinsaturados	g	0,249
Colesterol	mg	0
<i>Vitaminas</i>		
Vitamina C	mg	31,2
Tiamina	mg	0,2
Riboflavina	mg	0,11
Niacina	mg	0,7
Vitamina B6	mg	1,235
Folato	Ug	3
Vitamina A	UI	9
Vitamina E	mg	0,08
Vitamina K	Ug	1,7
<i>Minerales</i>		
Calcio	mg	181
Hierro	mg	1,7
Magnesio	mg	25
Fosforo	mg	153
Potasio	mg	401
Sodio	mg	17
Zinc	mg	1,16

Fuente: Tomado de USDA (2013)

2.2 Carbohidratos

Los carbohidratos presentes en ajo están conformados por el 30% de la parte comestible de este vegetal definido como bulbo, siendo los polímeros de fructosa los de mayor proporción (Álvarez, Fuente, Mendoza y Aguilar, 2018).

2.3 Proteínas

Azcona (2013), los aminoácidos presentes en 100 g de ajo son de 4,30 g como ácido aspártico, asparagina, alanina, arginina, histidina, metionina, fenilalanina, leucina, serina, treonina, prolina, triptófano y valina (Orbegoso, 2018).

2.4 Minerales

Los autores Krejci y Pacurar (2010) definen los componentes minerales en abundancia como el potasio, fósforo, magnesio, sodio, calcio y hierro siendo estos de mayor concentración gracias a los altos contenidos presentes en el suelo, de ahí parte para determinar el buen crecimiento morfológico del bulbo. Las propiedades antioxidantes relacionadas con el ajo se presumen que están vinculadas con los minerales los cuales atacan los radicales libres que se encuentran en la sintomatología degenerativa de enfermedades relacionadas con el corazón y el envejecimiento, los minerales encargados de estos beneficios son el selenio, manganeso y cobre. Un mineral no muy conocido por su nombre al ser definido como orgánico, el germanio permite oxigenar las células generando una capacidad inmune frente agresiones causantes de enfermedades cancerígenas, además estimula las defensas naturales del organismo ayudando al fortalecimiento del sistema inmune (Lefiet y Delcour, 2015).

2.5 Vitaminas

De acuerdo con Arakelian, Bazán y Minckas (2014) el ajo contiene vitamina C, tiamina, riboflavina, niacina, vitamina B6, folato, vitamina A, vitamina E, vitamina K. Por su gran contenido en vitaminas se puede considerar como una buena fuente para suplir carencias vitamínicas, con mínimos aportes en efectos antioxidantes, se destacan las vitaminas del complejo B, y en cantidades menores la vitamina C, vitamina A y vitamina E (García, 2012).

2.6 Lípidos

En 100 g de ajo fresco la cantidad de lípidos se calcula de 310 a 342 mg, de los cuales un 36,4% a 43,5% se consideran como neutros, destacándose los triglicéridos en un 84%. Su contenido en azúcares están definidos por los esterilglicósidos, esterilglicósidos, los lípidos presentes en el ajo se identificaron por tener 4 ácidos grasos, linoleico, palmítico, oleico y ácido linolenico, dentro de la composición de los lípidos neutros se encuentran las cantidades de monogliceridos 18,5%, digliceridos 14%, esteroides 16%, con fracciones de fosfolípidos en abundancia la fosfatidilcolina 23%, osfatidil etanolamina 18%, lisofosfatidil colina 11% y lisofosfatidil etanolamina 8,2 %, destacándose en su formación los ácidos palmítico y linoleico (Lim, 2012).

2.7 Composición química

El ajo es un alimento nutricionalmente activo por sus componentes anteriormente vistos de los cuales han sido tenidos en cuenta por los consumidores a nivel mundial, ya sea por brindarle sabor a las comidas por los diferentes proceso industriales que han realizado con el ajo, el más conocido como especia o condimento, analizándolo desde el punto culinario, este vegetal cuenta con dos propósitos importantes el primero anteriormente conocido como fuente de nutrición y sabor, y el segundo el cual parte también desde su composición direccionándolo a los aportes que ha brindado en el cuidado de las salud de sus consumidores que buscan con este alimento curar diferentes

síntomas asociados a enfermedades. Este alimento desde su origen se le ha atribuido vínculos con el tratamiento de cuadros de origen infeccioso. En la actualidad ya se cuentan con avances sobre el *Allium sativum* y es uno de los pocos alimentos del grupo de los vegetales que cuenta dentro de su composición con compuestos bioactivos antimicrobianos. El ajo se ha considerado como una fuente abundante de Alicina encargados de producir el sabor característico de este alimento, y compuestos no volátiles con propiedades medicinales y terapéuticas como las amidas, óxidos de nitrógeno, compuestos fenólicos, flavonoides, proteínas, saponinas y sapogeninas, con propiedades antioxidantes (Petropoulos, Fernández, Petrotos, Barros y Ferreira, 2018).

Tabla 2 Compuestos sulfurados del ajo

Característica	Compuesto
Solubles en agua	S-alil-cisteína
	S-alil-mercaptocisteína
	S-metilcisteína
	Y-glutamyl-cisteína
Solubles en aceite	Sulfuro dialílico
	Disulfuro dialílico (dialil disulfuro)
	Alicina (óxido de disulfuro dialílico)
	Trisulfuro alilmetílico
	Alina
	Ditinas
	viniloditlinas
	Ajoeno

Fuente: Córdova, (2010).

Se ha señalado que los fructanos, flavonoides y compuestos órgano sulfurados son los responsables de originar las propiedades sensoriales del ajo porque son los encargados de la adsorción del azufre hacia la planta y por ende genera estas características únicas (Florencia, 2011). De acuerdo con la literatura reportada, los compuestos organosulfurados más importantes del ajo son Aliina, Ajoeno, Alicina, y tiosulfatos, 8 alil mercaptano, sulfuro de dialilo, S-alil-cisteína, estos compuestos generan su actividad bioactiva a través de la liberación de compuestos azufrados siendo la Alicina destacada como la sustancia con mayor actividad biológica del ajo, la cual se libera al momento de cortar o triturar este producto vegetal (Gómez, 2018). En la Tabla 2 se pueden identificar los diferentes compuestos sulfurados del ajo solubles en agua y aceite.

2.8 La Alicina

Las propiedades del ajo se deben a sus compuestos azufrados, la Aliina constituye el 0,4% del peso total del ajo. La Aliina presente en este alimento reacciona al momento de generar un cambio en su estructura física por medio de un corte o trituración, entra en contacto con la enzima alinasa generando un ácido 2-propensulférico, este se une a otra molécula igual, originando la Alicina la cual genera las propiedades organolépticas del ajo. La fórmula molecular de la Alicina es $C_6 H_{10} OS_2$, con peso molecular de 162,27 g/mol, produce un líquido amarillo con una densidad de 1,112 g/ml, índice de refracción a 20°C, pH cerca de 6,5, soluble en agua a una temperatura 10°C, soluble en alcohol, éter y benceno y, genera inestabilidad en metales alcalinos (Cardona y González, 2008). La Alicina es una sustancia inestable que se transforma en distintos sulfuros y óxidos de azufre (Sáez y Soto, 2010). En la figura 3 se da a conocer la reacción química de la Aliina al momento de producir la Alicina.

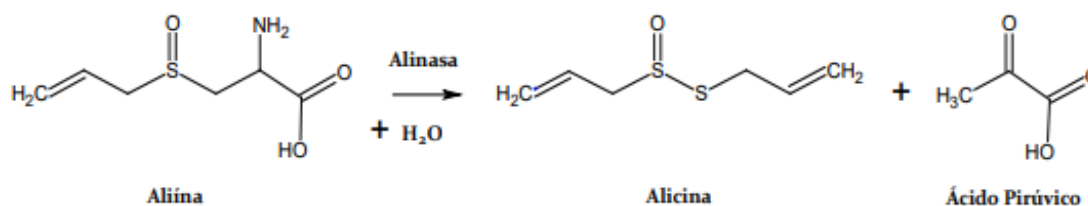


Figura 3 Reacción química de la formación de Alicina (Córdova, 2010).

2.9 Potencial funcional del ajo

El ajo tiene propiedades antiaterogénicas, anti hepáticas y anticancerígenas. La Alicina cuenta con características inhibitoras de agresiones en el organismo generadas por bacterias, patógenos Gram-positivos y Gram-negativos, como de los géneros *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Vibrio* y *Bacillus*. La extracción de la Alicina como aceite ejerce una potente acción antiséptica, balsámica, y expectorante en las vías respiratorias, antifúngico, antituberculosos, antiviral, antihelmíntico, antiespasmódico, vasodilatador, diurético, hipocolesterolémico y ayuda a estimular la secreción estomacal y biliar (Yela y Delgado, 2010), en la Tabla 3 se describen todos los compuestos con actividad biológica que contiene el ajo.

Tabla 3 Compuestos con efectos bioactivos presentes en ajo

Compuesto	Actividad biológica
Compuestos fenólicos	Antivirales y antibacteriana
Adenosina	Estimula la síntesis de hormonas esteroideas
Polisacáridos (fructanos)	Antioxidante, estimula sistema inmunológico
Quercetina	Beneficios contra asma y alergias
Saponinas	Hipotensora y antibacteriana

Fuente: Córdova, (2010).

Los estudios realizados para indicar que acciones generan que el ajo pueda contrarrestar microorganismos y patógenos, radica en sus compuestos azufrados, los

cuales están en varios alimentos, pero el ajo posee un gran número más que la cebolla y el brócoli (García y Sánchez, 2000).

El ajo es usado como fitofármaco sin sustancias químicas, se utilizan sus partes molidas o pulverizadas, donde la Alicina es considerada como indicador de calidad en la medicina Fitoterapéutica y se busca el máximo rendimiento en polvo o pastillas mediante procesos de deshidratación, con metodologías controladas para la reducción de peso y volumen y para aumentar la vida útil (Gascon, 2011).

También se usa como conservante natural, por sus componentes activos y su actividad antimicrobiana, se ha evaluado su uso en la conservación de diferentes productos alimenticios, buscando aumentar la vida útil, por ello continuamente se han realizado estudios para determinar su efectividad con el fin de aplicarlo en la mayor cantidad de alimentos (Bender y Bárcenas, 2013).

2.10 Propiedades antioxidantes del ajo

El ajo contiene propiedades antioxidantes debido a sus componentes activos eficaces en la inhibición de la formación de radicales libres, logrando la captación de estas sustancias, protegiendo a las lipoproteínas de baja densidad de la oxidación generada (López, 2017). Los componentes antioxidantes en el ajo se originan de los compuestos azufrados, del selenio y de aminoácidos libres, destacándose la cisteína, glutamina, isoleucina y metionina, combatiendo en especial a los radicales de hidroxilo (López, Castro, Chacón y García, 2017).

Los radicales libres generan efectos negativos en el organismo ya que afectan proteínas y lípidos. Dentro de la composición química del ajo se encuentran enzimas antioxidantes celulares como la dismutasa, catalasa y glutatión peroxidasa, estas enzimas protegen las macromoléculas (proteína y lípidos), y reducen el riesgo de padecer diferentes enfermedades (Maza, Ibáñez, Hernández y Dopico, 2014).

El glutatión (GSH) es un antioxidante endógeno de gran importancia, que junto a la enzima GSH peroxidasa protege a las células de las especies reactivas de oxígeno. Olmedo (2001) señala que el ajo puede aumentar los niveles de GSH en las células,

disminuyendo los niveles de oxidación de las membranas celulares. Esta característica antioxidante presente en el ajo, ayuda a combatir los radicales libres que están implicados en los diferentes cambios biológicos del organismo como el envejecimiento.

CAPÍTULO 3: METODOS DE EXTRACCION DE LA ALICINA

Los diferentes estudios realizados para determinar la Alicina presente en el ajo, consisten en cambiar su estructura y en la síntesis de Alicina, hay métodos directos para la reacción rápida de este compuesto con grupos tiol (Gómez, 2008). En la figura 4 se indican las diferentes sustancias que son compatibles con la Alicina presente en el ajo.

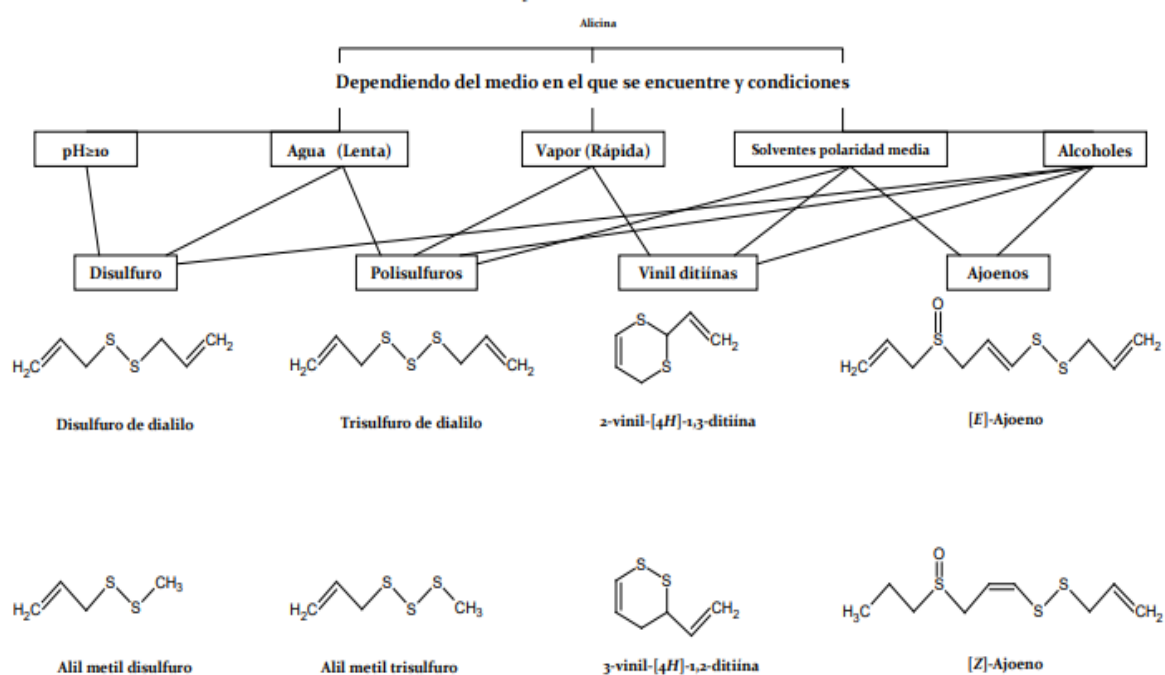


Figura 4 Extracción y purificación de Alicina a partir de ajo (Córdova, 2010).

3.1 Extracción sólido-líquido

Gascón (2011) empleó un método de extracción tipo sólido-líquido asistido por agitación con ultrasonido, seleccionó ajos previamente limpios triturados por medio de molino eléctrico, utilizó como solvente cloroformo y acetato de etilo, en ultrasonido

durante 1 hora a temperatura ambiente, realizó análisis por cromatografía e identificó compuestos sulfurados en cada uno de los extractos orgánicos.

De acuerdo con la literatura reportada por Duran, González y Cardona (2007) emplearon extracción sólido-líquido, con solvente etanol al 75%, extracción soxhlet y extracción en frío, tomaron dos variedades de ajo morado y blanco, los procesos de extracción los realizaron por triplicado con un tiempo de duración de dos horas, con agitación magnética a 25 °C, esta metodología afirma que se encontraron compuestos azufrados como los alil-sulfuros.

3.2 Extracción de Alicina método propuesto por el laboratorio de análisis Fitoquímico de Southern Cross University (LAFSCU)

Díaz y Jiménez (2008) tomaron 1 – 5 g de ajo y le adicionaron 30 g de una solución de ácido cítrico con agitación durante 2,5 min, dejaron en reposo a 25°C por 30 min, centrifugaron a 3.500 rpm durante 10 min, la solución final se filtro para el análisis de Alicina por HPLC (Cromatografía líquida de alta eficacia).

El ajo es un vegetal que ha sido tema de investigaciones por sus aportes en la inhibición de bacterias, estos beneficios radican en su composición química principalmente en sus compuestos organosulfurados como la Aliina. Los diferentes métodos buscan extraer compuestos bioactivos presentes en el ajo, en donde la selección de solventes y el manejo de temperaturas han sido las variables que han determinado la eficiencia en la extracción. El método propuesto por el laboratorio de análisis Fitoquímico de Southern Cross University (LAFSCU) define un tiempo determinado para la formación de la Alicina. Según cada estudio anteriormente reportado para la generación de la Alicina después de ser macerada y ser mezclada con algún solvente se debe tomar un tiempo de espera y bajo temperatura ambiente. Si la Alicina se genera desde el momento que se le realiza un corte, esta debe concentrarse a mayor tiempo bajo condiciones naturales (Díaz y Jiménez, 2008).

CAPITULO 4: ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL AJO

4.1 Antecedentes sobre la actividad antimicrobiana del ajo

La actividad antimicrobiana del ajo la genera su componente más representativo definido como Alicina, el cual debe ser sometido a una trituración o corte, tiene actividad antimicrobiana sobre bacterias Gram negativas y Gram positivas, que incluyen microorganismos como *Streptococcus*, *Klebsiella*, *Proteus*, *Bacillus* y *Clostridium* (Ankri y Mirelman, 1999).

Según la información registrada por López, Castro, Chacón y García (2017) además de la Alicina, algunas enzimas generan aportes a la actividad antimicrobiana, la alinasa, peroxidasa y mirosinasa, también algunos aminoácidos con glucósidos como arginina, selenio, germanio y telurio y compuestos azufrados que hacen daño en las paredes de las membranas celulares. La Alicina cambia la biosíntesis de los lípidos y la generación del ácido ribonucleico en los microorganismos, e inhibe unas 300 bacterias *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus sphaericus*, *Bacillus polymyxa*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*.

La actividad antimicrobiana del ajo está definida por su componente la Alicina la cual permite modificar la biosíntesis de los lípidos y síntesis de RNA ácido ribonucleico de los microorganismos, este compuesto reacciona con grupos tiol libres, generando el principal mecanismo antimicrobiano entre la reacción de la Alicina con enzimas del grupo tiol como proteasas y alcohol deshidrogenas (Rahman, 2007).

4.2 Actividad antimicrobiana sobre Cepas de *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli*

Se trituraron aproximadamente 10 ajos, para liberar la Alicina, se llevaron a tubos de ensayo con agua destilada a temperatura ambiente. Para determinar la inhibición frente a los componentes del ajo se utilizaron cepas de *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli*, se añadieron a cada tubo de ensayo 0,5, 1,5 y 3 mL, y

después de 24 horas se realizó la siembra en el agar (Chalar, Mamani, Vargas, Sejas y Romero, 2014). En la Tabla 4 se resume la reacción de la Alicina con las diferentes cepas en donde se indica la inhibición a diferentes concentraciones.

Tabla 4 Inhibición de *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli* en diferentes concentraciones de Alicina en milímetros.

Concentración de Alicina	<i>Staphylococcus aureus</i>			<i>Pseudomonas aeruginosa</i>			<i>Escherichia coli</i>		
	Inhibición total	Inhibición parcial	No Inhibición	Inhibición total	Inhibición parcial	No Inhibición	Inhibición total	Inhibición parcial	No Inhibición
0,5		+							+
1,5		+							+
3	+++			+					+

Fuente: Chalar, Mamani, Vargas, Sejas y Romero (2014).

Los resultados obtenidos son positivos a menor cantidad de harina de ajo la inhibición es parcial indicando que las bacterias se mantienen activas frente a la composición del ajo, para las tres cepas en concentraciones de 0,5 y 1,5 la Alicina no logra generar abundante actividad antimicrobiana. A mayor cantidad de Alicina presente las bacterias pierden sus características, se concluyó que la cantidad de Alicina es factor de inhibición de microorganismos.

4.3 Actividad antimicrobiana sobre Cepas de *Micrococcus luteus*

Se tomaron 25 mL del medio de cultivo de *Micrococcus luteus*, en placas de Petri de vidrio. Con un hisopo que debe estar totalmente libre de cualquier contaminación, se

dispersó la colonia de la bacteria por la superficie sólida en el sustrato de ajo, dejándolo por 72 horas a temperatura ambiente, el propósito de esta práctica es realizar un paralelo comparativo con el uso del ajo en su estado natural debidamente triturado y en un segundo caso el ajo cocinado (López, 2011).

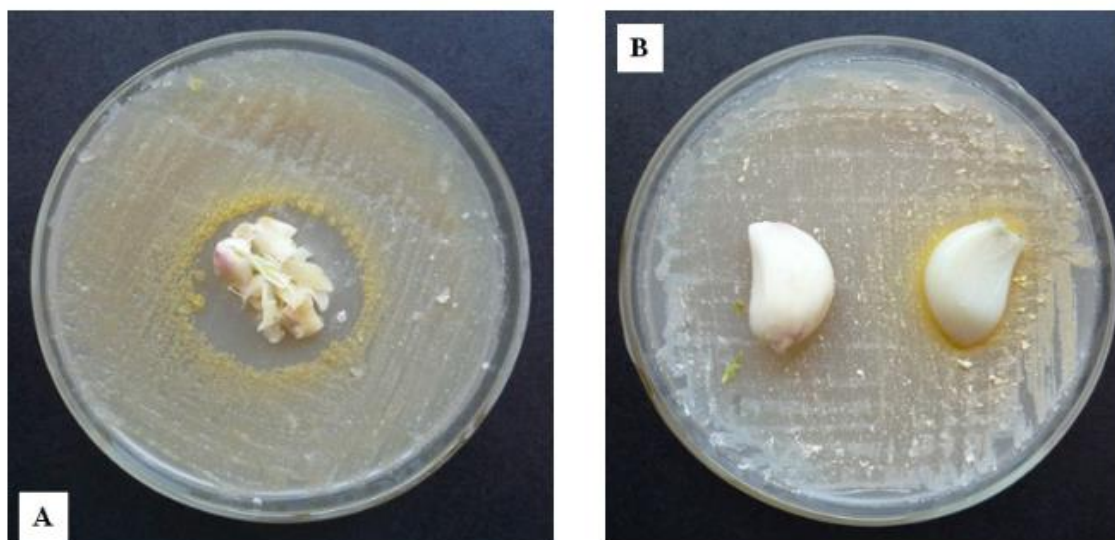


Figura 5 Diferencia de la reacción de la Alicina (López, 2011).

Según los resultados dados en la práctica realizada para el esquema **A** uso del ajo triturado se observa un aislamiento total dentro de la cepa *Micrococcus luteus*. Para la imagen **B** uso del ajo cocinado, se evidencia la pérdida del propósito del ajo indicando el crecimiento bacteriano de la cepa *Micrococcus luteus*.

4.4 Actividad antimicrobiana en Cepas de *Escherichia coli* y *Salmonella entérica*

Se maceraron 20 g de ajo con 180 mL de agua destilada para obtener una suspensión al 10%, y en medios de agar a cada pozo se agregó una cepa de *Salmonella entérica* a una concentración de 5×10^{-2} y *E. coli*, el principio activo del ajo a una concentración del 10% permitió combatir el crecimiento de *Escherichia coli* y *Salmonella entérica*, (Arroyo, Landin, Bustamante, Sánchez, y Suarez, 2015).

4.5 Actividad antimicrobiana en Cepas de *Escherichia coli*

Se utilizó bulbos de ajo y jengibre, solventes como acetona y metanol, y medios de cultivo con peptona, agar, cloruro de sodio y extracto de carne. Se cultivó a 37 °C durante 24 horas en volúmenes de 5 mL, 20 mL, 50 mL y 100 mL. Los resultados obtenidos para esta metodología dan como resultado que a nivel in vitro las bacterias son susceptibles a extractos de ajo acompañado de jengibre, confirmando que el ajo contiene propiedades antimicrobianas (Patil y Pwar, 2016).

CAPÍTULO 5: APLICACIONES DE COMPUESTOS ANTIMICROBIANOS DEL AJO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.

Las aplicaciones de los compuestos antimicrobianos del ajo para la conservación de alimentos, continúa siendo un área de estudio. En la Tabla 5 se presenta una recopilación de estudios reportados con relación a la aplicación del ajo en la conservación de alimentos. De acuerdo con la literatura reportada, se encuentran aplicaciones principalmente en matrices alimentarias tales como productos vegetales, cárnicos, lácteos y aceites.

5.1 Aplicaciones del aceite esencial de ajo

Ayala y González (2010) evaluaron la liberación controlada de aceite esencial de ajo encapsulado con β -ciclodextrinas para la protección tomates frescos troceados. Como resultado los autores señalan que el uso de aceite esencial de ajo redujo el crecimiento microbiano, prolongando su vida útil hasta cinco semanas. El compuesto logró mayor liberación volátil en el aceite esencial de ajo encapsulado fue el disulfuro de alilo cerca de un 70% al exponerse al 100% de humedad relativa durante las semanas de prueba mejorando también la calidad sensorial.

Erkan, (2012) evaluó el efecto del aceite de ajo sobre la calidad y vida útil de trucha arco iris ahumada y empacada al vacío. Los filetes fueron sometidos a un proceso de ahumado, seguido de la aplicación 1 % (v/p) de aceite de ajo. En dicho estudio, los autores determinaron que la vida útil de filetes ahumados, tratados con aceite esencial de ajo, empacados al vacío y almacenados a 2°C, alcanzaron una vida útil de siete semanas.

Según los autores Rosales, Raybaudi, Medina, Mosqueda, Tapia y Tome (2016) evaluaron el comportamiento de lonjas de jamón cocido de pechuga de pavo recubiertas con películas de alginato elaboradas a partir de algas marinas marrones al 2%, nisina 1000 mL, aceite esencial de ajo y orégano al 0,25% los cuales son definidos en la investigación como antimicrobianos. Se realizó una evaluación sensorial para determinar

la aceptación de los consumidores al momento degustar el jamón con las películas en su mayoría fueron calificadas con un sabor agradable y no detectaron trazas de ajo.

Uno de los ingredientes claves en la preparación de hamburguesas es la carne de origen vacuno en donde se busca que se conserve el mayor tiempo posible, el uso de aceites esenciales como de orégano y extracto de ajo, cumplen como agentes antioxidantes y antimicrobianos, se combinó 150 mg de orégano y 0,8% de extracto de ajo con 1% de cloruro de sodio, se evaluaron para un lote de carne los 0,8% de extracto de ajo y un segundo con la combinación de 150 mg de orégano y 0,8% de extracto de ajo, durante 9 días a 4°C. Los resultados demostraron que las combinaciones de extracto de ajo y orégano actuaron como potentes antioxidantes el pH sube hasta el día 6 y se mantiene sin cambios significativos, la presencia de bacterias se redujo extendiendo la conservación de la carne de hamburguesa hasta 6 días más, la combinación complementa la reducción de los lípidos y una disminución en la actividad antimicrobiana generada por las propiedades del ajo combinadas con orégano otorgan mayor vida útil a los productos cárnicos (Castillo, 2017).

Gambacorta, Faccia, Lamacchia y Baiano (2007) realizan un estudio en el aceite de oliva virgen extra aromatizándolo con pimienta picante, ajo, orégano y romero, en un tiempo aproximado de 7 meses de almacenamiento en donde se evaluará su acidez y características sensoriales. Con la adición de estas especies se mejoró la estabilidad del aceite en su análisis sensorial un aroma agradable en el aceite y su sabor se mantiene ya que la metodología de la investigación busca aromatizar el producto sin generar cambios fisicoquímicos en el aceite.

5.2 Aplicaciones del ajo fresco

Sallam, Ishioroshi, y Samejima, (2004) investigó por medio de las concentraciones de ajo fresco, ajo en polvo y aceite de ajo, los efectos antioxidantes y antimicrobianos, comparándolos con un antioxidante sintético estándar hidroxianisol butilado (BHA), con una adición de 0,1 g/kg redujo la oxidación de lípidos utilizando ajo fresco, dentro del estudio se resalta el conteo inicial de placas aeróbicas en la formulación de salchichas

de pollo con valores para el ajo fresco de 30 g, ajo en polvo 9 g, reduce significativamente los microorganismos aeróbicos extendiendo la vida útil a 21 días de las salchichas de pollo; para el análisis sensorial de este alimento se encuentran aspectos marcados a la concentración de ajo, pero no afecta la composición del producto terminado, los compuestos que logran dar como resultado para este estudio sugieren como el ajo fresco y el ajo en polvo a través de sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas combinadas son útiles para la conservación de carne blanca.

Schwartz, Quitralb, Daccaretta y Callejas (2011) estudiaron el efecto del ajo en la calidad y estabilidad de la pasta de aceituna, se definieron dos procedimientos una pasta control de 100 g y la segunda muestra con adición de 0,5 g de ajo, midiendo cambios microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales durante 90 días a 4°C. La pasta con ajo aumenta el porcentaje de ácido láctico en un periodo de 30 a 60 días de almacenamiento, reduciendo el valor de peróxido cerca a los 90 días de almacenamiento, se fortalece el color (mayor intensidad) y genere un brillo en la pasta, dentro de las pruebas sensoriales indican una mejor apariencia física, aroma, textura, para el sabor no indican ningún cambio por la adición del ajo, dentro de las características organolépticas para la primera muestra de pasta se percibe rancidez con mayor concentración, para la pasta con ajo su percepción es menor, logrando ser comestible.

Los autores Dewi, Huda y Ismail (2010) investigaron el uso del ajo fresco y ajo en polvo en la elaboración de salchichas de pato refrigeradas comparo con (BHA) durante 21 días de almacenamiento en condiciones de refrigeración, la combinación del ajo fresco y ajo en polvo tuvieron un efecto antioxidante y antimicrobiano sobre los resultados BHA no presento diferencias.

El ajo y su aplicación como conservante natural en yogurt es el estudio que da a conocer los autores Gündoğdu, Çakmakçı y Dağdemir (2009) para determinar el crecimiento de bacterias coliformes, durante 28 días de almacenamiento a una temperatura de 4°C. Se adiciono 1% y 0,5% de ajo, se obtuvieron recuentos de levadura y moho en todas las muestras el primer día, en el transcurso del tiempo no se detectaron

coliformes en las muestras con ajo. De acuerdo con el análisis sensorial la muestra con 1% presento mayor inhibición, niveles de acidez, grasa, proteína y acetaldehído de los yogures no presentaron cambios significativos, la muestra control se conservó hasta el día 7 y las muestras con ajo se conservaron hasta el día 28, dentro de sus características sensoriales no se percibe el ajo.

5.3 Aplicaciones del Jugo de ajo

Kim, Jin, Park y Yang (2010) evaluaron la carne de cerdo fresca marinada con jugo de ajo para determinar su efecto sobre la oxidación de los lípidos y la calidad de la carne durante su almacenamiento en frío durante siete días a 4°C. La investigación comparo diferentes tratamientos de marinado que incluyen el de control y dos con concentraciones de jugo de ajo al 3% y 6%, buscando estudios en pH, color y sustancias reactivas al ácido tiobarbiturico, los resultados arrojados con el jugo de ajo proporcionan efectos antioxidantes durante el almacenamiento en frío y los genera la concentración de este jugo, proporcionando jugosidad y ternura en la carne en el estudio sensorial realizado, extendiendo su vida útil por siete días.

5.4 Aplicaciones de extracto de ajo

Los autores De Moura, Santos, De Miranda y Vanetti (2005) evaluaron la calidad microbiológica en carne de aves refrigeradas, aplicando un extracto de ajo a tres concentraciones de 5%, 10% y 15% el estudio se desarrolló sobre el efecto del ajo en bacterias *salmonella*, *coliformes* aeróbica, mesófila y fecal total y facultativa, ajo fue efectivo contra la microbiota mesófila, para el recuento de coliformes totales y fecales se mantuvo bajo el periodo de almacenamiento, para esta investigación no fue efectivo ningún extracto en su porcentaje contra *salmonella*, lo que define un aumento en su concentración para posteriores estudios.

Aydin, Bostan, Erkan, y Bingöl (2007) evaluaron la aplicación de ajo picado y triturado a diferentes concentraciones (0-10%) en carne de res molida y albóndiga cruda, tanto a condiciones de refrigeración como temperatura ambiente, concluyendo que la aplicación de ajo molido redujo el crecimiento microbiano en algunos de los tratamientos aplicados en muestras de carne molida. Por su parte, las albóndigas crudas tratadas con 5% y 10% de ajo molido redujo el recuento microbiano, en cuanto a bacterias mesófilas aeróbicas y recuento de mohos y levaduras.

El uso de ajo en la conservación de carnes no tradicionales para su consumo también ha sido materia de estudio. Los autores Al-Delaimy y Barakat (1971) analizaron la actividad antimicrobiana y conservante de ajo en la carne fresca de camello molida. Para la investigación se determinó temperatura de almacenamiento dada en ambiente 20°C a 22°C, incubadora 12°C y refrigerador 2°C a 3°C, con extractos de ajo de 5%, 10% y 15% dados en peso. Durante el paso de 4 días de almacenamiento a temperatura ambiente, 12 días de incubación y 28 días de refrigeración, dio como resultado de la investigación que los extractos de 10% y 15% una inhibición completa del crecimiento microbiano en la carne de camello, las características organolépticas no muestran un cambio significativo de deterioro de la muestra, para lo cual se puede determinar que no influyo la temperatura para que el ajo reaccionara como compuesto antimicrobiano.

Para los autores Requejo y Jauregui (2015) toman como estudio el extracto de ajo en el queso fresco, midiendo el crecimiento de *listeria monocytogenes* la metodología dos sistemas de inoculación, el primero como de control con la bacteria y el segundo con concentración de ajo mínima de 0,125 g/mL, con 50 g de queso fresco en 300 mL de solución salina durante media hora. El queso fue recuperado y refrigerado a 4°C durante 7 días, determinado su calidad microbiológica mediante el método de recuento total de unidades formadoras de colonias. Para el estudio realizado y puesto en práctica en el queso uno de los mayores riesgos es la fuerte carga sensorial que genera el ajo, por su olor y sabor y teniendo en cuenta que se le adiciono una cantidad minima, según los autores la Alicina cuya vida media a temperatura ambiente es de 2 a 4 días, se le atribuye un efecto antibiótico, la utilización de etanol redujo considerablemente las características

físicas del ajo. Para el inoculado a 4°C para los días de estudio hubo crecimiento de *listeria monocytogenes* lo cual confirma la supervivencia de la bacteria, para el inoculado con adición de ajo para los 7 días de estudio se obtuvo una reducción considerable a través del tiempo y no se evidencio en las características organolépticas del queso trazas del extracto del ajo.

La utilización de ajo combinado con té negro y cebolla según los autores Navas, Carrasquero y Flores (2006) buscan darle estabilidad al aceite de maíz en la composición de los ácidos grasos por efectos de oxidación, los extractos naturales combinados de té negro y ajo son eficientes para ejercer propiedades antioxidantes aceleradas a 55°C, con estos parámetros arrojados, indicaría extender su vida útil, ya que los datos arrojados para el aceite de maíz lo indican como si se encontrara almacenado, a temperaturas de fritura según las pruebas realizadas no se puede generar la reducción en oxidación.

5.5 Aplicaciones de ajo deshidratados

Tanta y Humberto (2010) evaluaron la conservación de muslos de pollo tratados con ajo los cuales se despellejaron para ser molidos con peso en porciones de 5 g, en cantidades de 0,2 y 3%, 1 ,6% sal, 2,0% ajo, 1 ,6% sal y 3% ajo, los cuales se empacaron sellados y almacenados por 12 días, de los tratamientos definidos anteriormente y del cual se obtuvieron resultados con mayor contenido de polifenoles para el contenido del 3% de ajo deshidratado más 1,6% de sal con un pH de 6 acidez de 1,05 dando como resultado para sus pruebas organolépticas de color y sabor sin trazas de ajo.

Tabla 5 Recopilación de estudios relacionados con uso del ajo y/o sus compuestos activos como agente antimicrobiano en la industria de alimentos.

Tipo de alimento	Forma de aplicación	Resultados	Autores
Tomates troceados	Se encapsulo aceite esencial de ajo conciclodextrinas.	Su vida útil se extendió hasta por cinco semanas.	Ayala y González (2010)
Salchicha de pollo	Ajo fresco, ajo en polvo y aceite esencial de ajo.	La oxidación y el crecimiento de microorganismos se redujeron significativamente.	Sallam (2004)
Carne de cerdo	Jugo de ajo	Efecto en la oxidación de lípidos, se obtuvo una disminución de la luminosidad y tonalidades amarillas, inhibición de las sustancias reactivas al ácido tiobarbiturico.	Kim (2010)
Aves frescas	Extractos de ajo	Inhibir crecimiento de microorganismos mesófilos y reducción del crecimiento de Coliformes totales y fecales, en aves frescas almacenadas en refrigeración.	De Moura y Santos (2010)
Pasta de aceitunas	Ajo fresco triturado	Permitió aumentar su estabilidad en su acidez y disminuyo el índice de peróxido durante su almacenamiento.	Schwartz, Quitalb, Daccaretta y Callejas (2011)
Trucha arcoíris ahumada y empacada al vacío	Aceite esencial de ajo y tomillo	Se alcanzó una vida útil de 7 semanas para el producto tratado.	Erkan, (2012)
Carne molida	Ajo picado	Redujo el recuento microbiano.	Aydin, Bostan, Erkan y Bingöl (2007)
Albóndiga cruda	Ajo picado	Disminuyó el recuento de bacterias	Aydin, Bostan, Erkan y

			mesófilas aeróbicas y recuento de mohos y levaduras.	Bingöl (2007)
Jamón cocido y pechuga de pavo	Aceite esencial de ajo incluido en películas antimicrobianas al 0.25%.	Productos recubiertos con películas antimicrobianas.		Rosales, Raybaudi, Medina, Mosqueda, Tapia y Tome (2016)
Carne fresca de camello	Ajo fresco molido	Tratamientos con 5, 10 y 15 % p/p de ajo fresco molido aumentó la vida útil.		al-Delaimy y Barakat (1971)
Queso refrigerado fresco	Extracto de ajo	La aplicación del extracto redujo cuatro ciclos logarítmicos de las colonias de <i>Listeria monocytogenes</i> .		Requejo y Jauregui (2015).
Carne de hamburguesa	Extracto de ajo	Efecto antioxidante y antimicrobiano prolongando la vida útil.		Castillo, M. P. (2017)
Salchichas de carne de pato	Ajo fresco y ajo en polvo	Reduce significativamente los microorganismos aeróbicos		Dewi, Huda y Ismail (2010)
Muslos de pollo	Ajo deshidratado	Mejorando sus características organolépticas.		Tanta, S., y Humberto, (2010).
Yogures de tipo agitado y fragmentado	Extracto de ajo	No se detecto bacterias coliformes.		Gündoğdu, Çakmakçi y Dağdemir (2009)
Aceite de maíz	Ajo fresco	Propiedades antioxidantes estabilidad en el aceite.		Navas, Carrasquero y Flores (2006)
Aceite de oliva virgen	Ajo fresco	Estabilidad del aceite.		Gambacorta, Faccia, Lamacchia y Baiano (2007)

Fuente: Elaboración propia.

5.6 Colombia y el ajo

El uso del ajo en Colombia se ha limitado con fines culinarios, utilizándolo como fuente de sabor a los alimentos, dentro de su territorio cuenta con gran variedad de alimentos de los diferentes grupos. Según una publicación realizada por la universidad de Antioquia (Fonnegra, 2007) se da a conocer al ajo como una planta medicinal, dentro de un grupo de 35.000 a 50.000 con estas características, el Ministerio de la Protección Social de Colombia entonces creó las siguientes normativas decreto 1524 del 12 de julio de 1990, resolución 10593 del 3 de agosto 1990, decreto 677 del 26 de abril de 1995, decreto 2266 del 15 de julio de 2004 y 3553 del 10 de octubre 2004, de las cuales se establece la fabricación, envase, empaque y almacenamiento de productos naturales de uso medicinal.

Según la publicación anteriormente mencionada el ajo en Colombia es una planta medicinal a la cual se le atribuyen beneficios a sus consumidores, por los diferentes componentes asociados a este alimento, su composición nutricional y química han desarrollado en el ajo un nuevo concepto como un alimento funcional. Los autores Berrio, Correa y Ordoñez (2005) afirman que los alimentos funcionales generan un impacto y retos en el desarrollo y bienestar en la sociedad colombiana donde los definen como alimentos biológicamente activos que ejercen beneficios nutricionales básicos en una o varias funciones en el organismo logrando mejoras en la salud, esta alternativa de alimentos ha generado un incremento en su consumo por la necesidad de crear hábitos saludables los cuales permitan tener una mejor calidad de vida, en Colombia el tema de los alimentos funcionales como el ajo es diferente, partiendo de que existe la aceptación por este tema pero la oferta no ha reaccionado positivamente frente a la demanda, Colombia no cuenta con grandes producciones de ajo lo cual obliga a las importaciones de este producto.

Sin falta de garantías para la producción de ajo en Colombia, desde estas tierras se ha aportado a la ciencia, tras cinco años de investigaciones seleccionando diez clones promisorios de ajo, se creó una variedad, según el autor Pinzón (1999) se logró obtener un tipo de ajo conocido con características de altura de 50 a 60 cm de color verde oscuro,

piel de tinte rojo, peso entre 50 y 70 gramos, dientes largos y angostos de color rojo, esta variedad la puso en práctica la Fábrica de Especies y Productos el Rey, concretándola como una materia prima la cual cumple los estándares de producción en donde se evidencio un desperdicio menor al 2%.

Las alternativas para implementar el uso del ajo en otros campos como la industria alimenticia han sido mínimos, no se reportan estudios en los cuales se pueda establecer claramente la vinculación de este producto como materia prima en la conservación de alimentos fabricados en Colombia, una recomendación que se puede generar por medio de este trabajo es la implementación de un desarrollo tecnológico sobre el ajo.

CONCLUSIONES

La existencia de información referente en los diferentes componentes del ajo permitió analizar su origen y sus principales características físicas y químicas, los estudios realizados han contribuido a que el ajo se tenga en cuenta a nivel mundial por sus beneficios nutricionales y funcionales y también contribuye a avances en la industria alimenticia.

Los estudios referentes a la actividad antimicrobiana del ajo parten de la composición química de este alimento, se debe tener claro que el ajo cuenta con su composición nutricional que lo hace un alimento óptimo para el consumo, las investigaciones realizadas resaltan sus compuestos bioactivos, definidos en sus compuestos azufrados a la Alicina como el componente que genera la actividad antimicrobiana frente a diferentes cepas de bacterias causantes de enfermedades y deterioro de los alimentos.

La obtención de la Alicina depende de los diferentes métodos de extracción de los cuales se destaca sólido-líquido, en los métodos realizados se tuvo en cuenta la trituración y las condiciones ambientales como la temperatura.

La aplicación de ajo en diferentes presentaciones a distintos grupos de alimentos ha prolongado la vida útil de estos productos, inhibiendo microorganismos causantes de la descomposición, se destaca de estas investigaciones los avances en los productos lácteos como el yogurt y el queso, conociendo la concentración fuerte en olor y sabor del ajo, estos aspectos físicos y químicos no se evidenciaron en las características organolépticas de los productos lácteos, estos parámetros fueron los de mayor control durante todos los procesos, dando como respuesta que no se evidenciaron trazas sensoriales de ajo en ningún producto. Y la mayor aplicación es en productos cárnicos.

REFERENCIAS

- Abdelnour-Esquivel, A., Bermúdez, L. C., Rivera, C., y Alvarenga-Venutolo, S. (2006). Cultivo de meristemas, termo y quimioterapia en chayote (*Sechium edule Jacq. Sw.*) para la erradicación del virus del mosaico del chayote (ChMV).
- Al-Delaimy, S. & Barakat M. (1971). Antimicrobial and preservative activity of garlic on fresh ground camel meat: I.—Effect of fresh ground garlic segments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 22(2), 96-98. Doi: doi:10.1002/jsfa.2740220214
- Alvarez, R., Alonso, E., De La Fuente, C., Benavides Mendoza, A., & Valdés Aguilar, L. (2018). Efecto del Nitrato de Plata (AgNO₃) en Producción y Calidad de Ajo (*Allium sativum* L.) Cultivado en Dos Ambientes.
- Amagase, H., & Petesch, B. L. (2003). *Garlic*. In B. Caballero (Ed.), *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* Oxford: Academic Press.
- Ankri, S., & Mirelman, D. (1999). Antimicrobial properties of allicin from garlic. *Microbes and infection*, 1(2), 125-129.
- Arakelian, C., Bazán, N., & Minckas, N. V. Fecha de acceso 8 de marzo de 2014. Recuperado de: <http://nutriunsam.files.wordpress.com/2010/09/capitulo-8-vitaminas-2010.pdf>.
- Arroyo-Lara, A., Landín-Grandvallet, L. A., Alonso-Bustamante, A., Sánchez-Aguilar, M. A., & Suárez-Franco, G. (2015). Actividad inhibitoria de *Allium cepa* y *Allium sativum* sobre cepas de *Escherichia coli* y *Salmonella enteritidis*. *Revista Científica Biológico-Agropecuaria Tuxpan*, 3(5), 1045-1052.
- Ayala-Zavala, J. F., & 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.
- Aydin, A., Bostan, K., Erkan, M. E., & Bingöl, B. (2007). The Antimicrobial Effects of Chopped Garlic in Ground Beef and Raw Meatball (Çiğ Köfte). *Journal of Medicinal Food*, 10(1), 203-207. Doi: 10.1089/jmf.2005.066.

- Azcona, C. (2013). Manual de Nutrición y Dietética. Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de: <http://eprints.ucm.es/22755/1/Manual-nutricion-dietetica-CARBAJAL.pdf>
- Bender-Bojalil, D., & Bárcenas-Pozos, M. (2013). El ajo y sus aplicaciones en la conservación de alimentos. *Revista Temas Selectos Ingeniera en Alimentos*, 7(1), 25-36.
- Berk, Z. (2018). Chapter 16 - Spoilage and preservation of foods. In Z. Berk (Ed.), *Food Process Engineering and Technology* (Third Edition) (pp. 395-398): Academic Press.
- Berrio, L. F., Correa, D. A., & Ordoñez, V. M. G. (2015). Alimentos funcionales: impacto y retos para el desarrollo y bienestar de la sociedad colombiana. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*, 13(2), 140-149.
- Bravo Díaz (2003), Farmacognosia (serie farmacia actual). Elsevier: Madrid.
- Calderón, E., Serwatowski, R., Cabrera, J. M., & Gracia, C. (2003). Siembra mecanizada del ajo: Métodos y Equipos. *Agrociencia*, 37(5).
- Campo, L. (2013). *Influencia de diferentes bioestimuladores en los rendimientos agrícolas del Ajo (Allium sativum) variedad criolla, sobre suelo pardo con carbonato* (Tesis Doctoral). Recuperado de: <http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/910/1/Luis%20Campos.pdf>
- Castillo, M. P. (2017). *Efecto combinado del aceite esencial de orégano y extracto de ajo, en la conservación de hamburguesas de carne vacuna refrigerada*. Tesis. Recuperado de: http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/8750/tesis-brom.-castillo-mara-paula-2017.pdf
- Chalar, L. R., Mamani, M., Carlos, J., Vargas, E., Sejas Rebollo, M., & Romero, B. (2014). Función Antimicrobiana de la Alicina de Ajo en cultivos de *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli*. *Revista científica ciencia médica*, 17(1), 26-28.
- Charles, D. J. (2013). *Garlic Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources*

Springer: New York.

Cardona, L., & González, P. A. (2008). Obtención y caracterización de la oleorresina del ajo (*Allium sativum*) (Doctoral dissertation, Tesis, Universidad Tecnológica de Pereira Facultad de tecnología, escuela de Química).

Córdova, M. A. (2010). *Extracción y purificación de alicina a partir de ajo (Allium sativum L.): implicaciones analíticas* (Tesis Doctoral), Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca. México. Recuperado de: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/9243/81.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cultivo de ajo: Fase fenológica ajo, obtenido de Cosmoagro. Recuperado de: <http://www.cosmoagro.com/site/blog/fase-fenologica-ajo-2/>

Davidson, P. M., Cekmer, H. B., Monu, E. A., & Techathuvanan, C. (2015). 1 - The use of natural antimicrobials in food: An overview. In T. M. Taylor (Ed.), *Handbook of Natural Antimicrobials for Food Safety and Quality* (pp. 1-27). Oxford: Woodhead Publishing.

De Moura, K. A., SANTOS-MENDONÇA, R. C., De Miranda, L. A., & Vanetti, M. C. (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), 526-524.

Díaz, L. (2008) Evaluación de la actividad antimicrobiana del extracto de *Allium sativum* (ajo) y su efecto sobre algunas propiedades de fotografía en blanco y negro (Tesis de pregrado), Facultad de Ciencias. Recuperado de: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8640/tesis598.pdf?sequence=1>

Díaz, L., & Jiménez, K. (2008). Validación de un método de extracción de Alicina en Ajo

y su cuantificación por HPLC. *In Simposio de Metrología*, 1066 (1), 1-6.

Durán, M. A., Gonzales, P. A., & Cardona, L. (2007). Obtención y caracterización de la oleoresina del ajo (*Allium sativum*). *Scientia et Technica*, 1(37).

Erkan, N. (2012). The effect of thyme and garlic oil on the preservation of vacuum-packaged hot smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food and Bioprocess Technology*, 5(4), 1246-1254.

Etoh T., Simon P. (2002) Diversity, fertility and seed production of garlic. In: *Rabinovitch HD, Currah L (eds) Allium crop science: recent advances*. CABI Publishing, Wallingford.

Florencia, M. (2011). Estudio de procesos de deshidratación industrial de ajo con la finalidad de preservar Alicina Como principio bioactivo. Recuperado de: http://m.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/4202/tesis-florenciagreco.pdf

Font, P. (2007). *Plantas medicinales*. El Dioscórides renovado, 8ª ed. Barcelona. Editoria IPenínsula

Fonnegra, F. G. (2007). *Plantas medicinales aprobadas en Colombia*. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

Fulder, S., & Blackwood, J. (1997). El ajo: Un remedio natural. Inner Traditions: Mexico.

Fritsch, R. M., & Friesen, N. (2002). Evolution, domestication and taxonomy. *Allium crop science: recent advances*, CABI.

Gálvez, L. (2017). *Etiología, epidemiología y estrategias de control de la podredumbre Del diente de ajo (Allium sativum L.)* (Tesis Doctoral), Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/148686859.pdf>

Gambacorta, G., Faccia, M., Pati, S., Lamacchia, C., Baiano, A., & 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(2), 202-215.

Ganado, P. (2001). *Estudio de diferentes fracciones y extractos de "allium sativum" sobre la reactividad vascular, niveles de colesterol y cultivos celulares* (Tesis Doctoral),

Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones. Recuperado de:
<http://eprints.ucm.es/4828/1/T25548.pdf>

García, L. J., & Sánchezniz, F. J. (2000). Revisión: Efectos cardiovasculares del ajo (*Allium sativum*). *Archivos Latinoamericanos de nutrición*, 50(3), 219-229.

García, G. (2012). *Alimentos que ayudan a prevenir y combatir enfermedades*. Palibrio.

Gascón, A. (2011). *Estudio de procesos de deshidratación industrial de ajo con la finalidad de preservar Alicina Como principio bioactivo* (Tesis de pregrado). Recuperado de: http://m.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/4202/tesis-florenciagreco.pdf

Gómez, N. (2008). Cinética de ácido pirúvico durante el proceso de secado constante y variable del ajo. IPN, Oaxaca, México, 11-16.

Gündoğdu, E., Çakmakçı, S., & 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.

Green, M. B., Hartley, G. S., & West, T. F. (1987). *Chemicals for crop improvement and pest management*. Pergamon Press.

Harris, J. C., Cottrell, S., Plummer, S., & Lloyd, D. (2001). Antimicrobial properties of *Allium sativum* (garlic). *Applied Microbiology and Biotechnology*, 37(2), 263-268

Huez-López, M. A., López, J., Jiménez, J., Garza-Ortega, S., Preciado, F. A., Álvarez, A., ... & Rodríguez, J. (2010). Fertilización nitrogenada en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) bajo riego por goteo en la Costa de Hermosillo. *Biotecnia*, 12(3), 23-31.

Karel, M., & Lund, D. B. (2003). *Physical principles of food preservation: revised and expanded*. CRC Press.

Kim, Y. J., Jin, S. K., Park, W. Y., Kim, B. W., Joo, S. T., & 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.

- Krejci, G y Pacurar, M. (2010). *Garlic Consumption and Health*. Nova Science Publisher: Nueva York.
- Kuete, V. (2017). Chapter 15 - *Allium sativum*. In V. Kuete (Ed.), *Medicinal Spices and Vegetables from Africa*. Academic Press.
- Lefief Alix –Delcourt. (2015). *El ajo astuto, Un aliado único, todos sus efectos beneficiosos para la salud, la alimentación y la vida cotidiana. Un ingrediente 100% práctico*. La Esfera de los Libros.
- Lim, T. K. (2012). *Allium sativum Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Volume 9, Modified Stems, Roots, Bulbs Dordrecht*. Springer: Netherlands.
- López, M. T. (2007). El ajo: propiedades farmacológicas e indicaciones terapéuticas. *Offarm: Farmacia y Sociedad*, 26(1), 78-81.
- López, J. P. (2011). Observación de la actividad antimicrobiana del ajo (*Allium sativum*) en el laboratorio de Educación Secundaria.
- López Alfaro, L., Castro Narro, E. A., Chacón, R., & García, J. (2017). Determinación de Antioxidantes en el Cacao (*Theobroma cacao*) y Ajo (*Allium sativum*) por el Método de Voltamperometría Cíclica.
- López-Bellido, F. J., López-Bellido, R. J., Muñoz-Romero, V., Fernández García, P., & López-Bellido, L. (2016). New phenological growth stages of garlic (*Allium sativum*). *Annals of applied biology*, 169(3), 423-439.
- Marín, A. B. (2018). *Efectos del ajo sobre la tensión arterial*, (Tesis de maestría), Universitat de les Illes Balears. Recuperado de: http://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/145881/tfm_2015-16_MNAH_amg939_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Maza, M. G., Ibáñez, G. G., Hernández, J. C. M., & Dopico, A. C. (2014). Revisión bibliográfica sobre el uso terapéutico del ajo. *Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación*.
- Mujica, X. (2012). *Ajo, cebolla, miel y limón, Los 4 pilares de la salud total, remedios*

caseros, consejos de alimentación y recetas de cocina para aprovechar al máximo sus beneficios. (128 pp), Ediciones Lea S.A.

Naoaki, M., Takeshi, N., Mitsuyasu, U., Nagatoshi, I., Hidekatsu, T., & Minoru, H. (2007). Garlic as an anti-fatigue agent. *Molecular Nutrition & Food Research*, 51(11), 1329-1334.

Navas, P. B., Carrasquero-Durán, A., & 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 & technology*, 41(3), 243-247.

Olmedo, P. G. (2001). *Estudio de diferentes fracciones y extractos de "allium sativum" sobre la reactividad vascular, niveles de colesterol y cultivos celulares.* Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones. Recuperado de: <https://eprints.ucm.es/4828/>

ONU. (1990). Raíces, tubérculos, plátanos y bananas en la nutrición humana. *Colección FAO: Alimentación y nutrición humana.*

Orbegoso, K. E. (2018). *Efecto antimicótico in vitro del extracto acuoso de los bulbos de Allium sativum (Ajo) frente a Candida albicans,* (Tesis de maestría), Universidad Católica los Ángeles de Chimbote. Recuperado de: http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/5148/ALLIUM_SATIVUM_EXTRACTO_ORBEGOSO_PAREDES_KAREN_ELIZABETH.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Panchi Medina Lorena Fernanda (2016). Efecto antimicrobiano de los extractos de las hojas de tomillo (thymus vulgaris) y de las pepas de ajo (allium sativum) sobre las cepas de enterococcus faecalis. Estudio In vitro (Tesis de pregrado). Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/5682/1/T-UCE-0015-240.pdf>

Pandey, U. B. (2000). Strategy for increasing onion productivity and minimising post-harvest losses in onion in Andhra Pradesh. *News Letter-National Horticultural Research and Development Foundation.*

- Pandey, U. B. (2012). Garlic. *In Handbook of Herbs and Spices (Second Edition)*.
- Patil, V. B., & Pwar, N. B. Antibacterial activity of ginger (*Zingiber officinale*) and garlic (*Allium Sativum* L.) extracts on *Escherichia coli*. *International Journal of Advanced Research and Development*.
- Pérez, J. P. L. (2011). Observación de la actividad antimicrobiana del ajo (*Allium sativum*) en el laboratorio de Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*.
- Petropoulos, S. A., Fernández, Â., Ntatsi, G., Petrotos, K., Barros, L., & Ferreira, I. C. (2018). Nutritional Value, Chemical Characterization and Bulb Morphology of Greek Garlic Landraces. *Molecules*.
- Pinzón, H. (2009). Los cultivos de cebolla y ajo en Colombia: estado del arte y perspectivas. *Revista colombiana de Ciencias hortícolas*.
- Pinzón Ramírez, H. (1999). Rubi-1: primera variedad colombiana de ajo (No. Doc. 19027) * CO-BAC, Santafé de Bogotá).
- Quintín, D. (2015). Empleo de extractos naturales obtenidos de subproductos agroalimentarios en productos de V gama (Tesis Doctoral), Universidad de Murcia. Recuperado de: <https://digitum.um.es/xmlui/bitstream/10201/47218/1/TESIS%20DOCTORAL%20AVID%20QUINTIN.pdf>
- Ramírez, R. (2006). Tecnología de frutas y hortalizas. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)*, 312pp
- Ramírez-Concepcióna, H. R., Castro-Velascoa, L. N., & Martínez-Santiago, (2016). E. Efectos Terapéuticos del Ajo (*Allium Sativum*). *Salud y Administración*.
- Rahman, M. S. 2007. Allicin and other functional active components in garlic: Health benefits and bioavailability. *International Journal of Food Properties*.
- Requejo, D. I. T., & Jauregui, G. B. (2015). Efecto de la concentración mínima letal de extracto de ajo (*allium sativum*) sobre el crecimiento de *listeria monocytogenes*

FGB01-unt en queso fresco en almacenamiento refrigerado. *Cientifi-k*, 1(2), 55-63.

Rosales-Oballos, Y., Raybaudi-Massilia, R., Medina, A. L., Mosqueda-Melgar, J., Tapia, M. S., & Tomé-Boschian, E. (2016). Evaluación sensorial de lonjas de jamón cocido y pechuga de pavo, recubiertas con películas antimicrobianas de alginato de sodio. *Vitae*, (01214004).

Sarmiento, A. I. P. (2016). Evaluación financiera de ajo (*Allium sativum* L.) morado Nacional y peruano en el altiplano cundiboyacense, Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(1), 43-53.

Sáez, J. A. L., & Soto, J. P. (2010). Fitoquímica y valor ecológico del olor a ajo en los vegetales. *Medicina naturista*, 4(1), 15-23.

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.

Schwartz, M., Quitralb, V., Daccaretta, C., & Callejas, R. (2011). Efecto de la adición de ajo en la estabilidad y calidad sensorial de una pasta de aceituna. *Grasas y Aceites*, 62(3).

Silva, M. M., & Lidon, F. C. (2016). Food preservatives - An overview on applications and side effects. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28(6), 366-373. doi: 10.9755/ejfa.2016-04-351

Tanta, S., & Humberto, O. (2010). Conservación de muslos de pollo tratadas con ajos (*Allium sativum*) en Tingo María, (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Agraria de la Selva. Recuperado de: <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/226/FIA-147.pdf?sequence=1&isAllowed=n>

Terán-Quiroga, O. (1997). *El cultivo del ajo*. Plural Editores. Administración Departamental de Potosí. Proyecto de Desarrollo Agropecuario. La Paz, Bolivia.

Toledano Medina, M. Á. (2017). Optimización del proceso de elaboración caracterización fisiológica y fisicoquímica del ajo, (Tesis Doctoral), Universidad de Córdoba. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=135043>

United States Department of Agriculture (USDA). Nutrient data for raw garlic. [sede Web].

Estados Unidos: USDA; 2016 [9 de marzo de 2016]. Disponible en:
<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2953?fg=Vegetables+and+Vegetable+Products&man=&facet=&format=&count=&max=25&offset=150&sort=&qlookupss>
mexicana

Yela, V. A., & Delgado, V. (2010). Pesticidas naturales y sintéticos. *Revista Ciencia*, 13(1), 43-53.