



**Universidad Nacional de Cuyo**  
*Facultad de Ciencias Agrarias*

ESTUDIO DE PROCESOS DE DESHIDRATACIÓN  
INDUSTRIAL DE AJO CON LA FINALIDAD DE  
PRESERVAR ALICINA COMO  
PRINCIPIO BIOACTIVO

**Autora:** Bromatóloga María Florencia Greco

**Tesis de Grado:** Licenciatura en Bromatología

**Directora:** Dra. Alejandra Camargo

**Director Asociado:** Ing. Agr. Alejandro Gascón

- Mendoza -  
2011

# INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN.....	5
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	7
1.1.1. EL AJO: PERSPECTIVA ECONÓMICA .....	7
1.1.1.1. Panorama internacional.....	8
1.1.1.2. Panorama nacional.....	9
1.1.1.3. Panorama provincial.....	10
1.1.2. EL AJO EN LA HISTORIA.....	11
1.1.3. EL AJO: DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	12
1.1.4. EL AJO: DESCRIPCIÓN BIOQUÍMICA.....	13
1.1.5. EL AJO: COMPONENTES BIOACTIVOS.....	16
1.1.5.1. Compuestos organoazufrados.....	16
1.1.5.1.1. Reducción y asimilación del sulfato en las plantas.....	16
1.1.5.1.2. Bioquímica de los compuestos organoazufrados en el ajo.....	17
1.1.6. EL AJO: USOS TERAPEÚTICOS.....	20
1.1.6.1. El ajo como alimento funcional.....	21
1.1.6.2. El ajo como fitofármaco.....	25
1.1.7. EL AJO: PROCESOS DE DESHIDRATACIÓN INDUSTRIAL.....	26
1.1.7.1. Fundamentos tecnológicos.....	26
1.1.7.2. Deshidratación Tipo Spray o por	
atomización.....	27
1.1.7.3. Deshidratación Tipo Lecho	
Espumado.....	28
1.1.7.4. Deshidratación en Horno Deshidratador de Usos	
Múltiples.....	28
1.2. PROBLEMA, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	29
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
2.1. INTRODUCCIÓN.....	32
2.2. MATERIAL VEGETAL.....	33
2.2.1. Características del material vegetal Sureño INTA.....	33
2.3. ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA.....	34
2.3.1. Molienda y homogenización.....	34
2.4.2.2. Deshidratación en horno de Lecho Espumado.....	36



2.4.3. Escala industrial.....	37
2.4.3.1. Deshidratación en horno deshidratador de Usos Múltiples.....	37
2.5. DETERMINACIONES ANALÍTICAS.....	37
2.5.1. Determinación de humedad.....	37
2.5.2. Determinación de alicina.....	38
2.6. ENSAYOS REALIZADOS .....	40
2.6.1. Experimento 1: Obtención de polvo testigo en escala de laboratorio.....	40
2.6.2. Experimento 2: Planta piloto.....	40
2.6.2.1. Experimento 2.1. : Polvo de ajo obtenido en deshidratación tipo Spray. Estudio del empleo de un aditivo microencapsulante.....	41
2.6.2.2. Experimento 2.2: Polvo de ajo obtenido en deshidratación en horno de Lecho Espumado. Empleo de un aditivo microencapsulante.....	41
2.6.3. Experimento 3: Deshidratación	42
2.6.4. Cuantificación de alicina en distintos productos disponibles en el comercio	42
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	44
3.1. EXPERIMENTO 1: OBTENCIÓN DE POLVO TESTIGO EN ESCALA DE LABORATORIO.....	44
3.2. EXPERIMENTO 2: OBTENCIÓN DE POLVO DE AJO EN PLANTA PILOTO.....	45
3.2.1. Experimento 2.1.: Obtención de polvo de ajo en deshidratación tipo spray. Empleo de un aditivo microencapsulante.....	46
3.2.2. Experimento 2.2.: Obtención de polvo de ajo en deshidratación tipo Lecho espumado. Empleo de un aditivo microencapsulante.....	46
3.3. EXPERIMENTO 3: OBTENCIÓN DE POLVO DE AJO MEDIANTE DESHIDRATACIÓN INDUSTRIAL.....	47
3.4. CUANTIFICACIÓN DE ALICINA EN DISTINTOS PRODUCTOS DISPONIBLES EN EL COMERCIO LOCAL.....	49
3.4.1. Fitofármacos en pastillas.....	49
3.4.2. Deshidratado para empleo como condimento.....	50
CONCLUSIÓN GENERAL.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	54
ANEXOS.....	58



## AGRADECIMIENTOS

A Gustavo, mi amor, por su paciencia y todo su apoyo en la realización de este trabajo.

A mis padres, Mirtha y Emilio, por el cariño y contención que me permitieron llegar hasta aquí.

A mi Directora de Tesis, Dra. Alejandra Camargo, una guía fundamental en mi vida, quien me ayudó a crecer, quien estuvo en los momentos difíciles marcándome el camino y para quien me faltan palabras para expresar mi agradecimiento por todo lo que me brindó.

A mi co- director de Tesis Ing. Agr. Alejandro Gascón por su confianza, ayuda, experiencia y enseñanza.

A la Dra. Roxana González, compañera de facultad, por su predisposición y colaboración permanente.

A los directivos del INTI Ing. Juan Carlos Najul e Ing. Edgar Cerchai, a la coordinadora del área de servicios del Lic. Mirta Pedrani, a mis compañeros de trabajo y fundamentalmente a la encargada del laboratorio de envases y embalajes Ing. Emma Revillard , mi lugar de trabajo actual, por la comprensión y contención a lo largo de todo este proceso, sin cuya colaboración no hubiese logrado este objetivo.

A la Brom. Lidia Pelegrina por permitirme realizar experimentos en la planta industrial Molto.

A todas aquellas personas que me han brindado su cariño, su afecto y su tiempo.

A todas aquellas personas que me han enseñado algo en esta vida.

A mi país, que a pesar de las dificultades, es el lugar en donde he podido crecer y estudiar; y a cuya sociedad espero poder devolver algo de lo recibido.

## RESUMEN

El ajo es ampliamente conocido por sus propiedades benéficas para la salud y por sus características sensoriales. Además de su consumo en fresco, se elaboran diversos subproductos industriales, entre ellos se destaca el ajo deshidratado. Este producto se emplea tanto para consumo como condimento como para la elaboración de fitofármacos. Un atributo de calidad buscado en el polvo de ajo es que tenga elevados contenidos de principios bioactivos, especialmente, para la elaboración de preparaciones galénicas. Los fitoquímicos presentes en el ajo son compuestos organoazufrados y el más importante y representativo del grupo es la alicina. Diversos autores coinciden en que las tabletas comerciales de ajo en polvo evidencian grandes fluctuaciones en el contenido de alicina. Estas pueden deberse a las diferencias en la materia prima y a las pérdidas durante el proceso de deshidratación industrial. El objetivo del trabajo fue evaluar los niveles de alicina en polvos de ajo obtenidos mediante distintos procesos de deshidratación. Se trabajó con ajo cv Sureño INTA. Los bulbos fueron seleccionados y los dientes pelados en forma manual. La pasta de ajo fue obtenida mediante molino helicoidal y homogeneizador. Los tratamientos fueron: deshidratación en Spray, en horno Terminador y en horno de deshidratación de Usos Múltiples. También se evaluó la eficacia del empleo de aditivos microencapsulantes (goma arábica) en los distintos tratamientos de deshidratados: tipo Spray, Lecho Espumado. La evaluación de los procesos fue realizada mediante la medición de humedad y alicina (HPLC). Además, se cuantificó alicina en productos de ajo deshidratado disponibles en el mercado. De todos los tratamientos, el proceso de deshidratación Spray evidenció las menores pérdidas de alicina, en las condiciones bajo estudio. De lo que se desprende, que las condiciones para la deshidratación de alta temperatura, corto tiempo y empleo de aditivo microencapsulante resultaron propicios para preservar alicina.



# **INTRODUCCIÓN**

En la primera parte del presente capítulo, se desarrolla el marco teórico referencial de este estudio. Se aborda, en primera instancia, aspectos referidos al ajo desde una perspectiva económica a nivel internacional, nacional y provincial. Luego, se realiza un breve recorrido histórico de la presencia de esta hortaliza en las diferentes culturas. Posteriormente, se efectúa una breve caracterización botánica y bioquímica. Se describe los componentes bioactivos del ajo, los usos del mismo como alimento funcional y fitofármaco y, finalmente, se alude a los procesos de deshidratación industrial; temas, estos últimos, de interés para el presente estudio ya que contextualizan la problemática del mismo.

En la segunda parte, se plantea el problema que motiva este trabajo, se presenta la hipótesis y los objetivos que lo orientan.

### 1.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 1.1.1. EL AJO: PERSPECTIVA ECONÓMICA

Es importante señalar dos aspectos que contribuyen a colocar a esta hortaliza en un lugar privilegiado en la economía de los países productores de ajo: la estacionalidad y la perdurabilidad.

La estacionalidad, debida al escalonamiento de las cosechas de ajos a nivel mundial, aunque es un fenómeno de gran variabilidad de año a año, tiene una marcada influencia en los precios del mismo. Según datos del IDR (2009), la cosecha comienza a fines de octubre con los ajos más tempranos, morados; en noviembre, continúan los blancos para culminar en diciembre con los ajos colorados. El ciclo de ventas del producto comienza con la cosecha de cada tipo comercial y culmina en septiembre-octubre del año siguiente, para los ajos que han tenido buena conservación. De acuerdo con este criterio, se espera que los mayores precios se



observen en los meses de mayo y noviembre, cuando todavía no comienza la cosecha de un hemisferio, prácticamente no hay ajo en fresco en el otro.

La perdurabilidad, otro aspecto de la importancia que tiene esta hortaliza, se funda principalmente en que puede conservarse, a partir de su cosecha, hasta ocho meses sin necesidad de frío por tal motivo existe oferta en los mercados, prácticamente, todo el año.

A continuación, se presenta un breve un panorama internacional, nacional y provincial de la producción de ajos.

#### **1.1.1.1. Panorama internacional**

A nivel internacional, se pueden diferenciar cuatro grandes centros mundiales de producción. Estos son: a) el centro asiático que produce el 86 % del ajo del mundo, b) el centro europeo o mediterráneo, conformado por España, Francia e Italia (se anexan Egipto y Turquía por proximidad geográfica), que aporta el 6 %, c) el centro norteamericano, que agrupa a México y Estados Unidos, aporta el 3 % y d) el centro sudamericano, conformado por Brasil, Argentina y Chile, que aporta el 4 % de la producción global.

En cuanto al aspecto comercial, países como China, Argentina, España, Francia y México agrupan, aproximadamente, el 90 % del volumen del ajo comercializado en el mundo. China es el principal productor y abastecedor y Argentina está en el cuarto puesto aportando el 1 % de la producción mundial. Esta situación la ubica como un oferente neto en el mercado mundial ya que sus exportaciones superan ampliamente a sus importaciones, lo que da lugar a un balance comercial positivo en este rubro, tanto en cantidades, como en valores. Sin embargo, la fuerte presión de China en el mercado mundial origina la incapacidad de incidir en la formación de precios internacionales obligando a la diversificación, tanto en el aspecto comercial como en el campo tecnológico - productivo.

Es pertinente señalar que el mercado de ajo, a nivel mundial, presenta algunas particularidades referidas a la oferta y a la demanda que son necesarias atender para competir en este sentido. Los tipos comerciales de ajo más difundidos son blancos, colorado y morados. La demanda mundial de ajo para consumo en fresco se orienta hacia los de gran calidad (buen calibre, formato, uniformidad y sanidad y bajo nivel de agroquímicos residuales), empacados en



envases pequeños y reciclables, preferentemente de cartón. En cambio, el ajo para uso industrial (utilizado para las elaboraciones de pasta, deshidratadas y comercializadas en escamas, gránulos o polvo, líquido y aceite) no se considera una variedad o tipo en especial. Estos se sacan del descarte del sector empaque y se caracterizan por tener calibre bajo, cabeza deformada, con dientes faltantes o sueltos, en otros aspectos.

#### **1.1.1.2. Panorama nacional**

Las provincias que presentan las condiciones climáticas más favorables para la producción de ajo son Mendoza y San Juan aportan el 95 % del producido en el país. Siguen en orden de importancia, Córdoba y Buenos Aires. También, existen otras regiones con menores niveles de producción como zonas de Río Negro, Salta, Tucumán, Santa Cruz y Chubut. Esta actividad ocupa entre 12.000 y 15.000 hectáreas en todo el territorio nacional.

En cuanto a los productores, se reconocen tres estratos: productores independientes (pequeños y medianos), productores semi-integrados (medianos y grandes) y productores integrados (medianos y grandes). En Mendoza, según datos de IDR (2008) hay 2000 agricultores dedicados al cultivo de esta hortaliza entre los distintos estratos.

En los últimos años, se ha avanzado en la creación de nuevas variedades de ajo y en mejorar las técnicas de conservación con el fin de ampliar la oferta nacional y la exportación. Actualmente, de la producción argentina, se exporta alrededor del 70 %, un 10 % se destina a semilla y el resto se destina al mercado interno, donde prácticamente se consume en fresco.

Según datos aportados por la Fundación Pro Mendoza, en base a Estadísticas del INDEC, las exportaciones en el año 2007, durante el período enero-julio, alcanzaron las 80.478 toneladas por un valor de U\$S 82.376.000 FOB, superando ampliamente el valor obtenido por las exportaciones correspondientes al mismo período del año anterior (U\$S 56.553.000 FOB). El



principal destino fue Brasil quien absorbió el 72 % del volumen exportado, siendo los demás destinos: Francia, EE. UU, España e Italia, entre otros.

Al mismo tiempo, debido a las fuertes presiones del mercado, el sector productivo está incrementando su nivel de integración. En el MERCOSUR, Argentina debe mantener como mercado a Brasil, especialmente, por su fuerte dependencia en cuanto al suministro de ajos colorados. Asimismo, la generación y adaptación de tecnologías vinculadas a la producción han sido muy importantes en los últimos años.

En cuanto al consumo anual per cápita de producto fresco, en nuestro país, es de 0,6 Kg.

### **1.1.1.3. Panorama provincial**

De acuerdo con datos suministrados por el Instituto de Desarrollo Rural (IDR, 2008), con un total provincial de 19.873 ha dedicadas a hortalizas invernales, la superficie cultivada con ajo en Mendoza es de 12.658,31 ha correspondientes al 64% de las hortalizas de invierno de la provincia.

Desde inicios de la década del '90 hasta la actualidad, la superficie de cultivo ha registrado un crecimiento del 50 % y, también, se produjo un cambio positivo en relación con las variedades cultivadas. Actualmente, las variedades comerciales más cultivadas son el ajo blanco, el colorado y el morado (Pereyra y col., 2009).

Más del 95 % del ajo que egresa de Mendoza tiene como destino final el mercado externo; el resto queda en el mercado nacional donde Buenos Aires absorbe más del 60 %. Es importante señalar que el 3 % de la producción que se destina al consumo interno, es absorbida por la industria. La principal actividad en este rubro se ocupa de la fabricación de pasta de ajo (abarcando aproximadamente el 65 % del volumen). Sigue en orden de importancia, el ajo deshidratado que involucra un 30 % del volumen y el 5 % restante se industrializa en forma de jugos, esencias, conservas y aceites esenciales, en ese orden. La industria se abastece de los galpones de empaque y no utiliza variedades específicas, sino remanentes (calibres bajos, cabezas deformadas, con dientes faltantes o sueltos, etc.).



Según algunos referentes del sector emparador, el negocio del ajo para Mendoza se puede mantener si se logra ofrecer calidad diferenciada respecto a los ajos de China. Es decir que el productor que quiera y pueda cumplir con los sistemas expertos de certificación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). Por lo tanto, habrá que ajustar varias prácticas para tener participación en el negocio, dejando afuera a aquellos productores que no adhieran a las reglas (Pereyra y col., 2009).

De lo expuesto, se advierte que la producción de ajo es de alto interés social y económico, ya que ocupa mucha mano de obra tanto en el cultivo como en el empaque.

### **1.1.2. EL AJO EN LA HISTORIA**

Diversas especies del género *Allium*, al que pertenece el ajo, han sido cultivadas por miles de años por sus propiedades terapéuticas, profilácticas, su significancia religiosa, su sabor y aroma. Esta hortaliza es un condimento natural por excelencia y forma parte de los hábitos alimentarios y terapéuticos de muchas culturas (Lancaster y Boland, 1990).

Su origen se ubica en Asia Central; asimismo, los chinos y egipcios ya lo utilizaban 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 picante y era un componente medicinal importante para combatir, principalmente, enfermedades respiratorias, digestivas e infecciones. En Egipto, alimentaban con ajos a los esclavos que construían las pirámides porque entendían que les aportaba energía. Es interesante señalar que en la tumba del rey Tutankhamon, descubierta en el año 1922, se encontraron dientes de ajos que fueron claramente identificados. Si bien no se sabe, específicamente, el significado religioso del mismo, su presencia en la tumba evidencia que era un vegetal utilizado en ese tiempo. También, se lo empleó como moneda y en el proceso de momificación. En Grecia, en excavaciones realizadas en templos y en el palacio de Knossos en Creta, se encontraron ajos bien preservados. El mismo formaba parte de la dieta de los soldados pues consideraban que esta hortaliza aportaba energía; igualmente, en los juegos olímpicos le daban ajo a los atletas antes de que compitieran. Hipócrates, recordado como el Padre de la Medicina, lo utilizaba como remedio para enfermedades pulmonares y para dolores abdominales. Como en Grecia, los romanos



reconocían al ajo como un agente energizante y, también, como un potente afrodisíaco. Igualmente, lo usaban para curar enfermedades digestivas, mordeduras de animales, artritis y convulsiones. Asimismo, en la India, el ajo estaba asociado a la salud de las personas desde épocas muy remotas.

En la época medieval, en Europa, el ajo era utilizado con fines esotéricos, es decir, se lo consideraba un elemento que permitía librarse de brujas, vampiros y malos espíritus. El mismo fue cultivado en los monasterios. También, la escuela de Medicina de Salerno (Nápoles, Siglo X) fue un centro de difusión de las bondades del ajo como buen preservador de la salud. En el Renacimiento, el ajo, también, fue considerado como una planta medicinal y era cultivado en jardines de hierbas terapéuticas en diferentes ciudades de Italia. Enrique IV de Francia, fue bautizado con agua que contenía ajo. Además, los ingleses incluían al ajo en sus medicinas para aliviar dolores de dientes y constipaciones. El Codex Ebers, un papiro médico que data del 1550 a.C., contiene 22 menciones sobre el ajo y su aplicación en el control de cardiopatías, mordeduras, parásitos intestinales y tumores. En el siglo pasado, durante la II Guerra Mundial se entregaba ajos a los soldados para que tuvieran un remedio contra las heridas (Rivlin, 2001).

Desde entonces hasta nuestros días, el interés por el consumo de ajo y otras hortalizas se ha ido incrementando por diversas causas; por un lado, cada vez existen más evidencias epidemiológicas que demuestran la correlación negativa entre la incidencia de enfermedades como el cáncer o afecciones cardiovasculares y la ingesta de hortaliza. Por otro lado, existe un alto costo asociado al mantenimiento de los programas de salud pública. Por estas razones, el interés por el consumo de hortalizas y el ajo en particular, ha ido en aumento tanto para la elaboración de alimentos funcionales como de fitofármacos.

### **1.1.3. EL AJO: DESCRIPCIÓN BOTÁNICA**

El ajo (*Allium sativum* L.), pertenece a la familia de las *Alliaceae*. Es una planta vivaz, bianual y resistente al frío cuyas raíces son blancas, fasciculadas, muy numerosas y con escasas ramificaciones. El tallo o disco, está representado por una masa cónica, que en la madurez forma un callo muy duro. Las yemas vegetativas auxiliares de las hojas se hipertrofian durante

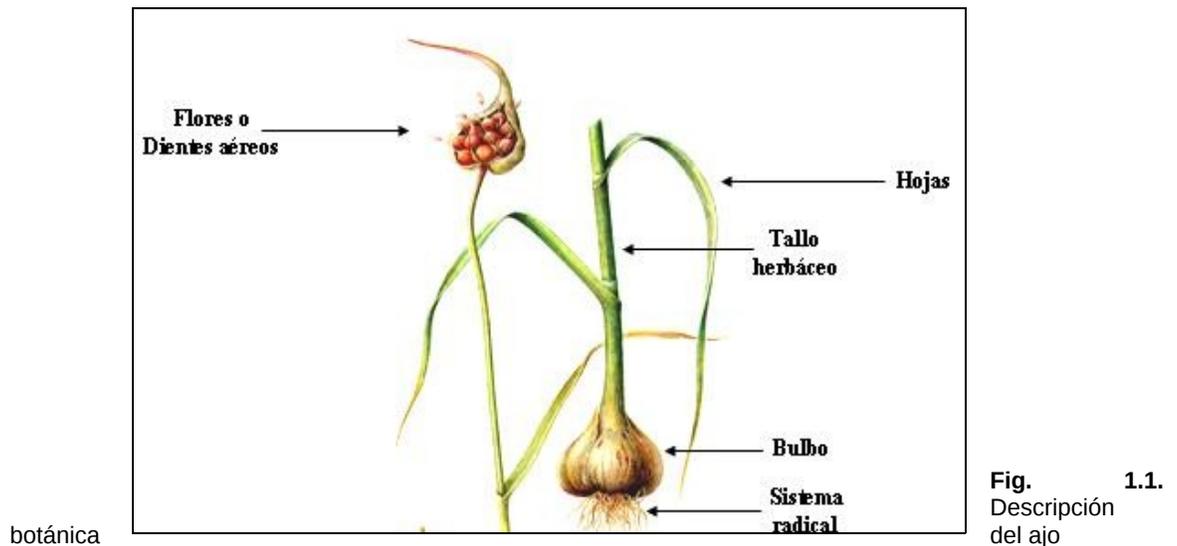


la fase de bulbificación formando los “dientes” del ajo por acumulación de sustancias nutritivas, que se encuentran rodeadas de túnicas (coloreadas o no) que son restos de vainas foliares.

La yema terminal del disco, dependiendo de la variedad puede generar el escapo o tallo floral carnoso en cuyo ápice se localiza la inflorescencia umbela.

Las hojas del ajo son planas, y algo acanaladas, característica que lo diferencia de la cebolla. El conjunto del disco, “dientes”, que varía según la variedad, y túnicas, se denomina “bulbo” de ajo (González, 2004).

Lo expuesto, se ilustra a continuación con el siguiente gráfico:



En la Argentina, los organismos de normalización (Normas IRAM / INTA 155.003) han establecido dos grandes grupos de ajos: los *comunes* (con más de 20 dientes muy chicos y de escaso valor culinario) y los *nobles* (con menos de 20 dientes medianos a grandes y con gran versatilidad en la cocina). Asimismo, estos grupos se dividen en seis tipos comerciales denominados: Rosados, Violetas, Morados, Blancos, Colorados y Castaños. Estas



clasificaciones tienen, en cierto modo, su correlato con la de otros países. Cada tipo comercial posee características diferentes, tanto desde el punto de vista agronómico (tamaño, número de dientes, color de bulbos, textura) como por su aprovechamiento culinario (pungencia, aptitudes para la conservación y época de aparición en el mercado).

Dentro de los tipos comerciales, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) La Consulta, ha desarrollado variedades denominadas correctamente *cultivares*. Cada una de ellas con su “personalidad” para impulsar a la Argentina en el liderazgo mundial de la producción de ajos diferenciados (Burba, 2006).

#### **1.1.4. EL AJO: DESCRIPCIÓN BIOQUÍMICA**

El ajo fresco, al igual que el ajo en polvo, posee distintos componentes entre los que se destacan los carbohidratos, como la fructosa, compuestos azufrados, proteínas, fibras y aminoácidos libres. Tiene altos niveles de fósforo, potasio, azufre, zinc, moderados niveles de selenio y vitaminas A y C y bajos niveles de calcio, magnesio, sodio, hierro, manganeso y vitaminas del complejo B. Asimismo, posee un alto contenido de compuestos fenólicos, polifenoles y fitoesteroles. Todos ellos son solubles en agua, excepto una pequeña cantidad es liposoluble (Rahman, 2003). En la tabla 1.1., se muestra la tabla de información nutricional de polvo de ajo, por ser la categoría que se utiliza en el presente estudio.



**Tabla 1.1** Información nutricional de polvo de ajo (cada 100 g)

Nutriente	Unidad	Valor	Minerales	Unidad	Valor
Agua	g	58,58	Calcio (Ca)	mg	181,00
Energía	kcal	149,00	Hierro (Fe)	mg	1,70
Energía	kJ	623,00	Magnesio (Mg)	mg	25,00
Proteínas	g	6,36	Fosforo (P)	mg	153,00
Lípidos totales	g	0,50	Potasio (K)	mg	401,00
Cenizas	g	1,50	Sodio (Na)	mg	17,00
Carbohidratos (por diferencia)	g	33,06	Zinc (Zn)	mg	1,16
Fibras Alimentaria	g	2,10	Cobre (Cu)	mg	0,29
Azúcar total	g	1,00	Manganeso (Mn)	mg	1,67
			Selenio (Se)	µg	14,20
Ácidos grasos saturados	Unidad	Valor	Aminoácidos	Unidad	Valor
<b>Totales</b>	g	0,08	Triptofano	g	0,07
4:0	g	0,00	Trionina	g	0,16
6:0	g	0,00	Isoleucina	g	0,22
8:0	g	0,00	Leucina	g	0,31
10:0	g	0,00	Lisina	g	0,27
12:0	g	0,00	Metionina	g	0,08
14:0	g	0,00	Cisteína	g	0,06
16:0	g	0,08	Fenilalanina	g	0,18
18:0	g	0,00	Tirosina	g	0,08
			Valina	g	0,29
Ácidos grasos Monosaturados	Unidad	Valor	Arginina	g	0,63
<b>Totales</b>	g	0,01	Histidina	g	0,11
16:1 (indiferenciada)	g	0,00	Alanina	g	0,13
18:1 (indiferenciada)	g	0,01	Ácido aspártico	g	0,48
20:1	g	0,00	Ácido glutámico	g	0,80
22:1 (indiferenciada)	g	0,00	Glicina	g	0,20
			Prolina	g	0,10
			Serina	g	0,19
Ácidos grasos Polisaturados	Unidad	Valor	Vitaminas	Unidad	Valor
<b>Totales</b>	g	0,25	C (Ácido ascórbico total)	mg	31,20
18:2 (indiferenciada)	g	0,23	Tiamina	mg	0,20
18:3 (indiferenciada)	g	0,02	Riboflavina	mg	0,11
	g	0,00	Niacina	mg	0,70
	g	0,00	Ácido Pantoténico	mg	0,60
	g	0,00	B6	mg	1,23
	g	0,00	E (alfatocoferol)	mg	0,01
	g	0,00	K (filoquinona)	µg	1,40

Fuente: USDA Food search for window, version 1.0, database version SR18.



### **1.1.5. EL AJO: COMPONENTES BIOACTIVOS**

El ajo contiene diversos componentes bioactivos responsables de distintas propiedades benéficas para la salud. Entre ellos, se pueden mencionar a los *fructanos*, *flavonoides* y los *compuestos organoazufrados* denominados fitoquímicos. Los mismos otorgan propiedades que constituyen el sustento para la fabricación de diversos productos con fines terapéuticos y permiten categorizarlo como un alimento funcional.

#### **1.1.5.1. Compuestos organoazufrados**

Los compuestos organoazufrados provienen de la reducción y asimilación del azufre de las plantas y son los responsables de las características de sabor y olor del ajo (Block, 1985).

##### **1.1.5.1.1. Reducción y asimilación del sulfato en las plantas**

Las plantas utilizan al azufre como nutriente, lo captan del suelo como sulfato por las raíces. Luego, para su asimilación es reducido a sulfito por la acción de la enzima ATP sulfurilasa (Fig.1.2.). Esta enzima es regulada por varios factores externos como la luz e internos como los compuestos reducidos del azufre.

La subsiguiente reducción del sulfito a sulfuro involucra a la sulfito reductasa, para la cual la ferredoxina (Fd) es la donadora de electrones (<http://fitonutricion.awardspace.biz/contenido/08-03.html>). El recién formado grupo SH- es transferido a la acetilserina, la cual es fraccionada en acetato y el aminoácido cisteína (Randle y Lancaster, 1990). La cisteína, el primer producto estable de la reducción asimilatoria del sulfato, actúa como precursor para la síntesis de todos los compuestos orgánicos que contienen azufre reducido. Estos, por oxidación y posterior hidrolización, incorporan el azufre de los aminoácidos en forma de Y- glutamil péptido originando S-alquenil-L-cisteín sulfóxidos, compuestos precursor del *flavour*, por acción de la Y- glutamil transpeptidasa (González, 2004).



En la mayoría de las plantas, el 90 % del azufre se encuentra bajo la forma de cisteína y metionina, las cuales integran las proteínas, en cambio en *Allium*, se encuentra como aminoácidos no proteicos (Brewster, 1994).

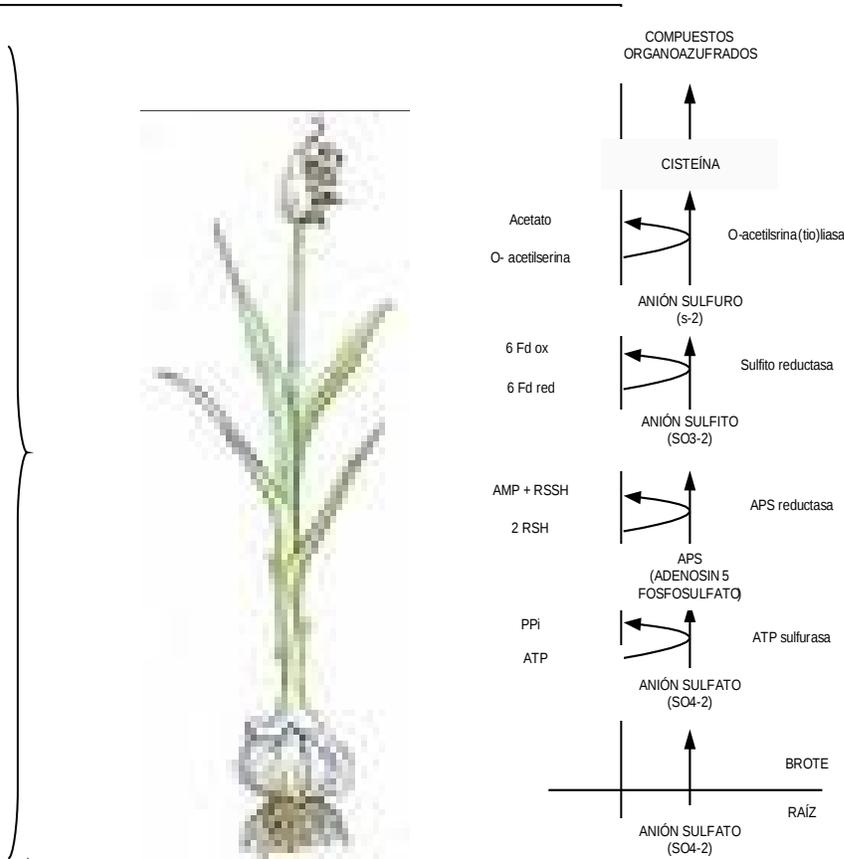


Fig. 1.2. Resumen de la asimilación y reducción del azufre en las plantas (Randle y Lancaster, 1990).

### 1.1.5.1.2. Bioquímica de los compuestos organoazufrados en el ajo

Los vegetales del género *Allium* se caracterizan por tener un alto contenido de compuestos organoazufrados que les proporcionan el olor y pungencia que los caracteriza (Brewster, 1994).

Los precursores del *flavour* S-alquenil-cisteín sulfóxidos (ACSOs) hallados en la naturaleza son cuatro y varían en el radical alquenil, dependiendo de la especie de *Allium* (Fig. 1.3) (Brewster,



1994). El glutatión (Y-L-glutamyl-L-cisteínglicina), proveniente de la cisteína, es el compuesto inicial de la síntesis de todos los sulfóxidos, la metilación de este -oxidación y posterior hidrólisis- originan el S-metil cisteín sulfóxido, uno de los ACSOs.

El ácido metacrílico, derivado de la valina, reacciona con el glutatión para originar el S-2-carboximetil glutatión, que por pérdida de la glicina produce Y-glutamyl S-2-carboxipropil cisteína, compuesto, a partir del cual, derivan los otros tres ACSOs. Se ha sugerido que mediante la descarboxilación de la cadena alquímica se producen los otros residuos alil o propenil (González, 2004).

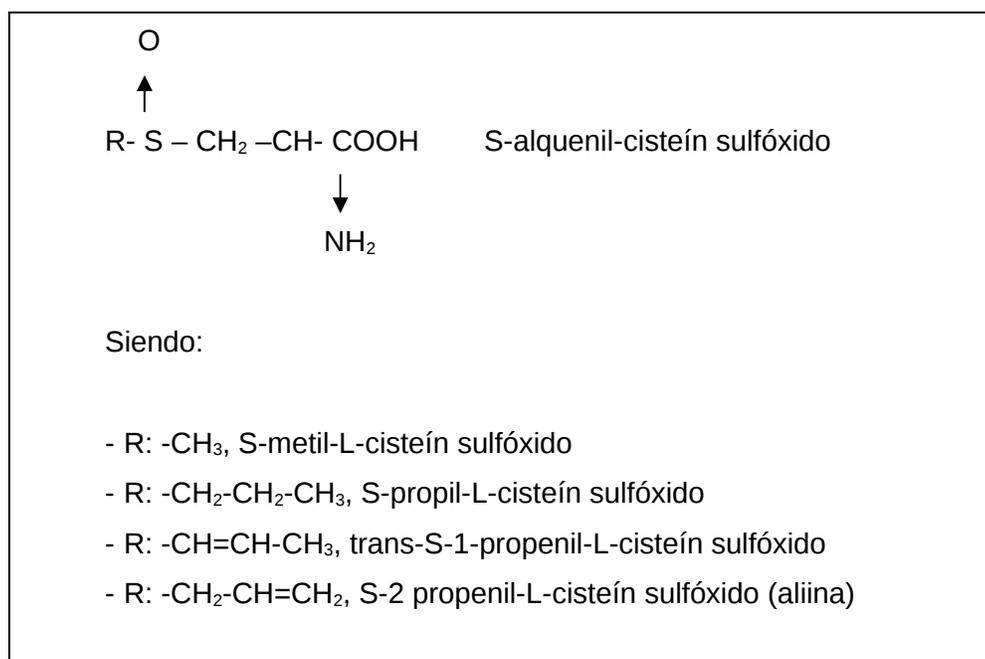
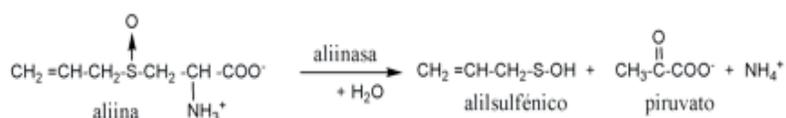


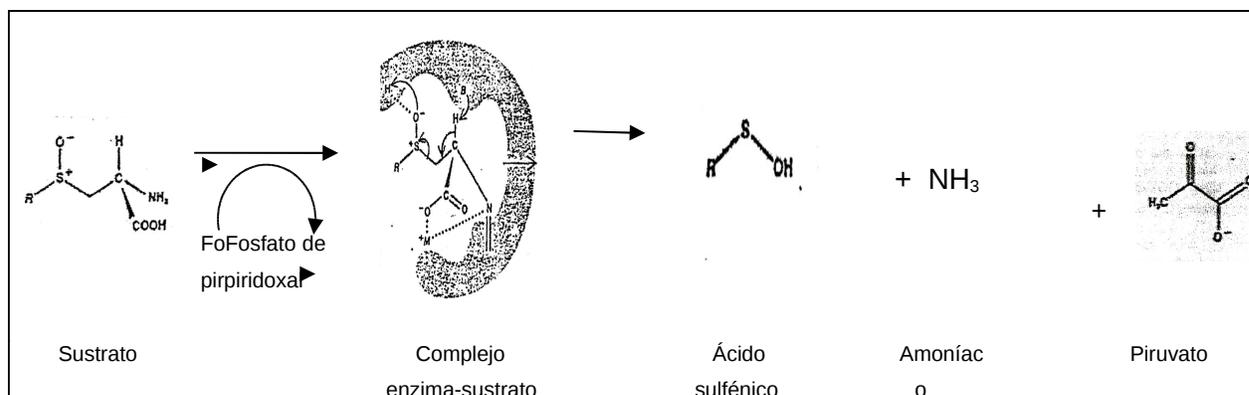
Fig. 1.3. Estructura de los S-alquenil cisteín sulfóxidos (Fuente: Brewster, 1994).

El paso final de la secuencia de biosíntesis es la oxidación del azufre de los Y-glutamyl S-alquenil cisteína para dar los sulfóxidos, y la hidrólisis del residuo Y-glutamyl para liberar los S-alquenil cisteín sulfóxidos.



**Fig. 1.4.** Conversión enzimática de la aliina en alicina (Fuente: González, 2004).

La enzima se encuentra en la vacuola de la célula, mientras que los ACSOs en el citoplasma. La reacción enzimática se verifica con la presencia del fosfato de piridoxal como cofactor. Este actúa sobre el precursor del *flavour* (S-alquencil-cisteín sulfóxido) formando el complejo enzima-sustrato, implicando una atracción electrostática del sustrato por el ión metálico. Posteriormente, un grupo básico de la enzima, remueve el ión hidrógeno del sustrato para liberar ácido sulfénico (RSHO) amoníaco y piruvato (Fig.1.4).



**Fig.1.5.** Catálisis de la enzima alinasa (Fuente: Block, 1985).

El ácido sulfénico es altamente reactivo. Una vez liberado sufre un reordenamiento espontáneo para producir un amplio rango de productos volátiles de olor fuerte (tiosulfatos) dependiendo de la especie de *Allium*. La Alicina (diallyl tiosulfato o allyl-2-propentiosulfato) es el principal tiosulfato liberado y es formado por la rápida condensación de dos moléculas del ácido 2-propensulfénico (allyl-SOH) producidas por la acción de la alinasa sobre el S(+)-allyl-L-cistein sulfóxido (aliina), Fig. 1.4. (Lawson y col., 1992). Es una sustancia incolora, odorífera e inestable, que posee el característico olor del ajo (Cavallito y Bailey, 1944). Lawson y col., 1991, realizaron un estudio sobre el contenido de alicina y otros tiosulfatos presentes en el homogenato de ajo, concluyendo que la alicina es el tiosulfato mayoritario, representando



entre el 65 % al 75 % del total de tiosulfinatos. Aunque la alicina es el principal compuesto biológicamente activo presente en el homogenato de ajo, en presencia de calor y solventes orgánicos forma una gran variedad de compuestos de degradación cuando el ajo es procesado. Los compuestos organoazufrados que se pueden hallar en los distintos productos comerciales de ajo, son derivados de los tiosulfinatos, principalmente alicina, y varía el proceso de elaboración del producto comercial.

Los principales productos comerciales de ajo se pueden clasificar en cuatro categorías: aceites de ajo destilados, ajo macerado en aceite vegetales, tabletas de ajo en polvo y suspensiones en gel de ajo en polvo. En la Fig. 1.6., se esquematiza los compuestos organoazufrados que se pueden encontrar en los distintos productos de ajo comercial.

	Alicina	Tiosulfinatos	Dialk(en)il sulfuros	Vinilditidinas	Ajoenos
Homogenato de ajo fresco					
Tabletas de ajo en polvo					
Cápsulas de Polvo de ajo suspendido en gel					
Aceite destilado de ajo					
Aceite de ajo macerado					
Ajo añejado en alcohol acuoso					
Cápsula de gelatina con protección intestinal					

**Fig. 1.6.** Las áreas sombreadas corresponden a los grupos de compuestos que se hallan presentes en las diferentes preparaciones comerciales. Los espacios en blanco significan que los compuestos no se encontraron en cantidades superiores a los límites de cuantificación de las metodologías empleadas (Lawson y col., 1991).

### 1.1.6. EL AJO: USOS TERAPEÚTICOS

La permanencia en el tiempo del ajo se sostuvo, seguramente, por sus efectos preventivos de distintas enfermedades y por sus propiedades terapéuticas de lo que han dado cuenta numerosos estudios e investigaciones realizados sobre este vegetal. Actualmente, esta situación se fortalece por dos circunstancias en auge relacionadas con la nutrición y la salud.



Por un lado, los conceptos básicos de nutrición están experimentando un cambio significativo. En las últimas décadas, el concepto clásico de "nutrición adecuada", es decir, aquella que aporta, a través de los alimentos, los nutrientes (hidratos de carbono, proteínas, grasas, vitaminas y minerales) suficientes para satisfacer las necesidades orgánicas particulares de los seres humanos, tiende a ser sustituido por el de "nutrición óptima". Esta calificación, además de incluir lo ya expuesto, incorpora la potencialidad de los alimentos para promocionar la salud, mejorar el bienestar y reducir el riesgo de desarrollar enfermedades. En este ámbito, aparecen los alimentos funcionales. En Europa, el primer documento de consenso sobre conceptos científicos en relación con este tipo de alimentos fue elaborado en 1999 por un grupo de expertos coordinados por el International Life Sciences Institute (ILSI).

Por otro lado, la difusión masiva de las escuelas de medicina tradicional asiática, en Europa, sensibilizó al público, en general, con respecto a las técnicas de medicina alternativa lo que ha generado abundante información al respecto e interés, por parte de las empresas del sector, por desarrollar nuevos medicamentos sobre la base de plantas, es decir, "fitofármacos" (del griego: "fito" que significa planta y "fármaco", medicamento). En términos generales, estos medicamentos contienen, como principio activo, exclusivamente plantas, partes de plantas, ingredientes vegetales o bien, preparaciones obtenidas a partir de ellas que sirven para la prevención de padecimientos generalizados entre la población.

El interés que despierta las posibilidades terapéuticas que ofrecen los fármacos de origen vegetal toma cada día mayor relevancia en los ámbitos económicos, agrícolas, farmacológicos, medicinales, entre otros y, a su vez, alrededor de cada uno de ellos se desarrollaron numerosas líneas de investigación (Mercado Europeo para Fitofármacos, 2006).

#### **1.1.6.1. El ajo como alimento funcional**

Diversas investigaciones han demostrado propiedades funcionales que se le atribuyen al ajo. Entre ellas, se pueden mencionar las siguientes:

##### **✓ Efecto hipotensor**

La hipertensión arterial (HA) es un padecimiento crónico de etiología variada que se caracteriza por el aumento sostenido de la presión arterial ya sea sistólica, diastólica o de ambas. A través



de estudios, se comprobó que el ajo tiene una acción hipotensora disminuyendo la resistencia vascular periférica y manteniendo la elasticidad de venas y arterias de todo el cuerpo (Auer y col., 1990; Brown, 1996; Koch and Lawson, 1996). Efecto antioxidante sobre el envejecimiento y el estrés oxidativo

El envejecimiento puede ser definido como una declinación progresiva en la eficiencia de los complejos procesos bioquímicos y fisiológicos que involucran mecanismos genéticos, ambientales y hormonales (Rahman, 2003).

El estrés oxidativo es causado por un desequilibrio entre la producción de radicales libres y la capacidad del organismo para detoxificar rápidamente los reactivos intermedios y reparar el daño que causan (Tapia y col., 2004). Estos procesos se equilibran debido a que el propio organismo posee una compleja red de metabolitos y enzimas antioxidantes que trabajan para prevenir el daño oxidativo.

En la naturaleza, existen una gran variedad de alimentos ricos en fitoquímicos, con una importante diversidad de grupos químicos que tienen propiedades antioxidantes. Entre ellos se encuentra el ajo ya que previene el daño que causan los radicales libres y el estrés oxidativo aportándole un electrón al mismo.

Por ello, para prevenir enfermedades de la vejez, se recomienda el consumo de ajo ya sea en forma natural o como suplemento dietario (Rahman, 2003; Phelps y col., 1993).

#### ✓ **Efecto sobre las enfermedades cardiovasculares**

La arterioesclerosis es un endurecimiento o pérdida de elasticidad de las arterias producida por el depósito de placas de ateroma en las paredes de los vasos sanguíneos, impidiendo el normal paso de oxígeno y materiales nutrientes a las diversas zonas del cuerpo humano (Ira Fox, 2003). Es la causa más importante de cardiopatías y accidentes cerebro vasculares y responsable de aproximadamente el 50 % de las muertes en EE.UU., Europa y Japón (Guía Médica interactiva 2007 [CD-ROM]).

A lo largo de muchos años, se ha usado el ajo para tratar este tipo de problemas. En un estudio realizado en conejos y ratas con hipercolesterolemia, los cuales fueron alimentados con



extracto de ajo, se demostró una importante reducción de colesterol y triglicéridos en plasma por inhibición de las enzimas claves implicadas en la síntesis de estos (Liu y Yeh, 2001).

El colesterol es una lipoproteína que se caracteriza por tener como función orgánica al alcohol y además posee un núcleo de ciclo-pentano-perhidrofenantreno. Las lipoproteínas de mayor tamaño se denominan quilomicrones y su función es transportar los lípidos exógenos (ingeridos en la dieta) a los tejidos adiposos, muscular y cardíaco. Las lipoproteínas de muy baja densidad, VLDL, llevan los lípidos de síntesis endógena (hepática) a los tejidos periféricos. Cuando pierden un porcentaje de sus triglicéridos se transforman en lipoproteínas de baja densidad, LDL, también llamada “colesterol malo”, que lleva el colesterol al plasma. Si hay exceso de esta lipoproteína, o el mismo LDL es dañado por los radicales libres, el colesterol puede depositarse en las paredes de las arterias formando los ateromas. Por su parte, las lipoproteínas de alta densidad, HDL, llamada “colesterol bueno”, remueven el colesterol de los tejidos periféricos y los transportan al hígado, a las glándulas adrenales y a las gónadas para su metabolización, ya que el colesterol es un elemento necesario para la vida, porque sirve para digerir las grasas de los alimentos y para sintetizar adrenalina (la hormona del estrés) y hormonas sexuales (Ira Fox, 2003).

Las personas que ingieren una dieta con abundante colesterol y grasas saturadas y las personas con hipercolesterolemia familiar (trastorno hereditario), tienen una elevada concentración de LDL debido a que sus hígados tienen un número bajo de receptores de LDL y, por lo tanto, tienen menor capacidad de eliminarlo de la sangre; de este modo, puede penetrar a las células endoteliales de las arterias (Ira Fox, 2003). La principal causa del colesterol elevado es por la alimentación; sobre todo, por el gran consumo de grasas de origen animal de tipo saturado. Este tipo de dieta se ha multiplicado en los últimos setenta años y los niveles de colesterol, en consecuencia, se han elevado en la población en general.

La medida fundamental para bajar los niveles de colesterol es la “dieta equilibrada”, pero también, se ha comprobado el papel importante que cumplen los suplementos dietarios. Entre los más popularizados, se encuentra el ajo que reduce el colesterol, especialmente el LDL (malo), aumentando los niveles del HDL (bueno) por inhibición de la biosíntesis y la oxidación de ellos en el hígado del LDL (Singh et al, 2001).



### ✓ Efecto antitrombótico

Las plaquetas sanguíneas son unos minúsculos corpúsculos que sirven, entre otras cosas, para iniciar el proceso de coagulación; circulan libremente por la sangre y en circunstancias especiales aumentan su adhesividad: se pegan literalmente entre sí, formando pequeños trombos alrededor de los cuales se inicia la formación de un coágulo de sangre (en casos de hemorragia) o la agregación de grasas (en el caso de la placa aterosclerótica) (Guía Médica interactiva 2007 [CD-ROM]). En ausencia de daño vascular, las plaquetas se repelen entre sí y, también, son repelidas por el revestimiento endotelial de los vasos. La repulsión de las plaquetas por el endotelio intacto se atribuye a la prostaciclina, un tipo de prostaglandina producida en el interior del endotelio. Es evidente que los mecanismos que evitan que las plaquetas se adhieran a los vasos sanguíneos y entre sí son necesarios para evitar la coagulación inadecuada de la sangre.

La lesión del endotelio de los vasos expone el tejido subendotelial a la sangre. Las plaquetas son capaces de pegarse a las proteínas de colágeno expuestas que han quedado cubiertas por una proteína (el factor von Willebrand) segregada por las células endoteliales. Las plaquetas contienen gránulos secretorios; cuando estas se adhieren al colágeno, se desgranulan cuando los gránulos secretorios liberan sus productos. Estos productos comprenden el ADP (adenosin di fosfato), la serotonina y una prostaglandina llamada tromboxano A<sub>2</sub>. Este suceso se conoce como reacción de liberación plaquetaria (Ira Fox, 2003).

Los componentes azufrados del ajo inhiben la ciclooxigenasa que cataliza la conversión del ácido araquidónico en prostaglandinas, impidiendo de este modo la reacción de liberación y la consiguiente formación del trombo plaquetario (Rahman, 2003).

### ✓ Prevención del cáncer

Diversos estudios científicos han demostrado que aquellas personas que tienen un consumo más elevado de ajo tienen un menor riesgo de padecer cáncer de estómago o de colon (Fleischauer y col., 2000). También, se han hecho estudios en otros tipos de cáncer, como son los de mama, cabeza, cuello y próstata, aunque únicamente se ha encontrado un efecto protector en los dos anteriormente mencionados ([Bianchini y col., 2001](#)). En correlación a lo mencionado anteriormente, se dice que el aumento de la consumición de ajo está



estrechamente relacionado con la reducción de incidencia de cáncer (Bianchini y col., 2001). A pesar de ello, antes de plantearse el empezar a consumir grandes cantidades de ajo para prevenir estas enfermedades, es necesario tener en cuenta que existen unas recomendaciones generales para llevar una vida saludable, como limitar el consumo de grasas animales, evitar el sobrepeso, practicar ejercicio físico regularmente y evitar el consumo excesivo de bebidas alcohólicas.

Todas las propiedades funcionales descritas contribuyen al sustento para la fabricación y comercialización de diversos productos con fines terapéuticos.

#### **1.1.6.2. El ajo como fitofármaco**

Según la Resolución 144/98 de Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT), los *MEDICAMENTOS FITOTERAPICOS O FITOFÁRMACOS* son aquellos que contienen como principio activo drogas vegetales puras y/o mezclas definidas de estas y/o preparados de drogas vegetales, tradicionalmente usadas con fines medicinales, y que no contengan sustancias activas químicamente definidas o sus mezclas aun cuando fuesen constituyentes aislados de plantas, salvo los casos que así se justifiquen.

Por otro lado, define a las *DROGAS VEGETALES*, como “las plantas enteras o sus partes, molidas o pulverizadas (flores, frutos, semillas, tubérculos, cortezas, etc.) frescas o secas, así como los jugos, resinas, gomas, látex, aceites esenciales o fijos y otros componentes similares”. Estos se emplean puros o mezclados en la elaboración de medicamentos fitoterápicos.

En nuestro país, los fitofármacos, al igual que en la mayoría de los estados de la Unión Europea, se incluyen en la Ley 25/90 del Medicamento en la categoría de medicamentos.

Los componentes bioquímicos del ajo (cfr. 1.1.5.) lo ubican como un fitofármaco. Como se dijo anteriormente, existen diversas preparaciones que dan origen a diferentes combinaciones de compuestos organoazufrados para la prevención o disminución de diversas patologías. En el caso de polvo de ajo, cuando los dientes de ajo son sometidos a deshidratación, lo que se desea es mantener el sistema aliina-alinasa lo más estable posible. De esta forma, se procura que cuando al producto se le restituya su humedad, se realice la hidrólisis de la aliina mediada por la alinasa para generar los compuestos característicos del *flavour* de ajo (tiosulfatos).



Asimismo, es pertinente señalar que la determinación de alicina es considerada como un indicador de calidad medicinal en las preparaciones fitoterapéuticas de ajo (Freeman y Kodera, 1995). Este se denomina “potencial alicina” y se define como el máximo rendimiento que se puede alcanzar cuando polvo de ajo o pastillas son hidratadas. Se mide analíticamente mediante el dosaje de alicina. Este “potencial alicina”, no puede ser definido en base a al contenido de aliina presente en las tabletas porque la actividad de la aliinasa es muy variable en los distintos productos y además porque cerca del 15 % de la aliina es convertida a otros alil tiosulfinaatos además de alicina (Lawson y col., 2001).

#### **1.1.7. EL AJO: PROCESOS DE DESHIDRATACIÓN INDUSTRIAL**

La deshidratación o secado asistido de alimentos es una de las operaciones unitarias más utilizadas en la conservación de los mismos. Es el proceso en el que se elimina la mayor parte del agua presente en el alimento mediante la aplicación de calor o no, bajo condiciones controladas. La finalidad de esta operación es lograr la reducción de peso, la reducción de volumen e incrementar la vida útil del producto final en comparación con los alimentos frescos (Brennan, 1980).

##### **1.1.7.1. Fundamentos tecnológicos**

Desecar es cuando el agua abandona una superficie húmeda (desorción) e hidratar es mojar una superficie más seca (adsorción). Al desecar un sólido húmedo con aire caliente, el aire aporta el calor sensible y el calor latente de evaporación de la humedad y, también, actúa como gas portador para eliminar el vapor de agua que se forma en la vecindad de la superficie de evaporación (Brennan, 1980).

Tal como se explicó anteriormente, los términos desecado y deshidratado son técnicamente iguales y conllevan el mismo principio físico que implica dos fenómenos bien marcados que son la migración o movimiento del agua hacia la superficie (estado líquido en soluciones diluidas) y la evaporación desde la superficie al ambiente que la rodea (evaporación de una solución concentrada) (Gascón y col., 2006).



Cuando se observa el proceso de deshidratado en el tiempo, se obtiene una cinética como la indicada en la fig. 1.7. En ella, se puede advertir que, al principio, hay una caída muy rápida del contenido de humedad y, luego, se va desacelerando y haciéndose asintótico su pendiente. Esto es así porque cuando más baja es la humedad final más dificultosa es su extracción del tejido vegetal. Cuando la curva toca el eje de abscisas, ese punto corresponde al valor de humedad analítica (Gascón y col., 2006).

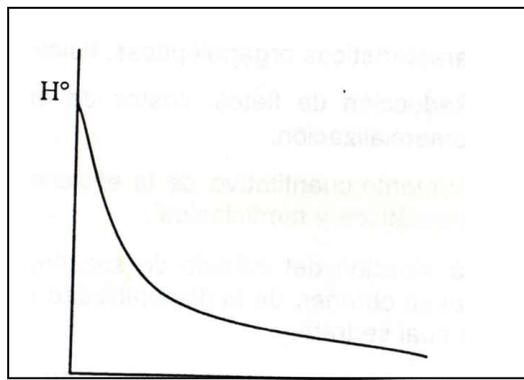


Fig.1.7. Cinética del secado

Normalmente, se habla de secado o fase principal al primer tramo de velocidad alta y se considera que se extrae la fracción de agua libre del vegetal, vale decir desde el porcentaje inicial de composición en fresco hasta un 18 % de agua, aproximadamente. El segundo tramo se denomina de secado o fase terminadora y corresponde a un descenso desde el 15 % hasta cerca del 4-5 %. Esta etapa es mucho más lenta y estaría afectando al agua retenida en capilares que está débilmente ligada.

En la actualidad, utilizan diversos métodos de deshidratación de vegetales. Se describen a continuación los tres procesos utilizados a los fines del presente trabajo: deshidratación tipo Spray o por atomización, deshidratación tipo Lecho Espumado y deshidratación en Horno Deshidratador de Usos Múltiples.



### **1.1.7.2. Deshidratación Tipo Spray o por atomización**

El fundamento de este proceso es secar, en un horno cónico con aire caliente, gotas de tamaño pequeño que son generadas por un rotor de altas revoluciones o una tobera de proyección con aire comprimido.

El producto se inyecta por bombeo o presurizado con aire comprimido en una cámara de desecación en forma nebulizada por la acción de un rotor que gira entre 15.000 a 25.000 rpm. Por rotor o por toberas, se pulveriza en forma de gotas de diámetro inferior a 400 micrones de modo que cada esfera líquida entra en contacto con una corriente de aire caliente o gases de combustión controlados que ingresan al equipo generando temperaturas del orden de 100 a 250 °C en la parte superior del horno y del orden de 80-90 °C en la salida hacia el separador de aire húmedo y polvo del producto desecado, lo que permite una desecación muy rápida, en alrededor de 7 segundos, obteniéndose un polvo seco (Gascón, 2005).

La turbulencia, el flujo del caudal de aire y la gravedad trasladan el polvo junto con el aire húmedo hasta un separador ciclónico que permite la colección del producto final con una humedad próxima a valores de 3 % o menor.

Las principales características de este tipo de desecación son los tiempos de desecación muy cortos, del orden de 1 a 10 segundos, y las temperaturas relativamente bajas que alcanza el producto cuando está seco.

### **1.1.7.3. Deshidratación Tipo Lecho Espumado**

La técnica de deshidratación se basa en la formación de una estructura porosa (espuma) en la que se mezcla, mediante fuerte batido, un producto líquido con una pequeña cantidad de un agente espumígeno comestible y otros coadyuvantes como, por ejemplo, estabilizantes, antiaglutinantes, etc. Posteriormente, dicha espuma es esparcida sobre bandejas con fondos de malla cribada, con gas inerte se 'crateriza' la superficie, y luego las bandejas son colocadas en un horno con circulación de aire ascendente, produciéndose el deshidratado hasta contenidos de humedad del 2-5 % aproximadamente.



Se trata de un método rápido de deshidratación a presión atmosférica con el que pueden obtener productos de buena calidad organoléptica dado el uso de temperaturas relativamente bajas del orden de 50 - 70 °C.

#### **1.1.7.4. Deshidratación en Horno Deshidratador de Usos Múltiples**

Este tipo de horno deshidratador consta de 3 etapas de secado, con un sistema de calefacción que consiste en la circulación de aire caliente ascendente permitiendo así, desecar frutas y verduras en forma semicontínua con una gran capacidad de producción.

Este está formado por un túnel que puede tener hasta unos 24 metros de longitud con una sección transversal rectangular o cuadrada de 2 x 2 metros.

El producto húmedo se extiende en capas uniformes sobre bandejas, estas se apilan en carretillas o vagonetas dejando espacios libres para que pase el aire de desecación. Estas carretillas se introducen de una en una a intervalos adecuados, en el túnel de desecación. A medida que se introduce una carretilla por el lado húmedo, por el extremo seco se retira el producto en otra carretilla. El aire se mueve mediante ventiladores que lo hacen pasar por calentadores y, luego, fluye horizontalmente entre las bandejas, aunque produce cierto reflujo entre estas. Normalmente, se emplean velocidades de aire del orden de 2,5 a 6 m/s.

### **1.2. PROBLEMA, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

Numerosos estudios dan cuenta que los principios bioactivos del ajo manifiestan una variación natural debido a la cultivar, fertilización con sulfato, régimen de agua, temperatura, estado fisiológico y condiciones de almacenamiento (Brewster, 1990; Rabinowitch, 2002). Para subsanar esta situación y con la finalidad de conocer la variabilidad existente en las cultivares argentinas de ajo se ha estado trabajando en la cuantificación de compuestos organoazufrados, con el objeto de conocer como influyen las variables antes mencionadas en los niveles de principios bioactivos de las cultivares nacionales.

Considerando que uno de los destinos de la materia prima ajo es la elaboración de productos deshidratados para ser comercializados como alimentos o bien para la elaboración de



fitofármacos, resulta de gran importancia evaluar distintos procesos que permitan alcanzar los máximos rendimientos en cuanto a los niveles de principios bioactivos.

Además, es importante señalar que diversos estudios: reflejan la dificultad de estandarizar las cantidades de principios activos en cada uno de los productos, debido a la variabilidad en las condiciones de la materia prima (ajo) cuando es sometida al tratamiento y a los distintos procesos de elaboración de las preparaciones galénicas (Lawson, 1991). Este problema es relevante cuando se fabrican fitofármacos ya que estos deben garantizar una dosis estable de principios bioactivos, que según López Luengo (2007) se recomienda para un adulto una dosis de unos 4 g al día de ajo ó 300 mg de ajo pulverizado encapsulado (valorado en 1,3 % de aliína o 0,6 % de alicina) dos o tres veces al día. A la variabilidad inherente a la materia prima se le suma la relacionada con el proceso de deshidratación (influencia de las variables temperatura y tiempo) y además el efecto del pulverización del ajo deshidratado, la presencia de excipientes y el proceso de compresión para elaborar las pastillas, que pueden disminuir la actividad de la alinasa sustancialmente (Lawson y col., 2001).

Se han realizado estudios previos con la finalidad de dar respuesta a esta problemática. Entre los que fueron significativos para el presente trabajo, se encuentra el de Camargo y Masuelli (2004) quien investigó sobre la cultivar que arroja los mayores niveles de alicina y el de González (2004) quien evaluó el momento oportuno durante la poscosecha para emplear la materia prima para la elaborar los fitofármacos.

Entonces, conociendo la cultivar que ostenta los mayores niveles de alicina y el momento apropiado durante la poscosecha para emplear la materia prima, surge como motivación para la realización del presente trabajo evaluar aspectos relacionados con los procesos de deshidratación industrial en orden a obtener los mayores niveles de alicina, y comparar los resultados obtenidos con los productos deshidratados disponibles en el mercado. Para alcanzar este objetivo se eligió un método analítico que permite evaluar la habilidad para liberar alicina que poseen los diferentes deshidratados denominado "potencial alicina" (descrito en 1.1.6.2).

A los efectos de encontrar respuesta al interrogante planteado, se propuso la siguiente hipótesis de trabajo: *Es posible seleccionar un proceso de deshidratación industrial de ajo que permita preservar los niveles de alicina.*



Los objetivos propuestos fueron los siguientes:

*Objetivo general:* Evaluar los niveles de alicina en polvos de ajo obtenidos mediante distintos procesos de deshidratación.

*Objetivos particulares:*

- Obtener polvo de ajo en escala de laboratorio para ser utilizado como testigo.
- Evaluar los niveles de alicina en polvos de ajos obtenidos mediante deshidratación Spray, Lecho espumado y horno de usos múltiples.
- ~~Evaluar la eficiencia de empleo de un aditivo microencapsulado los procesos de~~ deshidratación tipo spray y lecho espumado.
- Comparar los niveles de alicina en los polvos de ajo obtenidos por los diferentes procesos, con los niveles presentes en diversos productos disponibles en el mercado.

## CAPÍTULO II

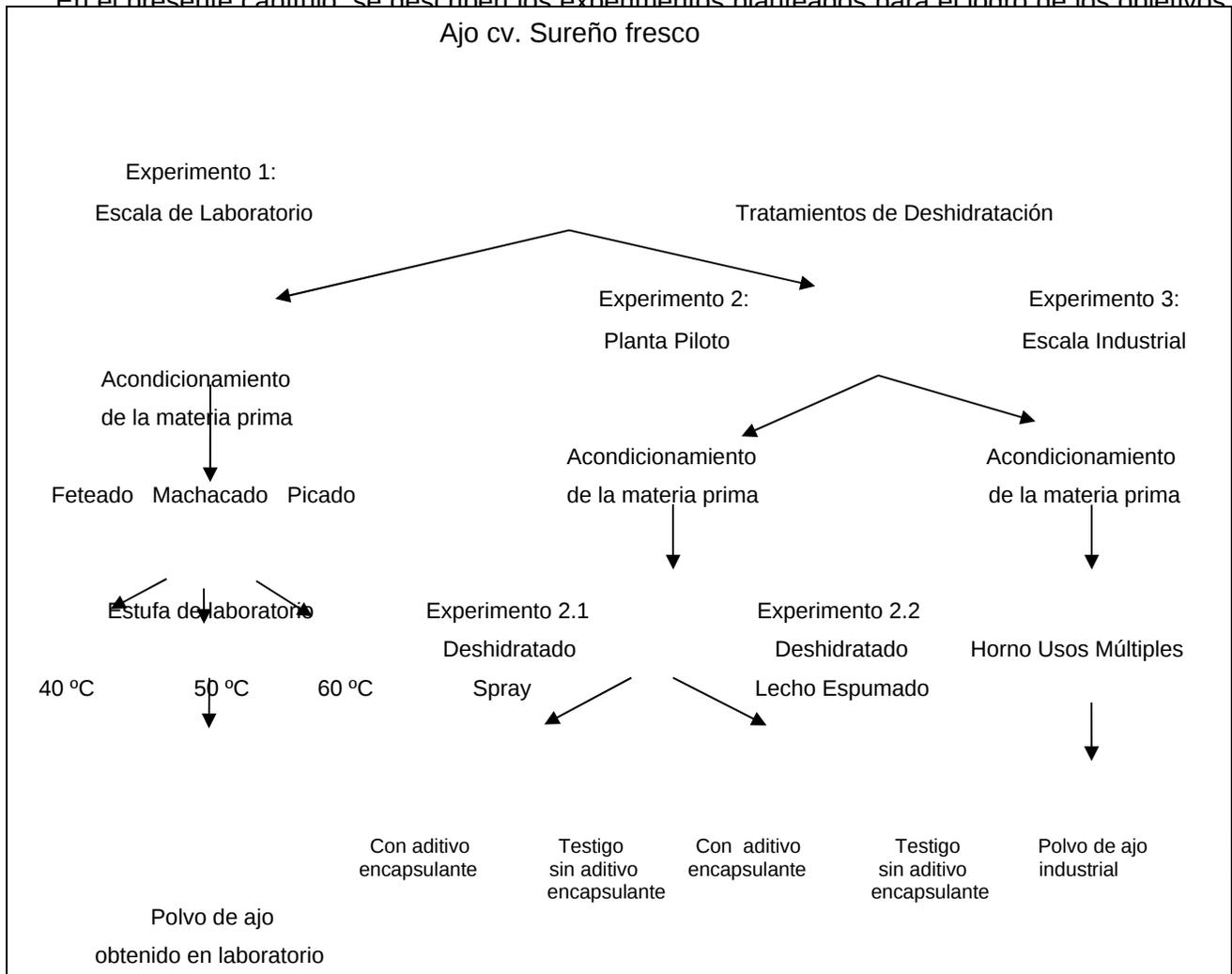
# MATERIALES Y MÉTODOS

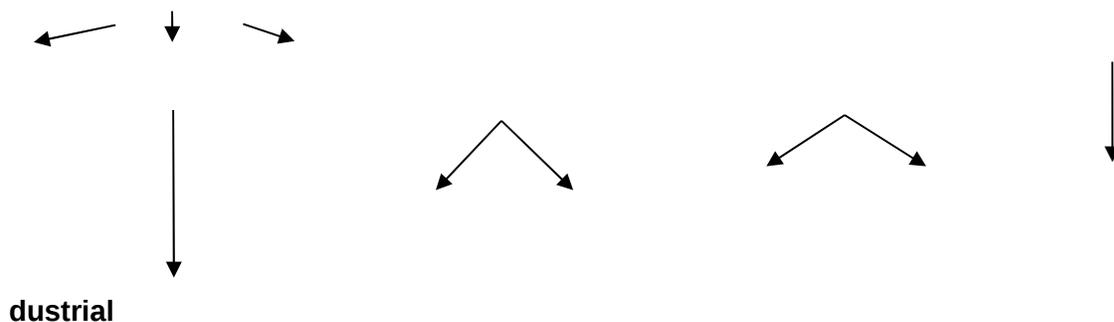


## CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se describen los experimentos planteados para el logro de los objetivos





**Fig. 2.1.** Esquema de los experimentos realizados en el presente estudio.

## **2.2. MATERIAL VEGETAL**

En un estudio realizado por Camargo y Masuelli (2001), se evaluaron los niveles de alicina en diferentes cultivares de ajo perteneciente al banco de germoplasma del INTA La Consulta. Allí concluyeron que la cultivar Sureño INTA posee los mayores niveles de alicina. Por esta razón, se eligió esta cultivar para realizar el presente trabajo.

### **2.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL VEGETAL SUREÑO INTA**

Esta variedad fue obtenida por selección, en la Estación Experimental La Consulta del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), a partir de una población coleccionada en el sur de la provincia de Mendoza de donde toma su nombre.

En cuanto a sus características organolépticas, poseen aroma intermedio y sabor suave, de mediana pungencia ( $90,6 \text{ micromoles g de ácido pirúvico}^{-1}$ ). Sus características nutracéuticas, indican muy alta concentración de alicina ( $17 \text{ mg g}^{-1} \text{ ps}$  y  $6 \text{ mg g}^{-1} \text{ ps}$ ), mediana concentración de inulina ( $27 \% \text{ g/g de base húmeda}$  y  $70 \% \text{ g/g en base seca}$ ); y baja concentración de Selenio ( $102 \text{ a } 167 \text{ ppb}$ ).

En cuanto a las características industriales, poseen altos niveles de sólidos solubles ( $39,3^\circ \text{Brix}$ ) y es muy apta para el pelado.

## **2.3. ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA**



### **2.3.1. MOLIENDA Y HOMOGENIZACIÓN**

#### **Equipos**

Molino coloidal consistente en dos piedras de carborundum, una rotor y otra estator. El rotor está acoplado a un tornillo micrométrico que permite arrimar o alejar las piedras entre sí para regular el tamaño de los sólidos.

#### **Método**

La cultivar Sureño INTA se sometió a pelado manual de los bulbos, previa inmersión en agua caliente durante 10 minutos. Se pelaron 5 kg de ajo. Los dientes pelados fueron molidos haciéndolos pasar por el molino coloidal primero a 40 micrones ( $\mu$ ) de diámetro de partícula y se fue ajustando hasta llegar a los 25 micrones ( $\mu$ ) de diámetro de partícula. Una vez obtenido el homogenato, se dividió en dos partes para ser sometidos a los distintos métodos de deshidratación.

### **2.4. MÉTODOS DE DESHIDRATACIÓN**

#### **2.4.1. ESCALA DE LABORATORIO**

#### **Equipos**

- Estufa de aire (escala de laboratorio)
- Molino de acero inoxidable

#### **Método**

Los dientes de ajo pelado, se procesaron y se dispusieron sobre papel de filtro en bandejas de aluminio. Luego, se llevaron a estufa de laboratorio a temperaturas seleccionadas. El ajo fue



molido para la obtención de polvo, empleando un molino a cuchillo con cámara de molienda de acero inoxidable y tapa del mismo material.

## 2.4.2. PLANTA PILOTO

### 2.4.2.1. Deshidratación tipo Spray

#### Equipos

- Deshidratador tipo spray, descrito en 1.7.2.

#### Método

Para la realización de la deshidratación tipo Spray, se acondicionó la materia prima según se explicó en 2.3. El homogenato obtenido fue introducido al equipo a través de una tolva. El secado se realizó por atomización a 25.000 rpm, con una temperatura de entrada de 120-130 °C y una temperatura de salida de 75-80 °C. Por último, se efectuó la separación del polvo de ajo por sistema ciclónico propio del equipo (ver Fig. 2.2).

En las condiciones de trabajo para la presente tesis, las gotitas de la aspersion normalmente tuvieron diámetros del orden de 200  $\mu\text{m}$ , observadas y medidas en microscopio. Este intervalo de tamaño ofrece al aire de desecación un área superficial por unidad de volumen más favorable para permitir una desecación rápida.



## 2.4.2.2. Deshidratación en horno de Lecho Espumado

### Equipo

Horno Deshidratador Lecho Espumado, terminador tipo *bin dryers*, descrito en 1.7.3

### Método

Para la realización de la deshidratación de ajo por este método, se acondicionó la materia prima según 2.3 y se sometió al secado a 50 °C hasta constancia de peso. Para ello, se establecieron las siguientes condiciones de trabajo: la temperatura de entrada del horno 40 – 45 °C y la velocidad del aire de 2,4 – 2,5 m s<sup>-1</sup>. Luego de haber colocado las bandejas en el horno, a los 15 minutos se retiró una bandeja y se controló la pérdida de peso. Se procedió de igual modo a intervalos de 10 minutos hasta verificar peso constante.

La bandeja superior del horno se acondicionó de forma tal que se selló toda la superficie no utilizable y se colocó una estructura de madera terciada con superficies abiertas del mismo tamaño que el de las bandejas a ensayar; cada abertura fue numerada de manera que coincidiera con la bandeja en estudio. Cada bandeja fue pesada y se mantuvo el homogenato en el horno hasta constancia de peso.

## 2.4.3. ESCALA INDUSTRIAL

### 2.4.3.1 Horno deshidratador de Usos Múltiples

#### Equipos

- Picadora con cabezal (marca *Shout Valery*) de 8 cuchillas curvas de acero inoxidable dispuestas en forma de círculo con un espesor de corte de 3,2 mm.
- Horno deshidratador de usos múltiples (Marca Proctor), descrito en 1.7.4.
- Molino a cuchillas: cámara de molienda de acero inoxidable con tapa plana del mismo material y cuchillas dispuestas paralelas a la cámara.



## **Método**

La materia prima fue acondicionada mediante un lavado con solución de hipoclorito de sodio, pelado y molienda. Luego, fue colocada en bandejas sobre una cinta transportadora y llevada al horno: 6 horas a 100 °C para un secado primario discontinuo, bajando la humedad al 15 % y luego 3 horas más a 70 °C para un secado secundario, alcanzando una humedad del 5 %.

Finalizado el secado en el horno, se procedió a moler el deshidratado, para ello se empleó un Molino a cuchillo. Por último, se lo pasó por dos tamices el N° 30 correspondiente a 589  $\mu$  y el N° 60 correspondiente a 246 $\mu$  para obtener un polvo uniforme.

## **2.5. DETERMINACIONES ANALÍTICAS**

### **2.5.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD**

Para verificar la eficacia del proceso de deshidratación, se controló humedad, mediante la aplicación del método 934.01 de la AOAC.

Este es un método directo que consiste en el cálculo del porcentaje en agua por la pérdida en peso debida al calentamiento de la muestra hasta peso constante y bajo condiciones normalizadas.

## **Equipos**

- Estufa de aire Dalvo con temperatura termostaticada
- Balanza Analítica Estándar Ohaus

## **Método**

Se pesó en la balanza analítica (con precisión de 0,1 mg), una cantidad exacta de muestra, de 2 a 10 gramos, en un cristizador tarado y se distribuyó sobre el fondo; luego se llevó a una estufa a temperatura de 103 °C  $\pm$  2°, durante 20 minutos, hasta peso constante, después se enfrió en desecador y se pesó.



## 2.5.2. DETERMINACIÓN DE ALICINA (potencial alicina)

Para evaluar la calidad en cuanto al contenido de principios bioactivos, se determinó alicina en muestras de ajo fresco y deshidratado. Este análisis se realizó mediante Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC-UV) (Camargo, 2000) y para la cuantificación se empleó un estándar secundario (González y col., 2004).

### Equipos

- Balanza Analítica Estándar Ohaus
- Centrífuga Micromax ice
- Cromatógrafo Líquido de Alta Resolución Konik KNK-500-A-series
- Columna analítica Waters RP-C18, 250 mm x 4, 6 mm di (5  $\mu\text{m}$ )

### Reactivos

- Agua reactivo
- Metanol Baker J.T., grado HPLC
- Filtros de membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  de diámetro de poro

### Condiciones cromatográficas

Se empleó una columna RP- ODSC<sub>18</sub> de 250 mm por 0,46 mm de diámetro interno y partículas 5  $\mu\text{m}$  de diámetro. La fase móvil utilizada fue metanol: agua 50:50 (v/v), con un flujo de 0,8 ml  $\text{min}^{-1}$ . Se trabajó con detector UV a 254 nm. El volumen de inyección fue de 20  $\mu\text{l}$ .

### Método

Los protocolos de preparación de las muestras difieren, según se trate de ajo fresco, o polvo, según detalle:

- *Preparación de las muestras (ajo deshidratado):*

Un gramo de polvo de ajo fue disuelto en 30 ml de agua, se dejó en reposo durante 10 minutos. Luego se tomó 1 ml y fue sometido a una centrifugación de 14000 r.p.m.. Del sobrenadante se tomó 0,6 ml y se le colocó 0,6 ml de metanol y se lo centrifugó nuevamente a 14.000 r.p.m. El sobrenadante fue filtrado a través de una membrana de nylon 66 de 0,2  $\mu\text{m}$  de diámetro de poro y fue inyectada al HPLC (Cromatógrafo Líquido de Alta Resolución) (ver fig. 2.3)



- *Preparación de las muestras (ajo fresco):*

Se pesaron 20 gramos de ajo en fresco y fueron homogeneizados en un Blender mediante la adición de 200 ml de agua, luego se dejaron reposar durante 10 minutos. Posteriormente, se tomó 1 mililitro, y se procedió a centrifugar como fue descrito en el párrafo precedente.



**Fig 2.3.** Cromatógrafo Líquido de Alta Resolución Konik-500-A series

## **2.6. ENSAYOS REALIZADOS**

### **2.6.1. EXPERIMENTO 1: Obtención de polvo testigo en escala de laboratorio**

Este experimento se realizó con la finalidad de evaluar las condiciones óptimas de procesamiento y temperaturas para la obtención de polvo de ajo a escala de laboratorio que conservara los niveles de alicina similares a los del ajo fresco. Para ello, se tomó 500 g de ajo fresco (cultivar Sureño INTA) y se probaron tres tipos de procesamiento: feteado (longitudinalmente con cúter en láminas de aproximadamente 2mm de espesor), machacado (en mortero) y picado (procesadora de alimentos) y se los deshidrató a diferentes temperaturas: 40 °C, 50 °C y 60 °C en estufa de secado de laboratorio según método descrito en 2.4.1.

Una vez obtenidas las 9 variantes de polvo de ajo, se les cuantificó alicina y humedad por triplicado, también al ajo fresco de partida a fin de evaluar la pérdida de alicina que se produjo durante el proceso.



## **2.6.2. EXPERIMENTO 2: Planta piloto**

En este ensayo, se realizaron 2 variantes: en la primera, se obtuvo polvo de ajo sin el empleo de aditivos (sin protección) y con el empleo de aditivos (con protección). Las variables del proceso fueron descritas en 2.4.2. La calidad de los productos obtenidos fue evaluada mediante la determinación de potencial alicina según fue descrita en 2.5.2.

### **2.6.2.1. Experimento 2.1. : Polvo de ajo obtenido mediante deshidratación tipo Spray. Estudio del empleo de un aditivo microencapsulante**

#### **Aditivos utilizados**

- 625 g Goma arábiga (como agente microencapsulante)
- 50 g Fécula de maíz (como estabilizante)
- 50 g Fosfato tricálcico (como antiaglutinante)

#### **Método**

Se realizó un acondicionamiento de la materia prima según fue explicado en 2.3. Con el fin de evaluar el efecto de la adición de un aditivo encapsulador, para minimizar las pérdidas de componentes volátiles, se diseñaron dos ensayos: uno **con protección** (por el agregado de 625 g de goma arábiga como agente microencapsulante) y otro **control, sin protección** (sin el agregado de goma arábiga como agente microencapsulante). Además, en ambos tratamientos se empleó fécula de maíz como estabilizante y fosfatotricálcico como antiaglutinante. Se sometió a deshidratación según lo explicado en 2.4.2.1.

### **2.6.2.2. Experimento 2.2: Polvo de ajo obtenido en deshidratación en horno de Lecho Espumado. Empleo de un aditivo microencapsulante**

#### **Aditivos utilizados**

- 625 g Albúmina líquida (agente espumante)
- 125 g Azúcar (estabilizador de espuma)
- 50 g Goma arábiga (agente microencapsulante)

#### **Método**



Para este tipo de deshidratación, primero se realizó el acondicionamiento de la materia prima según lo explicado en 2.3. Para evaluar el efecto de la adición de un aditivo microencapsulador, se diseñaron dos ensayos, uno con protección (usando 50 g de goma arábica como agente microencapsulante) y otro control, sin protección (sin usar goma arábica como agente microencapsulante), con tres repeticiones cada una.

En ambos tratamientos, se les colocó el 25 % de albúmina líquida, equivalente a 625 g, como agente espumante, 5 % de azúcar como estabilizador de espuma, equivalente a 125 g. Posteriormente, se realizó un espumado por batido convencional con batidora eléctrica, 5 minutos a máxima velocidad. Una vez lista la espuma, se procedió a colocarlas en bandejas, taradas previamente. Por último, se lo llevó a deshidratar según lo explicado en 2.4.2.2.

### **2.6.3. EXPERIMENTO 3: Deshidratación industrial**

Este experimento se realizó en la Planta Industrial de Deshidratados de Agroindustrias Molto S.A. ubicada en la Provincia de Mendoza, gracias a la gentileza de la Bromatóloga Lidia Pelegrina.

Para este ensayo, se emplearon 2 kg de ajo de la cultivar Sureño INTA, los cuales fueron primero, lavados por inmersión con Hipoclorito de sodio de 50 ppm durante 2 minutos. Luego, se pasaron por una Picadora con cabezal (marca *Shout Valery*) de 8 cuchillas curvas de acero inoxidable dispuestas en forma de círculo con un espesor de corte de 3,2 mm.

Por último, se colocó el ajo picado en bandejas metálicas y se lo sometió a deshidratación en Horno de Usos Múltiples según lo explicado en 2.4.3.1.

### **2.6.4. CUANTIFICACIÓN DE ALICINA EN DISTINTOS PRODUCTOS DISPONIBLES EN EL COMERCIO LOCAL**

Se eligieron al azar algunas dietéticas del microcentro de la ciudad de Mendoza y se compraron pastillas de ajo comercializadas como fitofármacos.

Por otro lado, en locales comerciales destinados a la venta de productos alimentarios, también elegidos al azar, se adquirieron polvos de ajos comercializados como condimentos.

A las muestras, se les midió potencial alicina, según lo descrito en 2.5.2.



Los resultados obtenidos fueron comparados con los correspondientes a los ensayos de deshidratación realizados.

## CAPÍTULO III



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---



En el presente capítulo, se presentan los resultados obtenidos en los distintos ensayos experimentales realizados:

**3.1. EXPERIMENTO 1: OBTENCIÓN DE POLVO TESTIGO EN ESCALA DE LABORATORIO**

Los resultados se muestran en la tabla 3.1. donde se puede observar las concentraciones de alicina en mg g<sup>-1</sup> de peso en seco obtenidas con los distintos métodos de procesado.

**Tabla 3.1.** Concentraciones de alicina dosadas en los productos de ajo obtenidos, empleando distintos métodos de procesado y diferentes temperaturas de deshidratación

T° Deshid.	Concentración de alicina en mg g <sup>-1</sup> *		
	40 °C	50 °C	60 °C
Métodos de Procesado			
Feteado	17,50 ± 0,10	18,86 ± 0,15	16,80 ± 0,26
Machacado	7,58 ± 0,12	2,01 ± 0,05	1,76 ± 0,16
Procesado	0,63 ± 0,13	0,94 ± 0,05	1,61 ± 0,03

\*Se indican Valores promedios (n=3) ± desviación estándar

Los datos fueron analizados estadísticamente mediante un ANOVA Multifactorial, considerando como factores *temperatura* y *procesado* y las observaciones fueron los *niveles de alicina*. Para el factor temperatura, se obtuvo un valor de P = 0,0816 y para el efecto procesado, P= 0,000. Cuando el valor de P es menor de 0,05, se considera que el correspondiente factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre los niveles de alicina con un nivel de confianza de un 95%. En el presente trabajo el factor determinante fue el método de procesado de la materia prima, no así la temperatura del proceso de deshidratación, para las condiciones ensayadas (ver Anexo 1). Esto puede deberse a que el feteado del diente determina una menor ruptura del



tejido (comparado con los otros dos procedimientos ensayados), y consecuentemente, menor síntesis de tiosulfatos (alicina), y una mayor preservación de los precursores (alquenil cisteína sulfóxidos – ACSOs) y enzima allinasa. Además de menores pérdidas de tiosulfatos (alicina) por evaporación durante la deshidratación.

En cuanto a las temperaturas de deshidratación bajo estudio, los resultados del ANOVA Multifactorial arrojaron que las temperaturas no estarían aportando una variación significativa para las condiciones de este ensayo. Por otro lado, una interpretación a priori de la variabilidad obtenida en los resultados, se observa que para el feteado, resultaría óptimo trabajar a 50 °C, para el machacado a 40 °C y para el procesado a 60°C.

Teniendo solo en cuenta el proceso de feteado, que es el que se destaca por su eficiencia, y haciendo un ANOVA para las distintas temperaturas del ensayo, se obtiene un valor de  $P=0,049$ ; que es menor de 0,05; indicando que existen diferencias estadísticamente significativas para uno de los niveles de alicina (50 °C); para un nivel de confianza de 95 %. Se puede, entonces, postular que a mayor temperatura (60 °C) los niveles de alicina resultaron menores porque se produce la desnaturalización térmica de la allinasa. Por otro lado, se podría decir que los menores niveles de alicina obtenidos a temperatura de 40 °C, pueden deberse a otro factor que no ha sido considerado en este ensayo, que es *tiempo de deshidratación*. En este sentido, podemos referir un trabajo de Méndez de Laguna y col., 2009; en el cual deshidrataron dientes de ajo feteado en estufa a las mismas temperaturas que el presente trabajo y observaron que el tiempo requerido para que las muestras alcanzaran un contenido de agua del 0,1 g g<sup>-1</sup> de materia seca fue de 425 minutos a 40 °C, 205 minutos a 50 °C y 120 minutos a 60 °C. Los menores niveles de alicina dosados en muestras deshidratadas a 40 °C podría deberse a que el excesivo tiempo provoca pérdidas abundantes de compuestos volátiles.

Del ensayo precedente, se puede concluir que el procedimiento de ajo feteado y deshidratado a 50 °C resultó el de mayor rendimiento en nivel de alicina (o bien potencial alicina).

*Comparación de los niveles de alicina entre ajo feteado y deshidratado a 50 °C y el correspondiente ajo fresco.*

Con la finalidad de evaluar las pérdidas durante el proceso de deshidratación y la posibilidad de emplear éste procedimiento para preservar el ajo fresco que será considerado como “testigo”



es que, se realizó la prueba de “t” para la comparación de medias, empleando el software Statgraphics Plus 5.1 (ver anexo 2) cuyos valores se muestran en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2.** Concentración de alicina cuantificada en ajo fresco y el polvo obtenido en escala de laboratorio (feteado y estufa 50 °C)

Método	Nº de repeticiones	Conc. Alicina (mgg <sup>-1</sup> pf)	Concentración de Alicina (mg g <sup>-1</sup> pf)
Ajo Fresco	R1	7,55	7,58 ± 0,05 <sup>1</sup>
	R2	7,65	
	R3	7,54	
Tratamiento Testigo (estufa a 50 °C)	R1	7,28	6,45 ± 0,72 <sup>1</sup>
	R2	5,52	
	R3	6,54	

<sup>1</sup> Valores promedios (n=3) ± desviación estándar

Si bien los datos muestran una pérdida de aproximadamente un 14 % en los niveles de alicina respecto al ajo fresco, el análisis estadístico no evidenció diferencias significativas para un  $\alpha = 0,05$  % entre los niveles de alicina del ajo fresco y del método de deshidratación aludido lo que permite afirmar que estas condiciones resultaron óptimas para preservar el sistema aliina. Esta diferencia del 14% puede atribuirse principalmente a alteraciones que sufre la allinasa durante el proceso de deshidratación. Krest y Keusgen, 1999; en su trabajo aislaron allinasa de productos comerciales de ajo deshidratados y de ajo fresco y pudieron evidenciar que la allinasa obtenida de polvo de ajo es diferente de la de ajo fresco, ésta consistía de dos subunidades levemente diferentes con pesos moleculares de 53 y 54 kDa, mientras que la allinasa obtenida de ajo fresco consiste de dos subunidades idénticas.

En relación a los resultados obtenidos en la prueba de “t” se decidió emplear estas condiciones (feteado y 50 °C) para acondicionar la materia prima que será empleada como testigo de comparación en otros experimentos de deshidratación.

### 3.2. EXPERIMENTO 2: OBTENCIÓN DE POLVO DE AJO EN PLANTA PILOTO

Los objetivos de los experimentos en planta piloto fueron: 1. Comparar dos métodos de deshidratación (Spray vs. Lecho Espumado) y 2. Comparar en cada método si el empleo de aditivo encapsulante ayuda a preservar los niveles de potencial de alicina. Para evaluar los resultados, se empleó prueba de “t” para la comparación de medias, empleando el software Statgraphics Plus 5.1. (ver anexos 3, 4 y 5).



### 3.2.1. EXPERIMENTO 2.1. : Polvo de ajo obtenido en deshidratación tipo Spray. Estudio del empleo de un aditivo microencapsulante

En la siguiente tabla se visualiza los resultados obtenidos:

**Tabla 3.3.** Niveles de alicina dosados en polvo de ajo obtenido mediante la deshidratación tipo Spray con y sin el agregado de aditivos microencapsulantes

Métodos	Concentración de Alicina en el producto deshidratado (mg g <sup>-1</sup> ps)
Spray s/protección	2,59 ± 0,34 <sup>1</sup>
Spray c/protección	3,12 ± 0,16 <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Valores promedios (n=3) ± desviación estándar

Los datos fueron analizados mediante la prueba de t para comparar medias de dos muestras, y arrojó que no existen diferencias significativas entre las muestras. Es decir que para el mismo proceso de deshidratación el agregado de aditivo microencapsulante no determina un aumento significativo en el potencial alicina del producto final (ver anexo 3),.

Por otro lado, el cálculo de las pérdidas en los niveles de alicina respecto al testigo señala una pérdida del 85 % para el tratamiento de deshidratación tipo Spray sin protección y del 82 % para el tratamiento de Spray con protección. Si bien se evidencia un rendimiento sutilmente mayor de alicina mediante el agregado de goma arábica, las diferencias no resultaron significativas. Los resultados de este experimento permiten plantear un objetivo futuro tendiente a lograr la optimización del empleo de un aditivo microencapsulante, modificando sus dosis o tipos de coadyuvantes.

### 3.2.2. EXPERIMENTO 2.2.: Polvo de ajo obtenido en deshidratación tipo Lecho Espumado. Estudio del empleo de un aditivo microencapsulante

En la siguiente tabla se visualiza los resultados obtenidos:

**Tabla 3.4.** Niveles de alicina dosados en polvo de ajo obtenidos mediante deshidratación en horno de Lecho Espumado con y sin el agregado de aditivos microencapsulantes



Métodos	Concentración de Alicina en el producto deshidratado (mg g <sup>-1</sup> ps)
Lecho Espumado c/protección	2,10 ± 0,05 <sup>1</sup>
Lecho Espumado s/protección	1,78 ± 0,03 <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Valores promedios (n=3) ± desviación estándar

El análisis estadístico de los datos demostró que las muestras correspondientes a cada uno de los tratamientos no manifestaron diferencias significativas a favor del tratamiento con protección para un  $\alpha = 0,05 \%$ .

Por otro lado, al comparar el polvo producto de la deshidratación tipo Lecho Espumado con el polvo testigo, se obtuvo que la pérdida en el contenido de alicina durante su deshidratación, resultó ser de aproximadamente el 90%.

Además al hacer una comparación de medias de dos muestras entre los tratamientos Spray y Lecho espumado sin el agregado de aditivos tampoco se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas.

En conclusión, los experimentos en planta piloto mediante dos procesos de deshidratación y empleando aditivos microencapsulantes no evidenciaron diferencias significativas en los niveles de potencial alicina, aunque resulta evidente que existe una mayor preservación del sistema aliina-allinasa mediante el proceso tipo spray con el agregado de aditivo microencapsulante.

### 3.3. EXPERIMENTO 3: OBTENCIÓN DE POLVO DE AJO MEDIANTE DESHIDRATACIÓN INDUSTRIAL

Los niveles promedio de alicina cuantificados en las muestras deshidratadas en el proceso industrial resultó ser  $1,88 \pm 0,03$  mg alicina g<sup>-1</sup> producto deshidratado. La pérdida promedio durante el proceso de deshidratación industrial fue del 89 % en relación con el polvo testigo. Esta diferencia podría señalar una merma en el contenido de alicina durante su deshidratación.

Los datos obtenidos con este trabajo reflejan que en los experimentos realizados tanto en Planta Piloto como en Industria se produjeron pérdidas en el potencial de alicina que oscilaron en un rango del 82 al 90 %. Con la finalidad de obtener conclusiones generales se confeccionó la Tabla 3.5. en la cual se recopilan los datos obtenidos.



**Tabla 3.5.** Comparación de los niveles alicina dosados en los deshidratados obtenidos durante los procesos de deshidratación evaluados

MÉTODO	Potencial alicina (mg g <sup>-1</sup> producto deshidratado) <sup>1</sup>	Potencial aAlicina (mg g <sup>-1</sup> ajo deshidratado) <sup>1,2</sup>	Rendimiento en alicina del producto deshidratado, respecto al testigo (%)	Rendimiento en alicina del ajo deshidratado, respecto al testigo (%)
Spray s/protección	2,59± 0,34ab <sup>3</sup>	2,68 ± 0,36bc	14,61	15,13
Spray c/protección	3,12± 0,16b	4,03± 0,22c	17,62	22,73
Lecho esp. s/protección	1,78±0,03ab	2,34±0,17ab	10,15	15,55
Lecho esp. c/protección	2,10±0,05ab	2,76±0,18bc	11,77	13,22
Industria	1,88±0,03ab	1,88±0,03ab	10,60	10,60
Estufa 50 °C (testigo)	17,73± 2,43c	17,73± 2,43d	100	100
Estufa 100 °C	1,04± 0,03 <sup>a</sup>	1,04± 0,03 <sup>a</sup>	5,87	5,87

<sup>1</sup>Valores promedios (n=3) ± desviación estándar; <sup>2</sup> mg de alicina calculados considerando masa de ajo deshidratado sin aditivos, <sup>3</sup> Los valores seguidos por la misma letra no evidenciaron diferencias estadísticamente significativas (P< 0,05)

Del análisis de la varianza realizado a todos los tratamientos se observa que los productos deshidratados pueden agruparse en 3 grupos semejantes quedando en los extremos la deshidratación en estufa a 50 y 100 °C y el tratamiento spray con protección. En la columna siguiente en la cual se consideró el potencial alicina sólo en el ajo deshidratado el ANOVA arrojó cuatro grupos homogéneos. De estos datos se puede hacer un análisis semejante al anterior, en los grupos extremos están los tratamientos en estufa de laboratorio a 50 y 100 °C. Entre los tratamientos en escala piloto el que se diferencia sólo en un grupo es el tratamiento de spray con el agregado de aditivos. También se observa que los niveles de alicina en el ajo deshidratado procesado a escala industrial no difiere significativamente respecto a los otros productos deshidratados en planta piloto.

Entonces, como fue descripto en el capítulo I, el sistema aliina-alinasa permanece estable en los dientes de ajo enteros. Cuando el tejido de ajo es destruido se inicia la síntesis de alicina, compuesto volátil de importancia biológica. Para la obtención de polvo de ajo con altos niveles de alicina, lo que se buscó fue optimizar el proceso en orden a preservar el sistema aliina – alinasa, de modo tal que al hidratar el polvo la enzima actúe sobre el precursor generando alicina. Los efectos indeseados durante el proceso de deshidratación son: destrucción térmica de la enzima alinasa y pérdidas por volatilización de tiosulfatos (principalmente alicina) generados durante las etapas previas de acondicionamiento y procesado de la materia prima.

Considerando solamente las variables tiempo y temperatura de deshidratación el método Spray resultó más adecuado puesto que el porcentaje de pérdida de alicina fue del 85 %, en tanto que el método en Lecho Espumado la pérdida de alicina fue del 90 % (ver tabla 3.6). Esto se puede deber a que el primer método implica 7 segundos de contacto del producto a una



temperatura muy alta a diferencia del método de deshidratación por Lecho Espumado, en el cual la temperatura no sobrepasa los 50 °C, pero el tiempo de contacto con el producto es muy prolongado, aproximadamente 4 horas (pérdidas de alicina del 90 %) hasta alcanzar constancia de peso.

Las condiciones del método spray resultaron ser más benignas para la preservación de la enzima alinasa. Según la bibliografía la destrucción térmica de la enzima, se produce a los 60 °C durante 10 minutos (Méndez Laguna y col., 2008). Esto explicaría por qué el método de Spray resultó más apropiado.

En cuanto al empleo de aditivos microencapsulantes, en los métodos Spray y Lecho Espumado, en nuestro caso goma arábiga, estaría preservando entre un 1 a 3 % al principio activo del ajo, por lo que produce que las pérdidas del mismo sean menores que los otros métodos de deshidratados (Gascón, 2006).

Como conclusión general se podría recomendar continuar optimizando el proceso empleando el deshidratador tipo spray con el agregado de aditivos encapsulantes.

### 3.4. CUANTIFICACIÓN DE ALICINA EN DISTINTOS PRODUCTOS DISPONIBLES EN EL COMERCIO LOCAL

#### 3.4.1. FITOFÁRMACOS EN PASTILLAS

Los resultados de la cuantificación de alicina en tipos de pastillas de marcas comerciales se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 3.6.** Comparación de la concentración de alicina cuantificadas entre pastillas disponibles en el mercado

Tratamientos	Concentración de Alicina (mg g <sup>-1</sup> ps)
Pastilla A	1,05 ± 0,02 <sup>1</sup>



Pastilla B	0,96 ± 0,02 <sup>1</sup>
Pastilla C	n/d <sup>2</sup>
Pastilla D	n/d <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Valores promedios (n=3) ± desviación estándar

<sup>2</sup> no detectado: Límite de detección 5 µg producto (Lawson y col., 1991)

Los valores obtenidos evidencian niveles de potencial alicina, inferiores a los obtenidos en los ensayos de deshidratación precedentes.

Los rótulos no indican por lo general la composición ni en potencial alicina, ni la proporción de excipientes, por lo que no se pueden hacer cálculos al respecto. Considerando que la ingesta diaria recomendada es de 4 g de ajo por día ó 300 mg de ajo en polvo encapsulado (valorado en 1,3 % de aliína o 0,6 % de alicina o 6 mg/g) dos o tres veces al día (López Luengo, 2007), resulta evidente que es difícil de alcanzar puesto que deberían consumirse entre 12 y 18 pastillas por día. Según Lawson y col., 2001; los productos comerciales de ajo para la elaboración de pastillas se preparan o bien mediante liofilización o deshidratación a 50°C del ajo feteado. Los niveles hallados demuestran que estos fitofármacos no han sido elaborados con polvo de ajo obtenido por procedimientos menos drásticos como se recomienda para este tipo de preparaciones.

En una investigación, Lawson et al. 1991 encontró que la composición de varias marcas de tabletas de ajo tenían una gran variabilidad en cuanto a la concentración de alicina y solo en 4 de 39 marcas de tabletas de ajo analizadas encontró valores de alicina: 13 mg g<sup>-1</sup> hasta 1,65 mg g<sup>-1</sup> o productos de degradación de alicina, por lo que este autor sugirió determinar y declarar en el rótulo el contenido de componentes sulfurados.

### 3.4.2. DESHIDRATADO PARA EMPLEO COMO CONDIMENTO

Las concentraciones de alicina determinadas los cuatro tipos de polvos de ajo empleados como condimentos se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 3.7** Concentración de alicina en polvo de ajos comerciales o



---

<b>Tratamientos</b>	<b>Concentración de Alicina (mg g<sup>-1</sup> ps)</b>
Ajo triturado marca C	2,29 ± 1,33 <sup>1</sup>
Ajo en polvo marca B	1,51 ± 0,5 <sup>1</sup>
Ajo en polvo marca A	0,92 ± 0,17 <sup>1</sup>
Ajo molido marca D	0,85 ± 0,07 <sup>1</sup>

---

# CONCLUSIONES

## GENERALES



## CONCLUSIONES

---

Se logró evaluar los niveles de alicina en los distintos polvos deshidratados obtenidos mediante los procesos de deshidratación señalados en los objetivos particulares planteados.

A partir de lo expresado se concluye que:

- 1) Se obtuvo un procedimiento adecuado para la preparación de polvo de ajo, en escala de laboratorio, para ser utilizado como testigo fue mediante el feteado y la deshidratación en estufa de 50 °C, puesto que las pérdidas fueron mínimas preservándose el sistema aliina-alinasa. El empleo de estas condiciones se recomienda para la obtención de polvos con altos niveles de Potencial alicina.
- 2) En cuanto a los ensayos en planta piloto, el procedimiento que se destacó fue el que combinó deshidratación Spray con empleo de goma arábiga (aditivo microencapsulante). Lo que permite decir que las condiciones para preservar mejor los niveles de alicina fueron altas temperaturas, corto tiempo y el empleo de aditivos microencapsulantes.
- 3) En cuanto a la deshidratación en Horno de Usos Múltiples utilizados en la industria, también se evidenciaron pérdidas en los niveles de alicina y las diferencias fueron significativas.
- 4) Los resultados obtenidos mostraron que optimizando variables del proceso, como así también el tipo de cultivar de ajo utilizada (Sureño), el método de deshidratación (tipo Spray) y el empleo de aditivos microencapsulantes se puede obtener un polvo de ajo con mayor nivel de alicina que los cuantificados en los productos deshidratados disponibles en el mercado local.
- 5) De la cuantificación de alicina en cuatro fitofármacos disponibles en el comercio local, solo dos marcas manifestaron presencia de alicina con niveles muy bajos lo que nos permitiría decir que el consumo de las mismas no alcanza para cubrir la dosis diaria recomendada. En este



aspecto, cabe sugerir que se efectivice el control de calidad de los fitofármacos dosándose los niveles de principios bioactivos que indicarían las etiquetas.

6) En términos generales, podemos decir que si bien en los procedimientos evaluados las mejoras en los niveles de alicina no fueron de gran magnitud, sí se obtuvieron resultados que evidenciaron mejoras sensibles en relación con los niveles hallados en los productos disponibles en el mercado.

Finalmente, lo expresado da cuenta que se logró demostrar la hipótesis de partida: Es posible seleccionar un proceso de deshidratación industrial de ajo que permita preservar los niveles de alicina.

Por último, es necesario señalar que con el presente trabajo se propuso, hacer un aporte más a los numerosos e importantes estudios realizados sobre el ajo, en la provincia de Mendoza.



## BIBLIOGRAFÍA

---

- Auer W., Eiber A., Hertkorn E, Hoehfeld E., Koehrlé U., Lorenz A, Mader F., Merx W., Otto G. & Schmid-Otto B (1990). Hypertension and hyperlipidaemia: garlic helps in mild cases. *Incorporated Society, Nittendorf, West Germany*. [en línea]. Disponible en [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2083170](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2083170) [consulta: abril de 2010].
- Bianchini, F. & Vainio, H. (2001, set). *Allium* Vegetables and Organosulfur Compounds: Do They Help Prevent Cancer? *Environ Health Perspect* 109:893-902. [en línea]. Disponible en: [ehp03.niehs.nih.gov/.../fetchArticle.action;...01109893](http://ehp03.niehs.nih.gov/.../fetchArticle.action;...01109893) [consulta: marzo de 2010]
- Block, E. (1985). The chemistry of garlic and onion. *Scientific American* 252 (March): 114-119. .
- Block, E.; Ahmad, S.; Catalfamo, J.; Jain, M. & Apitz-Castro, R. (1986). Antithrombotic organosulfur compounds from garlic: Structural, mechanistic and synthetic studies. *Journal American Chemical Society* 108. 7045-7055.
- Brennan, G.J.; Butters, J.R.; Cowell, N.D. y Lilly A.E. (1980). *Las operaciones en la ingeniería de los Alimentos*. Zaragoza: Acribia.
- Brewster, J. (1990). Physiology of crop growth and bulbing 53-58. *Onion and Allied Crop CRC Boca Raton, Florida, USA*.
- Brewster, J. (1994). Onions and other Vegetable *Alliums*. The Biochemistry and Food Science characterization and their determination by HPLC. *Planta Medica* 56,02-211.
- British Herbal Pharmacopeia. (1990). Vol 4. London British Herbal Medicine Association.
- Brown, D.J. (1996). *Herbal Prescriptions for Better Health*. Rocklin, CA: Prima Publishing 97109. [en línea]. Disponible en: [cms.herbalgram.org/expandedE/Garlic.html](http://cms.herbalgram.org/expandedE/Garlic.html) [consulta
- Burba J.L (2006). Ajo. Un alimento natural. Introducción al conocimiento de nuevas variedades y su destino. Estación Experimental Agropecuaria La Consulta. INTA. Doc. Proyecto Ajo/INTA 079.



- Cavallito, C. y Bailey, J. H. (1944). Allicim, the antibacterial principle of *Allium sativum*. Isolatium, physical properties and antibacterial action. *J. Am Chem. Soc.* 66, 1950-1951.
- Camargo, A.; Buenanueva, A. y Capezzone G. (2000). Análisis de Alicina en *Allium sativum* L., mediante H.P.L.C. IX Jornadas de Investigación y Docencia de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCuyo. Noviembre de 2000. Resumen n° 69.
- Camargo, A. y Masuelli, R. (2001). Contenido de alicina en nuevas cultivares de ajo. En Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de ajo. Mendoza, INTA EEA, La Consulta, pp. 157-158.
- Camargo, A. y Masuelli, R. (2004). Caracterización de los cultivares de ajo en Argentina por el contenido de alicina. IV Simposio Internacional de Alliaceae. Acta de Horticultura N° 668, pp. 308-311.
- Chung Lip Yong.(2001). The antioxidant properties of garlic compounds: allyl cysteine, alliin, allicin, and allyl disulfide. *Journal of medicinal food*;9 (2): 205-13.
- Fleischauer AT, Poole C, Arab L. Garlic consumption and cancer prevention: meta-analyses of colorectal and stomach cancers. *Am J Clin Nutr.* 2000;72:1047 – 1052.
- Freeman, F & Koderá, Y. (1995). Garlic Chemistry: Stability of S-(-2-Propenyl) 2-propene. 1-sulfinothioate (Allicin) in blood, solvents, and simulated physiological fluids. *J. Agriculture Food Chemistry.* Vol. 43 p. 2332-2338.
- Gascón, A.; Muravnick N.; Suliá, P.; Ventura, L.; Bressia C. y D'Innocenzo (2006). Frutas y Hortalizas Deshidratadas. Mendoza: FCA, UNCuyo.
- Guía Médica Interactiva (2007) [CD- ROOM]. S/d.
- González, R. (2004). Evolución del contenido de Alicina durante la conservación poscosecha, para el empleo de *Allium sativum* L. en la elaboración de alimentos funcionales. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Horst Marschner Publicación basada en: Marschner H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. second edition. 889pp. London: Academic Press. [en línea]. Disponible en: [www. http://fitonutricion.awardspace.biz/](http://fitonutricion.awardspace.biz/) [consulta: 3 de abril de 2010].
- Iberl, B.; Winkler, G. & Knobloch K. (1990). Products of allicin transformation: Ajoenes and dithiins, in garlic clove homogenates. *Planta Médica*, 57. p. 263-270.[en línea]. Disponible en: [bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/1543/sotoagrarias39-1.pdf](http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/1543/sotoagrarias39-1.pdf). [consulta: 3 de abril de 2010].



- Ira Fox, S. (2003). *Fisiología Humana*. Madrid: Mc Graw-Hill-Interamericana. pp.376-419
- Instituto de Desarrollo Rural (IDR) (2008). Informe de coyuntura de ajo 2007-08. Mendoza.
- Instituto de Desarrollo Rural (IDR) (2009). Informe de coyuntura de ajo 2008-09.Mendoza.
- Journal American Chemical Society 108. pp. 7045-7055. [en línea] Disponible en:  
[linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0378874191900189](http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0378874191900189) [consulta: agosto de 2010]
- Krest and Keusgen (1999). Quality of herbal remedies from *Allium sativum*: differences between allinase from garlic powder and fresh garlic. *Planta Medica*, 65:139-143.
- Koch, H.P. and L.D. Lawson (eds.). (1996). *Garlic: The Science and Therapeutic Application of Allium sativum L. and Related Species*, 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins Publishing Co.
- Lancaster, J. E. & Boland M.J. (1990). Flavour Biochemistry. En: Breswter J.L. and Rabinowitch. *Onions and Allied Crops*. Ed. CRC. Press, Inc. Boca Raton,FI, vol 3 33-72.
- Lawson, L. and Wang (2001). Low allicin release from garlic supplements: a major problem due to the sensitivities of allinase activity. *Journal of Agricultural and Food Chem*, 49:2592-2599.
- Lawson, L.; Wang, Z. & Hughes, B. (1991). Identification and HPLC quantitation of sulfides and dialk(en)yl thiosulfinates in commercial garlic products. *Planta Médica* 57. 363-370.
- Lawson, L.; Wang, Z. & Hughes, B. (1991). HPLC analysis of allicin and other thiosulfinates nutritional effects associated with the use of garlic as a supplement: Intake of garlic and of Alliums. *Crop Production Science in Horticulture* 9. 203-212.
- Liu, L. y Yeh, Y. (2001) Cholesterol – Lowering Effect of garlic extracts and organosulfur compounds: human and animal studies. *American Society for nutritional Sciences*.
- López Luengo, M.T. (2007). El ajo: Propiedades farmacológicas e indicaciones terapéuticas. *Offarm* 26(1):78-81.
- Méndez Laguna, L. y Castaigne, F.(2008). Effect of temperature cycling on allinase activity in garlic. *Food Chemistry* 111 56-60.



- Mercado Europeo de Fitofármacos (2006). [en línea] Disponible en:  
[www.cemue.com.mx/.../Investigacion %20mercado%20sobre%20fitofarmacos%20e](http://www.cemue.com.mx/.../Investigacion%20mercado%20sobre%20fitofarmacos%20e).  
 [consulta: octubre de 2010].
- Miller, J.C. (1988). *Estadística para la Química Analítica*. Iberoamericana. Addison.
- Phelps, S. and W.S. Harris. 1993. Garlic supplementation and lipoprotein oxidation susceptibility. *Lipids* 28(5):475-477.
- Pereyra, M.; Pérez, A. y Viera, M. (2009). Contexto comercial durante 2008-09 y perspectivas para la actividad en Mendoza. XI Curso Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. 11-13.
- Reducción y Asimilación del azufre en las planta. [en línea]. Disponible en (<http://fitonutricion.awardspace.biz/contenido/08-03.html>) [consulta: mayo de 2010].
- Rabinowitch, H.D. (2002). *Allium Crop Science: Recent Advances*. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, U. K. Ch. 4. 515.
- Rahman, K.(2003).Garlic and aging: new insights into an old remedy. *Ageing Research Reviews*, 2, 1: 57-93.
- Randle, W. & Lancaster, J. (1990). Sulphur compounds in Alliums in relation to flavour quality. In: *Allium crop science: Recent advances*. Ed. Rabinowitch, H. D and Currah, L. CABI Publishing. U.K.. 329-355.
- Rivlin, R. (2001). Historical Perspective on the Use of Garlic. American Society for Nutritional.
- Silveira Rodríguez, M; Monereo Megias, S. y Molina Baena, B. (2003). Alimentos funcionales y nutrición óptima: ¿Cerca o lejos?. *Rev. Esp. Salud Publica* vol.77, n.3, pp. 317-331. [en línea].Disponible en:[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57272003000300003&lng=es&nrm=iso](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272003000300003&lng=es&nrm=iso)>.ISSN 1135-5727[consulta:12 de abril 2010].
- Singh, U.; Prithviraj, B.; Sarma, B. & Mandavi Singh. (2001) Role of garlic (*Allium sativum* L.) in human and plant diseases. *Indian Journal of Experimental Biology* vol 39 310-322.
- Soto, V.; Camargo A.; González R. y Galmarini, C. (2007). Síntesis y Purificación de ajoeno y su cuantificación en aceites comerciales de ajo. *Rev. FCA UNCuyo*. Mendoza.
- Tapia, A. y Araya, M. (2006). Estrés oxidativo, prooxidantes y Enfermedad de Crohn. *Rev Méd Chile*; 134, 95-100.





# ANEXOS

