

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Generalidades del ajo

El ajo cuya denominación científica es *Allium Sativum L.* es una planta perteneciente a la familia de las Liliáceas. Es una hierba con bulbo, erecta, entre 30-100 cm. de altura con hojas estrechas planas con pequeñas flores blancas y bulbillos. Las raíces son blancas, de 0.1 a 0.5 mm de diámetro, que llegan a profundizar hasta 40-50 cm con facilidad. El bulbo, llamado comúnmente cabeza de ajo, está formado por las yemas axilares de las hojas, desarrolladas y transformadas en órganos de reserva. Cada yema origina un diente de ajo, esta compuesto del tallo que es un disco subterráneo, de donde nacen las raíces y cuyas yemas dan lugar a las hojas y a los dientes que formarán la cabeza. Los dientes están encerrados por cáscara seca por fuera y cada diente tiene una vaina cilíndrica protectora. El filo de la hoja es lineal, plana, de 2-5 cm de ancho y con pliegues a lo largo. Las flores pueden variar en cantidad y algunas veces no tener, rara vez se abren y podrían secarse en el botón (Salunkhe y Kadam, 1998).

2.1.1 Origen y distribución del ajo

La literatura reporta que la historia del ajo inició en Asia Central, y sus países mediterráneos, los griegos, romanos, hindúes y chinos ya gustaban del ajo, mientras los egipcios (3000 años antes de cristo) lo consideraban una especie sagrada.

Se considera que el ajo cultivable *sativum* se originó en Asia Central con su antecesor *A. Longicuspis*, según (Etoh, 1986), la idea que el ajo fue totalmente estéril ha prevalecido por mucho tiempo; sin embargo, es posible que muchos de las plantas fértiles encontradas en los cinco pueblos del norte de las montañas Tien Shan, en la región soviética de Asia Central, pertenezcan a *Longicuspis*, ya que esta región esta cerca de donde dicha especie crece de forma natural. Este autor señala que es difícil distinguir *A. Longicuspis* de *A. Sativum*, y que las plantas fértiles encontradas en Asia Central son indicadores importantes de que este es el centro de origen del ajo cultivado.

El ajo fue introducido a América Latina a finales del siglo XIV, en el segundo viaje de Cristóbal Colón al Nuevo Mundo y con las subsecuentes reintroducciones provenientes de España, Islas Canarias e Italia (Jaramillo, 1994). Según Zeven y Wet (1982), la mayoría de las especies domesticadas de *Allium* que existen en América Latina provienen de Asia.

2.1.2 Terreno y Clima

Se puede emplear una alta gama de suelos con buen drenaje para el cultivo de ajo. La profundidad del suelo podría ser por lo menos de 45-60 cm de acuerdo con Rao y Purewal (1957), el ajo requiere suelos margosos bien drenados, ricos en humus con el contenido bastante bueno de la potasa. Las cosechas levantadas en los suelos arenosos o flojos tienen calidad pobre y los bulbos producidos son ligeros en peso. Los bulbos producidos en suelos pesados son deformados y durante la cosecha muchos bulbos se quiebran y contusionan. Los bulbos se decoloran gravemente en suelos enfermo-drenado. Katyal (1985), sugirió que los suelos ácidos no son buenos para el desarrollo del diente; sin embargo, un rango de pH entre 5 y 7 tuvo efectos pequeños en crecimiento y producción.

El ajo crece bajo un gran tramo de condiciones climáticas; sin embargo, no puede tolerar climas muy calientes o muy fríos. Prefiere temperaturas moderadas de verano o invierno. Períodos muy calientes o muy secos no son favorables para la formación del bulbo, Es una planta fuerte y fría, requiere un período frío y húmedo durante su crecimiento y un período relativamente seco durante la maduración del bulbo La formación de la cabeza dura muchos días y a altas temperaturas. La temperatura apropiada promedio para la iniciación del bulbo es de 25-30°C. La formación del bulbo del ajo ocurre con el alargamiento de foto períodos en el nacimiento, acelerando el proceso e incrementando la temperatura arriba de 25°C. Las bajas temperaturas durante el crecimiento pueden inducir al brote de dientes ya formados.

El ajo se propaga plantando dientes que han estado almacenados a 5°C por muchos meses. El tamaño de diente es importante, dientes grandes dan una producción más grande. La semilla debe estar libre de virus. Shinde y Sontakke (1986), recomendaron que los dientes para plantar pesaran 3.6-5.8 g. Los bulbos más grandes se podrían producir para consumo y los más pequeños para propósitos de plantación. El tamaño de los bulbos puede ser regulado espaciando las plantas. Los espacios cerrados producen bulbos pequeños.

2.1.3 Plantación

El ajo es extremadamente fuerte y sobrevive largos períodos a temperaturas bajo 0°C, en regiones templadas podría ser plantado en otoño o primavera. Estudios en fechas después del sembrado en regiones templadas mostraron que plantar en otoño da más altas cosechas que a mediados de invierno o primavera (Salunkhe y Kadam, 1998).

2.1.4 Cosecha y manejo

El cultivo del ajo está listo para cosecharse 130-150 días después de su plantación, dependiendo del cultivo, terreno y estación. En esta etapa, la planta se seca y curva a la tierra. La cosecha temprana de bulbos de baja calidad los cuales no pueden ser almacenados por largos períodos. La cosecha retrasada resulta en bulbos partidos y el rebrote de bulbos en algunos cultivos.

2.1.5 Composición Química

El ajo es una fuente rica en carbohidratos, proteínas y fósforo. El ácido ascórbico se encuentra en concentraciones muy altas en el ajo verde. El ajo contiene un aminoácido llamado alina principal precursor de Alicina, la cual es responsable del sabor y aroma en este vegetal. Al quebrar el bulbo, la enzima alinasa convierte la alina en alicina. La alicina es el componente de mayor sabor en el ajo fresco. El ajo contiene cerca de 0.1% de aceite volátil. El principal constituyente del sabor de un extracto húmedo de bulbos de ajo son compuestos con contenido de sulfuro. Durante el desarrollo del bulbo el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) contenidos disminuyeron en las hojas y raíces pero incrementaron en el bulbo. Los bulbos contienen un alto porcentaje de azúcares reductores, no reductores y proteínas (Salunkhe y Kadam, 1998).

2.1.6 Propiedades del ajo

Estudios preclínicos revelan una cercana relación entre los hábitos alimenticios y la ocurrencia de enfermedades. Una dieta alta en grasas puede incrementar el riesgo de enfermedades del corazón y de algunas formas de cáncer. Por otra parte, un alto consumo de frutas, vegetales, hierbas y algunos

Cuadro 1. Composición química del ajo y sus productos.

Nutrientes	Dientes de ajo fresco pelado	Dientes de ajo seco	Polvo de ajo deshidratado
Humedad (%)	62.80	62.00	5.20
Proteínas (%)	6.30	6.30	17.50
Grasas (%)	0.10	0.10	0.60
Materia mineral (%)	1.00	1.00	3.20
Fibra (%)	0.80	0.80	1.90
Carbohidratos (%)	29.00	29.00	71.40
Calcio (%)	0.03	0.03	0.10
Fósforo (%)	0.31	0.31	0.42
Potasio (%)	-	-	1.10
Hierro (%)	0.001	0.001	0.004
Naicin (%)	-	-	0.70
Sodio (%)	-	-	0.01
Vitamina A (IU)	-	0.40	175.00
Ácido nicotínico (mg/100 g)	0.40	0.40	-
Vitamina C (mg/100 g)	13.00	13.00	12.00
Vitamina B ₂ (mg/100 g)	-	0.23	0.08

Fuente: Salunkhe y Kadam, 1998

de sus derivados, reduce los riesgos e inclusive puede prevenir algunas enfermedades (Amagase, 2001).

El ajo y la cebolla se han cultivado desde hace muchos siglos, debido a sus sabores característicos y sus propiedades medicinales (Xiao y Parkin, 2002). El ajo en particular se considera uno de los mejores alimentos preventivos de enfermedades, debido a sus efectos potentes y generalizados (Amagase, 2001).

Entre las propiedades medicinales que se le atribuyen al ajo, se encuentran que es un estimulante gástrico y ayuda en la digestión y absorción de los alimentos, además se ha reportado que la Alicina está presente en el extracto de ajo y esta reduce la concentración de colesterol y azúcar en la sangre (Salunkhe y Kadam, 1998).

El ajo además de impartir propiedades del gusto en los alimentos preparados, existen diferentes estudios en los cuales se destacan otras propiedades en beneficio a la salud, su consumo previene enfermedades como cáncer, se obtiene además el buen funcionamiento del sistema cardiovascular debido a la reducción del colesterol, presión arterial y trombosis (Yin y Cheng, 1998).

Según Xiao y Parkin (2002), existe una larga lista de efectos biológicos y sobre la salud, que se le atribuyen a los compuestos organosulfurosos en preparaciones de tejidos extraídos del ajo y la cebolla. Muchos de estos efectos son considerados en aplicaciones en la medicina tradicional y muchos de estos efectos biológicos, han sido demostrados en varias preparaciones de tejidos vegetales pertenecientes al género *Allium*, que han sido hechas para la investigación durante la década pasada. Estos efectos pueden ser

anticarcinógenos, antimutagénicos, de protección cardiovascular, antimicrobiales, inmunomoduladores y antioxidantes.

Las actividades antioxidantes en los extractos de tejidos vegetales pertenecientes al género *Allium*, han despertado un interés particular, dado la relación entre la fuerza oxidativa y patologías tales como la arteriosclerosis, el cáncer y el envejecimiento.

2.2 Producción

2.2.1 Producción Mundial

A nivel mundial, para el período 1994-1998, la superficie cosechada de ajo se ha ubicado, en 1.03 millones de hectáreas promedio anual, con una tasa de crecimiento de 17.3%. La producción creció casi 24% promedio anual representando 11.5 millones de toneladas anuales. La producción mundial de ajo está concentrada en unos cuantos países. Así, China produce más de tres cuartas partes seguido de Corea del Sur, India, Estados Unidos y España, en conjunto representan el 98% de la producción mundial del período mencionado.

La producción de ajo en China se ha ubicado, en promedio anual en 8.44 millones de toneladas, con una tasa de crecimiento de 27.2% entre 1994 y 1998.

India el tercer productor es quien ha registrado el mayor dinamismo en la producción con una tasa de crecimiento de 40.5% y una producción promedio anual de 0.4 millones de toneladas, seguido por Estados Unidos con 20.9% y una producción promedio anual de 24 millones de toneladas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Principales países productores de ajo.
(Miles de toneladas)

País	1995	1996	1997	1998	Part. %
China	7374.08	8614.2	8864.2	8864.2	59.7447548
Corea del Sur	461.74	455.96	393.83	393.9	3.74101489
India	411.9	430	430	430	3.33721149
EU	209.56	251.74	251.74	251.74	1.69785394
España	173.6	190	192.5	190	1.40650623
Otros	1716.76	1818.19	1798.25	1818.19	13.9091799
Mundial	12342.64	13946.03	13927.52	13946.03	

Fuente: FAO, 1990.

Los rendimientos promedio de ajo en las plantaciones estadounidenses se han ubicado en 18.16 por hectáreas durante el período 1994-1998 para el caso de China, sus rendimientos fueron de 14.25 toneladas, Corea del Sur de 18.16 toneladas, en España de 10.46% toneladas, en la India de 4.24 toneladas, para el caso de nuestro país los rendimientos se ubicaron en las 7.34 toneladas por hectáreas (Cuadro 2).

En exportaciones de ajo a nivel mundial (Cuadro 3) México ocupa el quinto lugar con el 3.12% del total de toneladas para el período 1992-1998, en el año 2001 las importaciones solo representaron el 1.30% de las exportaciones, destacando también entre los principales países exportadores de ajo (FAO, 1990).

2.2.2 Producción Nacional

El ajo se cultiva en 25 Estados de la República Mexicana, de los cuales Guanajuato, Zacatecas, Aguascalientes, Puebla y Sonora son los principales productores. En ellos se concentra el 81.38% de la superficie sembrada a nivel nacional. Otros estados considerables por importancia son Querétaro, Oaxaca, Baja California, San Luis Potosí y Jalisco.

Sonora es el quinto Productor de ajo en México según superficie sembradas significando el 5.84 del país para el período 1990-2001, en el año 2000 llegó a ocupar el 10.17% de la superficie sembrada del país (FAO, 1990).

El principal estado productor en el período 1990-2001 fue Guanajuato, con una superficie de 2524 hectáreas promedio y ocupando el 33.5% de la superficie cultivada de ajo en el país, este estado tiene toda una tradición en el cultivo del ajo iniciando durante la década de los treinta. En la actualidad se

Cuadro 3. Principales países exportadores de ajo.
(Miles de toneladas)

País	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	Part. %
China	138889	325305	212627	208009	227335	238367	224570	48.04
Argentina	43778	49551	49767	47596	43555	67749	52963	10.82
Singapur	22561	41699	47093	49442	58653	33196	47097	9.14
España	6772	19479	19298	25894	32807	42318	33673	5.49
México	8843	16614	13801	15525	18138	13648	15770	3.12
Otros	96533	97002	97405	102999	124345	118274	115207	22.93
Mundial	319368	551643	441985	451460	506829	515549	491278	100

Fuente: FAO, 1990.

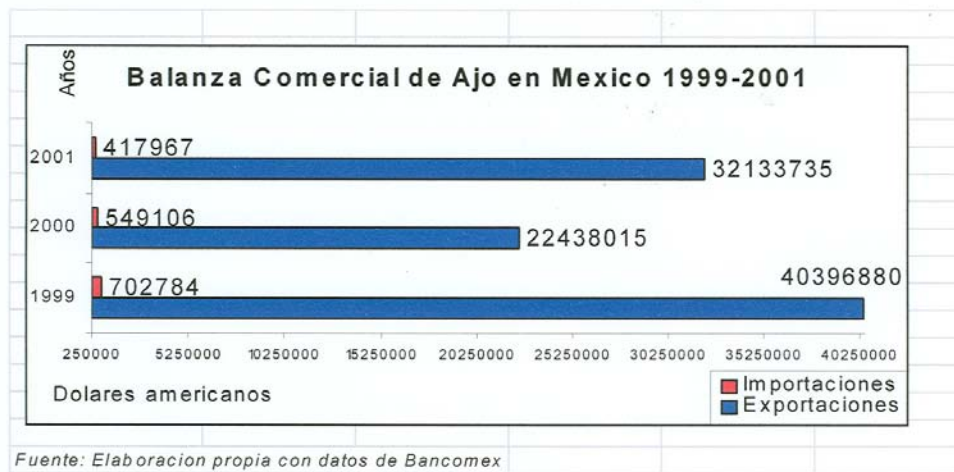
estima que el Estado aporta del 50 al 70% de las cuotas de exportación, lo que lo sitúa como el primer exportador de ajo.

México es uno de los diez principales países productores y exportadores de ajo a nivel mundial, (Figura. 1) durante el período 1990-2001 se sembró una superficie de 7534 Ha en promedio, y un rendimiento medio de 7.46 toneladas por hectárea. El 26% del ajo se exportó en fresco y el 74% restante se destinó al mercado nacional. De esta última parte el 90% fue para consumo en fresco y el 10% restante para uso industrial.

A principios de los 90's se inicia un crecimiento del consumo y fortalecimiento del mercado interno que se explica a partir de 1989 cuando Estados Unidos (principal comprador de ajo mexicano) a través de la Food and Drug Administration (FDA) decretó la detención automática del ajo mexicano de exportación, ello obligó a los exportadores a voltear como una opción donde ubicar su producto, el mercado nacional respondió positivamente y empezó a consumir ajo de calidad de exportación, registrando un alta demanda, aun cuando anteriormente se había destinado a este mercado los ajos de tamaño chico y manchados. A partir del fortalecimiento del mercado interno en el período de octubre 1991-abril 1992, México se convierte no solo en un importante consumidor sino también en un importador de ajo (especialmente de China).

Durante el período de marzo a julio se comercializa casi el 96% de los volúmenes destinados al mercado internacional. El 89% del total del volumen de exportación de ajo mexicano se vende a Estados Unidos de América.

Figura 1. Balanza comercial de ajo en México.



A la fecha, los canales de exportación del ajo mexicano son estables como consecuencia de largo período que se ha realizado esta actividad (casi 70 años). En la comercialización el mercado norteamericano el producto se concentra en Laredo, Tamaulipas y de ahí se distribuye a los diversos mercados terminales de los Estados Unidos. Según Heredia y Delgadillo (2000) en los últimos tres años el ajo mexicano ha estado en los mercados de Chicago, Los Ángeles, San Francisco, Baltimore, Atlanta, Dallas, en Estados Unidos; y Montreal, en Canadá.

2.2.3 Perspectiva del ajo en Sonora

El cultivo de ajo en Sonora se ha venido incrementando aceleradamente en los últimos 10 años, al igual que el significado económico para las regiones productoras, en estas regiones se ha logrado avanzar en la curva de aprendizaje con técnicas y formas específicas de producir ajo en cada región pivotal (García *et al.*, 1998).

El proceso de adopción de ajo en el campo sonorense ha descalzado el pequeño y mediano productor capitalista, siendo estos aquellos productores que están plenamente integrados a mercados funcionales (Delgadillo y Heredia, 2000). Los pequeños agricultores capitalistas (o granjas familiares capitalistas) son en realidad los que más se han integrado a mercados de productos e insumos (Yunes, 2000).

Si bien el ajo guarda una trascendencia particular ya que es un importante generador de empleos directos, a través de las actividades que se requieren para su cultivo como son: el desgrane, desinfectación de la semilla, la siembra, manejo del cultivo, la cosecha y empacado; la inserción de una industria que pudiese agregarle valor al producto, significaría creación de empleos y mayores ingresos para las regiones productoras colaborando a una

integración económica compleja abarcando no solo la producción y venta del producto directo de la tierra si no también el limpiado, selección, empaçado de ajo fresco y procesamiento industrial del ajo de rezaga.

Para los pequeños y medianos productores de ajo el establecimiento de una industria de ajo permitiría solucionar el problema de realización de sus cosechas y los bajos precios pagados en la tierra, una vía para montar esta industria sería la asociación de los productores de cada región pivotal unidos por voluntad e intereses propios en lo que se distinguiría la conformación de una región virtual, fundamentada en la fortaleza al concentrar la producción de ajo de los pequeños y medianos productores (Yunes, 2000).

2.2.4 Producción Regional

En Sonora la producción de ajo para el ciclo 2001-2002 en cuanto a la superficie sembrada fue de 401 hectáreas y 397 hectáreas de superficie cosechada, obteniéndose así una producción de 2,567 toneladas con un rendimiento promedio de 6.47 ton/ha. En cambio para el ciclo 2002-2003 la superficie sembrada y cosechada fue de 293 Ha y se obtuvo una producción de 1,818 toneladas con un rendimiento promedio de 6.20 ton/ha.

En un censo elaborado por el Centro de investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD, A.C.) en febrero del 2004 en el estado de Sonora, específicamente con los productores de ajo de la Región Río Sonora se obtuvieron las superficies sembradas y la producción total de cada uno de los municipios censados (Cuadros 4 y 5); así como la producción de ajo de rezaga (Cuadro 6).

La producción de ajo de rezaga fue de 190.04 toneladas para el año 2003, siendo 258.65 toneladas estimadas para el año 2004 (Cuadro 6). El ajo de rezaga que durante la selección es rechazado por diferentes causas como: el tamaño de los dientes, los daños por picaduras, el ajo que está contaminado, etc., se puede aprovechar de alguna manera en la industria de alimentos (Montoya, 2004).

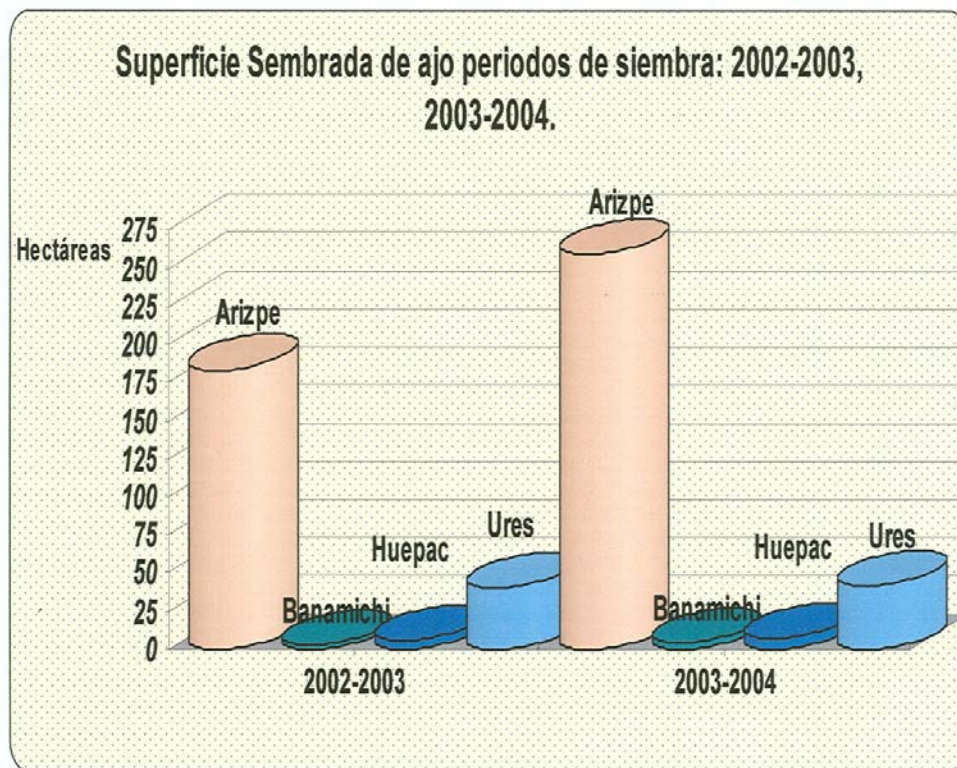
El ajo rezaga en esta región es considerado por los productores como aquel que no reúne las características de tamaño, y/o el número de dientes. Este producto puede ser aprovechado en la industria de los alimentos, en donde el tamaño no es restricción solo se requiere un producto sano. Con estos antecedentes el ajo de la región del Río Sonora presenta un gran potencial para lograr obtener un producto de calidad, nutritivo y con características que puedan proporcionar beneficios a la salud. Con el valor agregado y con mayor vida de anaquel que el producto en fresco, puede ser competitivo en el mercado del ajo procesado.

2.3 Productos de ajo

El ajo es muy usado como condimento y agente saborizante en sopas, guisos, encurtidos y ensaladas. También se utiliza en la preparación de pizzas, salsas picantes, productos a base de tomate, preparación de productos cárnicos, mariscos, etc. El ajo se usa para disfrazar el olor y el sabor de la carne y pescado salado.

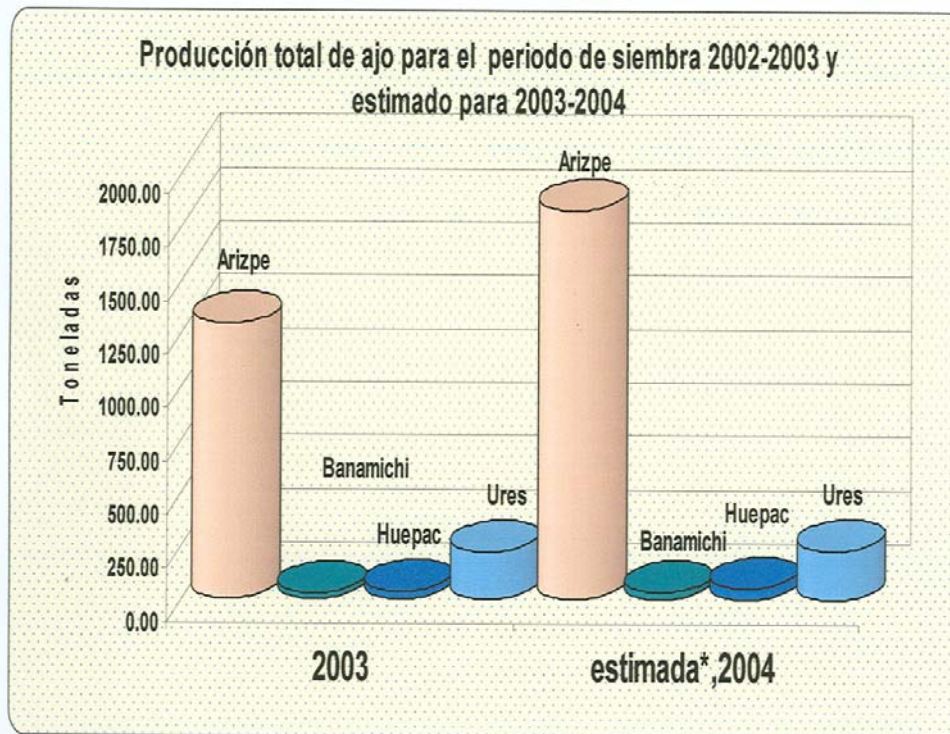
Últimamente han sido puestos en el mercado un gran número de productos de ajo entre los que se encuentran las pastas de ajo, conservas en

Cuadro 4. Superficie Sembrada de Ajo por Municipio.



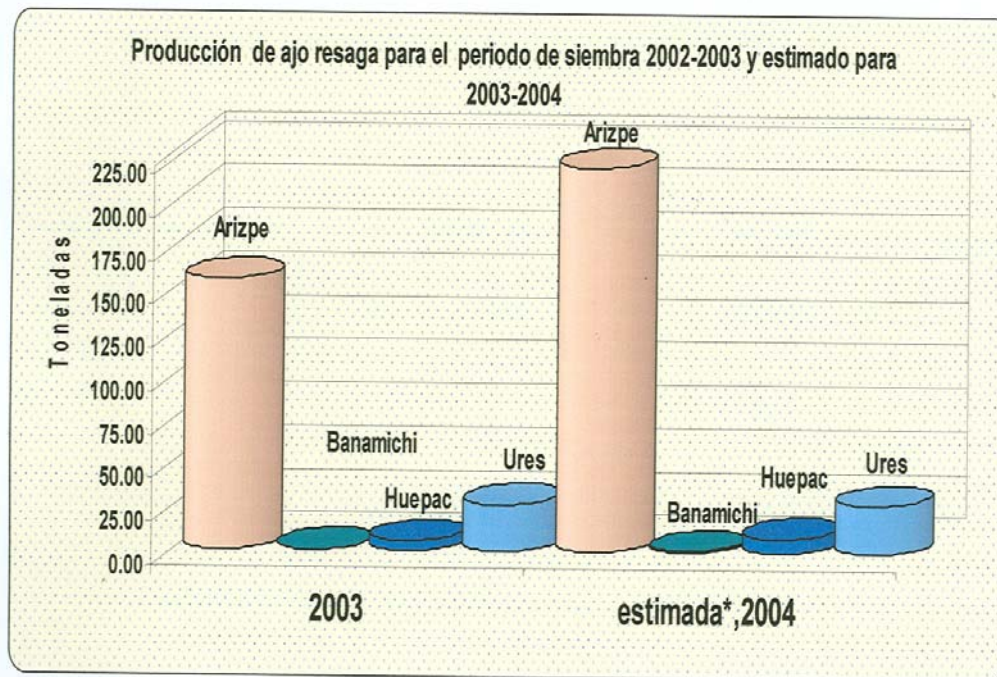
Fuente: Montoya, 2004.

Cuadro 5. Producción Total de Ajo del Río Sonora.



Fuente: Montoya, 2004.

Cuadro 6. Producción de ajo de rezaga



Fuente: Montoya, 2004.

salmuera de ajo, los productos deshidratados de ajo, aceite de ajo, incluyendo los extractos, las tabletas y las cápsulas de ajo, entre otros.

Pastas de ajo: son de consistencia semi sólida y mantienen las mismas condiciones del producto principal, permitiendo además del agregado de diversos complementos (sal, vinagre), dando como resultado un condimento en forma de extracto, de amplias posibilidades de utilización. Las pastas de ajo son elaboradas a partir de ajo fresco, siendo también de gran aplicación como condimento para aderezar todo tipo de carnes, ensaladas y comidas en general.

Conservas en salmuera: Las conservas en salmuera son dientes de ajo fresco pelados, que pueden ser utilizadas como aperitivos, en la preparación de distintas comidas, combinando ensaladas, etc. Son productos totalmente naturales, obtenidos por medios mecánicos, que no alteran su estructura y presentación.

Productos deshidratados: el ajo deshidratado es vendido como polvo, granulado, en rebanadas, cortado o picado. El ajo seco es muy usado en la formulación de mezcla de especias para carne de merienda, aderezo, ensalada, salsa y sopa mezclada y en comida de mascotas.

Aceite de ajo: El aceite de ajo se obtiene por destilación de dientes de ajo picados. El aceite comprende el 0.1-0.25% del peso del diente fresco, y 1 gr de aceite es equivalente a 200 gr. de ajo seco. Lo picante del aceite de ajo lo hace difícil de usar directamente, y es usualmente diluido en aceite vegetal ó encapsulado.

Sal de ajo: La sal de ajo tiene mucho mas potencial culinario que el polvo de ajo. Una cucharada es considerada como el equivalente de un diente de ajo fresco.

Entre los métodos de conservación más comunes para ajo, se encuentran los mínimamente procesados, deshidratado, conservas en salmuera y escabeche y las pastas de ajo. El propósito de los alimentos mínimamente procesados es proporcionar al consumidor un alimento lo más parecido al fresco pero con mayor vida de anaquel, debe ser seguro, manteniendo al mismo tiempo las características nutricionales y sensoriales del alimento. (Wiley, 1996). Por su parte las pastas son alimentos más elaborados en los cuales su propósito es ser funcionales conservando por largos períodos sus características de calidad (Salunkhe y Reddy, 1991). Como una alternativa para el aprovechamiento de ajo, que por diversas razones no puede ser comercializado en fresco, en este trabajo se plantea un estudio para la obtención de pasta de ajo y conservas tipo encurtidos. Las dos presentaciones propuestas presentan la ventaja de ser alimentos prácticos ya que pueden utilizarse sin mayor esfuerzo, simplifican las operaciones durante la preparación alimentos y además su calidad se conserva por un tiempo mayor que el ajo fresco. La vida de anaquel estimada de estos productos a temperatura ambiente es de 2 años, pueden utilizarse en la preparación de pizzas, ensaladas, salsas picantes, productos a base de tomate, preparación de productos cárnicos, mariscos, etc.

Las pastas de ajo y las conservas tipo encurtidos son alimentos acidificados. De acuerdo a las regulaciones de la FDA (Food and Drug Administration) definen a los alimentos acidificados como esos alimentos de acidez baja los cuales tienen un pH menor a 4.6 (Downing, 1996).

La acidificación es un método de preservación utilizado para prevenir el crecimiento bacteriano; si la acidificación no se controla adecuadamente a un pH menor de 4.6, se producen microorganismos tóxicos como el *Clostridium Botulinium* que puede crecer en el alimento.

Las diferentes especies de microorganismos son caracterizadas por un valor de pH específico, para el óptimo crecimiento, otras características físicas y químicas de los alimentos son factores que afectan el crecimiento de bacterias, levaduras y mohos.

En las etapas de crecimiento, de estos microorganismos, hay un factor importante que es la temperatura ya que los microorganismos mueren por exposición de temperaturas cerca del punto de ebullición del agua; cada microorganismo es clasificado de acuerdo a los requerimientos de temperatura para su crecimiento.

Cuadro 7. Relación de pH, actividad de agua y alimentos de acidez baja o acidificados.

pH	(a_w)	Acidez Baja	Acidificado
<4.5	≤ 0.85	No	No
<4.5	> 0.95	No	Si
4.6	≤ 0.85	No	No
4.6	> 0.85	No	Si
≥ 4.7	≤ 0.85	No	No
≥ 4.7	> 0.85	Si	No

2.4 Problemática Industrial

La pasta y los encurtidos de ajo son altamente demandados en los restaurantes así como por el consumidor final, debido a que es un producto práctico el cual puede ser incorporado rápidamente en la preparación de alimentos. Sin embargo, presentan problemas como la pérdida de sabor y color durante la vida de anaquel.

Algunas de las restricciones principales para alcanzar la colocación del producto en el mercado es la calidad que se obtiene ya que no alcanza el color requerido y el cambio de sabor en el ajo procesado que principalmente es afectado por las diferentes condiciones del proceso.

La pasta por su parte es preparada a partir de ajos escaldados (Figura 2). Esta operación es muy utilizada en la industria de frutas y hortalizas; es una operación fundamental y crítica para estabilizar el color, sabor, aroma, textura, calidad nutricional y reducir la cuenta microbiana en frutas y hortalizas, que se efectúa utilizando agua caliente entre 65 y 100°C durante un tiempo específico para cada producto (Poulsen, 1986; Williams *et al.*, 1986), en otros casos puede emplearse vapor o microondas (Juliot *et al.*, 1989; Ponne *et al.*, 1994). En el caso de ajo las condiciones utilizadas son temperatura de 90°C por un tiempo de 15 minutos. Está bien documentada la necesidad de optimizar el escaldado de acuerdo a una enzima indicadora ya que se corre el riesgo de un sobre-escaldado. En la siguiente etapa el ajo pasa a la etapa de reducción de tamaño en donde se obtiene una pasta de tamaño uniforme, sin embargo la superficie queda expuesta a reacciones enzimáticas y no enzimáticas las cuales ocasionan deterioración en el color, pérdida de sabor y humedad, así como el desarrollo de microorganismos. En etapas subsiguientes se realiza nuevamente un segundo tratamiento térmico la pasteurización, la cual se efectúa a temperatura de 90°C por un tiempo de 15 minutos. Por lo anterior todos estos factores como son tiempos temperaturas altas y la operación de reducción de tamaño, disminuyen sensiblemente la vida de anaquel de las pastas y encurtidos de ajo, debido a la pérdida de sabor, olor y color. Los encurtidos aunque no experimentan la etapa de corte propiamente como las pastas, reciben de igual formas dos tratamientos térmicos.

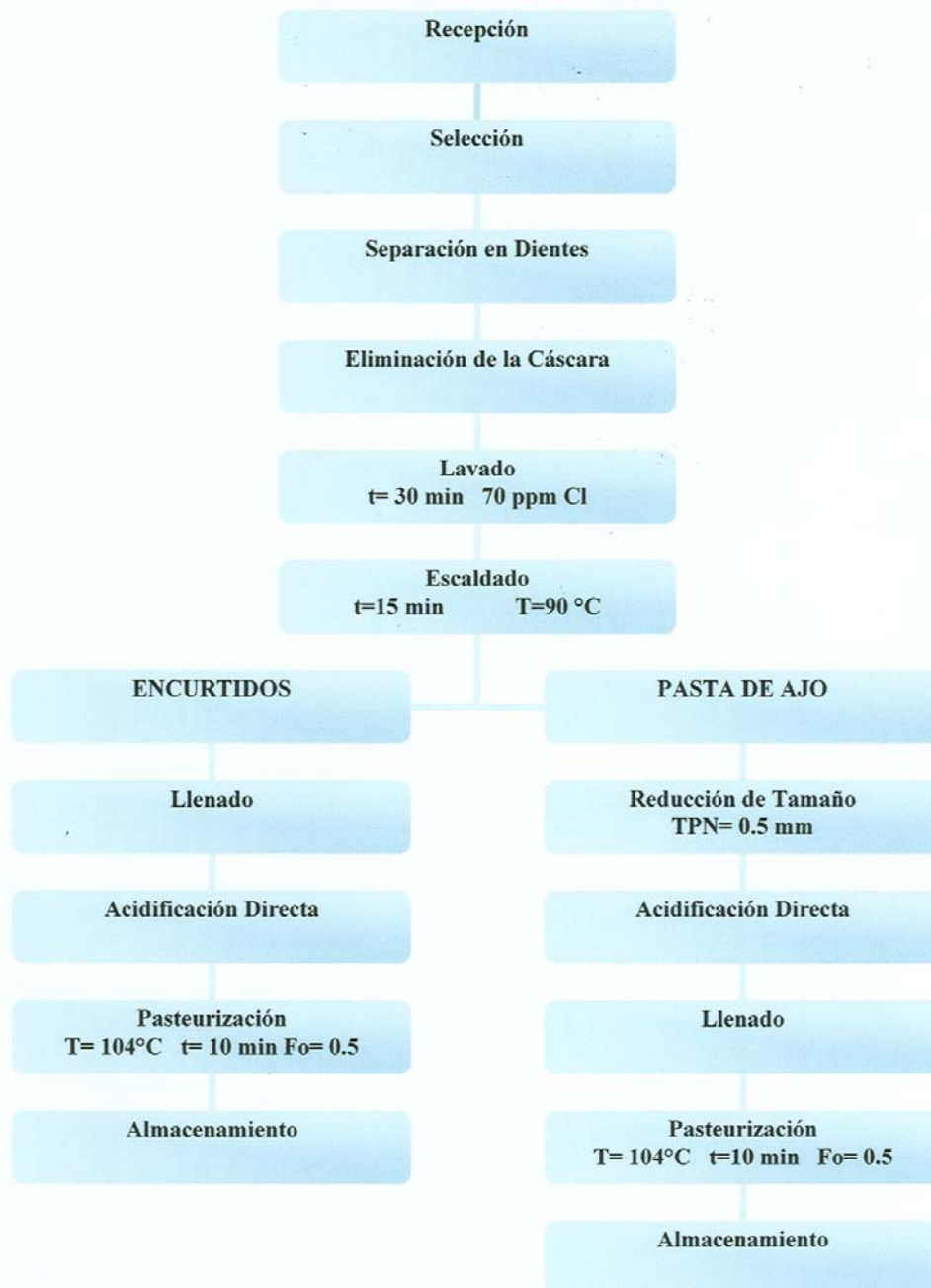


Figura 2. Diagrama de encurtidos y pasta de ajo en forma comercial

2.4.1 El sabor y aroma en ajo

Estos dos atributos pueden apreciarse en un alimento, la ausencia o el deterioro de alguno que ellos afecta la calidad sensorial del mismo, resultando una menor aceptación o el rechazo por parte del consumidor.

El sabor y aroma en ajo es debido a la formación de compuestos organosulfurados, los cuales se producen a partir de Alinasa, la cual reacciona con Alicina. Esta reacción ocurre cuando el ajo sufre daños como la reducción de tamaño. Los compuestos formados por esta reacción son tiosulfonatos, el 80 % de ellos es Alicina la cual es la responsable del sabor y aroma en ajo. Existe una relación entre la pungencia y el contenido de alicina en ajo picado (Kim *et al.*, 1994; Harris, 1997); su mayor intensidad es considerada después de la etapa de corte, es en donde se encuentra la mayor producción (Harris, 1997, Stoll y Seebeck., 1951; Block, 1992); sin embargo, si el tiempo de residencia en esta etapa es largo, este compuesto puede perderse rápidamente. Por otro lado, la obtención de alicina no puede ocurrir después de que el ajo es cocido ya que se inactiva completamente la acción de Alinasa (Harris, 1997). Por su efecto pungente en el proceso comercial se considera inactivar a la enzima Alinasa durante el escaldado para evitar este efecto (Stoll y Seebeck., 1951; Block, 1992; Rejano *et al.*, 1997; Mochizuky *et al.*, 1988). Con el escaldado en los productos de ajo se busca inactivar enzimas responsables del deterioro del color y del sabor que tuvo un efecto positivo en la inactivación de Alinasa en productos de ajo (Mochizuky *et al.*, 1988). Otros estudios como el de Rejano *et al.*, (1997) demostraron que el escaldado en agua a 90°C durante 15 minutos tuvo efectos positivos sobre el ajo procesado en encurtidos ya que se eliminó el sabor pungente mediante la inactivación de Alinasa, se eliminó la formación de colores indeseables, la producción de gas y se evitó la reducción de firmeza. Sin embargo, puede causar pérdida de nutrientes y textura (Mochizuky *et al.*,

1988; Rejano *et al.*, 1997); eliminando además en gran parte el sabor y aroma en estos productos.

2.4.2 Cambios de Color en Productos de Ajo

El cambio de color, otros de los problemas de los productos de ajo, puede presentarse en dos maneras: desarrollo de pigmentos de color café y de color verde. Los pigmentos de color café puede ser atribuidos a la actividad de Polifenoloxidasa y Peroxidasa las cuales en presencia de oxígeno reaccionan con compuestos fenólicos para la producción de pigmentos de color café, esta oxidación de compuestos fenólicos, tal como el ácido pirogálico, por polifenoloxidasa en sustancias quinona. Las sustancias quinona pueden formar un complejo con compuestos amino o sufrir una condensación y polimerización para producir productos altamente oscuros. La aplicación de un agente reductor (ácido ascórbico, cisteína, bisulfito de sodio y flavonoides) aparecen para retardar el oscurecimiento del tejido de la planta (Bae y Lee, 1990; Kang y Lee, 1999; Park *et al.*, 1998).

Existe poca información acerca del cambio de color a la tonalidad verde en productos de ajo durante el almacenamiento. Sin embargo, es conocida la reacción de la alicina y el aminoácido S-1-propenil-L-cisteína sulfoxido que durante el almacenamiento a temperatura de 25 °C reaccionan y se forman estos compuestos que producen una pigmentación verde en pasta de ajo (Li *et al.*, 1997).

2.5 Alternativas para la Industrialización de Ajo

Uno de los nuevos conceptos que van tomando mayor repercusión en nuestro país es el de los alimentos funcionales, es decir, "un alimento puede ser

considerado como funcional, si se demuestra satisfactoriamente que aporta una acción benéfica en una o más funciones en el organismo, más allá de sus efectos nutrimentales adecuados, de forma que resulte relevante, ya sea para mejorar el estado de salud y bienestar o para reducción de riesgos de enfermedades”.

El nombre de funcionales se emplea con frecuencia por los países europeos, y en los E.U. se ocupa más el de alimentos nutraceuticos, aunque en el fondo, los productos clasificados pueden incluir alimentos de uso médico, alimentos enriquecidos con vitaminas, minerales, aminoácidos, etc.

Los “alimentos nutraceuticos” reducen riesgos de hipertensión o diabetes, disminuyen el colesterol, mejoran las defensas, retrasan el envejecimiento y ayudan a mantener un buen estado físico, (Industria Alimentaria, 2001).

Dentro de la clase de los alimentos funcionales se encuentran los Tioles (contienen azufre) que están presentes en el ajo y de esta clase se derivan los sulfidos alílicos, donde el ajo y la cebolla son los más potentes en esta suclase de tioles. Los sulfidos alílicos en estas plantas son liberados cuando las plantas son cortadas o majadas.

Una vez que el oxígeno llega a las células de las plantas, se generan varios productos de bio-transformación, como son la alicina y el sulfito dialílico que son los que poseen propiedades antimutagénicas y anticarcinogénicas (Tadi, 1992).

Ejemplos de Alimentos Funcionales

CLASE/COMPONENTE POTENCIAL	FUENTE	BENEFICIO
Carotenoides (alfa-caroteno)	Zanahoria, frutas y Vegetales	Neutraliza los radicales libres que pueden causar daños a los componentes de células
Fibra Dietética (fibra insoluble)	Salvado de trigo y avena	Reduce el riesgo de cáncer de pecho o colon y enfermedades cardiovasculares
Sulfides, Tioles (sulfuro de Dialil)	Ajo y cebolla	Disminuye el colesterol LDL, mantiene saludable el sistema inmunológico

En la actualidad la alicina se considera como el compuesto biológicamente activo mas importante en el ajo, ya que además de aportar el sabor y aroma es la responsable de sus propiedades beneficiosas para la salud, tales como la protección del sistema cardiovascular, disminuyendo el nivel de los lípidos en sangre, baja la tensión y el nivel de glucosa debido a su efecto hipotensor e hipoglucemiante. (Cantwell, 2000; Salunkhe y Kadam, 1998; Amagase, 2001; Yin y Cheng, 1998). Sin embargo, puede perderse rápidamente con las altas temperaturas y en la reducción de tamaño (Mochizuky *et al.*, 1988; Rejano y Sánchez, 1997).

Por lo anterior, para obtener un alimento funcional de ajo se requiere lograr un balance entre la cantidad de Alicina en el producto, el sabor pungente y el desarrollo de color verde en los productos de ajo.

2.5.1 Quitosano

En los últimos años el uso del quitosano ha tomado gran interés por sus diversas aplicaciones en las áreas biomédica, alimentos y química industrial (Muzzarelli, 1997; Knorr, 1984). El quitosano es un biopolímero no tóxico y natural que se obtiene a partir de la cáscara de camarón o jaiba; reúne una serie de características físicas, químicas y biológicas que justifican su introducción en la formulación de alimentos. Puede mejorar las características nutricionales, higiénicas y/o sensoriales de los mismos. El quitosano puede cumplir el rol de fibra funcional. Además posee propiedades emulsificantes, antimicrobianas, antioxidantes y gelificantes (Agulló y Mato, 2004) sus aplicaciones se basan en su carácter policatiónico que le permite interactuar y adherirse a superficies cargadas negativamente, así como formar complejos metal-ion (Onsoyen, 1989). Destaca la inocuidad del quitosano, su dosis letal (DL₅₀), en ratas, es de 16 g/kg de peso corporal. Esto sitúa al quitosano en el nivel del azúcar y lo hace menos tóxico que la sal. Por esta razón el quitosano ya ha sido aceptado como suplemento dietario ó como aditivo alimentario por la legislación de varios países entre ellos, Italia, Francia, Noruega, Estados Unidos, Argentina y Japón (Agulló y Mato, 2004).

Las aplicaciones del quitosano en alimentos son variadas puede intervenir evitando el encafecimiento enzimático. Como es el caso de Lichi (Zhang y Quantick, 1997), jugos de manzana y pera (Sapers, 1992). En nopal congelado disminuye la acción de Peroxidasa y Polifenoloxidasa (Robles, 2003; Ayala, 2003). Dong *et al.*, (2003) demostraron que no solo disminuye la acción de Polifenoloxidasa sino también Peroxidasa en Lichi. Se ha empleado además como adsorbente de intercambio iónico en la clarificación de bebidas y vinos (Noomhornm *et al.*, 1998), en fresas y tomate retarda la pudrición debido a *Botrytis cinerea* y *Rhizopus* sp. (Ahmed *et al.*, 1992; Zhang y Quantick, 1998).

Dentro de las características organolépticas del quitosano hay una característica adversa: la sensación de astringencia que produce cuando se ingiere. Este compuesto se comporta como los polifenoles cuando se disuelve en un medio ácido (Agulló y Mato, 2004). Pruebas sensoriales con soluciones ácidas de quitosano a concentraciones de 1% , demostraron que la astringencia es menor a pH altos, sin embargo para pH entre 4 y 4.5 se percibe con mayor intensidad (Rodríguez *et al.*, 2003). Sin embargo, en fresas cuando se utiliza como película en las mismas concentraciones, un panel entrenado y uno a nivel consumidor concluyeron que no existen cambios en sabor, dulzura y firmeza entre fresas con tratamiento y las no tratadas (Han *et al.*, 2004).

Este compuesto tiene además un gran potencial en alimentos como película comestible debido a que es una excelente barrera para el oxígeno (Conca y Yang, 1993; Anker, 1996). Esta característica le da al alimento la posibilidad de extender su vida de anaquel ya que los cambios de sabor y color desarrollados son mínimos. En zanahorias mínimamente procesadas cubiertas con quitosano se encontró que este reduce la carga microbiana y pérdida de peso, así como también los cambios de color, incrementando así su vida de anaquel (Argaiz, 2004). En tomates se conserva la firmeza durante el almacenamiento incrementando la vida de anaquel (Díaz *et al.*, 2004). Con el recubrimiento al nopal le permite evitar la deshidratación y el drenado del líquido (Robles, 2003; Ayala, 2003).

2.6 Proceso térmico

La aplicación de calor a los alimentos se remonta a los tiempos en que el ser humano descubrió cómo hacer fuego y observó empíricamente los beneficios que esta práctica aportaba. Actualmente, el proceso térmico es uno de los tratamientos que hacen posible la existencia de productos sanos con

mayor vida de anaquel. El tratamiento térmico permite que las conservas se puedan almacenar a temperatura ambiente garantizando su seguridad.

La aplicación del calor en los alimentos tiene varios objetivos. El primero de ellos es convertir a los alimentos en digestibles, hacerlos apetitosos y mantenerlos a una temperatura agradable para consumirlos.

Del mismo modo, los tratamientos térmicos persiguen destruir agentes biológicos, como bacterias, virus y parásitos con la finalidad de obtener productos más sanos y con mayor vida de anaquel, debido fundamentalmente a la eliminación o reducción de los microorganismos causantes de la alteración de los alimentos; y disminuir la actividad de otros factores que afectan a la calidad de los alimentos, como determinadas enzimas (por ejemplo, las que producen el oscurecimiento de los vegetales cuando éstos son cortados).

El tratamiento térmico que precisa cada alimento depende de la naturaleza de cada producto. Algunos sólo permiten ciertas temperaturas pues, de otro modo, provoca cambios en su aspecto y su sabor. En otros, sin embargo, las altas temperaturas no producen alteraciones. De cualquier forma, cuanto mayor es el tratamiento térmico, mayor número de gérmenes se destruyen, ya que al someter a los microorganismos a una temperatura superior a la que crecen, se consigue la coagulación de las proteínas y la inactivación de las enzimas necesarias para su normal metabolismo, lo que provoca su muerte o lesiones subletales.

Por tanto, las temperaturas altas aplicadas en los alimentos actúan impidiendo la multiplicación de los microorganismos, causando la muerte de las formas vegetativas de éstos o destruyendo las esporas formadas por ciertos microorganismos como mecanismo de defensa frente a agresiones externas.

Cuanto mayor sea la cantidad de microorganismos que se encuentren en el alimento, más tiempo se tardará en reducir el número de supervivientes a un valor determinado. Por eso, el sistema de preparación de cada producto precisa de diferentes combinaciones de tiempo y temperatura.

2.6.1 La pasteurización

Es un tratamiento relativamente suave (temperaturas normalmente inferiores a 100 grados), que se utiliza para prolongar la vida útil de los alimentos, conserva los alimentos por medio de la inactivación de sus enzimas y por destrucción de los microorganismos sensibles a altas temperaturas (bacterias no esporuladas, como levaduras y mohos), provocando cambios mínimos tanto en el valor nutritivo como en las características organolépticas del alimento (Downing, 1996).

La intensidad del tratamiento y el grado de prolongación de su vida útil se ven determinados principalmente por el pH. El objetivo principal de la pasteurización aplicada a alimentos de acidez baja (pH menor a 4,5) es la destrucción de las bacterias patógenas, mientras que en los alimentos de pH superior a 4,5 persigue la destrucción de los microorganismos causantes de su alteración y la inactivación de sus enzimas (Downing, 1996).

Los tiempos y temperaturas de tratamiento varían según el producto y la técnica de pasteurización. Hay un método de temperatura alta y tiempo corto (pasteurización alta) en el que la temperatura es de 71,7 grados y el tiempo de 15 segundos; y otro de temperatura baja y tiempo largo: son 62,8 grados durante treinta minutos, aproximadamente (Downing, 1996).

Algunos alimentos líquidos o semisólidos, son pasteurizados después del llenado. En el caso de envases de vidrio, se utiliza normalmente agua caliente y en envases de metal o plástico son procesados utilizando una mezcla de vapor

y aire. En todos los casos el alimento se enfría aproximadamente a 40 °C para condensar el vapor generado en el espacio de cabeza y así producir un vacío (Fellows, 2000).

2.6.2 Velocidad de penetración de calor en el envase.

Esta velocidad de penetración es el calor que se transfiere a través de vapor o agua presurizada en un envase y dentro del alimento. Generalmente el coeficiente de superficie de transferencia de calor es alto y no es un factor limitante para la transferencia de calor. Existen algunos factores importantes que influyen en la velocidad de penetración de calor de un alimento que son:

-Tipo de producto: en los alimentos líquidos, las corrientes de convección natural son más estables al calor que los alimentos sólidos en los cuales el calor se transfiere por conducción. La baja conductividad térmica en los alimentos es la mayor limitante para la transferencia de calor por conducción que en los alimentos calientes.

-Medida del envase: en envases pequeños la velocidad de penetración de calor es más rápida que en envases grandes, dándose la penetración hacia el centro del envase.

-Agitación del envase: la agitación incrementa la eficiencia de las corrientes de convección natural y con eso se incrementa la velocidad de penetración de calor en los alimentos viscosos o semi-sólidos, esta agitación debe ser en forma axial.

-Temperatura de la retorta: la diferencia entre un alimento con temperaturas altas y temperaturas medianas es causada por la velocidad de penetración de calor.

-Forma del envase: los envases altos promueven corrientes convectivas en los alimentos calientes.

La velocidad de penetración de calor es medida por un termopar colocado en el centro de un envase para registrar las temperaturas en un alimento, durante el procedimiento. Es asumido que todos los puntos en los envases reservan más calor y son, por lo tanto, métodos adecuados. Una esterilización continua contiene temperaturas mínimas registradas que puede ser transmitida por el centro de un envase para medir la penetración de calor.

En los envases cilíndricos el centro del envase es el centro geométrico que conduce al calor en los alimentos y aproximadamente a un tercio del centro del envase se da la convección en los alimentos (Fellows, 2000).

El calentamiento convectivo es más rápido que el calentamiento conductivo y la velocidad depende en su mayor parte de la viscosidad de un alimento.

2.6.3 Valor Fo

Una curva típica de calentamiento es representada gráficamente como temperatura contra tiempo en papel gráfico semilogarítmico. Una curva de calor "quebrada" ocurre cuando un alimento es inicialmente calentado por calor convectivo pero después es sometido a una transición rápida de calor conductivo.

El tiempo de destrucción térmico (TDT), o valor de F, es usado como base para comparar el calor de esterilización. Este es el tiempo requerido para realizar una reducción específica en los números microbianos que nos da la

temperatura y que estos representan el tiempo-temperatura total para un alimento. Este es citado para indicar la temperatura de la retorta y el valor Z de los microorganismos. Por ejemplo, el proceso de operación a 115°C basado en un microorganismo con el valor Z de 10°C es expresado como $F^{10/115}$. El valor de F quizá también es continuo del tiempo requerido para reducir los números microbianos por un múltiple del valor de D. Este es encontrado usando:

$$F = D (\log \eta_1 - \log \eta_2) \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

η_1 =es el número inicial de microorganismos

η_2 =es el número final de microorganismos

Una referencia del valor F (F_0) es usado para describir el proceso de operación a 121°C el cual es basado en un microorganismos con un valor de Z de 10°C. El típico valor de F_0 es de 3-6 minutos para vegetales en salmuera, de 4-5 minutos para crema de sopas y de 12-15 minutos para jugo de carne.

Debido a que comúnmente se asume un valor z de 10°C (18°F) para las esporas, los valores F calculados con este valor se han convertido en standard y son designados como F_0 la temperatura de referencia es habitualmente 121°C (250°F).

En este contexto debe ser mencionado también que la conexión entre el tiempo y la temperatura de esterilización se puede expresar además según el valor F_0 de acuerdo con la siguiente función logarítmica:

$$F_0 = (t/60) * 10^{(T-121)/Z} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

t= tiempo de esterilización en segundos

T= temperatura de esterilización en °C

z= un valor que expresa el incremento en la temperatura para obtener el mismo efecto letal en 1/10 del tiempo.

El valor varía con el origen de las esporas y puede ser fijado generalmente en 10°C. Fo es igual a 1 luego de que el producto es calentado a 121.1°C durante un minuto.

2.7 Calidad en productos acidificados

2.7.1 Actividad de Agua (Aw)

El coeficiente de actividad de agua también llamado como agua libre constituye el agua no ligada, aprovechable por los microorganismos y representa un factor muy importante en el proceso de proliferación de éstos en los alimentos.

Se debe tener en cuenta y no confundir la actividad de agua, es decir, las moléculas de agua que se encuentran no ligadas, con el contenido total de agua del alimento o agua de composición.

En la salmuera por ejemplo que contiene 90% de agua, el coeficiente de actividad de agua es muy bajo ya que la mayoría de las moléculas de NaCl están ligadas con el agua y no existe prácticamente agua libre.

La mayoría de los microorganismos se bien a una a_w menor a 0.6 , sin embargo en algunos alimentos es requerido actividades de agua mayores, por

lo que una combinación de pH con a_w puede lograr un buen efecto; por ejemplo, para el caso de alimentos acidificados se requiere de $\text{pH} \leq 4.6$ con actividad de agua alta (Fellows, 2000).

2.7.2 Ácido Ascórbico (Vitamina C)

Lograr la retención del ácido ascórbico en los alimentos que han sido procesados térmicamente, ha sido motivo de muchas investigaciones ya que, dada su alta termosensibilidad, se destruye en cada uno de los diferentes pasos que se requieren en los procesos como lo es el pretratamiento (lavado, pelado, escaldado, etc.). Algunos autores indican que el escaldado ayuda a conservar el ácido ascórbico en los productos deshidratados posiblemente por la inactivación de las enzimas dañinas (Badul, 1993; Martínez, 2003; Cano, 1996).

La vitamina C se encuentra distribuida extensamente en el reino de las plantas, encontrándose principalmente en los cítricos y vegetales de hojas verdes (Seib, 1982; Rosly, 1991). Es la menos estable de las vitaminas y pertenece al grupo de vitaminas hidrosolubles y posee importantes funciones antioxidantes (Alcántara, 2001; Hussein *et al.*, 2000), sin embargo, su contenido es muy variable, dependiendo del grado de madurez, la época de recolección o su almacenamiento. Es decir, que la mayoría de las pérdidas del ácido ascórbico es acelerada por altas temperaturas durante el almacenaje, es muy sensible a la luz y en contacto con el aire se oxida perdiendo su actividad (Dosamante, 1997; Erichsen, 2001), detalles que si no se toman en cuenta junto con el procesamiento pueden ocasionar pérdidas en los alimentos de hasta 90-100% (Moraleda, 1999).

En general el ácido ascórbico es necesario para la salud humana ya que juega un papel fundamental en la formación del colágeno, una proteína que es el principal constituyente de los tendones y también se encuentra presente en la piel, huesos, dientes, así como en la metabolización de las grasas, por lo que se le atribuye el poder de reducir el colesterol (Dosamante, 1997), otras de las funciones de la vitamina C es la participación en el organismo ya que lo protege de los radicales libres, ayuda en la absorción de hierro, inhibición de la formación de nitrosamina, biosíntesis de aminoácidos, formación de adrenalina, detoxificación en el hígado, aumento en el sistema inmune, además reduce el riesgo de arteriosclerosis, enfermedades cardiovasculares y algunas formas de cáncer (Howard *et al.*, 1994; Lee y Kader, 2000; Yahia *et al.*, 2001), entre otras enfermedades.

Byers y Perry (1992), indicaron que la vitamina C previene el cáncer inhibiendo la formación de compuestos N-nitrosos en el estómago y estimula el sistema inmune, Witte (1985) ha demostrado que la vitamina C inhibe ciertas células del cáncer.

2.7.3 Capsaicina

La capsaicina o capsicina es el más abundante de los capsaicinoides y el principal responsable de la pungencia o comportamiento picante, en mayor o menor grado, de los frutos de la familia Capsicum, localizándose, fundamentalmente, en sus semillas y membranas. Aunque el compuesto se aisló por primera vez en 1846 y su estructura química se determinó en 1919 (Szallasi y Blumberg, 1999), su empleo en actividades no culinarias es mucho más antiguo.

La capsaicina es un compuesto orgánico de nitrógeno de naturaleza lípida, frecuentemente clasificado, de forma errónea, como un alcaloide. El nombre fue aplicado, en 1876, a un compuesto incoloro aislado de la oleoresina del *Capsicum*. En los años 60 el compuesto natural fue adecuadamente caracterizado.

Su fórmula molecular se corresponde a $C_{18}H_{27}NO$, poseyendo un color rojo-naranja, pudiéndose almacenar durante años en forma estable. La capsaicina purificada, diluida cien mil veces, sigue siendo tan activa que aun es capaz de producir ampollas en la lengua. La capsaicina es la responsable de la sensación de ardor, e incluso dolor, en la mucosa oral. La capsaicina también posee cualidades descongestivas y a concentraciones adecuadas, favorece en el cerebro la producción de endorfinas, que son moléculas que promueven la sensación de bienestar.

La capsaicina, además de su tradicional importancia como saborizante, recientemente ha recibido atención por otras propiedades biológicas, donde muestran que el consumo de capsaicina disminuye el riesgo de desarrollar cáncer estomacal (Buiatti *et al.*, 1989) y protege a animales de laboratorio contra los efectos dañinos de la nitrosamina y el benzopireno, dos carcinógenos presentes en el tabaco y el humo del cigarro, respectivamente (Modley *et al.*, 1986). Pero el uso terapéutico de la capsaicina podría ir mucho más allá de sus efectos antioxidantes.

En los frutos del género *Capsicum*, la capsaicina es el componente mayoritario. La dihidrocapsaicina y otros componentes minoritarios constituyen un grupo de compuestos denominado capsaicinoides, donde todos ellos comparten la misma estructura en la parte amida y varían ligeramente en la estructura de la cadena ácida. La nonivamida comprende una cadena

saturada lineal (C:9) de fácil síntesis, por lo que se ha denominado capsaicina sintética aun cuando como ya se mencionó, existe en forma natural en los frutos del género *Capsicum*.