



UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
GÓMEZ PALACIO



---

# **PROPIEDADES Y BENEFICIOS DE LOS ALIMENTOS FUNCIONALES**

**TOMO I**

**DE LA MEMORIA DEL CURSO OPCIÓN TESIS  
ALIMENTOS Y COMPONENTES FUNCIONALES**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO EN ALIMENTOS**

**PRESENTAN:**

**DULCE LARISA HERNÁNDEZ BONILLA  
MAYRA RAMÍREZ PORTILLO  
MARÍA DEL SOCORRO RIVAS AGUILERA  
VIRIDIANA RIVERA CISNEROS  
MIRIAM RIVERA FUENTES**

Gómez Palacio, Dgo.

Diciembre 2014



UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
GÓMEZ PALACIO



---

# **PROPIEDADES Y BENEFICIOS DE LOS ALIMENTOS FUNCIONALES**

**TOMO I**

DE LA MEMORIA DEL CURSO OPCIÓN TESIS

**ALIMENTOS Y COMPONENTES FUNCIONALES**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO EN ALIMENTOS

PRESENTAN:

**DULCE LARISA HERNÁNDEZ BONILLA  
MAYRA RAMÍREZ PORTILLO  
MARÍA DEL SOCORRO RIVAS AGUILERA  
VIRIDIANA RIVERA CISNEROS  
MIRIAM RIVERA FUENTES**

APROBADA POR EL COMITÉ DE REVISIÓN:

**M. C. MIGUEL AGUILERA ORTIZ**

**M. C. JUAN JOSÉ MARTÍNEZ GARCÍA**

**M. C. AGUSTÍN ROMÁN VÁZQUEZ**

Gómez Palacio, Dgo.

Diciembre 2014



UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
GÓMEZ PALACIO



---

# **PROPIEDADES Y BENEFICIOS DE LOS ALIMENTOS FUNCIONALES**

**TOMO I**

**DE LA MEMORIA DEL CURSO OPCIÓN TESIS  
ALIMENTOS Y COMPONENTES FUNCIONALES**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO EN ALIMENTOS**

**PRESENTAN:**

**DULCE LARISA HERNÁNDEZ BONILLA  
MAYRA RAMÍREZ PORTILLO  
MARÍA DEL SOCORRO RIVAS AGUILERA  
VIRIDIANA RIVERA CISNEROS  
MIRIAM RIVERA FUENTES**

**APROBADO POR EL DIRECTOR:**

**M. C. MIGUEL AGUILERA ORTIZ**

Gómez Palacio, Dgo.

Diciembre 2014

## **DEDICATORIAS**

Esta parte del documento es opcional y el formato para su escritura queda a criterio del autor, sin embargo a continuación se muestra un ejemplo.

**A MIS PADRES**

Que siempre me brindaron su apoyo

**A MIS HERMANOS Y FAMILIARES**

A María Guadalupe, Jorge Luis, Adriana, Silvia, Mariza y Marco Antonio Hernández.

## **AGRADECIMIENTOS**

También es opcional.

A Dios que me permitió terminar mi carrera.

Al M. C. Juan José Martínez por su apoyo durante toda esta etapa.

A todos los maestros de esta Facultad que durante el transcurso de la carrera nos aportaron conocimiento.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
DEDICATORIAS.....	4
AGRADECIMIENTOS .....	5
ÍNDICE .....	6
ÍNDICE DE CUADROS Y/O FIGURAS.....	7
RESUMEN .....	8
SUMMARY .....	X
CAPÍTULO I .....	9
INTRODUCCIÓN .....	9
CAPÍTULO II .....	12
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	12
CONCLUSIONES.....	24
<i>DESCRIPCIÓN</i> .....	24
BIBLIOGRAFÍA .....	26
ANEXOS.....	28

## ÍNDICE DE CUADROS Y/O FIGURAS

<b>CUADROS</b>	Página
1. El título del cuadro o figura deberá estar escrito a renglón sencillo.	4
2. El título de cada cuadro o figura en este índice deberá estar escrito exactamente igual que en el documento, con la misma puntuación tipo de letra, etc.	10
3. Los títulos no deben ser tajantes, sino explicar claramente la procedencia y concepto de los datos que contiene.	25

## FIGURAS

**RESUMEN**

**TOMO I**

**TÍTULO DE LA MEMORIA DEL CURSO**

**POR:**

**BLANCA LILIA SANDOVAL DE LA ROSA**

**UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO**  
**Facultad de Ciencias Químicas**

**SEPTIEMBRE DE 2013**

**DIRECTOR: M. C. MARÍA DEL CARMEN REZA VARGAS**

El resumen contendrá una breve reseña de todo el trabajo, incluyendo los datos más importantes de la introducción, desarrollo y conclusiones. Se escribirá a renglón sencillo, en un solo párrafo y contendrá alrededor de 300 palabras. De preferencia debe quedar en una sola hoja. También se requiere la traducción en inglés del mismo en la siguiente hoja del resumen. Tener en cuenta que es la última página de la numeración romana.

**Palabras clave:** incluir tres palabras relacionadas con el trabajo.



# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

Una monografía es un estudio exhaustivo sobre un tema particular, el cual es generalmente muy concreto. En este documento se exponen de manera coherente y sistemática aquellas orientaciones teóricas que contribuyan al conocimiento profundo del asunto en cuestión. No será suficiente la presentación acrítica del pensamiento de otros autores, sino que será necesario presentar las opiniones y aportaciones del autor de la monografía. Es una verdadera oportunidad para que el estudiante alcance un alto nivel académico que le permita redactar cierto tipo de documentos de la vida profesional con orden y claridad, para cumplir con ciertos trabajos que le serán exigidos antes de otorgarle los grados profesionales. Puede llegar a tener tal calidad que se convierta, tras una minuciosa labor de reflexión por el investigador, en un documento publicable como artículo científico en una revista especializada.

La extensión para redactar la introducción se sugiere que sea de tres a cinco cuartillas.

En este apartado se trata de ubicar el tema en el campo de la Ingeniería Química en Alimentos y en el área específica de interés a investigar.

### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL TEMA**

En este campo se ubica el tema en el Área de la Ingeniería de Alimentos. Posteriormente se deja clara la orientación específica del tema a investigar.

### **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Se refiere a los motivos o razones de donde surgió el estudio, además de señalar las aportaciones que emanaron del estudio y a quiénes van dirigidas.

### **1.3 OBJETIVO**

Corresponde a una breve exposición de lo que se pretende lograr con la investigación, lo cual, al término de la misma, será la contribución al conocimiento.

### **1.4 ESTRUCTURA DEL TRABAJO**

Explicar cómo se aborda el desarrollo del tema en la monografía, indicando cómo está organizado y en qué consiste cada apartado.

### **1.5 EJEMPLO**

Para una mayor claridad con respecto a los puntos expuestos, a continuación a manera de **ejemplo en forma sintetizada**, se presenta la introducción de un tema relacionado con el tomate.

## **CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN**

En la industria de alimentos existe una gran cantidad de productos que significan una fuente importante de opciones diversas para el ser humano, ya que pueden ser empleadas directamente como alimento o en diferentes tipos de industrias. Específicamente en este documento se abordan diversos aspectos relacionados con el tomate.

### **1. 1. DESCRIPCIÓN DEL TEMA**

El tomate como fuente importante de nutrientes para el ser humano contiene diversidad de elementos específicos entre los que destacan los minerales y las vitaminas. Dentro de estos componentes, uno de gran relevancia es el licopeno al que se le han atribuido propiedades anticancerígenas. Por ello es importante encontrar la manera de extraer y conservar esa sustancia, por lo que resulta también de interés revisar información referente a la encapsulación y al secado por aspersión.

## **1. 2. JUSTIFICACIÓN**

En este escrito se integra información que por lo regular se encuentra en forma aislada en diferentes fuentes de información, por lo que la presente publicación representa una útil fuente de consulta para los estudiantes, maestros e investigadores de disciplinas relacionadas con la industria alimenticia y público interesado en los temas que se abordan.

## **1. 3. OBJETIVOS**

Los objetivos que se pretenden con esta investigación documental son los siguientes:

Presentar información relativa al tomate como una fuente de licopeno y otros carotenoides.

Describir los procesos de encapsulación y secado por aspersion en la industria de alimentos

## **1. 4. ESTRUCTURA DEL TRABAJO**

El documento está conformado por dos capítulos fundamentales correspondientes a la introducción y al proceso de deshidratación por aspersion del tomare, además de las conclusiones y la bibliografía.

En el capítulo uno se describe el tema central de la investigación documental, la justificación, los objetivos y la estructura del trabajo.

En el capítulo dos se exponen las generalidades del tomate y el polvo del tomate, el licopeno y otros carotenoides, encapsulación y agentes encapsulantes, secado por aspersion y la integración del capítulo.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **2.1 EXPLICACIÓN**

El propósito de este capítulo es de exponer las contribuciones, metodologías y descubrimientos que se han reportado en la bibliografía consultada con respecto al tema de la monografía, de manera que se profundice en el conocimiento y se tengan argumentos para la discusión y conclusiones. Ya que los libros tienen de dos a cinco años de atraso para cuando llegan al público, se sugiere consultar también literatura más reciente y de otras fuentes de información como revistas, tesis, bancos de datos e internet.

El desarrollo de la monografía puede constar de uno o más capítulos, a través de los cuales se familiarizará al lector con publicaciones ya existentes relacionados con el tema sujeto a investigación, describiendo quiénes han realizado esos trabajos, cuándo y dónde se llevaron a cabo y qué datos referentes a la metodología, instrumentación y análisis estadístico se siguieron para resolver problemas relacionados con el tópico, entre otros puntos de interés.

En caso de que exista mucha literatura con respecto al tema, se puede escoger sólo la más reciente o bien la más importante de acuerdo al objetivo planteado y relatar sólo los descubrimientos, conclusiones y posiblemente las recomendaciones citadas.

El autor deberá procurar que su lenguaje sea lo suficientemente explicativo y libre, de manera que ofrezca una argumentación completa en cada uno de sus pasos, en secuencia lógica y clara. Los párrafos deben ser breves y se evitará el uso de la primera persona singular (yo pienso) para preferir construcciones impersonales (se piensa). La composición y redacción de la monografía requiere muchas revisiones.

Como parte del proceso de investigación, al final de cada uno de los capítulos que conforman el desarrollo de la revisión bibliográfica, se presentará, en una o dos páginas, la integración del capítulo, producto del análisis, reflexión y aporte personal del autor de la monografía.

A lo largo de todo este proceso de la composición y redacción de la monografía será indispensable contar con un asesor experimentado que, con su consejo y su crítica señale los defectos y examine las posibles soluciones.

## **2. 2. EJEMPLO**

Con el objeto de lograr una mayor claridad respecto a los puntos expuestos anteriormente, enseguida se muestra un **ejemplo en forma resumida**, correspondiente al Capítulo II en una monografía

### **CAPÍTULO II PROCESO DE DESHIDRATACIÓN POR ASPERSIÓN DEL TOMATE**

#### **2.1 GENERALIDADES DEL TOMATE Y POLVO DE TOMATE**

Actualmente el tomate es consumido en la dieta de diversas culturas, ocupando un importante lugar en el consumo mundial de productos hortícolas, por esto, es importante conocer su composición química, la cual se presenta en el Cuadro 1.

Investigadores de la Universidad de Harvard demostraron que existe una asociación entre una dieta rica en tomate y la disminución del riesgo de cáncer de próstata. Los investigadores examinaron los hábitos alimenticios de 47000 hombres entre 45-70 años de edad durante seis años y encontraron que el consumo de tomate, salsa de tomate, jugo de tomate y pizza estaba asociado con la reducción del riesgo para desarrollar cáncer de próstata (Tomato, 2000). Los estudios más recientes relacionan el consumo de tomates y sus derivados con una

disminución del riesgo de ataques al corazón y, además, le confieren propiedades antienviejimiento (Juver Alimentación, 2000).

**Cuadro 1. Composición Química del Tomate.**

NUTRIENTE	CONTENIDO (por cada 100 grs de tomate)
Energía (KJ)	56.00
Constituyentes (gr)	
Agua	94.70
Proteína	1.00
Grasa	0.10
Fibra Dietética	1.60
Carbohidratos	1.90
Ácidos Orgánicos	0.51
Vitaminas (mg)	
C	18.00
Tiamina	0.04
Riboflavina	0.02
A. nicotínico	0.70
β-caroteno	0.34
Minerales	
Potasio	200.00
Sodio	6.00
Calcio	8.00
Magnesio	10.00
Hierro	0.30
Zinc	0.20

Fuente: Reader's Digest, 1985.

El polvo de tomate es uno de los productos más importantes en los Estados Unidos, por su cantidad y valor. (IDSA, 2000). Un importante consumidor final del tomate secado por aspersión es la industria de las sopas, la cual es dominada mundialmente por unas cuantas compañías multinacionales. Otros usos del tomate deshidratado son las salsas, consomés y condimentos para botanas. (Hernández, 1998). El contenido de humedad del polvo de tomate es de 1.4% y 1.9% para el proceso “cold break” y “hot break”, respectivamente (Anguelova y Warthesen, 2000).

### **2. 1. 1 Licopeno y otros carotenoides**

Los carotenoides son los pigmentos responsables de la mayoría de los colores amarillos, anaranjados y rojos de frutos y verduras, debido a la presencia en su molécula de un cromóforo consistente, principal o totalmente, en una cadena de dobles enlaces conjugados. La concentración a la que normalmente se encuentran es baja, pero varía enormemente de una fuente a otra (Mínguez, 1997).

En su ambiente natural, los pigmentos carotenoides son bastante estables, pero cuando los alimentos son triturados, calentados o cuando los carotenoides son extraídos con aceite o con disolventes orgánicos, se vuelven mucho más lábiles. El calor, en general aumenta la velocidad de todas las reacciones, siendo más rápidos los procesos degradativos. En alimentos vegetales triturados, la pérdida de compartimentación celular pone en contacto sustancias que pueden modificar estructuralmente, e incluso destruir, los pigmentos al ser menos estables que en su ambiente natural (Mínguez, 1997).

El grado de destrucción del color depende, entre otros factores, de la presencia de agentes oxidantes en el medio (fundamentalmente oxígeno molecular) y de que se comunique energía suficiente para que la reacción de degradación tenga lugar.

La causa principal del deterioro en los carotenoides es la oxidación, que es mayor cuando se pierde la integridad celular. El alto grado de insaturación los hace fácilmente oxidables, siendo especialmente sensibles a la luz, calor y oxígeno.

El plasma es, entre los tejidos humanos estudiados, el que mayor concentración de carotenoides presenta, estando éstos siempre asociados a lipoproteínas, principalmente a las de baja densidad LDL (75% del contenido carotenoide total del cuerpo). Los carotenoides que más comúnmente se encuentran en estos tejidos son  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno, licopeno, zeaxanteno, luteína, cantaxanteno y  $\beta$ -criptoxanteno. Algunos de los carotenoides encontrados en el plasma son las formas más estables producidas o inalteradas tras un metabolismo ácido (digestión) (Mínguez, 1997).

En tomate (*Lycopersicum esculentum*), el carotenoide mayoritario es licopeno (Mínguez, 1997). Por ejemplo, en muestras de tomate fresco el contenido de licopeno es de 6.4mg/100g (Shi, 1999); ½ taza de salsa de tomate aporta 22 mg de licopeno; un vaso de zumo de tomate, 28 mg y 2 cucharadas de catsup, 5 mg (Juver Alimentación, 2000).

El contenido inicial total de licopeno en productos de tomate en polvo comerciales es de 821  $\mu$ g/g de sólidos secos para el polvo obtenido por el proceso “cold break” y 883  $\mu$ g/g de sólidos secos para el obtenido por el proceso “hot break”, los cuales son valores más bajos que los valores de 1000 y 1200  $\mu$ g/g de sólidos secos para los tomates reportados por otros autores (Lovric y col., 1970).

Los investigadores teorizan que el licopeno puede ser el responsable de las propiedades anticancerígenas del tomate (Tomato, 2000) basándose en la convicción científica de que los carotenoides son antioxidantes que neutralizan los elementos dañinos llamados radicales libres, que se sabe dañan a las células (Mujeres Legendarias, 2000).



Otros trabajos demuestran las propiedades antienvjecimiento del licopeno. Un ejemplo de estos estudios es el llevado a cabo en un grupo de 90 monjas, en el sur de Italia con edades comprendidas entre los 77 y los 98 años. Aquellas con índices mayores de licopeno en la sangre tenían una mayor agilidad a la hora de realizar todo tipo de actividades (Juver Alimentación, 2000).

Dada la importancia de conocer el contenido de licopeno del tomate y sus productos procesados, la literatura incluye numerosos métodos de análisis mediante HPLC para la separación y cuantificación de pigmentos carotenoides, como el licopeno. La mayoría de estos métodos han sido desarrollados con fase reversa (Mínguez y Hornero, 1993).

### **2.1.2 Estabilidad del Licopeno**

La degradación del licopeno no sólo afecta el atractivo color de los productos finales, sino también su valor nutritivo. La principal causa de degradación del licopeno en la deshidratación de tomate es la oxidación.

El licopeno se encuentra de manera natural en la forma más estable all-trans. Se ha sugerido que la primera etapa de la degradación del licopeno durante el secado es la isomerización reversible del all-trans licopeno a cis-isómeros menos coloreados y más oxidables. La autoxidación del all-trans licopeno y los cis-isómeros producidos paralelamente a la trans-cis isomerización causa una división de la molécula de licopeno en fragmentos más pequeños, como aldehídos y cetonas desarrollando sabores desagradables (Anguelova y Warthesen, 2000).

Los cis-isómeros no se han detectados en las muestras de tomate fresco, sino que se forman durante el procesamiento del tomate y se incrementan con la temperatura y tiempo (Shi, 1999). En este sentido Anguelova y Warthesen (2000) mencionan que los isómeros cis-licopeno posiblemente estén presentes en bajos

niveles en los tomates frescos y pueden ser incrementados durante el secado por aspersión de los polvos.

Anguelova y Warthesen (2000) utilizaron un análisis espectral y cromatografía líquida para determinar las pérdidas de licopeno y la formación de cis-isómeros y la degradación de productos. Encontraron que la disminución de all-trans licopeno se acompañó con el incremento en el contenido de 5,5'-di-cis isómero y 5,6-dihidroxi-5,6-dihidrolipeno como una proporción del licopeno total presente en la muestra después del almacenamiento. Esto sugiere que la degradación del all-trans licopeno se llevó a cabo a través de isomerización y autoxidación.

## **2.2 ENCAPSULACIÓN Y AGENTES ENCAPSULANTES**

La encapsulación es un proceso para aplicar coberturas poliméricas finas a partículas de sólidos o a gotas de líquidos puros, soluciones o dispersiones. La encapsulación es una aproximación potencial para transformar líquidos en polvos estables y de flujo libre los cuales son fáciles de manejar y de incorporar en sistemas alimenticios secos (Lori y Warthesen, 1995).

El proceso se lleva a cabo bajo condiciones continuas de agitación con la formación de tres fases químicas inmiscibles: la fase vehículo, la fase del material central y la fase del material encapsulante. Primeramente debe incorporarse el polímero encapsulante alrededor del material central, esto se logra con agitación hasta que es adsorbido por la interfase formada entre el material central y la fase del líquido vehículo. Enseguida debe solidificarse el encapsulante para formar una entidad que se mantenga como una microcápsula (Aguirre y Gutiérrez, 1999).

Según Ré (1998) las principales razones para el uso de la microencapsulación incluyen:

- Proteger al producto del ambiente (temperatura, humedad, radiación ultravioleta, interacción con otros materiales).

- Disminución de la evaporación o velocidad de transferencia del material central hacia el medio ambiente.
- Enmascarar las propiedades indeseables de los componentes activos, como sabores u olores o propiedades químicas como el pH.
- Control del material de liberación del material central bajo condiciones deseadas.
- Manejo en seco – conversión de líquidos y sólidos pegajosos a polvos que fluyen libremente (mejor mezclado, previene los grumos)

Numerosos materiales están disponibles comercialmente para usarse como agentes encapsulantes de sabor. Los de uso más frecuente son los siguientes (Ré, 1998):

- Carbohidratos (almidones, maltodextrinas, sólidos de jarabe de maíz, ciclodextrinas)
- Esteres y éteres de celulosa (carboximetilcelulosa, metilcelulosa, etilcelulosa)
- Gomas (goma acacia, agar, alginatos de sodio)
- Lípidos (parafina, grasas, aceites)
- Proteínas (gelatina, proteína de soya y proteína de suero)

Entre los materiales disponibles, los principales agentes encapsulantes usados en secado por aspersión son gomas (esencialmente goma acacia), almidones emulsificantes y almidones hidrolizados.

Los almidones hidrolizados (maltodextrinas, sólidos de jarabe de maíz) y los almidones modificados son extensivamente usados para encapsulación por secado por aspersión de ingredientes alimenticios debido a su solubilidad acuosa, baja viscosidad y comodidad de condiciones de secado. Sin embargo, las maltodextrinas y los sólidos de jarabes de maíz generalmente no tienen una buena retención de los componentes volátiles durante el proceso de secado. La

razón que es frecuentemente citada para explicar la pobre retención obtenida con estos dos agentes encapsulantes, es su pobre habilidad para formar películas.

Las combinaciones de maltodextrina y almidones modificados disminuye el costo del material de encapsulación y aumenta la capacidad de emulsificación del sistema de encapsulación (Ré, 1998).

La FDA define a las maltodextrinas  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , como un sacárido nutritivo, sin sabor dulce, consistente de unidades de D-glucosa unidas principalmente por enlaces  $\alpha$ -1-4 con un equivalente de dextrosa (DE) menor que 20. Los sólidos de jarabe de maíz  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , son definidos por FDA como jarabe de glucosa en polvo, en donde el equivalente de dextrosa es mayor o igual a 20. El equivalente de dextrosa (DE) se define como el porcentaje de azúcares reductores calculados como dextrosa respecto a los sólidos totales, es una medida del grado de hidrólisis de la molécula del almidón (Industrializadora de Maíz, 1999).

La estabilidad está influenciada por la composición de la pared. Las maltodextrinas tienen un buen comportamiento entre costo y efectividad, su sabor es suave, tiene baja viscosidad para altas proporciones de sólidos y están disponibles en diferentes pesos moleculares (valores de equivalentes de dextrosa (DE) 4, 10, 15, 20, 30 y 42 con peso molecular promedio que disminuye si se incrementa el DE. Las maltodextrinas con altos DE forman una matriz más densa y más impermeable al oxígeno proporcionando una vida de anaquel más larga para aceite de naranja y para  $\beta$ -caroteno (Desobry y col., 1997). Se ha sugerido que la protección proporcionada por los productos de alto DE puede ser debido a la presencia de los oligosacáridos más pequeños, los cuales promueven la estabilidad oxidativa formando una barrera al oxígeno mucho más efectiva.

Los almidones hidrolizados de 36.5 DE son mejores que los de 4, 15 y 25 DE en el mejoramiento de la retención de los carotenos. Los carotenos encapsulados con almidones hidrolizados de 36.5 DE tienen una vida media de 450 días a 21° C

comparado con 2 días del jugo de zanahoria solo secado por aspersión (Wagner y Warthesen, 1995).

Los sólidos de jarabe de maíz proveen la mejor protección para los aceites. Esto está de acuerdo con otros investigadores los cuales muestran que los almidones hidrolizados con el incremento de DE proveen protección contra deterioración oxidativa. Las combinaciones de proteínas de suero y maltodextrinas con alto DE y sólidos de jarabe de maíz son sistemas efectivos para microencapsulación de volátiles.

### **2.3 SECADO POR ASPERSIÓN**

En un secador por aspersión los alimentos se transforman de un líquido a un polvo seco. El líquido es bombeado hasta donde una boquilla donde se atomiza. Las gotas se secan por aire caliente y caen al fondo de la cámara de secado. Este producto es adecuado para productos sensibles al calor porque las partículas nunca llegarán a temperaturas más altas que la temperatura de bulbo húmedo del aire de secado y su tiempo de residencia es corto, generalmente entre 3 y 30 segundos. La operación de secado por aspersión se divide en tres procesos distintos: atomización, secado y recolección de producto (Heldman y Lund, 1992).

El secado por aspersión es el método más común de encapsulación mediante secado ya que se atrapa el material activo en una matriz protectora (Ré, 1998), además, el costo de secado es de 30 a 50 veces menor que la liofilización, la cual es usada en la industria de sabores (Desobry y col., 1997).

La mayoría de las veces se considera que la deshidratación es un proceso exitosamente empleado para el secado de soluciones y pastas, el secado por aspersión también puede ser usado como método de encapsulación puesto que atrapa el material activo en una matriz protectora, la cual es esencialmente inerte con el material que está siendo encapsulado.

El éxito de la microencapsulación por secado por aspersión depende de si se alcanza alta retención del material central durante el procesamiento y almacenamiento.

El material central abandona las partículas principalmente en las etapas anteriores a la formación de la costra. Las pérdidas de los volátiles del material central son gobernadas por difusión en la fase líquida. Una vez que la costra se ha formado, pueden ocurrir pérdidas adicionales si el material central atraviesa la costra por medio de difusión en el sólido, o a través de poros o canales (Ré, 1998).

De acuerdo al concepto de difusión selectiva, en el secado por aspersión, las condiciones favorables para obtener alta retención de volátiles se pueden crear debido a la rápida disminución de concentración de agua en la superficie de la partícula que está en contacto con la corriente de aire caliente. Una vez que la superficie de las partículas se ha secado suficientemente, las pérdidas de los componentes volátiles de las partículas es gobernada por difusión en la fase líquida. La difusión selectiva tiene efecto cuando los coeficientes de difusión de los componentes orgánicos en la superficie son más pequeños que los del agua.

Con aire más caliente se tiene en una mayor retención de volátiles puesto que el secado más rápido impondría gradientes internos de concentración de agua, pero esto puede balancearse contra la posibilidad de degradación térmica mayor (Ré, 1998).

Los parámetros del proceso que influyen la retención de volátiles durante el proceso son:

- Propiedades de los componentes volátiles (peso molecular, presión de vapor, concentración en la emulsión)
- Propiedades del material de la pared de la cápsula (tipo, peso molecular)

- Propiedades de la emulsión (contenido de sólidos disueltos, viscosidad, distribución de tamaños de las partículas)
- Condiciones del proceso de secado (tamaño de partícula, temperatura del aire de entrada y de salida, velocidad del aire de secado, temperatura de alimentación, humedad del aire de entrada)
- Morfología de las partículas secadas por aspersion (forma, tamaño medio de partícula, integridad, porosidad y volumen)

Las condiciones de operación para el secado por aspersion de  $\beta$ -caroteno usadas por Desobry y col. (1997) fueron temperatura del aire de entrada de  $170 \pm 5$  C y temperatura del aire de salida  $95 \pm 5$  C.

La pulpa de tomate es un producto difícil de secar puesto que es un polvo pegajoso. La pasta es atomizada e introducida a una temperatura de 138 a 150°C (Mujumdar, 1995).

Sánchez (1998) deshidrató jugo de tomate por aspersion con una temperatura del aire de entrada de 150 °C y velocidad de alimentación de 23 ml/min.

## **2.4 INTEGRACIÓN DEL CAPÍTULO**

En este capítulo se expusieron generalidades y composición química del tomate en las que se destacan sus propiedades anticancerígenas y disminución del riesgo de ataques al corazón, así como los diversos usos que tiene en salsas, consomés y condimentos para botanas. También se menciona al licopeno como carotenoide mayoritario en el tomate, al cual se le atribuyen y fundamentan propiedades anticancerígenas; además se indican las causas de degradación del licopeno. Respecto al proceso de obtención de polvo de tomate se hace alusión a la encapsulación y a la deshidratación por aspersion.

## **CONCLUSIONES**

### ***DESCRIPCIÓN***

Las conclusiones representan las contribuciones teóricas, metodológicas y/o prácticas del trabajo al conocimiento y por tanto, deben relacionarse con el objetivo de la monografía. Deben ser claras, concisas y sin explicaciones.

Aquí también se incluyen las recomendaciones que se plantean después de terminar el estudio, referentes a trabajos posteriores que puedan realizarse.

### **EJEMPLO**

A continuación se presentan las conclusiones del tema que se ha venido desarrollando como ejemplo, en ese sentido se pueden exponer algunas.

## **CONCLUSIONES**

El tomate en polvo tiene una gran aplicación en la industria de alimentos, como en salsas, jugos, consomés, sopas y condimentos para botanas.

Además el consumo de tomate y sus derivados se relacionan con la disminución de riesgo de ataques al corazón y se le atribuyen propiedades anticancerígenas debidas al licopeno.

El licopeno es sensible a la luz, calor y oxígeno, se degrada de la forma all-trans a cis-isómeros menos coloreados y más oxidables.



Para la producción de tomate en polvo se utilizan encapsulantes antes de realizar la deshidratación por aspersión ya que permite transformar líquidos en polvos estables y de flujo libres.

El secado por aspersión es el método más común de encapsulación debido a que atrapa el material activo en una matriz protectora esencialmente inerte con el material que está siendo encapsulado.

Los principales agentes encapsulantes usados en secado por aspersión son gomas, almidones emulsificantes y almidones hidrolizados.

La pulpa de tomate es un producto difícil de secar puesto que es un polvo pegajoso, es atomizada e introducida a una temperatura de 138 a 150°C.

## BIBLIOGRAFÍA

Las citas bibliográficas referenciadas en el desarrollo de la tesis se anotan en este apartado considerando los siguientes aspectos:

1. La bibliografía se presenta en orden alfabético tomando en cuenta el apellido del primer autor.
2. Debe tenerse extremo cuidado de que la bibliografía indicada en este apartado se encuentre mencionada a través del texto.
3. Se deberá pensar en mencionar por lo menos 25 citas bibliográficas, incluyendo revistas científicas en inglés y en español, libros actuales en inglés y español, bases de datos, entre otros.
4. Deberá estar escrita a renglón sencillo, con un espacio entre cada referencia.
5. Deberá ser escrita de acuerdo al siguiente formato:

Apellido(s) y nombre(s) del (los) autor(es). Año de la publicación. **Nombre del libro en negritas**. Editorial. País.

Apellido(s) y nombre(s) del (los) autor(es). Año de la publicación. **Nombre del artículo en negritas**. Nombre de la revista. Volumen (número): páginas

Apellido(s) y nombre(s) del (los) autor(es). Año de la publicación. **Nombre de la página web**. Dirección electrónica de la página web.

Ejemplo:

Anguelova T. y Warthesen J. 2000. **Lycopene Stability in Tomato Powders.** Journal of Food Science. 65 (1):67-70

Industrializadora de Maíz. 1999. Maltodextrinas y Sólidos de Járabe de Maíz. México: [www.imsa.com.mx](http://www.imsa.com.mx)

Mínguez Mosquera M. I. 1997. **Clorofilas y Carotenoides en Tecnología de Alimentos.** Universidad de Sevilla. España.

Mujumdar, A. S. 1995. **Handbook of Industrial Drying. Vol. 1.** Marcel Dekker. New York.

Ré M. I. 1998. **Microencapsulation by Spray Drying.** Drying Technology. 16 (6) 1195-1236.

Wagner L. A. and Warthesen. 1995. **Stability of Spray-Dried Encapsulated Carrot Carotenes.** Journal of Food Science. (60) 5:1048-1053.

## ANEXOS

PAPEL: Todas las tesis deberán escribirse en papel bond blanco tamaño carta.

TIPO DE LETRA: A través de todo el escrito se usará el procesador WORD, letra ARIAL número 12.

PEGAMENTO: Las fotografías o cualquier figura que necesite añadir preferentemente escanearlas. En caso de pegarlas que sea con lápiz adhesivo de forma que no se doble la página y que no quede levantada ni arrugada.

MÁRGENES: Los márgenes deberán conservarse a través de todo el escrito y serán invariablemente los siguientes:

Izquierdo:	3.5 cm
Superior	3.0 cm
Derecho	2.5 cm
Inferior	3.0 cm y a 2 cm el número de la página centrado.

ESPACIOS: Todo el texto se escribirá a espacio y medio, a menos que se trate de citar alguna literatura exactamente y que conste de varios renglones, en ese caso irá entre comillas y con sangría de 1.5 cm de cada lado del renglón.

Se usará doble espacio antes y después de todos los encabezados. El resumen se escribirá a renglón sencillo así como los títulos de cuadros y figuras.

ENCABEZADOS Y SUBTÍTULOS: El número y nombre del capítulo se escribirá con mayúsculas, negritas y centrado, como se indica en el ejemplo:

Los títulos de los cuadros deberán escribirse exactamente iguales que como se expresan en el texto en cuanto a palabras y a mayúsculas o minúsculas.

NUMERACIÓN DE LAS PÁGINAS: Los números de las páginas siempre aparecerán centrados 2 cm del borde inferior de la hoja. Las páginas preliminares, anteriores a la introducción, se numerarán con números romanos en letra minúscula, siendo la página del título la "i" pero no se numerará. La primera página del documento, es decir del capítulo de Introducción, ya le corresponderá el número arábigo 1, pero tampoco se numerará y las que siguen se numerarán consecutivamente empezando con el 2, incluyendo la bibliografía y los anexos. El número de la página deberá escribirse solo, sin puntos, ni comas, ni paréntesis, ni guiones.

PÁGINA DE LA PORTADA: Se anexa ejemplo de página de la portada, deberá ir en hoja membretada. No deberán usarse abreviaciones, procurar usar las palabras en lugar de símbolos siempre que sea posible, la fecha de la página del título indica el mes y año en que la tesis fue presentada para su aprobación; el título siempre irá a espacio sencillo, con mayúsculas y si se requiere más de un renglón se escribirá en forma de pirámide invertida.

DEDICATORIAS: Son opcionales, su formato es libre procurando que sólo se use una página.

CUADROS Y FIGURAS EN EL TEXTO: Los cuadros y figuras de gran tamaño se reducirán para que queden dentro de los márgenes establecidos, dejando lugar para el número de página. Las que no puedan reducirse serán dobladas hacia el margen derecho.

FOTOGRAFÍAS: Preferentemente deberán ser escaneadas.

ANEXOS: Aparecerán después de la bibliografía y pueden tener cualquier clase de materiales que se desee incluir. Precediendo a los anexos existirá una hoja con la palabra ANEXOS centrada. Las hojas de los anexos estarán numeradas en secuencia con el texto. El estilo, formato y márgenes son libres, siempre y cuando quepan en la página.

COPIAS DE LA TESIS: Se aceptarán copias claras, legibles y uniformes, no se aceptarán errores de mecanografía, de ortografía o manchones. El original será revisado por el director y el resto de la terna, antes de su copiado y se necesitarán dos copias para la biblioteca con empastado duro, y tres copias con empastado blando.

COPIAS DE SEMINARIO: Se aceptarán copias claras, legibles y uniformes, no se aceptarán errores de mecanografía, de ortografía o manchones. Se deberá entregar un ejemplar con empastado blando que será revisado y firmado por el director del trabajo.