

## **3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1. Luz Ultravioleta**

#### **3.1.1. Generalidades**

La tecnología ultravioleta (UV) es ampliamente utilizada como una alternativa a la esterilización química y a la reducción de organismos vegetativos en productos alimenticios (Lamikanra et al., 2005). La luz ultravioleta posee propiedades germicidas en un rango de longitudes de onda de 100 a 280nm. A bajas dosis, la luz UV no forma subproductos y es efectiva inactivando gran variedad de microorganismos (Sharma y Demirci, 2003).

Para propósitos prácticos el espectro de la luz ultravioleta puede dividirse en tres regiones, según el efecto que tiene en los seres vivos (Bintsis et al., 2000):

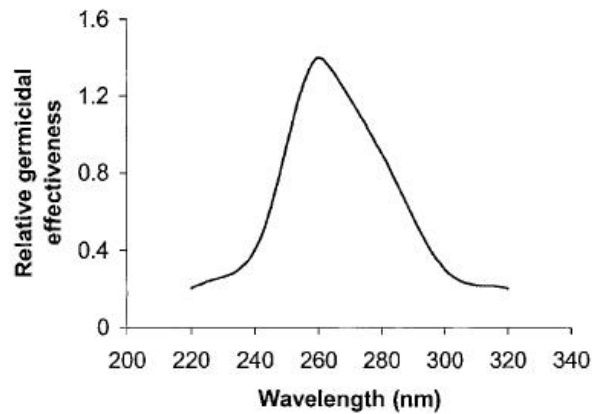
- Luz ultravioleta de onda corta (UVC) con longitudes de onda de 200 a 280nm; llamado también rango germicida, el cual es efectivo inactivando bacterias y virus, especialmente a 254nm.
- Luz ultravioleta de onda media (UVB) con longitudes de onda de 280 a 320nm; relacionada con quemaduras en la piel provocadas por exposición prolongada.
- Luz ultravioleta de onda larga (UVA) con longitudes de onda de 320 a 400 nm, la cual tiene un efecto germicida mucho menor, en comparación con la luz UVC, en las células microbianas.

### **3.1.2. Mecanismo de acción de la irradiación UV**

El mecanismo de inactivación por luz UV se ha atribuido a la transformación fotoquímica de bases pirimidinas en el ADN de las bacterias, virus, y otros patógenos para formar dímeros, así destruyendo su capacidad de multiplicarse y causar enfermedades (Sharma y Demirci, 2003).

Los microorganismos son inactivados por la irradiación con luz UV como resultado del daño fotoquímico a sus ácidos nucleicos. La radiación UV es absorbida por nucleótidos, los bloques de construcción del ADN y ARN celulares, de una manera dependiente de la longitud de onda con picos de cerca de 200 y 260nm. La Luz UV absorbida promueve la formación de uniones entre nucleótidos adyacentes, creando moléculas dobles o dímeros. La formación de dímeros timina-timina son los más comunes, también suelen ocurrir dímeros de citosina-citosina, citosina-timina, y dimerización del uracilo. La formación de un número suficiente de dímeros dentro de un microorganismo impide que éste replique su ADN y ARN, impidiendo así su reproducción y provocando además un efecto letal sobre las células (Mani, 2003).

El impacto de la luz UV de onda corta (UVC) en las células vivas es letal para la mayoría de los microorganismos, incluyendo bacterias, virus, protozoarios, hongos, levaduras y algas. La relación entre el efecto germicida y la longitud de onda se ilustra en la Figura 1, la cual muestra un efecto máximo a 254nm y disminuye hasta prácticamente cero a 320nm (Bintsis et al., 2000).



**Figura 1.** Letalidad directa de longitudes de onda UV (Bintsis et al., 2000).

### **3.1.3. Naturaleza de la radiación ultravioleta**

#### *3.1.3.1. Luz Solar*

El sol emite radiación en un amplio rango de longitudes de onda, pero la intensidad relativa de la radiación ultravioleta que penetra a la superficie de la tierra depende, en un grado considerable, de la atenuación por la atmósfera causada por la absorción y la dispersión. La luz UVC es absorbida completamente en la atmósfera superior y la media por el ozono y el oxígeno, pero, a pesar que la luz UVB es atenuada, un poco de esta radiación logra penetrar a la superficie. Sin embargo, la luz UVA es pobremente afectada, por lo que el medio ambiente en la tierra está expuesto a radiación ultravioleta principalmente entre 290 y 400nm (Bintsis et al., 2000).

#### *3.1.3.2. Fuentes artificiales*

Existe un gran número de fuentes que generan energía en el rango UV, que incluyen desde lámparas de vapor de mercurio hasta fuentes de xenón. Respecto a su capacidad germicida, las fuentes más usadas son las de descarga de vapor de mercurio, las cuales a baja presión se caracterizan por convertir una alta proporción de la energía eléctrica en longitudes de onda UV (aprox. 253.7nm), generalmente tienen una eficiencia del 50 % (Mani, 2003).

Las lámparas de luz UV se clasifican según las longitudes de onda que emiten (Bintsis et al., 2000):

- Lámparas de luz UV de onda larga – La luz de las lámparas de vapor de mercurio puede ser filtrada para remover el espectro visible y dar una emisión que sea principalmente luz UVA.
- Lámparas de luz UV de onda media – Las lámparas de vapor de mercurio son diseñadas algunas veces con presiones que producen una radiación máxima en la región de luz UVB, utilizan bulbos de vidrio que transmiten libremente esta energía.
- Lámparas de luz UV de onda corta – Las lámparas de mercurio diseñadas para producir energía en la región germicida (254nm) son eléctricamente idénticas a las lámparas fluorescentes, pero carecen de la capa de fósforo, y el uso del cristal permite la transmisión de luz UVC. Cabe aclararse que radiaciones por debajo de 260nm producen ozono, el cual debe ser monitoreado para prevenir riesgos a la salud; una atmósfera de trabajo no debe contener más que  $0.2 \text{ mg l}^{-1}$  de aire.

### 3.1.4. Dosis

La intensidad de la luz UV es expresada en  $\text{Wm}^{-2}$ , mientras que la dosis, que está en función de la intensidad de la luz y del tiempo de exposición, es expresada en  $\text{Jm}^{-2}$  (Bintsis et al., 2000).

La cantidad de energía UV aplicada a una superficie particular durante un intervalo de tiempo dado, es conocida como dosis, se determina como el producto de la intensidad (I), expresada como energía por unidad de área, y el tiempo de residencia (T), de la siguiente forma (Mani, 2003):

$$\text{Dosis} = I * T$$

Por otro lado, la relación entre la dosis y la destrucción de un microorganismo por tratamiento con luz UV es la siguiente (Mani, 2003):

$$N = N_0 e^{-KD}$$

Donde:

$N_0$  = Número inicial de microorganismos

N = Número de microorganismos después del tratamiento

$K$  = Constante de velocidad de inactivación

$D$  = Dosis

De acuerdo con la relación anterior, al duplicar la dosis aplicada, la destrucción de microorganismos se incrementa en un factor de 10. Por lo tanto, si se duplica la dosis requerida para la destrucción del 90%, se producirá una reducción del 99% del microorganismo; si se triplica la dosis, la reducción será de un 99.9% del microorganismo, y así sucesivamente. En la Tabla I se presentan algunos valores de dosis requeridas para la destrucción del 90 y 99% de la población de algunos microorganismos.

**Tabla I.** Dosis UV en mWs/cm<sup>2</sup> necesaria para inactivar una población en un 90 y 99% (Mani, 2003).

Microorganismos	90%	99%	Microorganismos	90%	99%
<b>BACTERIAS</b>			<i>Coliformes fecales</i>	3.4	6.8
<i>Bacillus anthracis</i>	4.5	8.7	<i>Salmonella enteritidis</i>	4	7.6
<i>Bacillus subtilis</i> , esporas	12	22	<i>Salmonella paratyphi</i>	3.2	---
<i>Bacillus subtilis</i>	7.1	11	<i>Salmonella typhi</i>	2.1	---
<i>Campylobacter jejuni</i>	1.1	----	<i>Salmonella typhimurium</i>	3	---
<i>Clostridium tetani</i>	12	22	<i>Shigella dysenteriae</i>	2.2	4.2
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	3.4	6.5	<i>Shigella flexneri</i> (paradysenteriae)	1.7	3.4
<i>Escherichia coli</i>	3	6.6	<i>Shigella sonnei</i>	3	5
<i>Klebsiella terrigena</i>	2.6	----	<i>Staphylococcus aureus</i>	5	6.6
<i>Legionella pneumophila</i>	0.9	2.8	<i>Streptococcus faecalis</i>	4.4	---
<i>Sarcina lutea</i>	20	26.4	<i>Streptococcus pyogenes</i>	2.2	---
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	6	10	<i>Vibrio cholerae</i> (V.comma)	----	6.5
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5.5	10.5	<i>Yersinia enterocolitica</i>	1.1	---
<b>VIRUS</b>					
<i>MS-2 Coliphage</i>	18.6	----	<i>Influenza virus</i>	3.6	6.6
<i>F-specific bacteriophage</i>	6.9	----	<i>Polio virus</i>	5-8	14
<i>Hepatitis A</i>	7.3	----	<i>Rotavirus</i>	6-15	15-40
<b>PROTOZOARIOS</b>			<b>LEVADURA</b>		
<i>Giardia lamblia</i>	82	----	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	7.3	13.2

### 3.1.5. Ventajas y desventajas de la desinfección con luz ultravioleta

A continuación se listan las ventajas y las desventajas de los tratamientos con luz ultravioleta (EPA, 1999).

#### 3.1.5.1. Ventajas

- La desinfección con luz UV es eficaz para la desactivación de la mayoría de los virus, esporas y quistes.
- La desinfección con luz UV es más un proceso físico que una desinfección química, lo cual elimina la necesidad de generar, manejar, transportar, o almacenar productos químicos tóxicos, peligrosos o corrosivos.
- No existe ningún efecto residual que pueda afectar a los seres humanos o cualquier organismo acuático.

- La desinfección con luz UV es de uso fácil para los operadores.
- La desinfección con luz UV tiene un período de contacto más corto en comparación con otros desinfectantes (aproximadamente de 20 a 30 segundos con la utilización de las lámparas de baja presión).
- El equipo de desinfección con luz UV requiere menos espacio que otros métodos.

#### 3.1.5.2. Desventajas

- La baja dosificación puede no desactivar efectivamente algunos virus, esporas y quistes.
- Algunas veces los organismos pueden reparar o invertir los efectos destructivos de la radiación UV mediante un “mecanismo de reparación”, también conocido como fotoreactivación o, en ausencia de radiación, como “reparación en oscuro”.
- Un programa de mantenimiento preventivo es necesario para controlar la acumulación de sólidos en la parte externa de los tubos de luz.
- La desinfección con luz UV no es tan económica como la desinfección con cloro, pero los costos son competitivos cuando la cloración requiere descloración y se cumple con los códigos de prevención de incendios.

### 3.2. Germinado de Alfalfa (*Medicago sativa*)

#### 3.2.1. Generalidades

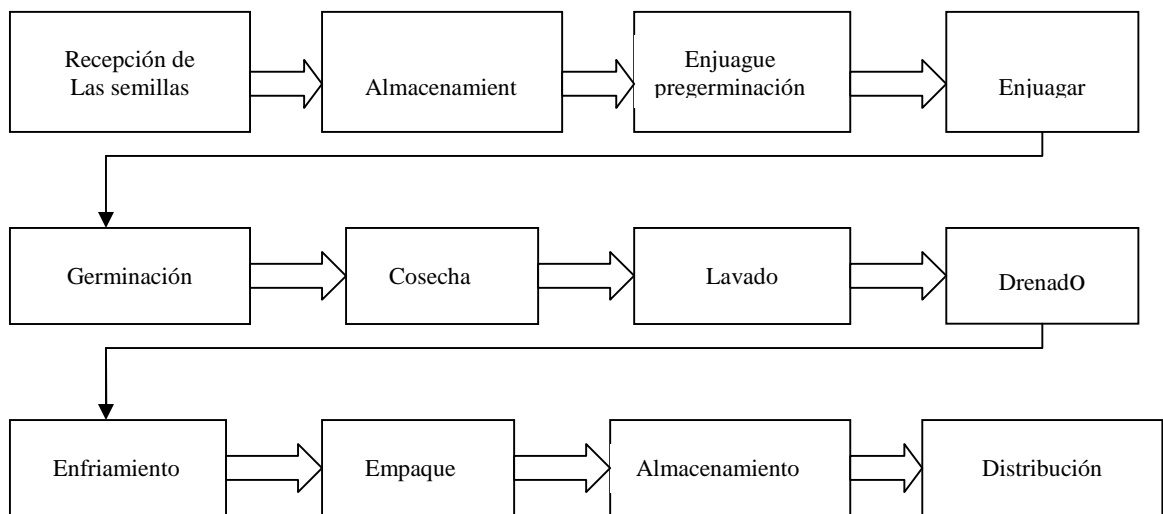


La alfalfa (*Medicago sativa*) es una especie perenne, de raíces profundas, con muchos tallos usualmente erectos que parten de yemas en la corona. En condiciones adecuadas es la leguminosa forrajera más productiva y probablemente haya sido, históricamente, la primera especie forrajera cultivada. Fue cultivada en Irán alrededor del año 700 a. C. llegando a Grecia 200 años más tarde; se difundió a través del sur de Europa, norte de África y Asia y fue llevada a las Américas por los conquistadores españoles, difundiéndose en los Estados Unidos de América a mediados del siglo XIX. La alfalfa llegó a China en el segundo siglo a. C. Su uso se popularizó en Europa del Norte y en Australasia durante los últimos dos siglos. Es un cultivo común entre los pequeños agricultores en las partes más áridas de Asia y el norte de África; en algunas regiones, los brotes jóvenes son consumidos como hortaliza. Es una especie melífera y en razón de sus abundantes floraciones a lo largo del año es de gran interés para los apicultores (FAO, 1989).

Se compone de las siguientes partes (Anónimo<sub>1</sub>, 2005):

- Raíz - La raíz principal es pivotante, robusta y muy desarrollada (hasta 5 m. de longitud) con numerosas raíces secundarias. Posee una corona que sale del terreno, de la cual emergen brotes que dan lugar a los tallos.
- Tallos - Son delgados y erectos para soportar el peso de las hojas y de las inflorescencias, además son muy consistentes, por tanto es una planta muy adecuada para la siega.

- Hojas - Son trifoliadas, aunque las primeras hojas verdaderas son unifoliadas. Los márgenes son lisos y con los bordes superiores ligeramente dentados.
- Flores - La flor característica de esta familia es la de la subfamilia *Papilionoidea*. Son de color azul o púrpura, con inflorescencias en racimos que nacen en las axilas de las hojas.
- Fruto - Es una legumbre indehiscente sin espinas que contiene entre 2 y 6 semillas amarillentas, arriñonadas y de 1.5 a 2.5 mm de longitud.



**Figura 2.** Proceso típico de producción de germinados (NACMCF, 1999)

El germinado es cualquier semilla cuyo metabolismo es activado al ponerse en contacto con el calor, el agua y el aire. Cuando un grano de cualquier cereal o leguminosa cuenta con el agua, oxígeno y calor suficientes germina. Una vez germinados son más nutritivos y fáciles de digerir. Los germinados son alimentos vivos de primer orden que convierten a las secas y duras semillas de naturaleza ligeramente

acidificante para el organismo en brotes tiernos alcalinos ricos en enzimas digestivas, vitaminas, aminoácidos, clorofila y minerales muy asimilables que ayudaran a mantener nuestro equilibrio ácido-base y a recuperar nuestra auténtica calidad de vida (Anónimo<sub>1</sub>, 2005).

Durante el proceso de germinación, bajo la influencia del agua, el calor y el oxígeno, se producen procesos biológicos que transforman favorablemente la composición de los granos. Gracias a la enzima amilasa, el almidón se transforma en azúcares simples. Estos azúcares hacen que el germen sea muy sensible al deterioro por los mohos, levaduras y bacterias. Durante la germinación, la calidad de las proteínas se mejora igualmente gracias a la descomposición de las cadenas complejas de proteínas en aminoácidos libres y al aumento del contenido en aminoácidos esenciales (entre otros la Lisina). Las grasas se transforman en ácidos grasos libres. Gracias a todas estas modificaciones y al aumento del contenido en humedad, los granos germinados se digieren más rápidamente y son más ricos en vitaminas A, B, y E (vitamina de la fertilidad), calcio, potasio, magnesio y en oligoelementos: Hierro, selenio y zinc (Anónimo<sub>2</sub>, 2005).

### **3.2.2. Requerimientos edafoclimáticos**

Es una especie que requiere poca humedad y suelos bien drenados, neutros a alcalinos, pero que también puede ser cultivada en suelos moderadamente ácidos; sin embargo, no tolera climas húmedos con altas temperaturas y está comprobado su mal comportamiento en lugares húmedos, tropicales y subtropicales, y en suelos ácidos.

(FAO, 1989). Entre los factores a considerar se encuentran los siguientes (Anónimo<sub>1</sub>, 2005):

- Temperatura - La semilla germina a temperaturas de 2-3 °C, siempre que las demás condiciones ambientales lo permitan. A medida que se incrementa la temperatura la germinación es más rápida hasta alcanzar un óptimo a los 28-30 °C. Temperaturas superiores a los 38 °C resultan letales para la plántula.
- pH - El factor limitante en el cultivo de la alfalfa es la acidez, excepto en la germinación, pudiéndose ser de hasta 4. El pH óptimo es de 7.2.
- Tipo de suelos - La alfalfa requiere suelos profundos y bien drenados. Los suelos con menos de 60 cm. de profundidad no son aconsejables.

### **3.2.3. Importancia económica**

Debido a la tendencia en los consumidores hacia productos saludables, el consumo de los germinados se ha hecho de gran popularidad, tan es así que la ISGA (International Sprout Growers Association) reporta que 475 productores de germinados en Estados Unidos producen 300000 toneladas al año, equivalentes a \$250 millones de dólares. (Ariefdjohan et al., 2004).

### **3.2.4. Información Nutricional**

El germinado de alfalfa es bajo en grasas saturadas y en sodio, y muy bajo en colesterol. Es una buena fuente de proteínas, vitamina A, Tiamina, Ácido Pantoténico, Calcio y Hierro; es muy rico en fibra dietética, vitamina C, vitamina K, Riboflavina, Folato, Magnesio, Fósforo, Zinc, Cobre y Manganeseo (USDA. SR17, 2005).  
Ver información nutrimental completa en el Apéndice A.

<b>Nutrition Facts</b>	
Serving Size 1 cup (33g)	
Amount Per Serving	
<b>Calories</b> 10	Calories from Fat 2
% Daily Value*	
<b>Total Fat</b> 0g	0%
Saturated Fat 0g	0%
Trans Fat	
<b>Cholesterol</b> 0mg	0%
<b>Sodium</b> 2mg	0%
<b>Total Carbohydrate</b> 1g	0%
Dietary Fiber 1g	3%
Sugars 0g	
<b>Protein</b> 1g	
Vitamin A 1%	• Vitamin C 5%
Calcium 1%	• Iron 2%
*Percent Daily Values are based on a 2,000 calorie diet. Your daily values may be higher or lower depending on your calorie needs.	
NutritionData.com	

**Figura 3.** Tabla Nutrimental FDA

La tabla nutrimental (Figura3) presenta los macronutrientes, las vitaminas y los minerales del germinado de alfalfa, según el estándar de etiquetado nutrimental mantenido por el FDA. Este panel enumera datos sobre los alimentos que el FDA ha determinado como los más críticos de la dieta americana (USDA-SR17, 2005).

### 3.2.5. Propiedades Funcionales

#### 3.2.5.1. Capacidad antioxidante del germinado de alfalfa

Basándose en el peso fresco de distintos vegetales, el ajo tiene la mayor actividad antioxidante contra radicales peroxi, seguido de la col rizada, la espinaca, la col de Bruselas, el germinado de alfalfa, el brócoli, la coliflor, entre otras. Asimismo, también se ha demostrado capacidad antioxidante contra radicales hidroxilo en el germinado de alfalfa. (Cav et al., 1996).

#### 3.2.5.2. *El germinado de alfalfa y la prevención de enfermedades*

Los fitoestrógenos incluyen isoflavonas, cumestanos y lignanos. El germinado de alfalfa, la soya, y algunas semillas oleaginosas como la linaza, son las fuentes dietéticas más significativas de isoflavonas, cumestanos y lignanos. A pesar de que aún no existen recomendaciones de ingesta de fitoestrógenos en la dieta, al aumentar el consumo de los alimentos que los contienen, se obtendrán efectos benéficos. (Kurtzer y Xu, 1997).

Las isoflavonas o fitoestrógenos, son compuestos sintetizados por las plantas. Tienen importancia en la prevención de diversas enfermedades crónicas hormonodependientes, como el cáncer de mama, cáncer de próstata, enfermedades cardiovasculares y osteoporosis, así como en el control de la sintomatología durante la menopausia. (Muñoz et al., 2005).

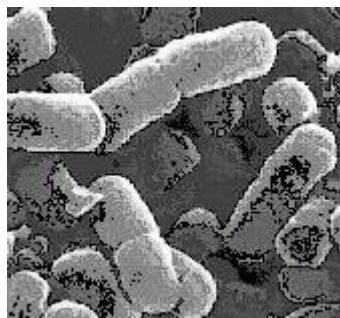
### **3.3. Escherichia coli**

#### **3.3.1. Información general**

La bacteria *Escherichia coli* (*E.coli*), conocida originalmente como *Bacterium coli comunne*, pertenece a la familia *Enterobacteriaceae* y fue aislada y caracterizada por primera vez en 1885 por el científico y pediatra alemán, Theodor Escherich. La

bacteria existe natural e inofensivamente en los intestinos de todos los animales de sangre tibia. De ahí que las raíces griegas del nombre de la familia, *Enterikos*, significa intestino. Se ha indicado que la población media de *E. coli* en el intestino de un adulto es aproximadamente el 0.1 % de las bacterias totales. Las bacterias son necesitadas por el cuerpo para ayudar en la producción de varias vitaminas, tales como vitamina K y vitaminas del complejo B (USDA, 2005).

La *E.coli* O157:H7 (Figura 4) es una de cientos de cepas de la bacteria *Escherichia coli*. Aunque la mayoría de las cepas son inocuas y viven en los intestinos de los seres humanos y animales saludables, esta cepa produce una potente toxina y puede causar enfermedades graves (CDC, 2005). La infección del *E. coli* O157:H7 puede provenir del consumo de carne molida contaminada y poco cocinada, de vegetales crudos contaminados, de la leche bronca no pasteurizada, y/o de beber o nadar en el agua contaminada por las aguas residuales (Bad Bug Book, 2005).



**Figura 4.** *E. coli* O157:H7  
(USDA, 2005)

La infección con la *E. coli* O157:H7 ocasiona a menudo diarrea aguda con sangre y calambres abdominales; a veces, la infección ocasiona diarrea sin sangre o no ocasiona síntomas. Comúnmente se halla presente poco o ninguna fiebre y la

enfermedad desaparece a los 5-10 días. En algunos niños menores de 5 años de edad y en los ancianos, la infección puede ocasionar también una complicación llamada síndrome urémico hemolítico, en el que los glóbulos rojos se destruyen y se produce insuficiencia renal. Un 2-7% de las infecciones conducen a esta complicación. En Estados Unidos, el síndrome urémico hemolítico es la principal causa de insuficiencia renal aguda en los niños y la mayoría de los casos de síndrome urémico hemolítico son ocasionados por la *E. coli* O157:H7 (CDC, 2005).

### **3.3.2. Brotes Infecciosos**

Los germinados vegetales crudos han emergido recientemente como vehículo de enfermedades producidas por alimentos. Desde 1995, 17 brotes de enfermedad intestinal causados por los germinados se han divulgado a los Centros para el Control y la prevención de la Enfermedad (CDC, por sus siglas en inglés), 15 de ellos causados por *Salmonella spp.* y 2 de ellos causados por *Escherichia coli* O157:H7. En la mayoría de los brotes causados por los germinados, las semillas usadas han sido la fuente primaria de la contaminación. En 1999, la FDA publicó una guía para los productores de germinados, incluyendo los procedimientos para la desinfección de semillas con hipoclorito de calcio y para la prueba del agua de irrigación de los germinados para estos patógenos (Winthrop, 2003).

La mayoría de los brotes infecciosos han estado relacionados principalmente con el germinado de alfalfa, sin embargo, el rábano, la mostaza, el germinado de soya y el berro también han estado asociados con infecciones. *Salmonella* y *E. coli* O157:H7 pueden alcanzar poblaciones de hasta  $10^7$  UFC/g en el germinado de alfalfa durante su



producción y mantener su viabilidad durante su almacenamiento a temperaturas de refrigeración (Scouten y Beuchat, 2002).

Las semillas contaminadas son la fuente más común de los brotes infecciosos, sin embargo, la contaminación se puede dar a través del agua contaminada usada para la germinación o los remojos, o bien, durante la transportación de los germinados (Sharma y Demirci, 2003).

La *Escherichia coli* O157:H7 es una causa emergente de enfermedad transmitida por los alimentos. Se estima que cada año ocurren en Estados Unidos 73,000 casos de infección y 61 muertes (CDC, 2005). Desde el primer brote en 1982, ha habido muchos más. Uno de los más recientes tomó lugar en Julio de 2002 en Colorado, donde se reportaron 28 infecciones ligadas al consumo de productos cárnicos contaminados.

Durante la primavera y el otoño del 2000, se reportó un brote en Pennsylvania y Washington donde más de 50 niños fueron infectados con O157:H7 después de haber tenido contacto con animales en granjas; las infecciones resultaron en desarrollo del síndrome urémico hemolítico (USDA, 2005).

En Octubre de 1996 hubo brotes simultáneos en British Columbia, California, Colorado y Washington, los 45 casos fueron causados por el consumo de jugos. Durante junio y julio de 1997, ocurrieron brotes infecciosos de *E.coli* O157:H7 en Michigan y Virginia, ambos brotes fueron asociados con el consumo de germinados de alfalfa. El saldo fue de 60 personas infectadas en Michigan y 48 en Virginia (NACMCF, 1999).

Como se muestra en la Tabla II, los germinados de alfalfa han causado brotes infecciosos en los Estados Unidos, siendo la semilla la principal fuente de infección.

**Tabla II.** Brotes Infecciosos por germinados en los Estados Unidos 1995-1999

Año	Patógeno	No. Casos	Ubicación	Tipo de germinado	Origen de la contaminación
1995	<i>S.Stanley</i>	242	Finlandia	Alfalfa	Semilla
1996-96	<i>S.Newport</i>	>133	Canada	Alfalfa	Semilla
1996	<i>S.Montevideo/ Maleagris</i>	>500	California	Alfalfa	Germinado/Semilla
1997	<i>S.Infantis/Anatum</i>	90	Kansas, Missouri	Alfalfa	Semilla
1997	<i>E.coli O157:H7</i>	108	Michigan, Virginia	Alfalfa	Semilla
1997/98	<i>S.Senftenberg</i>	60	California, Nevada	Rábano/Alfalfa	Germinado/Semilla
1998	<i>E.coli O157:NM</i>	8	California	Alfalfa/ Rábano	Semilla
1998	<i>S.Havana/Cubana</i>	18	California	Alfalfa	Semilla
1999	<i>S.Mbandaka</i>	75	Oregon, Washington	Alfalfa	Semilla

En México, las enfermedades infecciosas intestinales son una de las 20 principales causas de mortalidad general. En la tabla III se muestran las defunciones reportadas por la Secretaria de Salud (INEGI/SSA) del año 2000 al 2003.

**Tabla III.** Mortalidad causada por enfermedades infecciosas intestinales en México.

Año	Orden	Defunciones
2000	14	5,208
2001	15	4,897
2002	16	4,679
2003	18	4,561

En contraste con los casos reportados en México y en Estados Unidos, en 1996 en Japón se reportó un brote infeccioso de 6000 casos, causado por *Escherichia coli* O157:H7, relacionado con el consumo de rábano germinado (NACMCF, 1999).

### 3.4. Agentes desinfectantes

Numerosos tratamientos con sustancias químicas acuosas se han valorado para ver su efectividad sobre la muerte o la remoción de *Salmonella* y *E.coli* O157:H7 de los germinados de alfalfa. Hipoclorito, dióxido de cloro, ácidos orgánicos, peróxido de hidrógeno, etanol, fosfato trisódico, hidróxido de calcio y formulaciones comerciales antimicrobianas han exhibido diferentes rangos de eficacia en la muerte de estos patógenos (Scouten y Beuchat, 2002).

En general, la desinfección es más efectiva en las semillas que en los germinados. Esto puede deberse a la combinación de niveles más bajos de microorganismos y de material orgánico presente en las semillas que en los germinados, y la internación de la bacteria dentro de los tejidos del germinado la hace físicamente inaccesible a los agentes sanitizantes (NACMCF, 1999).

Entre las soluciones estudiadas como agentes desinfectantes se encuentran el hipoclorito de sodio y de calcio en concentraciones de 1800 y 2000ppm de cloro activo, respectivamente, peróxido de hidrógeno al 6%, etanol al 80%, agua oxigenada, dióxido de cloro, cloruro de sodio acidificado, sorbato de potasio, propionato de calcio, ácido gálico, ácido benzoico, ácido salicílico, riboflavina, EDTA de calcio, entre otros. Dentro de los agentes comerciales se encuentran el Glycerine (mezcla de ácido láurico y sulfato laurílico de sodio), el Tsunami y el Vortex (soluciones de oxígeno activado). (NACMCF, 1999)

La aplicación de calor también se ha probado como medio desinfectante para reducir los niveles de patógenos en las semillas, con o sin combinarlo con remojos en

soluciones. De la misma manera también se ha probado el uso de Irradiación Gamma usando  $Cs^{137}$ , y la aplicación de luz ultravioleta (NACMCF, 1999).

La luz UVC se ha empleado para desinfectar superficies, empaques y contenedores de alimentos, y para eliminar los microorganismos patógenos, tales como el *Bacillus stearothermophilus* de capas delgadas de azúcar, y *Pseudomonas spp* de la superficie de carnes. Sin embargo, la exposición directa de la luz UV a la carne o a la leche puede ocasionar olores desagradables (Bintsis et al., 2000).

En el estudio realizado para la desinfección de jugo de sandía natural aplicando luz UVC, se obtuvo una reducción de 4.5 ciclos logarítmicos, sin dañar significativamente las cualidades organolépticas de éste. Asimismo, en el reporte realizado por López malo et al., en el 2000, para la desinfección de jugo de zanahoria y betabel, se obtuvo una reducción de 5 ciclos logarítmicos en la flora nativa, preservando de igual manera el color, sabor y nutrimentos de ambos jugos (Mani, 2003).