

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERO EN CIENCIA Y

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



**“Efecto del Recubrimiento de Goma Guar sobre la Calidad
Microbiológica del Tomate Saladette”**

POR:

ROXANA LEYVA RIVERA

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México, Septiembre, 2016.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TESIS

**“Efecto del Recubrimiento de Goma Guar sobre la Calidad
Microbiológica del Tomate Saladette”**

POR:

ROXANA LEYVA RIVERA

Que ha sido aprobada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

El presente trabajo ha sido asesorado y aceptado de acuerdo al artículo 89 del
Reglamento de Académico para alumnos de licenciatura por el siguiente comité:



M.C. Xochitl Ruelas Chacón
Asesor principal



Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó
Asesor



M. C. Oscar Noe Reboloso Padilla
Asesor



Dr. Jose Dueñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Saltillo, Coahuila, México, Septiembre, 2016.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TESIS

“Efecto del Recubrimiento de Goma Guar sobre la Calidad
Microbiológica del Tomate Saladette”

POR:

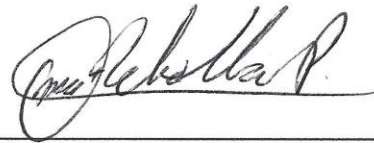
ROXANA LEYVA RIVERA

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito para
obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

De acuerdo al artículo 90 del reglamento para Alumnos de Licenciatura

M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla
Presidente



Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó
Vocal



Lic. Laura Olivia Fuentes Lara
Vocal



Dr. Efrain Castro Narro
Vocal



Saltillo, Coahuila, México, Septiembre, 2016.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Te agradezco por acompañarme a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad, por la sabiduría que me diste, por la tenacidad de buscar siempre lo mejor para poder lograrlo y sobre todo por darme tu bendición y hacer que mi vida sea maravillosa, tu luz siempre me ilumina.

A mi ALMA MATER

A la cual llevo en el corazón siempre, que me dio todo y abrió sus puertas del conocimiento para mí. A mi maravillosa carrera ICTA nido de muchos que como yo eligieron esta extraordinaria carrera y que con mucho orgullo, amor, pasión y respeto representaré.

A la MC. Xochitl Ruelas Chacón

Gracias por confiar en mí para la elaboración de este proyecto, por su entrega en mi aprendizaje, por compartir su sabiduría y por impulsarme a ser cada día mejor.

A mis profesores

Quienes me entregaron a través de su conocimiento y dedicación las herramientas para preparar este camino hacia el mundo profesional y que marcarán un importante precedente en mi formación.

A mis amigos (as)

Gracias por estar en los mejores y peores momentos de mi vida. **Abigail, Ángeles Castro, Rosario, Ángeles Carrera, Idalia, Sonia Paola, Gaby, Martha, Isabel Castro, Josué Bello, Alfredo,** gracias porque cada uno de ustedes ha motivado mis sueños y esperanzas en momentos difíciles, siempre estarán en mi corazón.

A mis compañeros de generación

A mis amigos y compañeros, con los cuales viví tantos momentos buenos, agradezco su paciencia, el apoyo, la amistad, cada instante que me hicieron sentir feliz y la compañía en los momentos más difíciles. Dios los bendiga en donde quiera que estén.

A mis amigas de trabajo

A **Selene, Alejandra** y **Lupita**, a ustedes por conocerme mejor que nadie, por estar cada segundo a mi lado, por secarme las lágrimas, por sacarme una sonrisa, por todo lo que hemos y seguiremos compartiendo. Son unos ángeles enviados por Dios. Las quiero mucho.

DEDICATORIA

A mis padres

Quiero darles gracias por apoyarme tanto, por ser mi motivación y el motor de mi vida por darme luz en la oscuridad y aliento en la tempestad, por darme su confianza la cual nunca defraudaré, por ser como son y otorgarme incalculables valores de los cuales el mayor de ellos es "la humildad" por enseñarme que una vida alejada de Dios no lleva a ningún lado, y que con él mi vida será llena de bendiciones, por demostrarme que esté donde esté y haga lo que haga ustedes siempre me apoyaran incondicionalmente.

Gracias **Juan Leyva Romero** por enseñarme a nunca rendirme ante los problemas, gracias **María Luisa Rivera Moreno** por enseñarme que el amor es la fuerza más grande que existe, ustedes son los seres a quienes más amo en el mundo.

A mis hermanos

Iván y Juan Ángel que con su apoyo, comprensión y afecto moral, estuvieron siempre conmigo en los momentos más difíciles de mi formación, cuando necesité fuerzas y ánimo para poder afrontar el presente y continuar mis estudios. Por eso les brindo mi gratitud de todo corazón por su apoyo incondicional. Este logro no es tan solo mío, sino de cada uno de ustedes. Los amo con todo mi corazón.

A mis abuelos

Don Gustavo, Efigenia y Francisca que con la sabiduría de Dios me han enseñado a ser quien soy. Gracias por su paciencia, por enseñarme el camino de la vida, gracias por sus consejos, por el amor que me han dado, por su apoyo incondicional en mi vida y por llevarme en sus oraciones.

A mi familia

Especialmente a mis tías (**Lorena, Nancy, Marcela, Santa, Julia, Nema**), a mis tíos (**Octavio, Tomás, Luis, José, Enrique, Jorge, Alfredo, Vicente, Sebastián, Martín, Bony**), a mis primas (**Lupita, Berenice, Yuridiana, Adamary, Karol, Brenda**) a mis primos (**Pancho, Hugo, Eus, Jairo, Juan, Carlos Enrique, Arturo, Mario**) agradezco a Dios por otorgarme una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo. A todos ellos dedico el presente trabajo, porque han fomentado en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

A mi sobrinita **Xanath Azul**, por alegrarme mis días cuando más lo necesitaba. Tu amor me hizo tener esperanzas y ser feliz.

“Y por último: deseo dedicar este momento tan importante e inolvidable; a mí misma, por no dejarme vencer, ya que en ocasiones el principal obstáculo se encuentra dentro de uno...”

AGRADECIMIENTOS**DEDICATORIA**

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
1.2 Hipótesis.....	2
1.3 Justificación.....	3
CAPITULO II: REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Aspectos generales del tomate.....	4
2.1.2 Clasificación taxonómica del tomate.....	4
2.1.3 Clasificación del fruto.....	5
2.1.4 Valor nutricional.....	6
2.1.5 Normas de calidad y categorías.....	7
2.1.6 Plagas y enfermedades del tomate.....	8
2.1.7 Producción primaria.....	8
2.1.8 Estadísticas Mundiales y Nacionales.....	9
2.2 Recubrimiento comestible.....	11
2.2.1 Historia.....	11
2.2.2 Definición.....	12
2.2.3 Propiedades de los recubrimientos comestibles.....	12
2.2.4 Métodos o técnicas de aplicación.....	13
2.3 Composición de los recubrimientos comestibles.....	14
2.3.1 Polisacáridos.....	16
2.3.2 Proteínas.....	28
2.3.3 Lípidos.....	30
2.4 Plastificantes.....	31
2.4.1 Glicerol.....	32

2.5 Antimicrobianos.....	33
2.5.1 Antimicrobianos naturales	34
2.5.2 Antimicrobianos sintéticos	35
2.6.1 Recuento de aerobios mesófilos	42
2.6.2 Mohos y levaduras	43
CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS	44
3.1 Material de laboratorio.....	44
3.2 Equipo utilizado.....	45
3.3 Material vegetal	45
3.4 Reactivos.....	45
3.5 Caracterización de la materia prima	46
3.6 Preparación de la muestra	46
3.7 Preparación del recubrimiento	47
3.8 Aplicación del recubrimiento y almacenamiento de la muestra	47
3.9 Evaluación de la aplicación del recubrimiento de goma guar	48
3.9.1 Análisis microbiológico.....	48
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	53
4.1 Resultados de bacterias mesófilas con antimicrobiano.....	54
4.1.1 Bacterias mesófilas vs días	54
4.1.2 Bacterias mesófilas vs muestras	55
4.1.3 Bacterias mesófilas vs dilución.....	56
4.1.4 Bacterias vs horas	57
4.2 Resultados de hongos y levaduras con antimicrobiano	58
4.2.1 Hongos y levaduras vs días.....	58
4.2.2 Hongos y levaduras vs muestra	58
4.2.3 Hongos y levaduras vs horas	59
4.2.4 Hongos y levaduras vs dilución.....	60
CONCLUSIONES	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación Taxonómica del tomate.	5
Cuadro 2. Valor nutrimental del tomate que proporcionan 100 g de materia comible.....	7
Cuadro 3. Principales países productores de tomate (toneladas).....	10
Cuadro 4. Principales estados de México por producción de tomate rojo (toneladas)	11
Cuadro 5. Análisis típico de guar en polvo	21
Cuadro 6. Composición química de harina de goma de guar comercial	22
Cuadro 7. Máximos niveles de uso de goma guar permitidos en E.U.A.....	26
Cuadro 8. Plantas utilizadas como saborizantes en alimentos y con actividad antimicrobiana.....	35
Cuadro 9. Antimicrobianos sintéticos de acuerdo a la FDA.	36
Cuadro 10. Bacterias inhibidas por sorbatos.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de tomate	6
Figura 2. Transferencias que pueden ser controladas por barreras comestibles.	13
Figura 3. Compuestos utilizados en películas comestibles para frutas y verduras mínimamente procesadas	15
Figura 4. <i>Yamopsis tetragonolobus</i>	20
Figura 5. Transformación de las semillas de goma guar	20
Figura 6. Estructura molecular de la goma guar.....	22
Figura 7. Apariencia de la goma guar	23
Figura 8. Estructura del glicerol.....	32
Figura 9. Estructura molecular del sorbato de potasio	36
Figura 10. Grupos de tomate.....	46
Figura 11. Aplicación de la película.....	47
Figura 12. Tomates con película	48
Figura 13. Medios de cultivo.....	49
Figura 14. Olla de presión	49
Figura 15. Cajas Petri con medio de cultivo	50
Figura 16. Frascos de dilución con muestra.....	50
Figura 17. Preparación de diluciones decimales	51
Figura 18. Incubación de bacterias mesófilas.....	52
Figura 19. Incubación de hongos y levaduras	52
Figura 20. Bacterias mesófilas vs días.....	54
Figura 21. Bacterias mesófilas vs muestras	55
Figura 22. Bacterias mesófilas vs dilución	56
Figura 23. Bacterias vs horas.....	57
Figura 24. Hongos y levaduras vs días	58
Figura 25. Hongos y levaduras vs muestra	59
Figura 26. Hongos y levaduras vs horas	60
Figura 27. Hongos y levaduras vs dilución	61

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicon*) es una de las hortalizas de gran consumo y de gran importancia en México. Es por ello que, con el paso del tiempo se han buscado métodos de conservación para este fruto que va desde bajas temperaturas, sustancias químicas, películas comestibles a base de polisacáridos, lípidos y proteínas; hasta la aplicación de empaques para atmósferas modificadas (Bombelli y Wright, 2006).

Las películas comestibles han recibido intensa investigación durante los últimos 20 años (Guilbert, 1986; Krochta y de Mulder-Johnson, 1997) para mejorar las propiedades organolépticas de alimentos, incrementar la vida de anaquel, y reducir el uso de materiales de embalajes descartables y no degradables (Guilbert, 1986). Dependiendo de su composición química, las películas comestibles pueden:

- 1) Regular procesos de transferencia de masa involucrando oxígeno (Miller y Krochta, 1997; Ayrancy y Tunc, 2003), dióxido de carbono (Galiotta *et al.*, 1998b), vapor de agua (Avena-Bustillos y Krochta, 1993), etileno (Galiotta *et al.*, 1998b) y otros compuestos volátiles (Miller y Krochta, 1997).
- 2) Tener efecto en las propiedades mecánicas de los alimentos (Galiotta *et al.*, 1998a).

Adicionalmente, agentes antimicrobianos, antioxidantes, sabores, colores, agentes entrecruzadores (Galiotta *et al.*, 1998a) y plastificantes (Budi y Wild, 1999) han sido adicionados para mejorar las propiedades funcionales de las cubiertas.

En el caso de las frutas y verduras mínimamente procesadas, en los que la protección física (piel) ha sido eliminada, la oportunidad para que los microorganismos invadan y crezcan en la superficie de la fruta está presente. La incorporación de compuestos antimicrobianos en películas o recubrimientos comestibles conserva la calidad de las frutas y verduras recién cortadas. Dado que

se necesitan antimicrobianos sólo en la superficie del producto, su aplicación como parte de un recubrimiento ayudará a minimizar el uso de antimicrobianos (Vojdani y Torres, 1990). La retención de los antimicrobianos en la superficie de los productos con recubrimiento dependerá de los atributos del recubrimiento (composición, características hidrofílicas y el procedimiento de fabricación) y tipo de producto (pH y actividad del agua), así como las condiciones de almacenamiento (temperatura y duración) (Cagri *et al.*, 2004). Los antimicrobianos más utilizados incluyen sorbato de potasio, benzoato de sodio, ácido sórbico, ácido benzoico y ácido propiónico (Rojas -Grau *et al.*, 2007).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Analizar el efecto del recubrimiento comestible con antimicrobiano sobre el deterioro microbiano del tomate saladette durante 15 días del almacenamiento.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto del recubrimiento de goma guar con antimicrobiano sobre el deterioro microbiano de mesófilos aerobios, hongos y levaduras durante 15 días de refrigeración a 12 °C.
2. Analizar el efecto de recubrimiento de goma guar con tres concentraciones (0.1, 0.3 y 0.5 %) de sorbato de potasio como antimicrobiano sobre el deterioro microbiano durante un periodo de refrigeración a 12 °C.

1.2 Hipótesis

La aplicación de un recubrimiento comestible de goma guar y la adición del antimicrobiano sorbato de potasio influyen positivamente en la calidad microbiológica del tomate saladette.

1.3 Justificación

El tomate es la hortaliza de mayor importancia en el mundo. Es uno de los principales productos exportados por México, y es conocido por ser un producto perecedero que requiere tratamientos para alargar su vida útil.

Las películas en el área de alimentos funcionan como barreras selectivas para la transferencia de gases, humedad y nutrientes; son utilizadas por que ayudan a disminuir el deterioro de productos alimenticios causado por factores ambientales. De igual manera se busca que evite o disminuya la oxidación y pérdida de compuestos volátiles responsables de sabores y propiedades específicas de los alimentos.

La finalidad de esta investigación es preparar una película comestible a base de goma guar, glicerol y la adición de sorbato de potasio como agente antimicrobiano, que ayude a alargar su vida útil y disminuya la proliferación de microorganismos en el tomate saladatte.

CAPITULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Aspectos generales del tomate

Origen. El jitomate es originario de la América del Sur, de la región andina, particularmente de Perú, Ecuador, Bolivia y Chile. Sin embargo, su domesticación fue llevada a cabo en México. El nombre de jitomate procede del náhuatl *xictli*, ombligo y *tomatl*, tomate, que significa tomate de ombligo.

Planta: Porte erecto o semierecto, arbustivo, cultivo de tipo anual. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas).

Fruto: El fruto es una baya ovalada, redonda o periforme. Su tamaño va desde pequeños frutos del tamaño de una cereza, hasta enormes frutos de 750 gr (SAGARPA, 2010)

2.1.2 Clasificación taxonómica del tomate

La clasificación filogenética de las solanáceas ha sido recientemente revisada y el anterior genero *Lycopersicon* (Miller, 1754) se integró al nuevo género *Solanum* con su nueva nomenclatura.

Solanum sección *Lycopersicum* incluye el tomate cultivado (antes *Lycopersicum esculentum*) y 12 especies silvestres. *Solanum- lycopersicum* es la única especie domesticada (Peralta *et al.*, 2006). El tomate *Solanum- lycopersicum* es una planta dicotiledónea, perteneciente a la familia solanácea y al género *Solanum* (cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación Taxonómica del tomate.

Taxón	Nombres
Super-Reino	Eukaryota
Reino	Viridiplantae
Phylum	Streptophyta
Subclase	Asterids
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Genero	Solanum
Especie	Lycopersicum

Fuente: NCBI: Taxonomy ID: 4081

2.1.3 Clasificación del fruto

Existen tres maneras de clasificar el tomate, según su forma, madurez y color. De acuerdo a su forma, existen 5 tipos, del más pequeño al más grande: cherry, saladette, tipo pera, bola estándar y bola grande (figura 1).

Los tomates se clasifican por su grado de madurez, el número de días entre que es plantado y su cosecha. De madurez temprana se cosechan a los 55-65 días. De mediana maduración se consideran de 66 a 80 días, los de mayor maduración requieren más de 80 días.

De la misma manera, pueden clasificarse en función de su color. Existen verde lima, rosa, amarillo, dorado, naranja y rojo.

Principales tipos de tomate comercializado

Cherry (Cereza). Se produce en plantas de crecimiento indeterminado. Es pequeño y de piel delgada. Se agrupan en ramilletes de 15 a más de 50 frutos. Tiene sabor dulce. Existen de color rojo y amarillo.

Saladette (Roma). Variedad italiana para conserva de tomate pelado, fruto pequeño bi o trilobular, forma de pera, tamaño homogéneo de los frutos.

Pera. Utilizado cada vez menos, en la industria conservera para tomate pelado.

Beef. Fruto de gran tamaño y baja consistencia. Producción precoz y agrupada.

Otras variedades importantes son: Marmande, vemone, moneymaker, muchamiel, Pometa tardío, San Marzano, cocktail, ramillete, liso, entre otros (SAGARPA, 2010)



Figura 1. Tipos de tomate

2.1.4 Valor nutricional

El tomate es un alimento con escasa cantidad de calorías. De hecho, 100 g de tomate aportan solamente 18 kcal. La mayor parte de su peso es agua. Contiene azúcares simples que le confieren un ligero sabor dulce y algunos ácidos orgánicos que le otorgan el sabor ácido característico. De su contenido en vitaminas destacan la B1, B2, B5 y la vitamina C. presenta también carotenoides como el licopeno (pigmento que le da el color rojo característico al tomate). La vitamina C y el licopeno son antioxidantes con una función protectora de nuestro organismo (cuadro 2). Durante los meses de verano, el tomate es una de las fuentes principales de vitaminas (AOAC, 1990).

Cuadro 2. Valor nutrimental del tomate que proporcionan 100 g de materia comestible.

Componente	Cantidad
Agua	94%
Hidratos de Carbono	3%
Proteínas	1%
Lípidos	0.3%
Potasio	258 mg/100 g
Sodio	3 mg/100 g
Calcio	10 mg/100 g
Hierro	0.6 mg/100 g
Fósforo	24 mg/100 g
Vitamina C	26 mg/100 g
Vitamina A (retinol)	207 mg/100 g
Tiamina (Vitamina B1)	0.06 mg/100 g
Riboflaniva (Vitamina B2)	0.04 mg/100 g
Niacina (Vitamina B3)	28 µg/100 g

Fuente: Linares, 2004

2.1.5 Normas de calidad y categorías

La norma estándar internacional para la clasificación de tomate, establecido por el Comité del Codex Alimentarius sobre Frutas y Hortalizas describe el producto y lo clasifica de acuerdo a su calibre y homogeneidad, por lo que establece criterios de calidad y tolerancia para defectos.

La Norma Mexicana para productos alimenticios no industrializados para consumo humano para tomate, NMX-FF-031-197-SCFI, establece la clasificación de acuerdo a los grados de calidad del fruto: México 1, México 2 y México 3. Con una combinación entre México 1 y México 2. Para ello, se toma en cuenta forma, textura, coloración, maduración y conservación del producto.

Existen tres categorías según la calidad del fruto: Extra, Primera y Segunda. Por su parte, la norma comunitaria distingue cuatro tipos: redondos lisos, asurcados, oblongos o alargados y finalmente, cherry y cocktail (SAGARPA. 2010).

2.1.6 Plagas y enfermedades del tomate

Las plagas más comunes son:

- **Mosca blanca.** Transmite el virus del rizado amarillo del tomate conocido como “virus de la cuchara”.
- **Trips.** Transmite el virus del bronceado del tomate.
- **Pulgón.** Forman colonias y se distribuyen mediante las hembras aladas, principalmente en primavera y otoño.
- **Minadores de hoja.** Sus larvas se desarrollan dentro de la hoja, ocasionando las galerías o minas.
- **Polilla del tomate.** Ataca a los brotes y los frutos.
- **Araña Roja.** Son ácaros que producen manchas amarillentas en las hojas.

Enfermedades. Las más comunes son:

- **Oidiopsis.** Son manchas amarillas que secan la hoja y la desprenden.
- **Podredumbre gris.** Produce lesiones pardas en hojas y flores. Los frutos se ponen blandos y grises.
- **Mildiu.** Aparecen manchas irregulares y aceitosas en las hojas, en el tallo son manchas pardas que lo circundan. También ataca los frutos inmaduros.
- **Fusarium Oxysporum.** Comienza con la caída de las hojas superiores. Las inferiores amarillean y terminan por morirse. En un corte transversal del tallo, se observa un oscurecimiento de los vasos (SAGARPA, 2010).

2.1.7 Producción primaria

El cultivo del tomate ocupa un lugar importante entre las hortalizas en el mundo. El tomate, conocido también como jitomate en el centro y sur del país, es un

producto muy apetecido para consumo en fresco. Además, es una importante materia prima para la industria de la transformación. La superficie sembrada en México prácticamente no ha experimentado cambios notables en los últimos años, habiendo sido de 76,758; 82,979; 84,595; 75,899; y 79,690 hectáreas, en los años 1997, 1998, 1999, 2000 y 2001, respectivamente. La superficie cosechada en México ha sido de 71,617 hectáreas en 1997; de 78,706 hectáreas en 1998; de 82,559 hectáreas en 1999; de 74,138 hectáreas en el año 2000; y de 73,681 hectáreas en el 2001 (INEGI, 2002: El Sector Alimentario en México, Edición 2002, INEGI; con datos del Sistema de Información Agropecuaria de Consulta [SIACON, 1980-2001]).

El tomate tiene importancia mundial por las siguientes razones:

- Tiene una amplia variedad de usos para el consumo fresco.
- Es utilizado como ingrediente principal en jugos, pastas, bebidas y otros concentrados.
- Presenta un sabor universalmente apreciado en más de 120 recetas culinarias.
- Su alto valor nutritivo, con altos contenidos de vitaminas A y C.
- Su alto valor comercial por unidad de superficie cultivada (Haeff, 1983).

2.1.8 Estadísticas Mundiales y Nacionales

En la actualidad el tomate es un producto básico de la horticultura y tiene gran importancia a escala mundial. En 2005, se cultivaron 4,550 mil de hectáreas en todo el mundo, con una producción total de 125,015 miles de toneladas (FAO, 2006)

Los principales países productores de tomate son China y Estados Unidos de América, ocupando México el noveno lugar a escala mundial (cuadro 3). España se sitúa en tercer lugar según el rendimiento de su producción tras Israel y Estados Unidos y se mantiene como el principal país exportador, dedicando una

superficie de cultivo de 70,400 hectáreas y obteniendo una producción total de 4,473 de toneladas.

Cuadro 3. Principales países productores de tomate (toneladas).

Países	2004	2005	2006	2007	2008
China	30,143,929	31,618,462	32,519,315	33,569,881	33,811,702
EU	12,854,480	10,982,790	12,257,172	14,185,180	12,575,900
Taquia	9,440,000	10,050,000	9,854,877	9,945,043	10,985,400
India	8,125,600	8,825,400	9,820,400	10,054,600	10,260,600
Italia	7,683,071	7,187,014	5,064,571	6,530,162	5,976,912
Irán	4,022,878	4,781,018	5,064,571	5,000,000	5,000,000
Egipto	7,640,818	7,600,000	8,576,070	8,639,024	4,204,039
Brasil	3,515,567	3,452,973	3,392,655	3,431,230	3,934,275
España	4,383,202	4,810,301	3,800,552	3,664,100	3,847,800
México	3,037,265	2,800,115	2,899,153	3,150,353	2,936,773

Fuente: Faostat.fao.org, 2015.

En México el 70% de la producción (cuadro 4) se concentra en los estados de Sinaloa (39.9%), Baja California (14.7%), San Luis Potosí (7.9%) y Michoacán (6.9%), (ASERCA, 1998).

Cuadro 4. Principales estados de México por producción de tomate rojo (toneladas)

Estados	2004	2005	2006	2007	2008
Sinaloa	991 113.1	845 477.18	783 314.03	827 010.94	782 909.5
Baja California	294 076.06	262 457.52	216 000.04	196 388. 03	206 257. 11
Michoacán	162 476.07	150 730.08	134 177.84	224 897.88	175 702.64
San Luis Potosí	125 122.75	162 052.7	120 120	120 289.4	139 653
Jalisco	109 029.87	117 500.45	87 533.64	141 796.28	122 420.73
Total	2314 629.9	2246 246.34	2093 431.59	2425 402.77	2263 201.65

Fuente: SAGARPA, 2008.

2.2 Recubrimiento comestible

2.2.1 Historia

La aplicación de recubrimientos comestibles tanto en productos frescos como procesados, pareciera ser nueva, sin embargo data de muchos años atrás, desde hace más de 50 años se ha estudiado y reportado en la literatura su uso para extender el tiempo de vida de anaquel, incrementar la calidad debido a las frescura, para productos congelados y procesados (Kester y Fennema, 1986).

Hardenburg (1967) comenta que su uso se remonta al siglo XII, donde las naranjas y los limones fueron recubiertas con cera en China para preservar los frutos más tiempo. En los EE.UU., la primera patente sobre el uso de recubrimientos comestibles se remonta a 1916, donde un método de conservar las frutas enteras con cera fundida fue patentado por Hoffman. En 1972, Bryan patentó un método para preservar mitades de pomelo con recubrimiento comestible compuesta de pectina de bajo metoxilo y goma de garrofín dispersa en el jugo de toronja.

2.2.2 Definición

Según la Food and Drug Administration (FDA) de EEUU (FDA, 2006), los recubrimientos comestibles son aquellos formados a partir de formulaciones que contengan aditivos permitidos para su uso alimentario. Entre esos aditivos alimentarios la Directiva 95/2/CE (1995) incluye los siguientes: goma arábica, goma xantana, glicerina, pectinas, celulosa y sus derivados (metilcelulosa, hidroxipropil celulosa, hidroxipropil metilcelulosa, etc.).

De acuerdo con Krochta y De Mulder-Johnston (1997), una película comestible se define como aquella capa delgada de material comestible formada sobre un alimento como recubrimiento, o colocada sobre o entre los componentes de los alimentos. Su propósito es el de inhibir o reducir la migración de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, aromas, lípidos, pigmentos, etc.; servir como vehículos para aditivos alimentarios (antioxidantes, antimicrobianos, saborizantes, colorantes); y/o mejorar la integridad mecánica o característica de manejo del alimentos en cuestión.

2.2.3 Propiedades de los recubrimientos comestibles

Los recubrimientos comestibles deben presentar ciertos requerimientos funcionales que permitan controlar o aminorar las causas de alteración de los alimentos a recubrir (figura 2). Algunos de estos requerimientos, dependientes de la naturaleza del producto alimenticio al cual se aplica y de su principal mecanismo de deterioro son:

- Propiedades sensoriales: deben ser transparentes, no otorgar sabor y olor diferente al alimento y no ser detectadas durante su consumo.
- Propiedades de barrera: presentar una adecuada permeabilidad al vapor de agua y solutos y una permeabilidad selectiva a gases y volátiles.
- Deben ser libres de tóxicos y ser seguros para la salud.
- Deben requerir una tecnología simple para su elaboración.

- La materia prima y el costo de producción del recubrimiento deben ser de bajo costo.

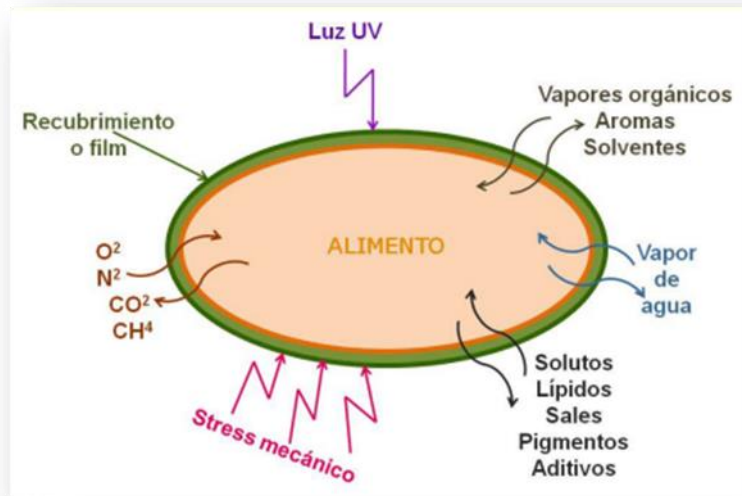


Figura 2. Transferencias que pueden ser controladas por barreras comestibles (adaptado de Dbeaufort y Voilley, 2009).

Para que los recubrimientos comestibles sean funcionales y por tanto, óptimos, se deberá otorgar una especial importancia a la selección de los materiales que los forman, ya que sus propiedades están fuertemente afectadas por la naturaleza de sus componentes, composición y estructura final (Kester y Fennema, 1986).

2.2.4 Métodos o técnicas de aplicación

El modo de aplicación de un recubrimiento comestible depende en gran medida del tipo de producto que se desee recubrir (Soliva y Martin, 2001). La aplicación directa de la solución formadora de película, sobre el alimento o producto, se puede llevar a cabo por métodos de inmersión, frotación, aspersion, entre otros (Pablo, 2010).

2.2.4.1 Aplicación por inmersión

La aplicación del recubrimiento por inmersión es la técnica que proporciona mejores resultados en caso de productos que requieren una capa uniforme en una superficie irregular. Esta técnica es la más utilizada en el recubrimiento de frutas, vegetales y productos cárnicos. En caso de frutas y verduras, la inmersión se realiza en tanques que contienen las formulas formadoras de cubiertas. Posteriormente a esto se procede a un escurrido y secado, dejando que una película delgada sea formada sobre la superficie del producto (Pablo, 2010).

2.2.4.2 Aplicación por aspersión

El aplicar el recubrimiento por aspersión es el método convencional usado generalmente en muchos de los casos. Debido a la alta presión (60.80 psi) un menor gasto de solución formadora de película es requerido para obtener recubrimientos uniformes (Pablo, 2010).

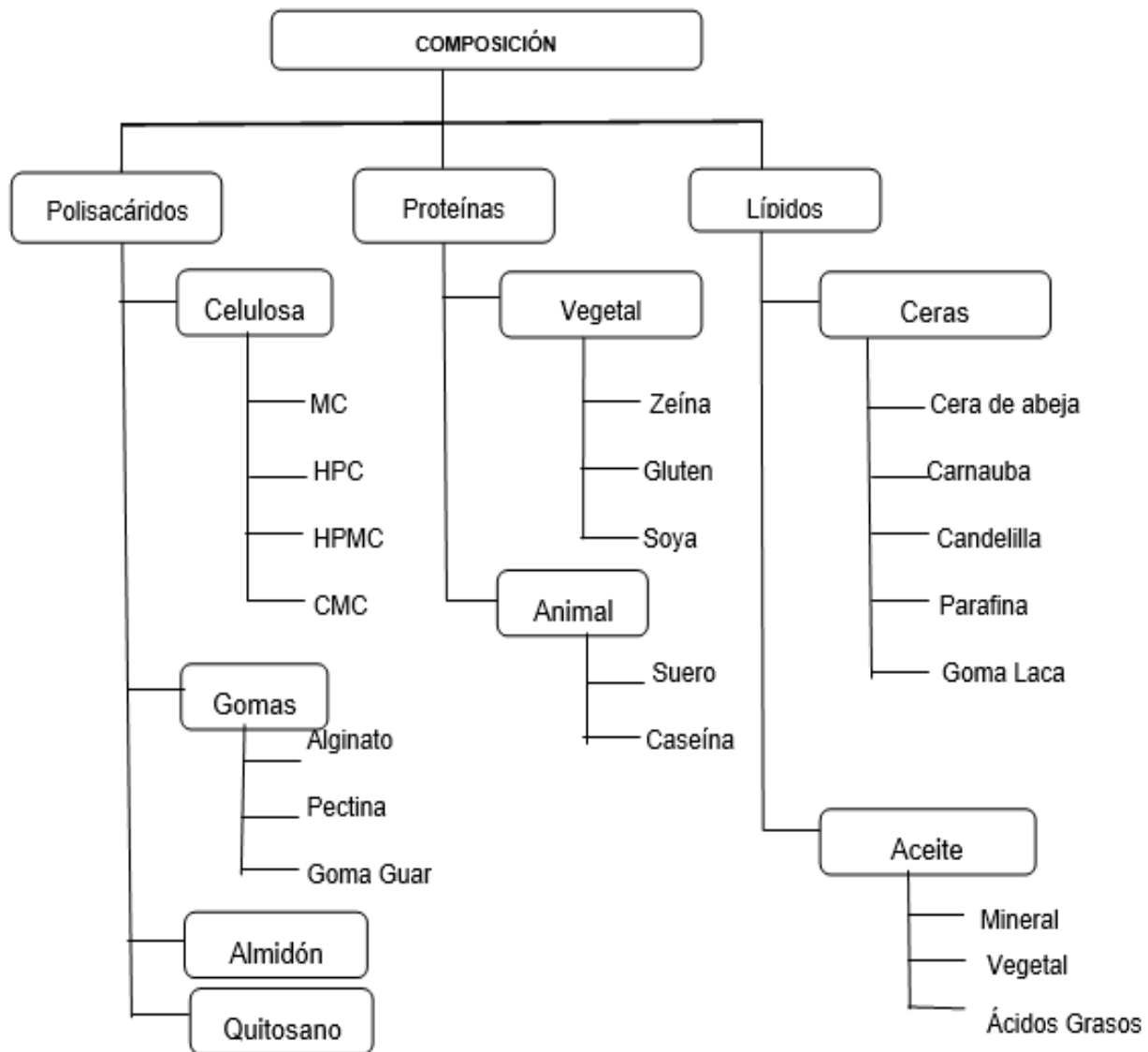
2.2.4.3 Aplicación por frotación

Al aplicar el recubrimiento por frotación se utiliza aire comprimido (menos de 5 psi o 35 kPa) que es aplicado a líneas de empaque que poseen rodillos en movimientos para lograr una dispersión uniforme. El exceso de cubiertas es removido con cepillos colocados por debajo de los rodillos. La cubierta espumosa contiene un poco de agua para así facilitar el proceso de secado (Pablo, 2010).

2.3 Composición de los recubrimientos comestibles

Las películas o recubrimientos comestibles se componen de hidrocoloides, que consisten en cualquier polisacárido o proteínas, o compuestos hidrófobos (por ejemplo, lípidos o ceras). Las películas comestibles también pueden estar compuestas de una mezcla de hidrocoloides y compuestos hidrofóbicos (compuestos o películas de revestimientos). La figura 3 muestra los más comunes compuestos utilizados en películas y recubrimientos comestibles.

Figura 3. Compuestos utilizados en películas comestibles para frutas y verduras mínimamente procesadas.



MC: Metilcelulosa **HPC:** Hidroxipropil Celulosa **HPMC:** Hidroxipropil Metilcelulosa
CMC: Carboximetilcelulosa

Adaptado de Pastor *et al.*, 2005 y Vargas *et al.*, 2008

2.3.1 Polisacáridos

Son los hidrocoloides que más se utilizan en la industria de alimentos como gelificantes, espesantes, estabilizantes, y formadores de películas comestibles, entre otras aplicaciones. Se obtienen principalmente de vegetales, algas y microorganismos (Khan *et al.*, 2007).

Al usar polisacáridos como compuestos para la formación de películas se obtienen películas transparentes que presentan buenas propiedades de barrera a los gases y pueden adherirse a las superficies de frutas y hortalizas troceadas. Sin embargo, las aplicaciones se limitan debido a que las películas son solubles en agua (hidrofílicas) y permeables al vapor de agua. Para mejorar dichas condiciones es posible adicionar compuestos hidrofóbicos como ceras o aceites, y también se pueden realizar tratamientos para el entrecruzamiento de las moléculas (Vargas *et al.*, 2008; Campos *et al.*, 2011).

Entre los polisacáridos más utilizados en la industria alimentaria se encuentran:

2.3.1.1 Celulosa

La celulosa, el más abundante polímero natural en la tierra, se compone de segmentos lineales (1 → 4)-vinculada unidades β-D-glucopiranosil. Aunque es muy barato, la celulosa es difícil de usar como recubrimiento, debido a su insolubilidad en agua y altamente asociado a su estructura cristalina (Park *et al.*, 1993; Ayranci *et al.*, 1997).

Sin embargo, algunos derivados de la celulosa producidos comercialmente como carboximetilcelulosa (CMC), metilcelulosa (MC), hidroxipropilcelulosa (HPC), e hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC), puede superar las limitaciones asociado con la celulosa nativa. Debido a la estructura lineal de celulosa, estos derivados tienden a formar películas buenas, aunque las propiedades de película dependerá de celulosa estructura y peso molecular (Park *et al.* 1993; Ayranci *et al.*, 1997).

2.3.1.2 Almidón

El almidón es el polisacárido más abundante y barato obtenido de cereales, leguminosas y tubérculos, es un excelente ingrediente a considerar en procesos industriales. El almidón es un carbohidrato que se compone de dos polímeros de unidades de glucosa: amilosa y amilopectina. La amilosa es un polímero lineal, mientras que la amilopectina es un polímero ramificado. La relación entre amilosa y amilopectina es un valor muy importante para la formación de películas comestibles y tiene influencia en las propiedades mecánicas y físicas de éstas (Tongdeessoontorn *et al.*, 2011).

En general, un incremento en el contenido de amilosa dará como resultado películas con mayor dureza (Tharanathan, 2003). Independientemente del contenido de amilosa, las películas formadas con almidón presenta propiedades mecánicas limitadas, ya que son quebradizas; aun así, son consideradas como las películas formuladas con polisacáridos que presentan las mejores características de flexibilidad (Wang *et al.*, 2007). Al igual que en otros casos, las propiedades mecánicas mejoran al adicionar plastificantes o al mezclar el almidón con otros biopolímeros (Tongdeessoontorn *et al.*, 2011).

2.3.1.3 Quitosano

El quitosano es un polímero obtenido por desacetilación alcalina de la quitina, proveniente de crustáceos, tiene la capacidad de formar films y se utiliza ampliamente en la formulación de recubrimientos (Zhang y Quantick, 1998; Jiang y Li, 2001; Vargas, 2008). Este tipo de recubrimientos es efectivo en prolongar la vida útil y mejorar la calidad, ya que presenta una alta permeabilidad selectiva frente a los gases, una moderada resistencia al vapor de agua (Tharanathan y Kittur, 2003), además de poseer propiedades antimicrobianas (Cuero, 1999), anti fúngicas y antibacterianas (Muzzarelli y Muzzarelli, 2003).

El potencial de aplicación del quitosano a alimentos es enorme y ha dado lugar a la aparición de diversas patentes para su aplicación a alimentos.

Existen en la bibliografía numerosos estudios de aplicación de recubrimientos de quitosano a diferentes alimentos, desde frutas y hortalizas enteras o mínimamente procesadas a carnes y derivados y productos de la pesca (Jeon *et al.*, 2002; Ouattara *et al.*, 2002).

2.3.1.4 Gomas

Las gomas pueden ser definidas en términos prácticos como moléculas de alto peso molecular con características hidrofílicas o hidrofóbicas que, usualmente, tienen propiedades coloidales, con capacidad de producir geles al combinarse con el solvente apropiado. De este modo, el término goma se aplica a una gran variedad de sustancias con características gomosas. Sin embargo, es más común la utilización del término goma para referirse a polisacáridos o sus derivados, obtenidos de plantas o por procesamiento microbiológico, que al dispersarse en el agua fría o caliente, producen soluciones o mezclas viscosas (Whistler y Daniel, 1985; Whistler, 1973).

2.3.1.4.1 Alginato de Sodio

Debido a sus propiedades coloidales y a su capacidad de formación de geles al reaccionar con cationes de metales, el alginato de sodio es utilizado para la formación de películas comestibles (Tapia *et al.*, 2007). La formación de películas de alginato se basa en la capacidad que tiene el compuesto para reaccionar con cationes divalentes y trivalentes como calcio, hierro y magnesio, entre otros (Vargas *et al.*, 2008).

Las películas de alginato de sodio tienen menor resistencia al agua que las películas formadas por polisacáridos. La alta solubilidad del alginato puede ser explicada por la naturaleza hidrofílica del compuesto, que a su vez causa que las

propiedades de barrera de vapor de las películas sean reducidas. Para disminuir este problema, se pueden agregar lípidos a la formación.

En cuanto a las propiedades mecánicas, las películas de alginato presentan menor flexibilidad que las formadas por otros polisacáridos como CMC y almidón (Tapia *et al.*, 2007).

2.3.1.4.2 Pectina

Funcionan como agentes gelificantes y espesantes en una gran variedad de productos. Las pectinas comerciales son galactouranoglicanos con varios contenidos de grupo éster metilo; mientras que las pectinas comerciales se encuentran en las paredes celulares y capas intercelulares de todas las plantas terrestres y son moléculas más complejas que se convierten en productos comerciales vía la extracción ácida (BeMiller y Whistler 1996). Existen dos tipos de pectinas que dependen de su grado de metilación: LM y HM⁶. La selección de una pectina depende de los requerimientos de una aplicación en particular.

Las soluciones de pectina HM gelifican en presencia de cantidades suficientes de ácido y azúcar, pero las soluciones de LM gelifican solo en presencia de cationes divalentes. El aumento de la concentración de cationes incrementa la temperatura de gelificación y la fuerza del gel (BeMiller y Whistler 1996).

2.3.1.4.3 Goma guar

Descripción y origen

La goma guar se obtiene del endospermo de la semilla del *Cyamopsis tetragonolobus* (figura 4), planta que pertenece a la familia de las leguminosas y crece en zonas áridas o semiáridas de India, Pakistán y una limitada extensión en Texas y Arkansas (Penna, 2002; Dziezak, 1991).



Figura 4. *Yamopsis tetragonolobus*

La goma guar es un polisacárido constituido por una cadena recta de unidades de manosa ligada a los lados con unidades sencillas de galactosa a razón de 2:1 (manosa: galactosa). Se trata de un polisacárido de reserva de la semilla y es usado por la planta como fuente de energía durante la germinación.

En la manufactura comercial, la cáscara puede soltarse por remojo en agua y removerse por molienda y tamizado en multietapas o por carbonización de la cáscara con tratamiento térmico. Posteriormente, diferentes molinos de trituración, martillo y rodillos se emplean para separar el germen del endospermo; este último, con cerca del 80% de galactomanano, se lleva a un tamaño de partícula fino para ser comercializado como goma guar (figura 5). Una de las propiedades importantes de esta goma es su habilidad para hidratarse rápidamente en agua fría y producir soluciones altamente viscosas. La viscosidad que imparte la goma guar a la solución depende del tiempo, temperatura, concentración, pH, fuerza iónica y el tipo de agitación (Dinesh, 2001).

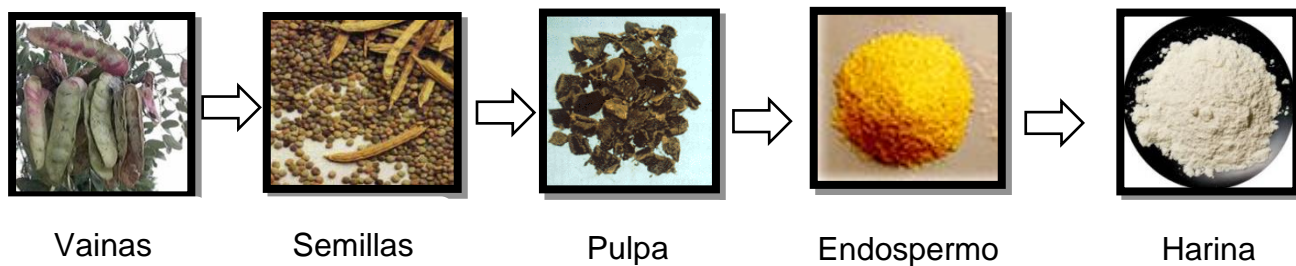


Figura 5. Transformación de las semillas de goma guar.

En cuanto a los parámetros de calidad del producto obtenido, la graduación se realiza en función del tamaño de malla y la viscosidad (cuadro 5).

El tamaño de malla, un indicador del tamaño de partícula, es un determinante crítico de la cinética de hidratación del guar y por tanto de la viscosidad. Una vez alcanzado el nivel de hidratación máximo, la viscosidad depende de la concentración, el peso molecular y la distribución de peso molecular de la fracción de galactomanano contenida en la harina (Ellis *et al.*, 2001).

Cuadro 5. Análisis típico de guar en polvo

	GRADO ALIMENTICIO			GRADO INDUSTRIAL
	Molienda Fina	Molienda Intermedia	Molienda Gruesa	Molienda Fina
Humedad	10-12	10-12	10-12	10-12
Proteína	4-6	4-6	4-6	4-6
Residuo Insoluble al ácido %	2.5-5.5	2.5-5.5	2.5-5.5	2.5-5.5
Viscosidad* P.a.s.	3-5	2.5-4.5	2-3.5	3-5
C.P.	3000-5000	2500-4500	2000-3500	3000-5000

Fuente: Food Chemical Codex, 1986.

➤ Estructura química y composición

La estructura de cadena principal y ramificaciones de la goma guar, indicando los enlaces correspondientes se presenta en la Figura 6. En estas unidades denominadas guarano (galactomanano) cada 1,5 de las unidades de 1,4-β-D-manopiranosil contienen una cadena lateral de α-D-galactopiranosil unida por enlaces 1-6. La relación de Dgalactosa a D-manosa varía con el origen de la muestra, pero típicamente se encuentra entre 1:1,5 – 1:1,8 (Dea y Morrison, 1975; Reid y Edwards, 1995; Rayment *et al.*, 1995).

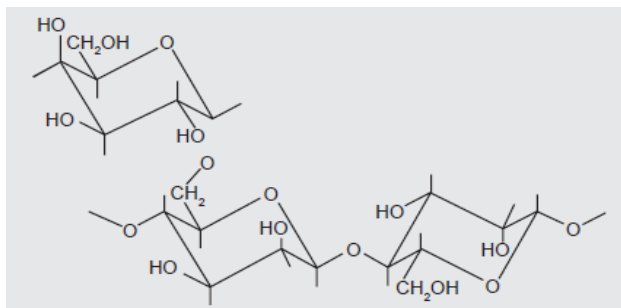


Figura 6. Estructura molecular de la goma guar (Penna, 2002)

Además de manosa y galactosa, están presentes otros monosacáridos como la glucosa y la arabinosa entre un 3-5% base seca (bs) de los polisacáridos totales (Wang, 1997). El cuadro 6 ilustra la composición típica de la harina de guar y sus rangos de variación.

Las desviaciones de estos valores pueden deberse a la obtención de grados de peso molecular bajo a partir de hidrólisis ácida, alcalina o enzimática de goma guar nativa.

Cuadro 6. Composición química de harina de goma de guar comercial (Ellis *et al.*, 2001)

Componentes	% w/w
Humedad	8.0-14.0
Galactomanano	73.0-86.7
Proteína	3.0-6.0
Fibra cruda	1.0-4.0
Cenizas (Minerales totales)	0.8-2.0
Grasa	0.5-1.0
Impurezas totales *	13.3-27.0

* Calculado como el total de otros componentes diferentes de galactomanano.

El contenido de galactosa varía entre 33-40 % y se considera que se requiere un contenido mínimo de galactosa del 12 % para ser soluble en agua a 25 °C (Gidley y Grant Reid, 1995; Phillips y Williams, 2000). Además, previene la formación de regiones cristalinas en la cadena principal, lo que favorece la penetración del agua a nivel de las moléculas para hidratar o disolver el polímero.

➤ **Propiedades físicas y químicas**

Presentación. Se encuentra disponible en forma de polvo de flujo libre, color blanco o ligeramente amarillo, inodoro, tamaño de partícula varía de 60 a 200 μm . (Dziezak, 1991; Dinesh Company, 2001) (Figura 7). Estable al calor y altamente higroscópico



Figura 7. Apariencia de la goma guar

Solubilidad. Prácticamente insoluble en disolventes orgánicos. En agua fría o caliente se dispersa e hincha rápidamente para formar un sol altamente viscoso, tixotrópico (en torno al 1%). La solubilidad es proporcional al contenido de galactosa y depende, junto con la velocidad de hidratación, del tamaño de partícula, pH, fuerza iónica, temperatura, presencia de co-solutos y los métodos empleados para la agitación (Izydorczyk *et al.*, 2005). La velocidad óptima de hidratación se encuentra entre pH 7,5 y 9,0.

pH. La dispersión acuosa al 1% p/v presenta valores de pH entre 5,0-7,0.

Peso Molecular. El rango de peso molecular promedio encontrado en la literatura es bastante amplio ($2,5 \cdot 10^5$ a $5,0 \cdot 10^6$ Da) dependiendo el método de determinación (Dea y Morrison, 1975; Reid *et al.*, 1987). Los pesos moleculares medios para muestras de guar nativo determinados a través de las viscosidades intrínsecas y la relación de Mark- Houwink (constantes determinadas por la técnica de dispersión de luz), un método simple y preciso, varían en el rango de $2 \cdot 10^6$ a $3 \cdot 10^6$ Da (Ellis y Morris, 1991; Gatenby *et al.*, 1996; Blake *et al.*, 1997).

Contenido de humedad. Alcanza valores inferiores al 15% (105 °C, 5 h).

Tensión superficial. La goma guar reduce la tensión superficial del agua a bajas concentraciones. Este hecho está probablemente relacionado con un gran número de ramificaciones de galactosa. La tensión superficial de las dispersiones es dependiente del tiempo y como es predecible, los valores de tensión superficial en el equilibrio disminuyen y la velocidad de adsorción aumenta significativamente con el aumento de la concentración de goma (Reichman y Garti, 1990). Es una goma no iónica, compatible con la mayoría de hidrocoloides (tragacanto, karaya, arábica, agar, alginato, carragenina, garrofín, pectina, metilcelulosa y carboximetilcelulosa). También es compatible con la mayoría de almidones nativos y químicamente modificados, celulosa modificada, polímeros sintéticos y proteínas solubles en agua. Las dispersiones acuosas de goma guar tienen una acción tamponante y son estables entre pH 4,0-10,5 (Dreher, 1999). La presencia de sales polivalentes, disolventes miscibles con agua y azúcares de bajo peso molecular altera la hidratación y viscosidad de los soles de guar y produce geles (Kawamura, 2008). Es incompatible con taninos, ácidos fuertes y álcalis.

➤ **Reología**

La goma guar es el espesante acuoso más eficiente que se conoce. Las soluciones de goma guar y sus derivados, son no newtonianos, clasificados como pseudoplásticas. Se vuelven fluidas de forma irreversible, cuando se aplica calor, pero se degradan irreversiblemente cuando se aplica alta temperatura y tiempo

prolongado. Algunos de los derivados hidroxialquilados, desarrollados recientemente, resisten esta degradación en mucho mayor grado.

Las soluciones resisten bien la degradación por esfuerzo cortante, comparadas con otros polímeros hidrosolubles, pero se degradan con el tiempo bajo esfuerzos cortantes.

La viscosidad dinámica de la dispersión al 1,0% p/v es aproximadamente 4,9 Pa.s (Raymond *et al.*, 2006).

Las dispersiones acuosas de goma guar de concentración entre 0,50 – 0,95% p/v a 20 rpm y 25 °C varían en un rango de viscosidad entre 0,1 y 7,0 Pa.s, no tienen punto de fluidez y en algunos casos pueden presentar tixotropía (Williams *et al.*, 2006). Esta última característica se considera no significativa a razones bajas de manosa/galactosa (Wu *et al.*, 2009). La viscosidad es dependiente de la temperatura, el tiempo, la concentración, el pH, la velocidad de agitación y el tamaño de partícula del material (Dreher, 1999). El calentamiento prolongado de las dispersiones provoca una disminución de la viscosidad.

➤ Manejo

El almacenamiento del producto pulverizado y la preparación de las soluciones son como sigue:

Almacenamiento en seco: los grados comerciales en polvo de la goma guar y de sus derivados son todos estables en forma seca. Por lo general, con otros polímeros hidrosolubles, la única condición adversa que afecta la goma, es permitir que ésta se humedezca. Por más largo que sea el periodo de almacenamiento en un lugar seco, no se presentará el problema de fermentación o de apelmazamiento.

Preparación de las soluciones: hay muchas técnicas disponibles para la preparación de soluciones uniformes a partir de los productos pulverizados. La

necesidad principal es la de dispersar y humectar cada partícula. Las partículas que no están apropiadamente separadas se pegarán y juntarán empezando a hincharse y apelmazándose; las soluciones no homogéneas requieren agitación vigorosa y suficiente tiempo para llegar a un estado totalmente hidratado.

➤ **Aplicaciones**

Su uso como aditivo alimentario se ha clasificado bajo las categorías de agente espesante, estabilizador, emulsionante e incrementador del volumen (FAO/OMS, 1995). En cuanto a los niveles de uso, el Codex Alimentarius establece para la goma guar, una ingestión diaria admisible “no especificada” (NE), es decir que su uso deberá obedecer a las buenas prácticas de fabricación y a la normativa vigente, teniendo en cuenta que no se establecen valores máximos permitidos. La FDA, regula el uso y las cantidades máximas permitidas, como se especifica en el cuadro 7.

Cuadro 7. Máximos niveles de uso de goma guar permitidos en E.U.A

Alimentos	Porcentaje del producto terminado
Productos horneados y mezclas para horneas	0.35
Cereales del desayuno	1.2
Queso	0.8
Análogos de productos lácteos	1.0
Aceites y grasas	2.0
Salsas y jugos de carne	1.2
Compotas y jaleas	0.6
Productos de leche	0.6
Vegetales procesados y jugo de vegetales	2.0
Sopas y mezclas para sopas	0.8
Salsas dulces, cubiertas y jarabes	1.0

Fuente: FDA, 2007a

La goma guar y sus derivados se encuentran entre los más importantes polímeros hidrosolubles. Los usos mayoritarios se encuentran en industrias de aceite y gas, textiles, papel, alimentos, explosivos y minería.

Alimentos: en esta industria tiene mucho uso debido a la capacidad de la guar de ligar gran cantidad de agua.

- 1. Queso procesado:** el uso de la goma guar en estos productos, además de eliminar el efecto de “Sinéresis” también ayuda a su mejoramiento, proporcionando texturas y sabores más uniformes, debido a la capacidad de controlar la migración y distribución de humedad. En queso suave, el uso de goma guar mejora el rendimiento de la cuajada, pues le imparte una textura suave y compacta, liberando un suero de aspecto límpido. Esto se logra con el uso de 2.5 a 3.0 g de goma por cada 100 litros de leche.
- 2. Estabilización de Helados:** los postres congelados se han estabilizado de manera efectiva con goma guar. Las propiedades de hidratación y capacidad de ligar agua le han dado un uso muy importante en estabilización de helado; particularmente para usarse en procesamiento por alta temperatura y corto tiempo (HTST). En estos métodos “rápidos” para la manufactura de las mezclas de helado, las condiciones de proceso reclaman generalmente temperaturas del orden de 170-180 °F durante 25-30 segundos, que requieren hidrocoloides capaces de desarrollar su hidratación completa en un ciclo de procesos muy corto.
- 3. Mezclas para Pasteles:** en el empaque de mezclas para pasteles, se agregan con frecuencia estabilizantes, por varias razones y el uso de la goma guar ofrece algunas ventajas funcionales como son las siguientes: (1) el proceso de mezclado se efectúa en un solo paso, (2) se reduce el tiempo de mezclado del “batido” o masa de pastel, (3) hay menos tendencia a

desprender miga en el pastel terminado, (4) se facilita la aplicación de betunes o decorados de azúcar (glasé), (5) mayor retención de humedad en vida de anaquel prolongada, (6) aplicable en pasteles congelados.

4. **Ligador de embutidos:** las fuertes propiedades de retención de agua de la goma guar, tanto en agua fría como en caliente, son muy efectivas en su uso como ligador y lubricante en la fabricación de embutidos y derivados, ofrece las siguientes ventajas: (1) rápida absorción y ligado de agua libre durante la preparación de productos a base de carne molida, (2) mejoramiento de la velocidad de relleno de las fundas, (3) ligado del agua libre, eliminando la separación y migración durante las operaciones de cocinado y/o ahumado.
5. **Alimentos enlatados para animales:** la goma guar se usa para espesar el agua libre en el producto: la carne y vegetales sólidos están cubiertos con una salsa espesa. Algunas veces se usa un grado especial de guar de bajo poder de espesamiento para limitar la viscosidad y favorecer el llenado de las latas.
6. **Salsas y aderezos para ensaladas:** estos productos hacen uso de la alta viscosidad y baja concentración, que son las propiedades básicas de la goma guar (Glicksman, 1969; Davidson, 1980; Glicksman, 1986).

2.3.2 Proteínas

Las proteínas pueden formar películas comestibles debido a la capacidad de sus cadenas laterales para formar intermoleculares enlaces cruzados. Las propiedades de estas películas dependen de la naturaleza de estos vínculos. Las proteínas utilizadas en la formulación de recubrimientos comestibles pueden ser de origen animal (caseína, proteínas del suero lácteo) o de origen vegetal (zeína de maíz, gluten de trigo y proteína de soya principalmente).

En general, las películas de proteína se considera que tienen buenas propiedades de barrera de gas, aunque sus propiedades de barrera de agua son generalmente

pobres (Gennadios *et al.*, 1994), ya que éstos dependen de la humedad relativa del medio ambiente y / o actividad de agua de la comida.

2.3.2.1 Revestimiento de Zeína

La Zeína es una proteína compuesta de prolaminas que se encuentran dentro del endospermo de maíz, y es soluble en alcohol acuoso. Las Películas de Zeína tienen el color fuerte amarillo en relación con HPMC, concentrado de proteína de suero de leche, goma laca o la proteína del suero aislar revestimientos (Triza y Krochta, 2000).

Los recubrimientos de zeína retrasan el cambio de color, la pérdida de peso y ablandamiento sin la producción de etanol (Park *et al.*, 1994). Debe realizarse el revestimiento de las frutas y verduras con soluciones de zeína, ya que este recubrimiento pueden llegar a ser de color blanco en contacto con el agua, dependiendo de la concentración de recubrimiento (Bai *et al.*, 2003b).

2.3.2.2 El gluten y proteínas de soya

El gluten es la proteína principal de almacenamiento en el trigo y el maíz. Películas gluten tienen buena oxígeno y propiedades de barrera de dióxido de carbono, pero muestran relativamente alta WVP (Gennadios y Weller, 1990).

La proteína de soya también contiene residuos de cisteína que puede formar puentes bisulfuro. Las Películas de proteína de soya son, por tanto, similares a las películas del gluten en relación a las propiedades mecánicas (Baldwin *et al.*, 1996).

2.3.2.3 Suero

La proteína de suero es soluble en agua, pero B - lactoglobulina se desnaturaliza cuando es calentada, exponiendo grupos de azufre internos de cisteína, que luego reticulan para formar una película insoluble (McHugh y Krochta, 1994). La proteína del suero se ha estudiado ampliamente como un recubrimiento para diferentes

alimentos y mínimamente procesadas frutas y verduras. La proteína del suero se muestra para producir una translúcida y flexible película con excelentes propiedades de barrera de oxígeno y el aroma a baja humedad relativa (McHugh y Krochta, 1994; Miller y Krochta, 1997).

2.3.3 Lípidos

Formados por compuestos hidrofóbicos y no poliméricos (Krochta, 1997b) con buenas propiedades de barrera al vapor de agua y a los gases, pero con poca capacidad para formar recubrimientos (Sherllmar y Krochta, 1997). Reducen la transpiración, la deshidratación, la abrasión en la manipulación posterior (Hernández, 1994) y pueden mejorar el brillo (Nisperos-Carrieto *et al.*, 1992). Sin embargo, los recubrimientos basados en lípidos presentan una superficie grasienta y propiedades organolépticas no deseadas como un sabor a cera o cierta rancidez (Guilbert, 1986).

2.3.3.1 Carnauba y goma laca

La carnauba es una cera natural de la planta y es GRAS (generalmente reconocido como seguro). Es relativamente permeable a los gases, y en forma de micro emulsión, es bastante brillante. El principal problema con la cera de carnauba son su pérdida de brillo durante el almacenamiento y su relativamente alta permeabilidad a los gases, que no retrasa eficazmente la maduración (Baldwin *et al.*, 1999). Sin embargo, es una excelente barrera al vapor de agua y se puede combinar con la goma laca para crear una capa de permeabilidad moderada a gases y baja permeabilidad al vapor de agua.

La goma laca y la cera de carnauba son a menudo utilizados comercialmente como un revestimiento para las manzanas y cítricos para mejorar su apariencia añadiendo brillo, para evitar la pérdida de agua que conduce a arrugamiento y pérdida de la capacidad de venta, y para mantener la calidad a través de retraso de maduración y senescencia. Desafortunadamente, ambos materiales también

están asociadas a usos no alimentarios; la goma laca también tiene problemas con una baja permeabilidad a los gases, que puede conducir a un retraso en la maduración de algunas frutas (Baldwin *et al.*, 1999) y causar condiciones anaeróbicas.

2.4 Plastificantes

Para la formación de películas comestibles muchas veces es necesario agregar un plastificante para mejorar las propiedades mecánicas de las mismas. Debido a que el plastificante reduce los enlaces intermoleculares entre las cadenas de polímeros, los plastificantes modifican las propiedades mecánicas y producen películas más flexibles (Campos *et al.*, 2011).

Sin plastificantes, la mayor parte de películas y capas son frágiles, y es difícil de formar una capa homogénea. El plastificante se combina con el componente principal de la película, moviendo las cadenas del componente, y así reduce la rigidez de la estructura (Guilbert y Biquet, 1996).

Los plastificantes también atraen moléculas de agua alrededor de ello, que reduce las interacciones intramoleculares del componente principal (Kea y Sun, 2001).

Los principales plastificantes usados han sido polioles como el glicerol, sorbitol y el glicol de polietileno (Sothornvit y Krochta, 2005), pero últimamente, los disacáridos como la sacarosa y monosacáridos (p.ej., fructosa, la glucosa, y manosa) han sido investigados (Zhang y Han, 2006). Los monosacáridos han demostrado ser eficaces como plastificantes (Olivas y Barbosa-Cánovas, 2008; Zhang y Han, 2006), exponiendo películas con más abajo WVP comparado a aquellos polioles que contienen como plastificantes.

Los plastificantes normalmente generan una mezcla homogénea sin la separación de fase. Sin embargo, algunos trabajos atribuyen la separación de fase observada entre el plastificante y el polímero a un exceso de plastificante o incompatibilidad

entre el plastificante y el polímero (Aulton *et al.*, 1981; Donhowe y Fennema, 1993; Ayranci *et al.*, 1997; Jagchud y Chinnan, 1999).

Aun cuando la adición de plastificante ayuda a que las películas sean menos quebradizas y más flexibles, existen efectos adversos del uso de este tipo de agente. En diversos estudios se ha comprobado que debido a su naturaleza, el glicerol es sumamente higroscópico y por y por tanto, las películas formadas presentan un aumento en el contenido de humedad, lo que a la vez provoca que tengan menores capacidades de protección (Karbowial *et al.*, 2006; Osés *et al.*, 2009; Bergo *et al.*, 2010).

2.4.1 Glicerol

También conocido como glicerina, al líquido incoloro y espeso que forma la base de la composición de los lípidos; tiene tres grupos hidroxilo que son responsables de su solubilidad en agua y su naturaleza higroscópica (figura 8). El glicerol es de sabor dulce y de baja toxicidad.

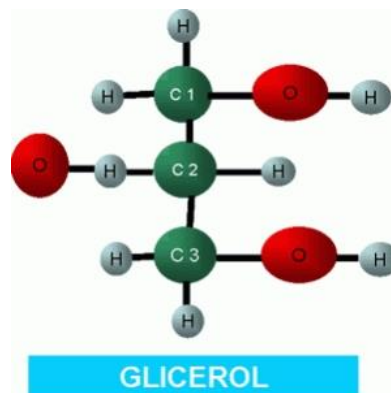


Figura 8. Estructura del glicerol

El glicerol es una sustancia presente en todas las grasas y todos los aceites dentro de los animales y vegetales, con la característica de que se combinan con los ácidos grasos como el ácido esteárico, por ejemplo.

Como componente celular, la glicerina se encuentra en la membrana celular de todas las células, tanto vegetales como animales, bajo la forma de fosfolípidos. Esto quiere decir que se forma una molécula que cuenta un lado hidrofílico (que atrae el agua) y otro hidrófobo (que rechaza el agua).

El glicerol es uno de los plastificantes más utilizados en las técnicas de toma de película, debido a la estabilidad y compatibilidad con la cadena hidrófila y el embalaje biopolimérico. La adición de agentes plastificantes es necesaria para mejorar la flexibilidad de la película.

2.4.1.1 Propiedades del glicerol

El glicerol posee múltiples propiedades, entre las que se encuentran:

- Es un líquido de consistencia viscosa
- Es una sustancia neutra
- Posee un sabor dulce
- A temperatura de 25°C es líquida, pero al enfriarse adquiere una consistencia gelatinosa
- Su punto de ebullición es alto
- Su punto de congelación es bajo
- Se disuelve en alcohol y agua
- Es insoluble en aceites
- Tiene buenas capacidades disolventes (Quiminet.com, 2012)

2.5 Antimicrobianos

Los antimicrobianos son compuestos que retardan o inhiben el crecimiento de microorganismo donde se encuentran presente. Pueden añadirse o estar presentes en los alimentos, prolongando su vida de anaquel (Silva, 2003). Son moléculas que poseen un poder bacteriostático o bactericida. Existe una gama de estas tanto por su composición química como por mecanismos de acción. Pueden

ser añadidos intencionalmente por el hombre, son artificiales o sintetizados químicamente (Bourgeois *et al.*, 1995).

Efecto de la adición de antimicrobianos

Los antimicrobianos o conservadores pueden tener al menos tres tipos de acción sobre el microorganismo;

- Inhibición de la biosíntesis de los ácidos nucleicos o de la pared celular.
- Daño a la integridad de las membranas.
- Interferencia con la gran variedad de procesos metabólicos esenciales.

Consecuentemente algunos agentes antimicrobianos pueden afectar a muchos tipos de microorganismos, mientras que otros muestran un espectro de acción inhibitor más reducido. Del mismo modo algunos antimicrobianos pueden ser directamente microbicidas, mientras que otros actúan como microbiostáticos. Con todo, este último mecanismo también acarrea la muerte celular, excepto en el caso de las esporas de Bacillaceae (Mussel, 1983).

2.5.1 Antimicrobianos naturales

Los sistemas antimicrobianos naturales presentes en plantas, animales o microorganismos van ganando adeptos en el ámbito de la «conservación natural», sobre todo de las actividades antimicrobiana procedente de extractos de varios tipos de plantas y partes de plantas que se usan como agentes saborizantes en algunos alimentos (cuadro 8). Los extractos de especies con propiedades conservantes naturales son más utilizados que los antimicrobianos sintéticos. En la mayoría de los casos, los antimicrobianos se usan principalmente para inhibir el crecimiento de hongos y levaduras, y su acción depende en gran medida del pH. Cuanto más ácido es un alimento, más activo es contra los microorganismos (Ismail y Pierson, 1990).

Cuadro 8. Plantas utilizadas como saborizantes en alimentos y con actividad antimicrobiana (López, 1995).

Ajedrea	Cebollines	Jengibre	Pimienta de cayenne
Ajo	Cilantro	Laurel	Pimienta de jamaica
Albahaca	Clavo	Mejorana	Pimentón
Alcaravea	Comino	Menta	Romero
Anís	Cúrcuma	Mostaza	Salvia
Azafrán	Enceldo	Nuez moscada	Té limón
Canela	Estragón	Perejil	Tomillo
Cardamomo	Hinojo	Pimienta	Vainilla

2.5.2 Antimicrobianos sintéticos

Son compuestos que no se encuentran presentes en la naturaleza y que son sintetizados en laboratorio, la aplicación de estos agentes químicos es una actividad muy practicada en la industria de los alimentos para inhibir el crecimiento de microorganismos indeseados (Morales, 2005).

Algunos antimicrobianos sintetizados químicamente (cuadro 9) reconocidos como GRAS (Generalmente Reconocidos Como Seguro,) por la FDA (Food and Drug Administration) son los siguientes (Jay, 1991):

Cuadro 9. Antimicrobianos sintéticos de acuerdo a la FDA.

- Ácido Propionico y Propionatos (mohos)
- Ácido Sorbico y Sorbatos (mohos)
- Acido Benzoico y Benzoatos (mohos y levaduras)
- Parabenos (mohos y levaduras)
- Dióxido de azufre y Sulfitos (mohos, levaduras y bacterias)
- Óxido de Etileno y de Propileno (mohos y levaduras)
- Diacetato de Sodio (mohos y levaduras)
- Nisina (bacterias acido-lácticas, clostridios)
- Nitrito de Sodio (clostridios)

2.5.2.1 Sorbato de Potasio

➤ **Estructura química**

El sorbato de potasio es un conservante suave cuyo principal uso es como conservante de alimentos. También es conocido como la sal de potasio del ácido sórbico (número E 202). Su fórmula molecular es $C_6H_7O_2K$ (figura 9) y su nombre científico es (E, E)-hexa-2,4-dienoato de potasio (Urbinavinos.bogspot, 2012).

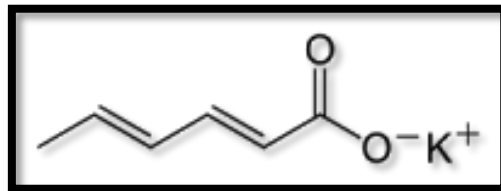


Figura 9. Estructura molecular del sorbato de potasio

➤ Generalidades

Uno de los conservantes más usados en la industria alimentaria, es el sorbato de potasio; por su alta solubilidad, efecto antibacteriano y antimicótico comprobado, por ser fácilmente catabolizado y asimilado por el organismo y por su carácter inocuo; sin embargo es irritante a las membranas (Noboa, 2005). Debido a sus notables propiedades químicas y físicas, es fácil de usar y no influye en el sabor ni en el olor de los productos, por lo que ha sido adoptado en muchos países como el conservante ideal para varios productos alimenticios (Sofos, 1989; Valle, 2000).

El sorbato de potasio, detiene el crecimiento microbiano al inhibir a las deshidrogenasas involucradas en la oxidación de ácidos grasos; ocasionando la acumulación de ácidos grasos B-insaturados que son productos intermedios en el metabolismo lipídico (Millán, 2001; Spiegel, 1982). Otro mecanismo de acción está asociado a los dobles enlaces que posee, los cuales interfieren con la actividad catalítica de las enzimas responsables del crecimiento microbiano convirtiéndose de esta manera en un eficaz fungicida (Carrandi, 1995; Industrias Ragar, 2000).

El conservante es tipificado como “generalmente reconocido como seguro” para la salud (GRAS); sin embargo, dado su carácter artificial, probablemente interacciona químicamente con otros componentes presentes en los alimentos, así en la conservación de las carnes procesadas, donde es habitual el uso de sorbatos como agente antimicótico y de nitritos contra *Clostridium botulinum*, se ha comprobado que al difundir al interior del alimento, reacciona con los nitritos generando ácido etilnitroso (ENA), de posible efecto cancerígeno en el hombre (Gerschenson, 2007; Olaf *et al.*, 2002).

La difusión del sorbato de potasio en los alimentos es influida por las propiedades del sustrato tales como composición, estado físico, estructura, humedad y actividad de agua (Sofos y Busta, 1993).

➤ **Ataque contra microorganismos**

Los estudios han reportado que los sorbatos retardar el crecimiento de numerosos microorganismos, incluyendo levaduras, mohos, bacterias deteriorativas y patógenas. De igual manera inhiben un gran número de bacterias (cuadro 10) tales como Gram positivas, Gram negativas, catalasa positiva, catalasa negativa, aerobios y anaerobios, mesofílicos y psicotróficos (Sofos, 1989).

Cuadro 10. Bacterias inhibidas por sorbatos.

<i>Acetobacter aceti</i>	<i>L. brevis</i>	<i>Moraxella spp.</i>
<i>A. Xylinum</i>	<i>L. bulgaricus</i>	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
<i>Achromobacter spp.</i>	<i>Yersinia enterocolitica</i>	<i>Pediococcus cerevisiae</i>
<i>Acinobacter spp.</i>	<i>Microococcus spp.</i>	<i>Propionibacterium freundenreichii</i>
<i>Aerobacter aerogenes</i>	<i>B. stearothermophilus</i>	<i>P. zeae</i>
<i>Aeromonas spp.</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>Proteus morganii</i>
<i>Alcaligenes faecalis</i>	<i>Campylobacter jejuni</i>	<i>P. vulgarices</i>
<i>Alteromonas putrefaciens</i>	<i>Clostridium botulinum</i>	<i>Pseudomonas eruginoso</i>
<i>Arthrobacter spp.</i>	<i>C. butyricum</i>	<i>P. fluoresceína</i>
<i>Acinetobactera aerogenes</i>	<i>C.perfringens</i>	<i>P. fragüe</i>
<i>Aeromonas spp.</i>	<i>C. sporogenes</i>	<i>Pseudomonas spp.</i>
<i>Alcaligenes faecalis</i>	<i>D. toanum</i>	<i>Salmonella enteritidis</i>
<i>Alterémonos putrefaciens</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>S.heidelberg</i>
<i>Arthrobacter spp.</i>	<i>E.freundii</i>	<i>S.montevideo</i>
<i>A.agilis</i>	<i>Flavobacterium-cytophaga spp.</i>	<i>S.typhimurium</i>
<i>Bacillus careas</i>	<i>Klebsiella pneumonieae</i>	<i>Sarcina lutea</i>
<i>B.coagulans</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Serratia marcescens</i>
<i>B.polymyxa</i>	<i>L. arabinosus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>

Fuente: Sofos, 1989.

➤ **Factores que determinan la actividad antimicrobiana de los sorbatos.**

a. Composición del alimento

La inactivación o inhibición microbiana es más eficiente en sustratos simples que sistemas complejos. En emulsiones grasa en agua como la mayonesa, margarina y aderezos, el nivel de sorbato necesario es relativamente alto comparado con otros conservadores de alimentos. Sal, azúcar y otros componentes solubles reducen la concentración de sorbato en la fase acuosa (Sofos, 1989).

b. Flora microbiana

El tipo y número de microorganismos presentes en un producto alimenticio pueden afectar el potencial de sorbato para inhibir el crecimiento y preservar el producto. Algunas microorganismos pueden crecer en presencia de altas concentraciones de sorbato (>0.3%), mientras que otras son inhibidas con concentraciones muy bajas (<0.05%). En alimentos contaminados con una flora mixta de microorganismos, algunos de estos pueden ser inhibidos mientras que la resistencia de otros permite que crezca y contaminen el alimento. La acción antimicrobiana del sorbato de potasio es reducida al aumentar los niveles de contaminación (Sofos, 1989).

c. Actividad de agua

La acción de los antimicrobianos en alimentos se ve generalmente incrementada conforme la actividad de agua (a_w) del sistema es reducida. Algunos estudios han reportado un incremento en la actividad antimicrobiana del sorbato cuando se adiciona azúcar o cloruro de sodio al sustrato. En general se cree que los solutos incrementan la actividad inhibitoria del sorbato por la reducción de la a_w . Un modo potencial de acción para este fenómeno puede ser que los solutos inducen el hinchamiento celular, el cual incrementa la sensibilidad de los microorganismos a los conservadores (Liewen y Marth, 1985).

d. pH

La acción microbiana se incrementa cuando el pH disminuye y se aproxima a la constante de disociación (pKa) del componente; de tal manera, que el sorbato de potasio es más efectivo como conservador de productos alimenticios cuando los valores de pH son bajos (<6.5) ya que el valor de pKa es de 4.8. El sorbato de potasio es inefectivo a valores de pH 7 y arriba de éste (Sofos, 1989).

El incremento de la actividad inhibitoria del sorbato a bajos valores de pH es atribuido a la influencia del pH en la no disociación del ácido presente en el sustrato; de tal manera que la mayor actividad microbiana se encuentra en la forma no disociada. En adición al pH, la disociación del sorbato está influenciado por la solubilidad y actividad de agua del sistema (Sofos, 1989).

➤ Modo de acción del sorbato de potasio

El mecanismo y modo de acción del sorbato de potasio, está en función de condiciones específicas como el tipo y especie de microorganismo, tipo y propiedades del sustrato, condiciones del medio y otros parámetros de proceso o ingredientes (Sofos, 1989).

Los mecanismos de inhibición por acción del sorbato en el crecimiento microbiano incluyen alteraciones en la morfología, integridad y función de la membrana celular, así como inhibición de funciones de transporte y actividad metabólica (Sofos, 1989); la muerte de microorganismos expuestos a altas concentraciones de sorbato es atribuida a la generación de agujeros en la membrana celular. El sorbato disminuye la asimilación de carbono de algunos sustratos tales como glucosa, acetato, succinato, piruvato, lactato, oxaloacetato, a-ketoglutarato, etanol y acetaldehído. La inhibición del metabolismo celular por el sorbato se debe a la inhibición de enzimas, a la toma de nutrientes o a varios sistemas de transporte (Sofos y Busta, 1993).

El sorbato inhibe la actividad de algunos sistemas enzimáticos, los cuales pueden llevar el rompimiento de procesos vitales involucrados en funciones de transporte, metabolismo celular, crecimiento y replicación. Las enzimas inhibidas por el sorbato incluyen alcohol dehidrogenasa, fumarasa, enolasa, espartana, catalasa, malato deshidrogenasa, entre otras. Así mismo, el sorbato puede interferir con algunos sustratos y con el mecanismo de transporte de electrones (Sofos, 1993). Los iones hidrógenos se encuentran fuera de la célula provocando un pH ácido, mientras que los iones hidroxilo se encuentran dentro de la misma ocasionando que la célula presente un pH próximo a la neutralidad. El gradiente de la membrana representa el potencial electroquímico utilizado en el transporte activo de algunos sustratos. Los ácidos lipófilos débiles tratan de difundirse a través de la membrana, la molécula no disociada se ioniza en el interior de la célula y se reduce el pH intracelular. Esto da como resultado un debilitamiento del gradiente de la membrana, de modo que el transporte de los sustratos perjudicado (Jay, 1992).

2.6 Microbiología de alimentos

Los recuentos de microorganismos viables se basan en el número de colonias que se desarrollan en placas previamente inoculadas con una cantidad conocida de alimento e incubadas en unas condiciones ambientales determinadas. Estos recuentos no pueden considerarse como recuentos totales ya que solo son susceptibles del contaje aquellos microorganismos capaces de crecer en las condiciones establecidas. Se puede conseguir una amplia gama de condiciones variando la temperatura, la atmósfera, la composición del medio y el tiempo de incubación. El intervalo de temperaturas en el que crecen los microorganismos es muy amplio: de -34°C a $>90^{\circ}\text{C}$. En función de esto se encuadra a los microorganismos en tres grupos:

a) los que crecen bien a 7°C o por debajo de esta temperatura cuya temperatura: psicrótofos

b) los que crecen entre 20 – 30° C, con una temperatura óptima de crecimiento está entre 30 – 40° C: mesófilos

c) los que crecen por encima de los 45° C: termófilos

2.6.1 Recuento de aerobios mesófilos

En este grupo se incluyen todas las bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse a 30° C en las condiciones establecidas. En este recuento se estima la microflora total sin especificar tipos de microorganismos. Refleja la calidad sanitaria de un alimento, las condiciones de manipulación, las condiciones higiénicas de la materia prima.

Un recuento bajo de aerobios mesófilos no implica o no asegura la ausencia de patógenos o sus toxinas, de la misma manera un recuento elevado no significa presencia de flora patógena. Ahora bien, salvo en alimentos obtenidos por fermentación, no son recomendables recuentos elevados.

Un recuento elevado puede significar:

- Excesiva contaminación de la materia prima
- Deficiente manipulación durante el proceso de elaboración
- La posibilidad de que existan patógenos, pues estos son mesófilos
- La inmediata alteración del producto

El recuento de mesófilos nos indica las condiciones de salubridad de algunos alimentos (Analiza calidad.com, 2012).

2.6.2 Mohos y levaduras

Los hongos son organismos eucarióticos, cuya pared celular contiene quitina y glucanos. Son unicelulares o filamentosos, de reproducción sexual o asexual, saprófitos mutualistas o parásitos.

En función de la temperatura de crecimiento se dividen en:

- Termófilos: 20 – 50° C (40 – 50° C)
- Termolatentes: máximo 50° C, mínimo por debajo de 20° C
- Mesófilos: 10 – 40° C (20 – 35° C)
- Psicrófilos: por debajo de 10° C (por debajo de 20° C)

Los hongos engloban los mohos y las levaduras. Los mohos son multicelulares filamentosos cuyo crecimiento en un alimento se reconoce por su aspecto aterciopelado. Las levaduras crecen en agregados de células independientes, cuando crecen en los alimentos forman colonias características (Cano, 2006).

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

La parte experimental de este trabajo se realizó en el laboratorio 1 del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

3.1 Material de laboratorio

- Agua purificada
- Alcohol
- Papel aluminio
- Algodón
- Papel estraza
- Cuchillo
- Espátula
- Marcadores
- Tijeras
- Encendedor
- Cinta adhesiva
- Matraz Erlenmeyer de 1000 ml marca Pyrex
- Probeta graduada de 500 ml marca Pyrex
- Probeta graduada de 100 ml marca Kimax
- Pipeta de 10 ml marca Kimax
- Vaso de precipitado de 1000 ml marca Pyrex
- Vaso de precipitado de 50 ml marca Pyrex
- Tubos de ensayo de 20 ml y marca Kimax
- Frascos para dilución de 200 ml marca Kimax
- Gradilla
- Puntillas
- Termómetro de mercurio
- Pinzas

- Licuadora Osterizer
- Asa de vidrio
- Tabla para cortar
- Película auto adherente kleen pack
- Gasa absorbente estéril
- Mecheros de gas
- Cajas Petri de poliestireno estériles klinicus
- Micropipeta 100-1000 µl Accumex
- Guantes
- Cubrebocas

3.2 Equipo utilizado

- Parrilla eléctrica LAB COMPANION
- Báscula de 600 g SCOUT PRO
- Agitadores magnéticos
- Olla de presión para esterilizar ALL AMERICAN
- Parrilla de gas
- Refrigerador
- Incubadora QUINCY LAB
- Horno de secado FELISA

3.3 Material vegetal

- Tomate saladette en estado de madurez light red.

3.4 Reactivos

- Agua destilada
- Peptona de caseína BD Bioxon
- Agar para método estándar BD Bioxon
- Agar papa dextrosa BD Bioxon
- Goma guar marca Sigma Aldriich

- Glicerol marca Jalmek
- Sorbato de potasio BD Bioxon

3.5 Caracterización de la materia prima

Se utilizaron tomates saladette en estado de madurez light red (USDA, 1991), seleccionados de tamaño uniforme y sin defectos. Se lavaron con agua y solución clorada a 200 ppm, posteriormente se dejaron secar.

3.6 Preparación de la muestra

Se utilizaron 16 tomates, separados en 4 grupos (A, B, C y D), ambos en refrigeración a 12°C. El grupo A sin antimicrobiano y desinfectado se usó como control. Para la aplicación del antimicrobiano (sorbato de potasio) se usaron los grupos B (0.1 %), C (0.3 %) y D (0.5 %), todos desinfectados.

Se analizaron los tomates al día 1, 5, 10 y 15.



Figura 10. Grupos de tomate

3.7 Preparación del recubrimiento

Se preparó 1 litro de recubrimiento, se le agrego 30% de glicerol, y posteriormente el sorbato de potasio a diferentes concentraciones; para el grupo B (0.1%); grupo C (0.3%) y grupo D (0.5 %) 2 gramos. Por último se agregaron 1.5% de goma guar aproximadamente 1 minuto.

3.8 Aplicación del recubrimiento y almacenamiento de la muestra

Se sumergieron los tomates en la solución de recubrimiento por 1 minuto (figura 11), después se colocaron en un escurridor, dejándolos secar aproximadamente 6 horas.

Las muestras se dejaron en el escurridor en los grupos A, B, C y D, se almacenaron en el Laboratorio 1 a temperatura ambiente (22 °C) y en refrigeración a 12 °C por un periodo de 15 días, tomando muestra el día 1 y después cada 5 días (figura 12).



Figura 11. Aplicación de la película



Figura 12. Tomates con película

3.9 Evaluación de la aplicación del recubrimiento de goma guar

3.9.1 Análisis microbiológico

Los análisis se realizaron a través de las técnicas convencionales de cultivo, en la cual se evaluó la carga microbiológica de bacterias mesofílicas aerobias, hongos y levaduras mediante el método de conteo total en placa.

- Se preparó agua peptonada la cantidad necesaria (3 gramos para 600 mL manteniéndolo en agitación constante hasta su homogeneización).
- Se prepararon los medios de cultivos, la cantidad necesaria de agar (PDA 35.1 g/ 900 mL y ESTÁNDAR 21.15 g/900 mL) disolviendo hasta ebullición, tapados con algodón y papel estroza cada matraz para evitar contaminación (figura 13).



Figura 13. Medios de cultivo

- Se esterilizaron en olla de presión los medios de cultivo, los frascos y tubos con agua peptonada y las puntillas (figura 14).



Figura 14. Olla de presión

- Posteriormente se vaciaron los medios de cultivo a las cajas Petri (figura 15).

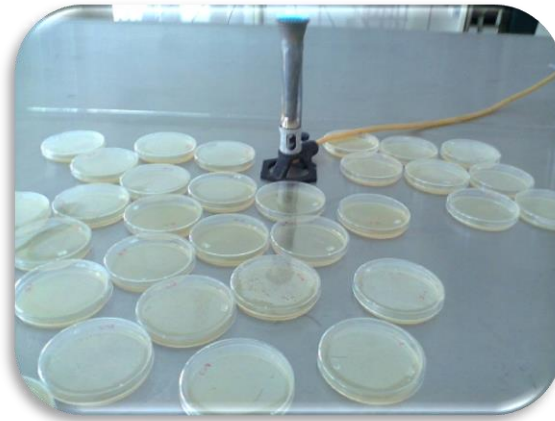


Figura 15. Cajas Petri con medio de cultivo

- Se homogeneizaron 10 g de cada muestra en 90 ml de agua peptonada (dilución 10^{-1}) (figura 16). Se realizaron diluciones decimales consecutivas hasta la concentración de 10^{-5} (figura 17).



Figura 16. Frascos de dilución con muestra

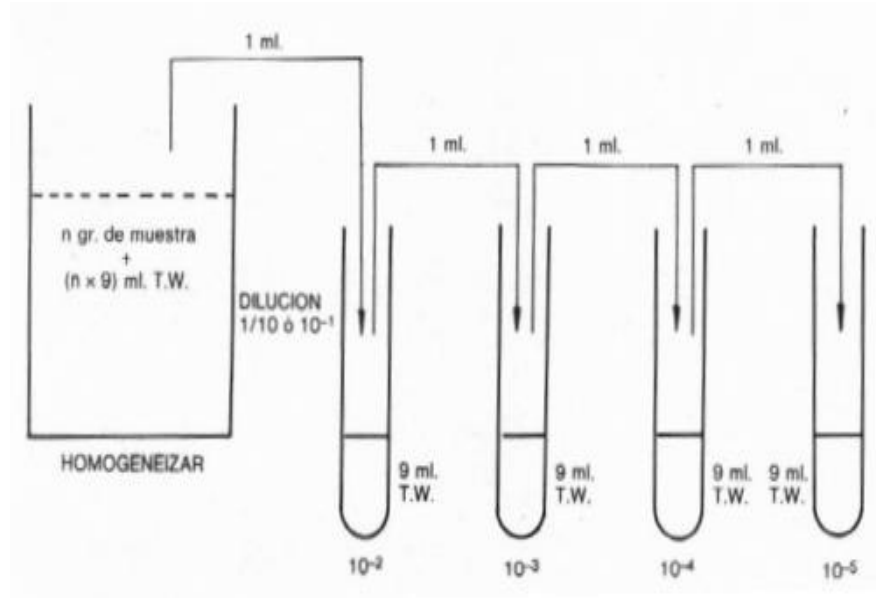


Figura 17. Preparación de diluciones decimales

- Para bacterias mesofílicas aerobias se sembraron por duplicado las diluciones 10^{-3} y 10^{-4} en agar cuenta estándar, incubando a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas (figura 18), los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonias por gramos (UFC/g).
- Para hongos y levaduras se realizaron siembras por duplicado de las diluciones 10^{-3} y 10^{-4} en agar papa dextrosa; se incubaron a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 72 horas (figura 19), los resultados se representaron en unidades formadoras de colonias por gramos (UFC/g).



Figura 18. Incubación de bacterias mesofílicas



Figura 19. Incubación de hongos y levaduras

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Para el análisis de bacterias, hongos y levaduras se utilizaron 16 muestras de tomate saladatte. De cada grupo se hizo conteo a los días 1, 5, 10 y 15.

Las variables que se analizaron fueron:

- a) Formación de colonias de bacterias en dilución -3, -4.
- b) Formación de hongos y levaduras en dilución -3, -4.

El diseño del experimento fue en bloques completamente al azar. Los resultados obtenidos se analizaron con el paquete estadístico Minitab versión 15.1.20.0 aplicando un análisis de varianza unidireccional (ANOVA) y en caso de existir diferencia significativa se realizó la prueba de Fisher a una $p \leq 0.05$ para comparación de medias.

Los tratamientos analizados fueron los siguientes:

A= lavado, sin película y sin antimicrobiano en refrigeración

B= lavado, con película y antimicrobiano 0.1% en refrigeración

C= lavado, con película y antimicrobiano 0.3% en refrigeración

D= lavado, con película y antimicrobiano 0.5% en refrigeración

4.1 Resultados de bacterias mesófilas con antimicrobiano

4.1.1 Bacterias mesófilas vs días

Como se muestra en la figura 20, el crecimiento de bacterias respecto a los días, hubo una diferencia significativa ($P < 0.000$), esto quiere decir que el antimicrobiano hizo su efecto conforme los días transcurrían; la media se redujo de 225000 UFC/g a 20938 UFC/g.



Figura 20. Bacterias mesófilas vs días

De acuerdo a la inspección y control alimentario los recuentos de bacterias mesófilas son de escaso valor a la hora de predecir la vida útil de un alimento conservado en refrigeración, ya que muchos microorganismos mesófilos no crecen a temperaturas por debajo de los 5°C. Para esta finalidad es preferible el recuento de bacterias viables psicrótroficas con temperaturas de incubación entre 0 y 5 °C durante 10 días.

4.1.2 Bacterias mesófilas vs muestras

En el análisis de bacterias mesófilas respecto a las muestras, se observó que no hubo diferencia significativa, ya que la cantidad de antimicrobiano que se le agregó a cada muestra no influyó positivamente en el crecimiento de bacterias; en la figura 21 se observa que en las muestras B,C Y D la media no se reduce significativamente.

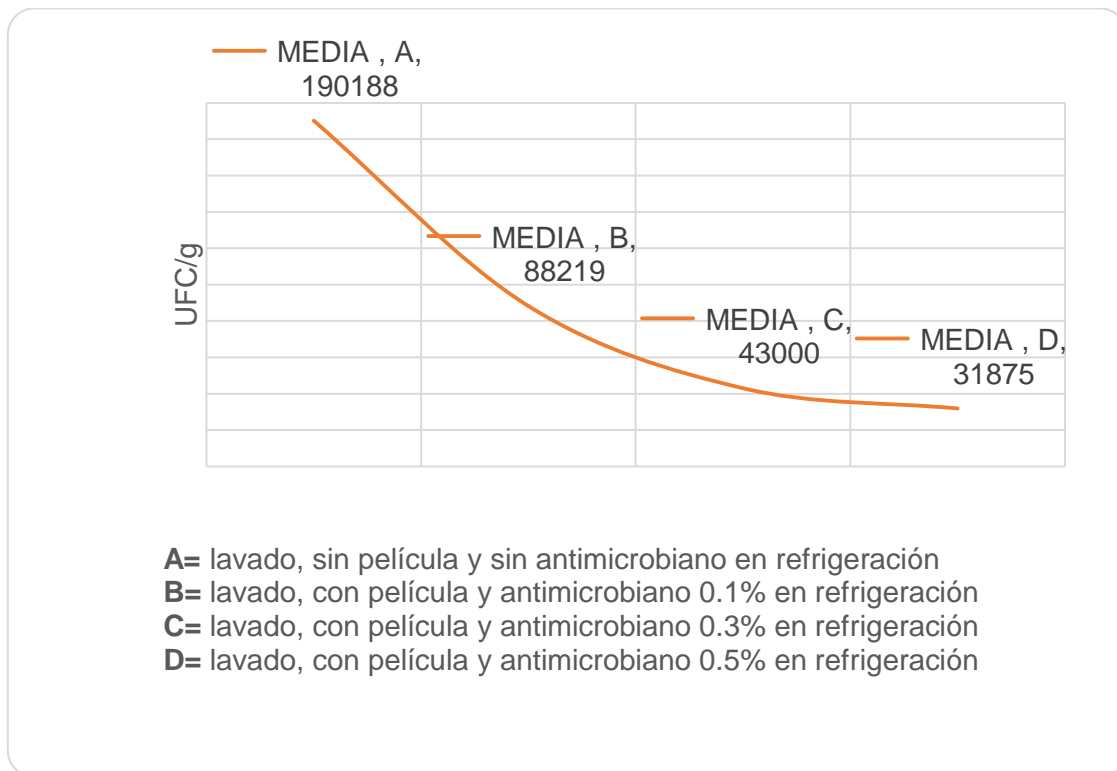


Figura 21. Bacterias mesófilas vs muestras

Según Sofos, 1989 algunos microorganismos pueden crecer en presencia de altas concentraciones de sorbato (>0.3 %), mientras que otras son inhibidas con concentraciones muy bajas (<0.05 %). En alimentos contaminados con una flora mixta de microorganismos, algunos de éstos pueden ser inhibidos mientras que la resistencia de otros permite que crezcan y contaminen el alimento. La acción

antimicrobiana del sorbato de potasio es reducida al aumentar los niveles de contaminación.

4.1.3 Bacterias mesófilas vs dilución

La figura 22 muestra que no hubo diferencia significativa en relación a las bacterias mesófilas y diluciones, esto indica que sea la dilución que se utilice el número de bacterias es parecido.

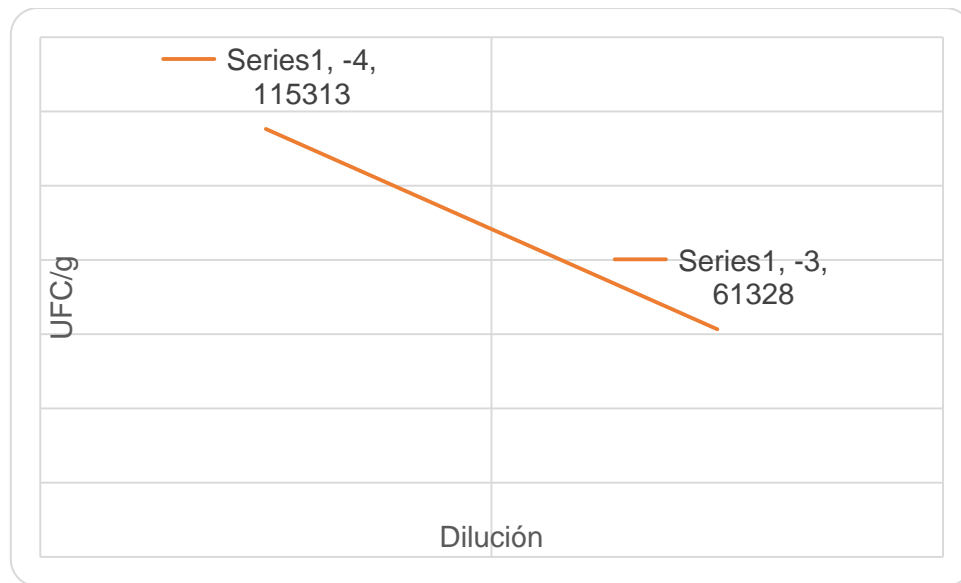


Figura 22. Bacterias mesófilas vs dilución

Las diluciones bacterianas permiten establecer una estimación del número de bacterias tomando en cuenta el número de colonias; permiten obtener resultados cuantitativos relacionados con la cantidad de bacterias; además permite comprobar que la turbidez de un medio líquido va disminuyendo conforme disminuye la dilución inoculada en éste (la cual contiene por lo menos una bacteria que permita dar origen a otras).

4.1.4 Bacterias vs horas

La relación de bacterias contra las horas muestran que si hay diferencia significativa ($P < 0.000$) lo que indica que después de 24 horas el crecimiento de bacterias incrementa considerablemente. La figura 23 muestra el incremento.

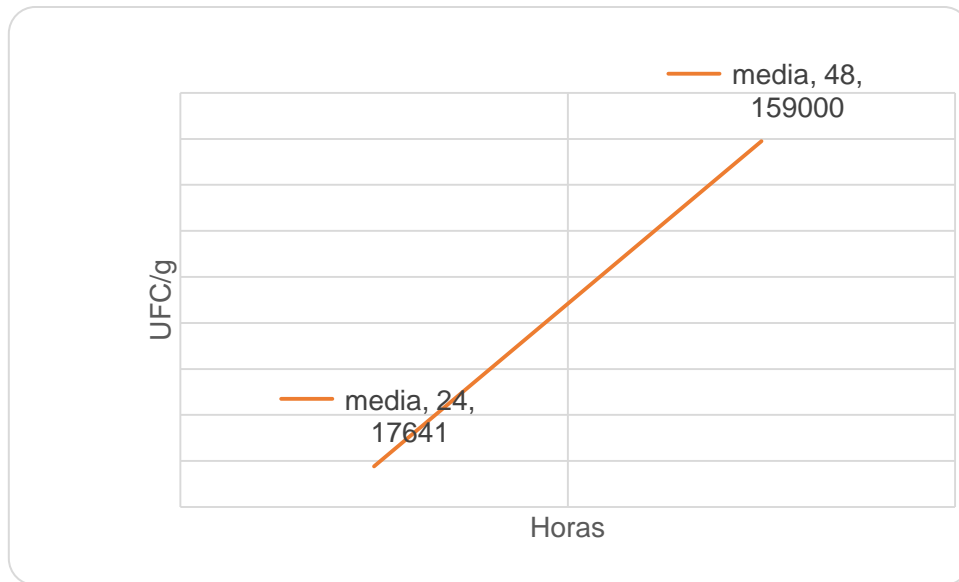


Figura 23. Bacterias vs horas

Según Liewen y Marth, 1985 la actividad microbiana del sorbato de potasio se ve reducida con el incremento del nivel de contaminación. Una baja concentración inicial permite al sorbato extender la fase lag del crecimiento microbiano. Mientras que mayores cantidades del conservador se necesitan para inhibir la fase logarítmica del crecimiento.

4.2 Resultados de hongos y levaduras con antimicrobiano

4.2.1 Hongos y levaduras vs días

En la figura 24 se muestra que no hay diferencia significativa en cuanto a la relación de hongos y levaduras y días; los días no influyeron en el crecimiento de hongos y levaduras, esto indica que el número de UFC se mantuvo casi iguales.

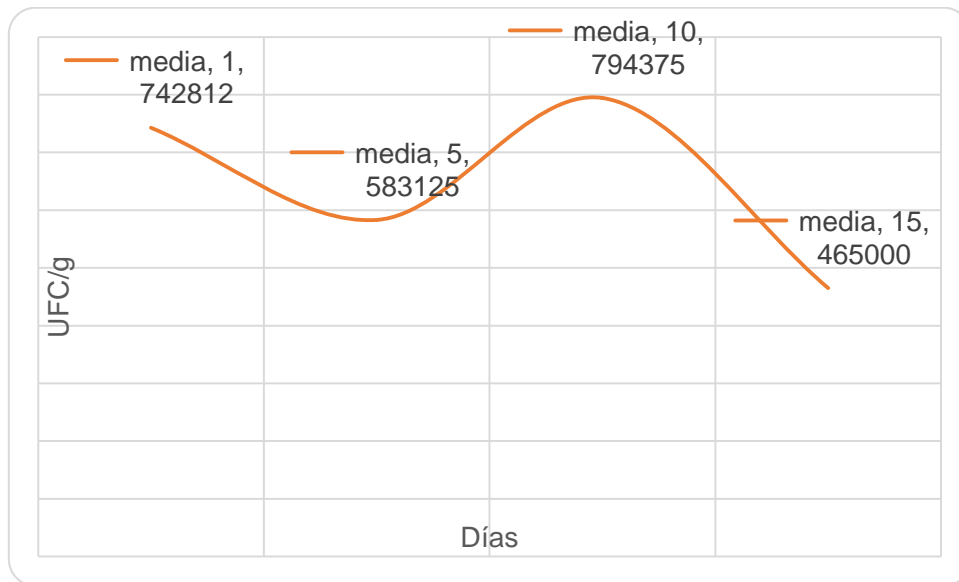


Figura 24. Hongos y levaduras vs días

Un estudio actual demuestran que el recubrimiento de goma guar más sorbato de potasio reduce significativamente la presencia de flora microbiana en frutas a los días 15 y 20.

4.2.2 Hongos y levaduras vs muestra

A lo que se refiere al crecimiento de hongos y levaduras en relación con la muestra si hubo una diferencia significativa, lo que indica que las muestras B, C Y D con antimicrobiano muestran una disminución en cuanto a hongos y levaduras

en comparación a la muestra A sin antimicrobiano. La figura 25 muestra el comportamiento.

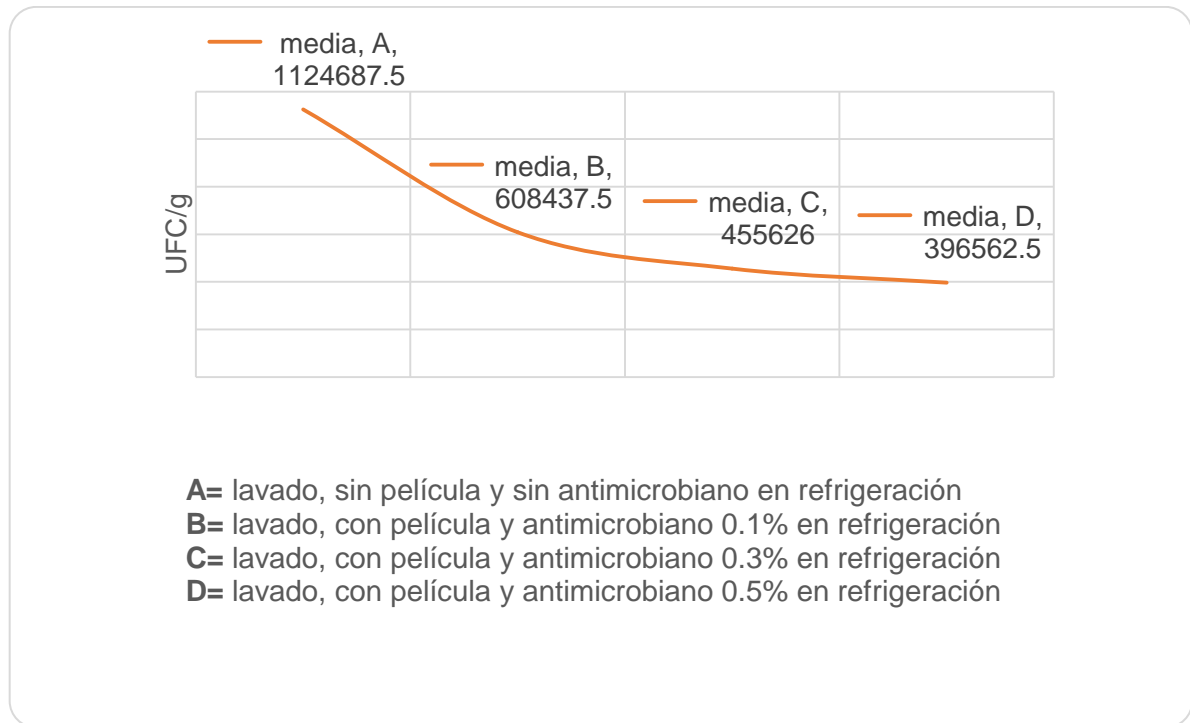


Figura 25. Hongos y levaduras vs muestra

Según Baldwin, 1996 la incorporación de sorbato de potasio dentro de los recubrimientos comestibles es un anti fúngico, también informaron que la incorporación de sorbato de potasio en recubrimientos de goma guar mejoró la eficacia anti fúngica cuando se compara con sorbato de potasio en soluciones acuosas contra mohos de degradación.

4.2.3 Hongos y levaduras vs horas

La relación de hongos y levaduras contra las horas muestran una diferencia significativa; la figura 26 muestra que después de 48 horas crecen de manera progresiva, la media aumenta de 459687 a 832969 UFC.

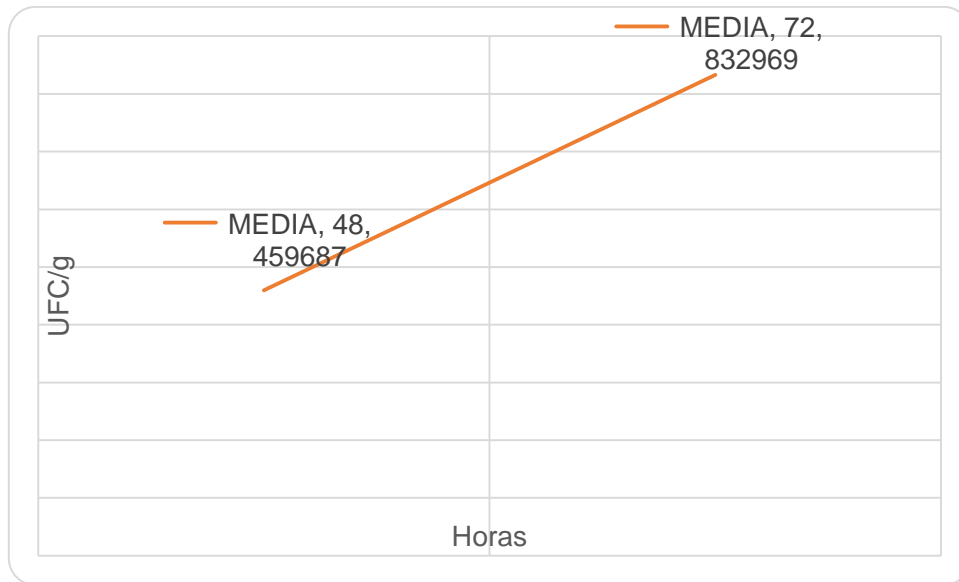


Figura 26. Hongos y levaduras vs horas

De acuerdo a Doores, 1993 las levaduras y mohos deteriorativos proliferan más comúnmente en frutas y vegetales debido a sus características inherentes como su bajo pH y baja capacidad reguladora.

Las levaduras y los mohos crecen más lentamente (72 horas) que las bacterias (48 horas) en los alimentos no ácidos que conservan humedad y por ello pocas veces determinan problemas en tales alimentos. Sin embargo, en los alimentos ácidos y en los de baja actividad de agua, crecen con mayor rapidez que las bacterias, determinando por ello importantes pérdidas por alteración de frutas frescas y zumos.

4.2.4 Hongos y levaduras vs dilución

En la figura 27 se muestra que si hay diferencia significativa en cuanto a la relación de hongos y levaduras con las diluciones; las diferentes concentraciones que se utilizaron (-3 y -4) influenciaron en el crecimiento.

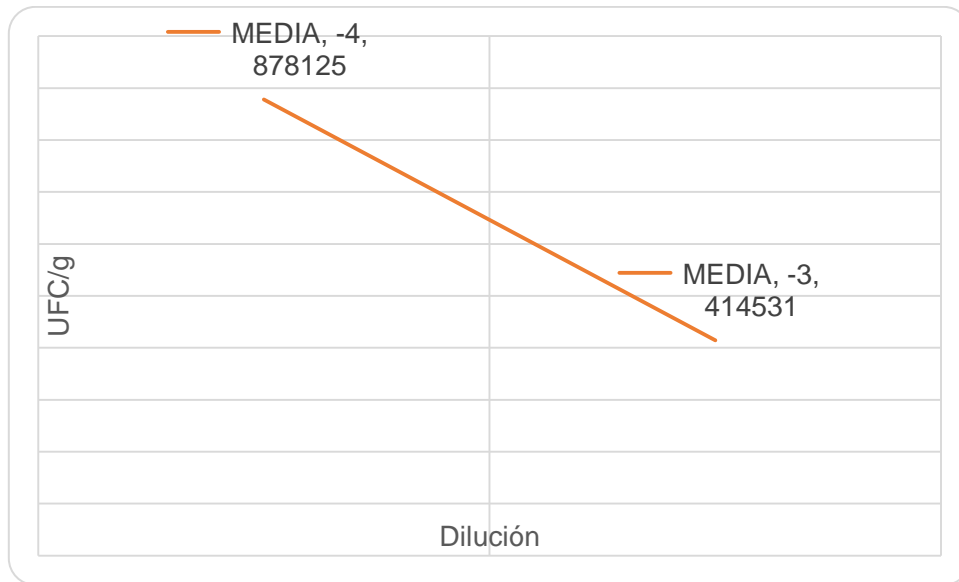


Figura 27. Hongos y levaduras vs dilución

Los hongos forman colonias a partir de una espora o de un fragmento de hifa. Debido a esto, el número de UFC/ml puede variar dependiente de la condiciones de homogeneización de la muestra (a mayor tiempo de homogeneización mayor será la ruptura de las hifas y por la tanto se aumentarían las UFC/ml).

CONCLUSIONES

En el presente trabajo, cuyo objetivo principal fue el desarrollo y la caracterización de películas elaboradas en base a goma guar, glicerol y sorbato de potasio en tomate saladette, se pudo evaluar cómo influyen los conservadores antimicrobianos en las propiedades fisicoquímicas, mecánicas, funcionales y antimicrobianas de las películas mencionadas, además son efectivos para alargar la vida de anaquel, manteniendo su calidad microbiológica, sensorial y nutricional.

Las pruebas realizadas en las películas elaboradas con combinaciones diferentes de antimicrobiano, sorbato de potasio (0.1, 0.3 y 0.5 %) indicaron que en presencia de altas concentraciones de sorbato de potasio, aumentó la capacidad inhibitoria de bacterias mesofilicas y hongos y levaduras.

Los resultados obtenidos aportan información esencial sobre las propiedades de los recubrimientos comestibles adecuadas para aumentar la vida útil de los productos alimenticios y mejorar su calidad, contribuyendo a optimizar su obtención y comportamiento y satisfacer la demanda de los consumidores por productos cada vez más naturales y seguros con el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC., 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington DC, USA: Association of Official Analytical Chemists. Vol. 2.pp. 685-1298.
- ASERCA. El tomate, la hortaliza de excelencia en exportación. Revista claridades agropecuarias. No. 62, México, octubre, 1998.
- Aulton M.E., Abdul-Razzak M.H., Hogan J.E., 1981. The mechanical properties of hydroxypropylmethylcellulose films derived from aqueous systems. Part 1. The influence of plasticizers. *Drug Development and Industrial Pharmacy* 7, 649 – 668
- Avena-Bustillos, R. J. y J. M. Krochta, 1993. Water vapor permeability of caseinate-based edible films as affected by pH, calcium crosslinking and lipid concentration. *J. Food Sci.* 58(4): 904-907.
- Ayranci E, Buyuktas S, Cetin E., 1997. The effect of molecular weight of constituents on properties of cellulose-based edible films. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 30, 101 – 104.
- Ayranci, E. y S. Tunc., 2003. A method for the measurement of the oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. *Food Chem.* 80: 423–431.
- Bai J, Alleyne V, Hagenmaier R.D., Mattheis J.P., Baldwin E.A., 2003b. Formulation of zein coatings for apples (*Malus domestica*). *Postharvest Biology and Technology* 28, 259 – 268.
- Baldwin E.A., Burns J.K., Kazokas W, Brecht J.K., Hagenmaier R.D., Bender R.J., Pesis D.E., 1999. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. *Postharvest Biology and Technology* 17, 215 – 226.

Baldwin E.A., Nisperos M.O., Chen X, Hagenmaier R.D., 1996. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. *Postharvest Biology and Technology* 9 (2), 151 – 163.

BeMiller J.N.; Whistler, R.L., Carbohydrates. In: Fennema, O.R. (Ed.), *Food Chemistry*, 3rd Ed., Marcel Dekker, New York, 1996.

Bergo, P. P., Sobral, P. A. y Prison, J. M., 2010. Effect of glycerol on physical properties of cassava starch films. *Journal of Food Processing & Preservation*. (34): 401-410.

Blake, D.E., Hamblett, C.J., Frost, P.G., Judd, P.A. y Ellis, P.R., 1997. Wheat bread supplemented with depolymerised guar gum reduces plasma cholesterol concentration in hypercholesterolemic human subjects. *Am. J. Clin. Nutr.* 65, 107–113.

Bombelli, E. C. y Wright, E. R., 2006. Efecto del bicarbonato de potasio sobre la calidad del tomate y acción sobre *Botrytis cinerea* en poscosecha. *Ciencia e Investigación Agraria*. 33:197-203.

Bourgeois, C.M., Mescle, J.F. y Zucca, J., 1995. *Microbiología Alimentaría* Vol. 1. Ed. Acribia. Zaragoza, España. Págs. 33,-35, 84, 85, 89, 93-101, 110,111.

Budi, F. X. y Wild, G., 1999. Tensile properties and water absorption of zein sheets plasticized with oleic and linoleic acids. *J. Agric. Food Chem.* 47: 2070-2074.

Cagri A, Ustunol Z, Ryser E.T., 2004. Antimicrobial edible films and coatings. *Journal of Food Protection* 67 (4), 833 – 848.

Camargo-Castillo, N.A., Campuzano, S., 2006. Estudio piloto de detección de parásitos en frutas y hortalizas expedidas en los mercados públicos y privados de la ciudad de Bogotá D.C. *Red de revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 2006. Vol. 4, N° 005: 77-81.

Campos, C. A., Gerschenson, L. N. y Flores S. K., 2011. Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. *Food Bioprocess Technol.* 4: 849-875.

CANO-RUERA, S., (2006). Métodos de análisis microbiológico. *Analiza Calidad*. URL: <http://www.analizacalidad.com/docftp/fi148anmic.pdf>. Fecha de modificación: 05/04/2006, fecha de acceso: 28/05/2011.

Carrandi, S. L.; Efecto de conservantes en la estabilidad de jugo de tuna pasteurizado; Tesis (Ing Agr); Universidad de Chile, 1995.

Cuero R.G. Antimicrobial action of exogenous chitosan. In: Jollès P., Muzzarelli R.A.A., editors. *Birkhäuser Verlag*; 1999. pp. 315–333.

Dayidson, Robert. *Handbook of Water-Soluble Gums and Resins*. McGraw-Hill Book, Co., 1980.

Debeaufort, F. and Voilley, A., 2009. Lipid-based edible films and coatings. In *Edible Films and Coatings for Food Applications*, eds. M.E. Embuscado and K.C. Huber, pp. 135–168. New York: Springer.

Dea, I.C.M. y Morrison, A., 1975. Chemistry and interactions of seed galactomannans. *Adv. Carbohyd. Chem. Biochem.*, 31, 241-312.

Dinesh Company, 2001. Guar Gum Properties. India. Extraído del World Wide Web: <[http:// www.dineshgum.com/index.htm](http://www.dineshgum.com/index.htm)>

Donhowe I.G., y Fennema O., 1993. The effects of plasticizers on crystallinity, permeability, and mechanical-properties of methylcellulose films. *Journal of Food Processing and Preservation* 17, 247 – 257.

Doores, S., 1993. Organic acids, p. 95-136, in P.M. Davidson and A.L. Branen (Eds.), *Antimicrobial in Foods*, 2nd ed. Marcel Dekker, Inc. New York.

Dreher, M.,1999. Food sources and uses of dietary fiber. En Cho, S., Prosky, L., Dreher, M. (Eds.), *Complex Carbohydrates in Food*, Marcel Dekker, New York.

Dziezak, J. D., 1991. A focus on gums. En: Food Technology. Vol. 45, No. 3, p. 117-120, 122-124, 126, 128, 130-132.

Ellis, P.R. y Morris, E.R., 1991. Importance of the rate of hydration of pharmaceutical preparations of guar gum; a new in vitro monitoring method. Diabetes Med., 8, 378-381.

Ellis P.R., Wang Q., Rayment, P., Ren, Y. y Ross-Murphy, S.B., 2001. Guar gum: agricultural and botanical aspects, physicochemical and nutritional properties, and its use in the development of functional foods. En Sungsoo, S., Dreher, M.L. (Eds.), *Handbook of Dietary Fiber: an Applied Approach*, Marcel Dekker Inc., New York.

FAO, 2006. Estadísticas de Agricultura de la FAO (FAOSTAT) www.fao.org/faostat

FAO/OMS., 1995. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Organización Mundial de la Salud. Norma General del Codex para los Aditivos Alimentarios (CODEX STAN 192-1995). http://www.codexalimentarius.net/gsfaonline/CXS_192s.pdf

FDA., 2007a. Federal Drug Administration. Code of Federal Regulations, CFR Título 21, vol. 3. Parte 184.1339.

FDA 21CFR172, 2006. Food additives permitted for direct addition to food for human consumption. Subpart C. Coating, Films and Related Substances. Code of Federal Regulations, Title 21, Volume 3.

FOOD CHEMICAL CODEX, 1986. Especificaciones y análisis típico de la goma guar. Disponible en la página web: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/GomaGuar_1839.pdf

Galiotta, G., L. Di Gioia, S. Guilbert, y Cuq, B., 1998a. Mechanical and thermo mechanical properties of films based on whey proteins as affected by plasticizers and crosslinking agents. J. Dairy Sci. 81: 3123-3130.

Galiotta, G., F. Vanya, N. Ferrari y Diano, W., 1998b. Barrier properties of whey protein isolate films to carbón dioxide and ethylene at carious wáter activities. P. 327-335. In: Colonna, P. y S. Guilber (Eds.). *Biopolymer Science: Food and Non Food Applications*. Les Colloques N°91 .INRA Editions. Montpellier, France.

Gatenby, S.J., Ellis, P.R., Morgan, L.M. y Judd, P.A., 1996. Effect of depolymerized guar gum on acute metabolic variables in patients with non-insulin-dependent diabetes. *Diabetes Med.*, 13, 358-364.

Gennadios A, McHugh T.H., Weller C.L., Krochta J.M., 1994. Edible coatings and films based on proteins. *In: Krochta J.M., Baldwin EA, Nisperos-Carriedo MO (Eds.) Edible Coatings and Films to Improve Food Quality* . CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 201 – 278.

Gennadios A, Weller C.L., 1990. Edible films and coatings from wheat and corn proteins. *Food Technology* 44, 63 – 69.

Gerschenson-Lía, V.O. y Binstock G., 2007. *Food Research Internacional*; Rev. Centro de Investigaciones Toxicológicas (Ceitox) de Citefa/Conicet; Facultad de Ciencias Exactas y Naturales; UBA.

Gidley, M.J. y Grant Reid, J.S., 1995. Galactomannans and other cell wall storage polysaccharides in seeds. En Alistair, M.S, Phillips, G.O., Williams, P.A. (Eds.), *Food Polysaccharides and their Applications*, (pp. 181-215) Marcel Dekker Inc, New York.

Glicksman, Martin. *Food Hydrocolloids*, Vol. III. Chemical Rubber Co., 1986.

Glicksman, Martin. *Gum Technology in the Food Industry*. Academic Press, Inc, New York, 1969.

Guilbert S, Biquet B., 1996. Edible films and coatings. *In: Bureau G, Multon J.L. (Eds.) Food Packaging Technology*. VCH Publishers, New York.

Guilbert, S., 1986. Technology and application of edible protective films. P. 371-394. In: Mathlouthi, M. (Ed.). Food Packaging and Preservation. Elsevier. Appl. Sci. Publ., New York.

Hardenburg, R.E., 1967. Wax and related coatings for horticultural products. A bibliography. Agricultural Research Service Bulletin 51-55, United States Department of Agriculture, Washintong, D.C.

Hernandez, E., 1994. Edible coatings from lipids and resins. En: Krochta, J.M., Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O. (eds.). Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Ed. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, USA, pp. 279-303.

Hoffman A.F., 1916. Preserving Fruit. US patent 19, 160, 104.

INEGI. 2001. El Sector Alimentario En México. Aguascalientes: 43

Ismail, A. y Pierson, M.D., 1990. Inhibitory of growth and germination of *C. Botulinum* 33A, 40B y 1623E by essential oil of apices. J. Food Sci. 55(6):1676.

Izydorczyk, M., Cui, S.W. y Wang, Q., 2000. Polysaccharide gums: structures, functional properties, and applications. En Cui, S. (Ed.), *Food Carbohydrates, Chemistry, Physical Properties and Applications*, CRC Press, Boca Raton.

Jangchud, A. y Chinnan, M.S., 1999. Properties of peanut protein film: Sorption isotherm and plasticizer effect. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie 32, 89-94.

Jay, J.M., 1991. Modern Food Microbiology. Chapman y Hall. New Cork.

Jeon, Y. J., Kamil, J. Y. V. A., Shahidi, F., 2002. Chitosan as an edible films for quality preservation of Herring and Atlantic cod. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 5167-5178.

Jiang, Y., Li, Y., 2001. Effect of chitosan coating on postharvest life and quality and longan fruit. *Food Chemistry* 73, 39-143.

Kawamura, Y., 2008. Guar gum. Chemical and Technical Assessment. Proceeding of the 69th JECFA. http://www.fao.org/ag/agn/agns/jecfa/cta/69/Guar_gum_CTA_69.pdf

Karbowiak, T., Hervet, H., Leger, L., Champion, D., Debeaufort, F. y Voilley, A., 2006. Effect of plasticizers (water and glycerol) on the diffusion of a small molecule in iota-carrageenan biopolymer films for edible coating application. *Bio macromolecules*. 7(6): 2011-2019.

Kea T, Sun X., 2001. Thermal and mechanical properties of poly (lactic acid) and starch blends with various plasticizers. *Transactions of the ASAE* 44 (4), 945 – 953.

Kester, J.J., y Fennema, O.R. Resistance of Lipid Films to Water Transmission *J. Amer. Oil. Chem. Soc.*, 1989, 1139-1146.

Khan, T., Park, J. K. y Know, J. H., 2007. Functional Biopolymers Produced by Biochemical Technology Considering Applications in Food Engineering. *Korean Journal of Chemical Engineering*. 24(5): 816-826.

Krochta, J.M. y De Mulder J.C., 1997. Edible and Biodegradable Polymer Films: Challenges and Opportunities. *Food Technol*, 1997, 61-74.

Krochta, J.M., 1997b. Edible protein films and coatings. En: Damadaran, S., Paaraf A. (eds). *Food Proteins and their Applications in Foods*. Ed. Marcel Dekker, New York, USA.

Liewen, M.B. y Marth, E.H., 1985. Growth and inhibition of microorganisms in the presence of sorbic acid: a review, *J. Food Prot.* 48:364-375.

Linares H., 2004. Manual del participante cultivo de tomate en invernadero. Disponible en: http://www.sra.gob.mx/internet/informacion_general/programas/fondo_tierras/manuales/Cultivo_Jitomate_Invernadero.pdf

López-Malo, A., 2000. La preservación multiobjetivo de Alimentos: Efecto de Factores Tradicionales y Emergentes en la Respuesta de *Aspergillus flavus*. Tesisdoctoral. Universidad de Buenos Aires.

McHugh T.H., Krochta J.M., 1994. Milk-protein-based edible films and coatings. *Food Technology* 48 (1), 97 – 103.

Millán-Trujillo, F., 2001. Estudio de la estabilidad microbiológica del melón (*Cucumis melo L*) mínimamente procesado por impregnación al vacío, Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición de Venezuela,51(2).

Miller, K. S. y J.M. Krochta, 1997. Oxygen and aroma barrier properties of edible films: a review. *Trends Food Sci. Tech.* 8: 228.237.

Morales ÁngelesG., 2005. Aplicación de aceite esencial de orégano (*Limpia berlandieri* Shauer) como antimicrobiano en patógenos de importancia en la carne de res. Tesis Ing. en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mussel, D., 1983. *Microbiología de los Alimentos*. Ed. Acribia, España.

Muzzarelli, C., Muzzarelli, R. A. A., 2003. Chitin related food science today (and two centuries ago). *Agro Food Industry Hi-Tech* 14, 39-42.

Nísperos-Carriedo, M.O., Baldwin, E.A., Shaw, P.E., 1992. Development of an edible coatings for extending postharvest life of selected fruits and vegetables. *Proceedings of the Annual Meeting Florida State Hort. Society*, 104, 122-125.

Noboa, Miguel.; Evaluación de tortillas de papa refrigerada, bajo el efecto de Sorbato de Potasio como conservante y su influencia en la vida útil (TesisPregrado); Universidad Nacional de Chimborazo; Ecuador, 2005.

Olaf, C.; Murray, R.; Polenta, G.; D. Lucangeli, C.; Uso de sorbato de potasio y de metil-parabeno para mejorar la conservación de maíz dulce; Rev. ITEA-Producción vegetal, 2002; 98 (2). 127-138 p.

Olivas G.I., Barbosa-Cánovas G.V., 2008. Alginate-calcium films: water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizer and relative humidity. *LWT-Food Science and Technology* 41, 359 – 366.

Osés, J., Niza, S., Ziany, K., y Maté, J. I., 2009. Potato starch edible films to control oxidative rancidity of polyunsaturated lipids: effects og films composition, thickness and water activity. *International Journal of Food Science & Technology*. 44(7): 1360-1366.

Ouattara, B., Simard, R.E., Piette, G., Begin, A., Holley, R. A., 2002. Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. *International Journal of Food Microbiology*, 62, 139-148.

Pablo Valencia, Leticia. Evaluación de cubiertas de quitosano aplicadas en para para prolongar la vida de anaquel. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2010.

Park H.J., Chinnan M.S., Shewfelt R.L., 1994. Edible coating effects on storage life and quality of tomatoes. *Journal of Food Science* 59 (3), 568 – 570.

Park H.J., Weller C.L., Vergano P.J., Testin R.F., 1993. Permeability and mechanical properties of cellulose based edible films. *Journal of Food Science* 58, 1361-1364, 1370.

Park H.J., 1999. Development of advanced edible coatings for fruits. *Trends in Food Science and Technology* 10, 254 – 260.

Pastor, C., Vargas, M., Gonzalez-Martinez, C., 2005. Recubrimientos comestibles: Aplicación a frutas y hortalizas. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, 197, 130-135.

Penna, A. L. B., 2002. Hidrocolóides. Usos en Alimentos. En: *Revista Food Ingredientes: Cuaderno de Tecnología de Alimentos y Bebidas*. Vol.17, p. 58-61.

Phillips, G.O. y Williams, P.A., 2000. *Handbook of Hydrocolloids*. Woodhead Pub. Cambridge.

Quiminet, 2012. La versatilidad de la glicerina (en línea). Consultado el 05/05/14, a las 10:30 pm. Disponible en la página web: <http://www.quiminet.com/articulos/la-versatilidad-de-la-glicerina-2721819.htm>.

Rayment, P., Ross-Murphy, S.B. y Ellis, P.R., 1995. Rheological properties of guar galactomannan and rice starch mixtures-I. Steady shear measurements. *Carbohydr. Polym.*, 28, 121-130.

Raymond C. Rowe, R.C, Sheskey, P.J. y Owen, S.C., 2006. *Handbook of Pharmaceutical Excipients*, Pharmaceutical Press, London.

Reichman, D. y Garti, N., 1990. En Dickinson, E. (Ed.), *Food Polymers, Gels and Colloids*, (pp. 549-557) Royal Soc. Chem., Cambridge.

Reid, J.S.V. y Edwards, M.E., 1995. Galactomannans and other cell wall storage polysaccharides in seeds. En Stephen, A.M. (Ed.), *Food Polysaccharides and Their Applications*, (pp. 155-186) Marcel Dekker, New York.

Rojas-Graü M, Raybaudi-Massilia R.M., Soliva-Fortuny R.C., Avena-Bustillos R.J., McHugh T.H., Martín-Belloso O., 2007. Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology* 45, 254 – 264.

Sáenz, P.B., 2012. Sorbato potásico (conservante e-202) estabilizante de los vinos contra refermentaciones "vinosorb". Estados Unidos.

SAGARPA. Monografía del tomate, 2010. Disponible en la página web: <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/Jitomate.pdf>

SAGARPA, 2008. Producción del tomate. Disponible en la página web: www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/documents/pablo/documentos/.../jitomate.pdf

Shellhammer, T.H., Krochta, J.M., 1997. Whey protein emulsion film performance as affected by lipid type and amount. *Journal of Food Science*, 62, 390-394.

Silva-Vázquez, R., 2003. El Orégano (Los nuevos caminos de la agricultura). Folleto técnico CONAZA. CIRENA (Centro de Investigación para los Recursos Naturales). Salaces, López, Chihuahua.

Sistema Agropecuario de Consulta (SIACON) 1980-2001, SAGARPA, D.F., México.

Sofos, J.N.; Busta, F.F., 1993. Sorbie acid and sorbates. En Davidson, P.M., Branen, A.L. (eds.), *Antimicrobials in Foods*, 2nd ed, Marcel Dekker, Nueva York, pags. 49-94.

Sofos, J.N.; *Sorbate Food Preservatives*; CRC Press, Inc.; Boca Raton; USA., 1989.

Sothornvit R, Krochta J.M., 2005. Plasticizers in edible films and coatings. *In*: Han JH (Ed.) *Innovations in Food Packaging*. Elsevier Academic Press, London, pp. 403 – 433.

Spiegel, M. R.; *Teoría y Problema de Probabilidades y Estadísticas*; Serie de compendios Shawn; Edit.Mc Graw Hill; México, 1982; 372p.

Soliva, R. y Martin, O., 2011. Envasado de alimentos mediante recubrimientos comestibles. *Alimentaria*, Septiembre.

- Tapia, M., Rojas-Graü, M., Rodríguez, F., Ramírez, J., Carmona, A. y Martín-Belloso, O., 2007. Alginate and gellan-based edible films for probiotic coatings on fresh-cut fruits. *Journal of Food Science*. 72(4): 190-196.
- Tharanathan, R. N., Kittur, F. S., 2003. Chitin-The undisputed biomolecule of great potential. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 43, 61-87.
- Tharanathan, R. N., 2003. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in Food Science & Technology*. 14(3): 71.
- Tongdeesoontorn, W., Mauer, L. J., Wongruong, S., Sriburi, P. y Rachtanapun, P., 2011. Effect of Carboxymethyl Cellulose Concentration on Physical Properties of Biodegradable Cassava Starcha-based films. *Chemistry Central Journal*. 5(6): 1-8.
- Trezza T.A., Krochta J.M., 2000. Color stability of edible coatings during prolonged storage. *Journal of Food Science* 65 (7), 1166 – 1169.
- Valle Vega, Pedro; Lucas Florentino, Bernardo; *Toxicología de Alimentos; México. Rev. Del Instituto Nacional de Salud Pública; 2000; 10 (4). 10-12p.*
- Vargas, M., 2008. Recubrimientos comestibles a base de quitosano: caracterización y aplicación. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Vargas, M., Pastor, C., Chiralt, A., McClements, D. y Gonzalez-Martinez, C., 2008. Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 48(6): 496-511.
- Vojdani F, Torres J.A., 1990. Potassium sorbate permeability of methylcellulose and hydroxypropyl methylcellulose coatings – effect of fatty-acids. *Journal of Food Science* 55 (3), 841 – 846.
- Wang, Q., 1997. Physico-chemical characterisation of water-soluble non-starch polysaccharides. Tesis doctoral, University of London.

Whistler R.L. Factors influencing gum costs and applications. In: Whistler R.L.; BeMiller J.N. (Eds.), *Industrial gums*, 2nd Ed., Academic Press, San Diego, 1973.

Whistler R.L.; Daniel J.R. Carbohydrates. In: Fennema O.R. (Ed.). *Food chemistry*. 2nd Ed., Marcel Dekker, New York, 1985.

Williams, P.A., Phillips, G.O., Stephen, A.M. y Churms, S.C., 2006. Gums and mucilages. En Stephen, A.M., Phillips, G.O., Williams, P.A. (Eds.), *Food Polysaccharides and Their Applications*, (pp. 476-525) CRC, Boca Raton.

Wu, Y., Cui, W., Eskin, N.A.M. y Goff, H.D., 2009. An investigation of four commercial galactomannans on their emulsion and rheological properties. *Food Res. Int.*, 42, 1141-1146.

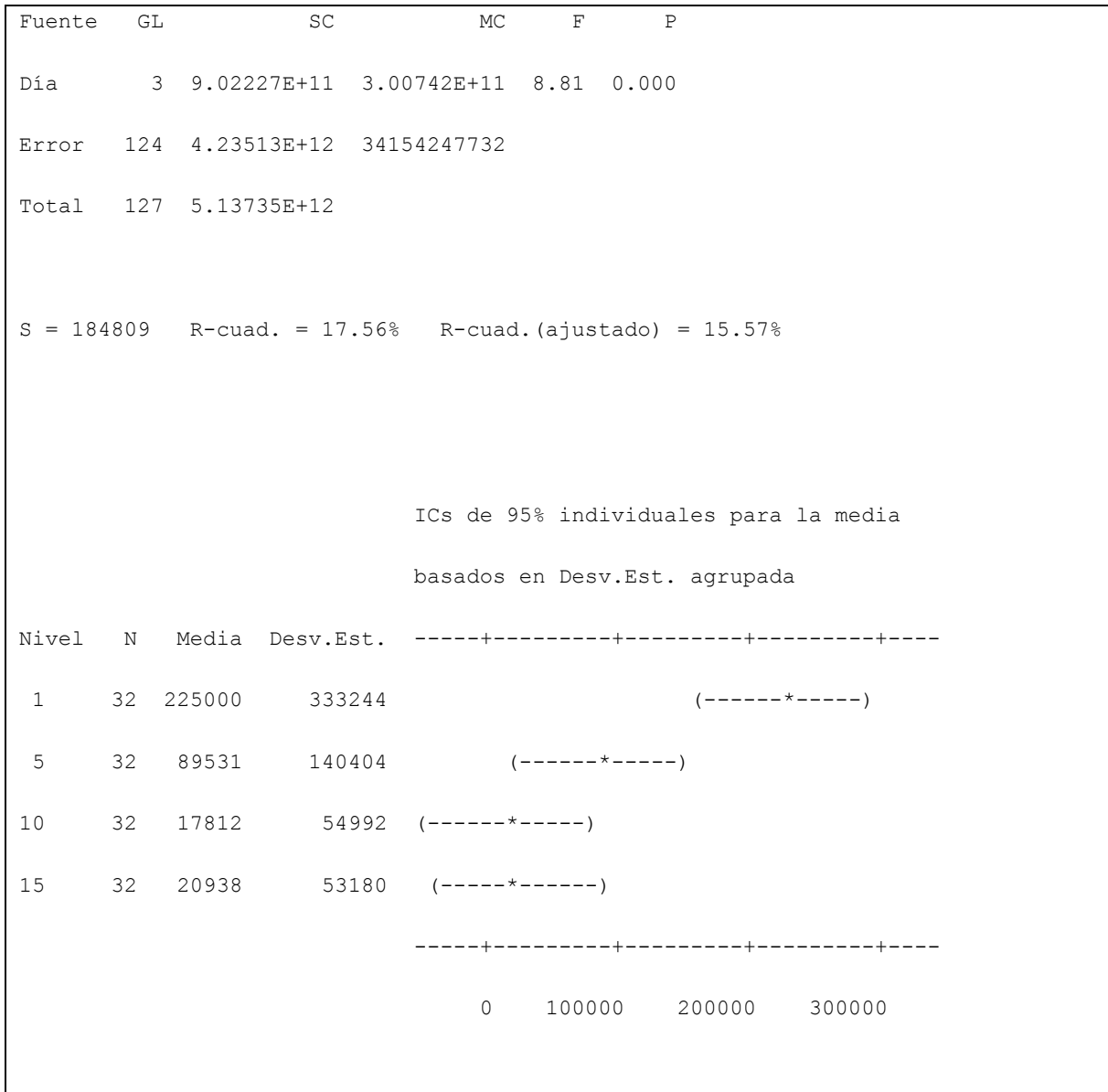
Wu, X.; Zhang, L., 2001, "Structure and properties of casting films blended with starch and waterborne polyurethane", *J. Appl. Polym. Sci.*, 79, 2006–2013.

Zhang, D. Quantick, P. C., 1998. Antifungal effect of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 73, 763-767.

Zhang Y, Han J.H., 2006. Mechanical and thermal characteristics of pea starch films plasticized with monosaccharides and polyols. *Journal of Food Science* 71 (2), 109 – E118

ANEXOS

1. Bacterias mesófilas vs. Día



Desv.Est. agrupada = 184809



Intervalos de confianza individuales de Fisher del 95%

Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Día

2. Bacterias mesófilas vs. Muestra

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Muestra	7	5.00695E+11	71527829241	1.85	0.084
Error	120	4.63666E+12	38638825521		
Total	127	5.13735E+12			

S = 196568 R-cuad. = 9.75% R-cuad. (ajustado) = 4.48%

ICs de 95% individuales para la media
basados en Desv.Est. agrupada

Nivel	N	Media	Desv.Est.	-----+-----+-----+-----+--
A1	16	190813	290464	(-----*-----)
A2	16	189563	372794	(-----*-----)
B1	16	85625	164234	(-----*-----)
B2	16	90813	154605	(-----*-----)
C1	16	44875	103093	(-----*-----)
C2	16	41125	103365	(-----*-----)
D1	16	27500	56862	(-----*-----)
D2	16	36250	101710	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+--

0 100000 200000 300000

Desv.Est. agrupada = 196568

Intervalos de confianza individuales de Fisher del 95%

Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Muestra

3. Bacterias mesófilas vs. Dilución

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Dilución	1	93258007812	93258007812	2.33	0.129
Error	126	5.04410E+12	40032506820		
Total	127	5.13735E+12			

S = 200081 R-cuad. = 1.82% R-cuad. (ajustado) = 1.04%

ICs de 95% individuales para la media
basados en Desv.Est. agrupada

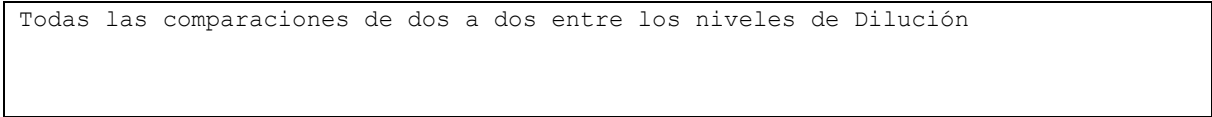
Nivel	N	Media	Desv.Est.	-----+-----+-----+-----+--
-4	64	115313	256886	(-----*-----)
-3	64	61328	118637	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+--
40000 80000 120000 160000

Desv.Est. agrupada = 200081



Intervalos de confianza individuales de Fisher del 95%



4. Bacterias mesófilas vs. Horas

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Horas	1	6.39439E+11	6.39439E+11	17.91	0.000
Error	126	4.49791E+12	35697735987		
Total	127	5.13735E+12			

S = 188938 R-cuad. = 12.45% R-cuad.(ajustado) = 11.75%

ICs de 95% individuales para la media
basados en Desv.Est. agrupada

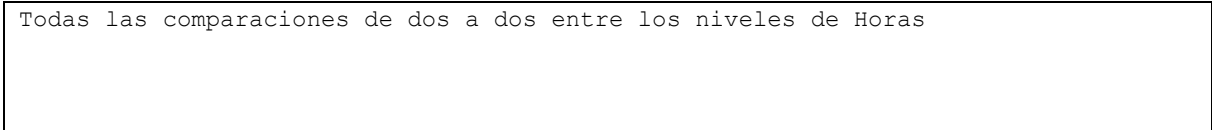
Nivel	N	Media	Desv.Est.	Intervalo de Confianza
24	64	17641	45658	(-----*-----)
48	64	159000	263270	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
0 60000 120000 180000

Desv.Est. agrupada = 188938



Intervalos de confianza individuales de Fisher del 95%



5. Hongos y Levaduras vs. Día

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Día	3	2.17925E+12	7.26417E+11	1.36	0.258
Error	124	6.62557E+13	5.34320E+11		
Total	127	6.84350E+13			

S = 730972 R-cuad. = 3.18% R-cuad.(ajustado) = 0.84%

ICs de 95% individuales para la media
basados en Desv.Est. agrupada

Nivel	N	Media	Desv.Est.	Intervalo de Confianza
1	32	742812	906807	(-----*-----)
5	32	583125	585378	(-----*-----)
10	32	794375	763388	(-----*-----)
15	32	465000	624143	(-----*-----)

250000 500000 750000 1000000

Desv.Est. agrupada = 730972

Intervalos de confianza individuales de Fisher del 95%

Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Día

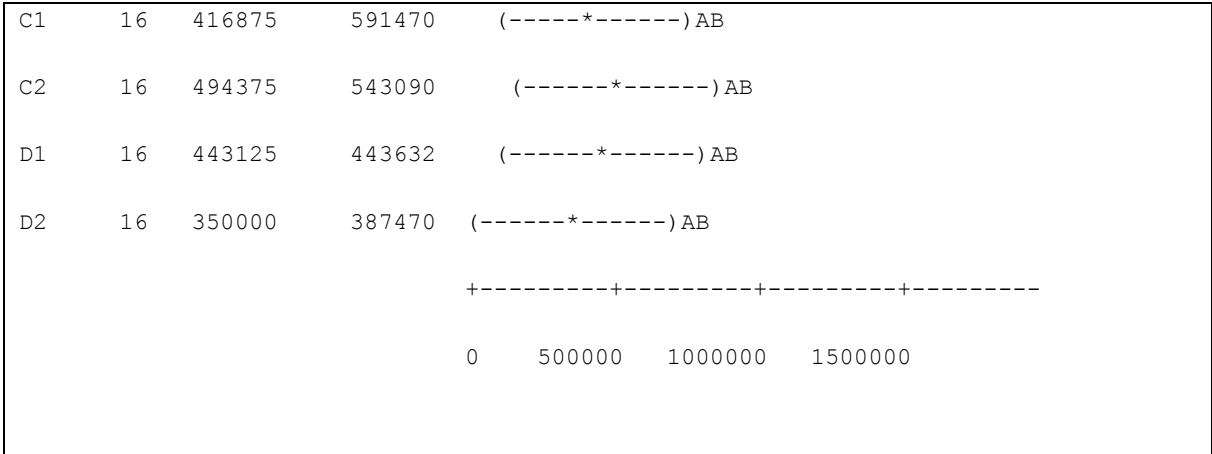
6. Hongos y Levaduras vs. Muestra

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Muestra	7	1.20284E+13	1.71834E+12	3.66	0.001
Error	120	5.64066E+13	4.70055E+11		
Total	127	6.84350E+13			

S = 685606 R-cuad. = 17.58% R-cuad. (ajustado) = 12.77%

ICs de 95% individuales para la media
basados en Desv.Est. agrupada

Nivel	N	Media	Desv.Est.	+-----+-----+-----+-----
A1	16	1308750	996620	(-----*-----) A
A2	16	940625	1082186	(-----*-----) A
B1	16	511875	423796	(-----*-----) AB
B2	16	705000	651716	(-----*-----) AB



Desv.Est. agrupada = 685606



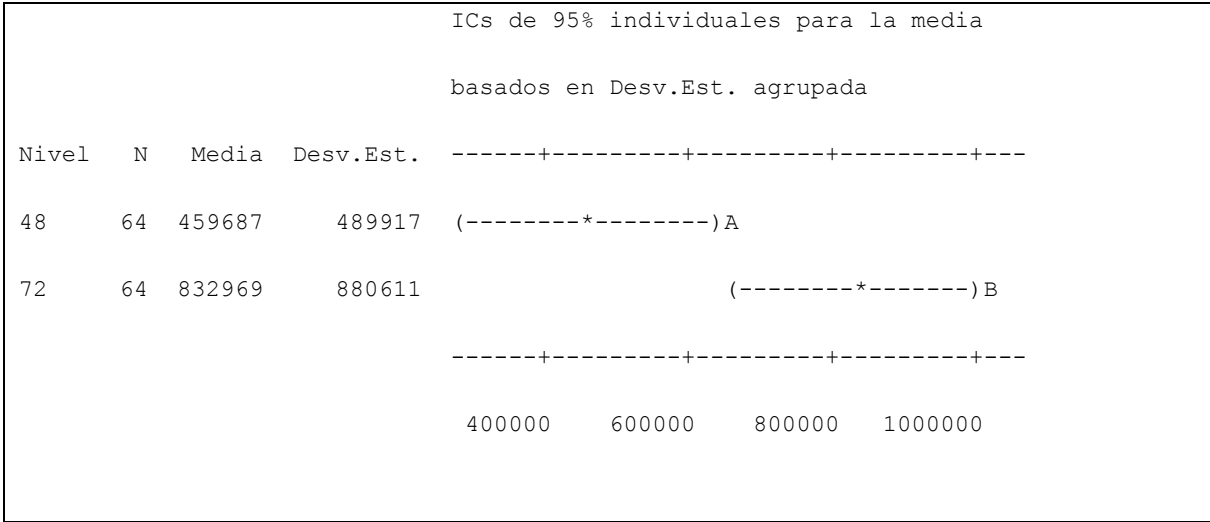
Intervalos de confianza individuales de Fisher del 95%

Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Muestra

7. Hongos y Levaduras vs. Horas

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Horas	1	4.45884E+12	4.45884E+12	8.78	0.004
Error	126	6.39761E+13	5.07747E+11		
Total	127	6.84350E+13			

S = 712564 R-cuad. = 6.52% R-cuad. (ajustado) = 5.77%



Desv.Est. agrupada = 712564



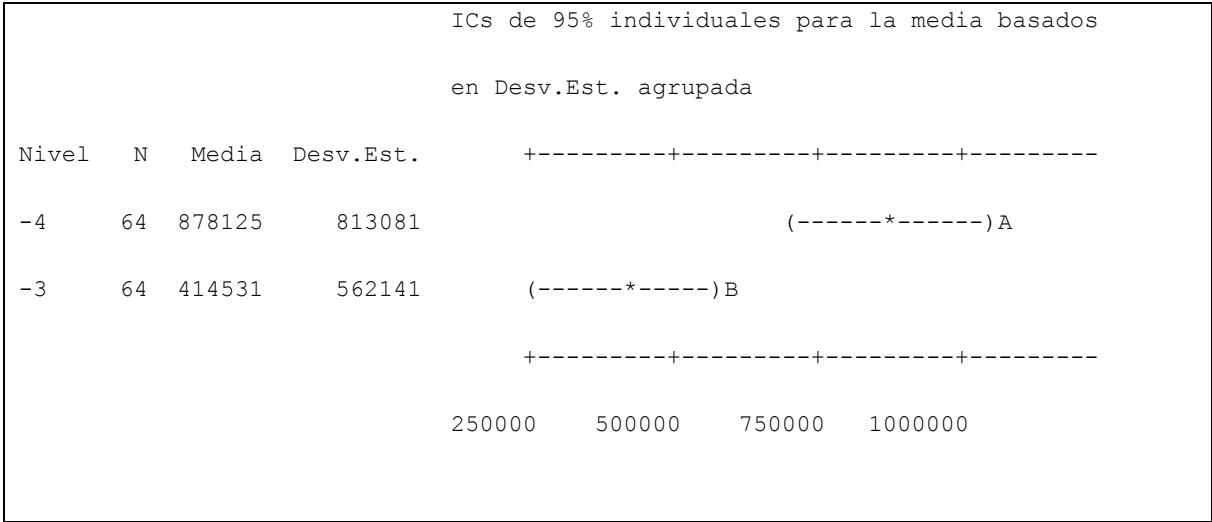
Intervalos de confianza individuales de Fisher del 95%

Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Horas

8. Hongos y Levaduras vs. Dilución

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Dilución	1	6.87741E+12	6.87741E+12	14.08	0.000
Error	126	6.15576E+13	4.88552E+11		
Total	127	6.84350E+13			

S = 698965 R-cuad. = 10.05% R-cuad. (ajustado) = 9.34%



Desv.Est. agrupada = 698965



Intervalos de confianza individuales de Fisher del 95%

Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Dilución