

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

E.A.P. INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



TITULO:

“EFECTO DEL ALOE VERA (*Aloe barbadensis* Miller L.) Y ACEITE DE ROSA MOSQUETA COMO RECUBRIMIENTO EN RABANITOS (*Raphanus sativus* L.) DE IV GAMA”

PRESENTADO POR:

Bach. Kevin Steven Cango Contreras

Bach. Solansh Melisa Reyes Mendo

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



HOJA DE AVAL DEL JURADO EVALUADOR

El presente trabajo de tesis titulado: “EFECTO DEL ALOE VERA (Aloe barbadensis Miller L.) Y ACEITE DE ROSA MOSQUETA COMO RECUBRIMIENTO EN RABANITOS (Raphanus sativus L.) DE IV GAMA”, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por Bach. CANGO CONTRERAS KEVIN STEVEN y Bach. REYES MENDO SOLANSH MELISA, que tienen como asesora a la docente Dra. Elza Aguirre Vargas designada por Resolución Decanal N° 489-2016-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 13 de junio del 2018 por el siguiente jurado evaluador, designado mediante Resolución N° 186-2018-UNS-CFI:

Dr. Gilbert Rodríguez Páucar
Presidente

Dra. Elza Aguirre Vargas
Secretario

Ing. Vicente Carranza Varas
Integrante



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.P. INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las **once horas del trece de junio del dos mil dieciocho** se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial el Jurado Evaluador, designado mediante Resolución N°186-2018-UNS-CFI, integrado por los docentes:

- **Dr. Gilbert Rodríguez Páucar** (Presidente)
- **Dra. Elza Aguirre Vargas** (Secretario)
- **Ing. Vicente Carranza Varas** (Integrante); para dar inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

“EFECTO DEL ALOE VERA (*Aloe barbadensis* Miller L.) Y ACEITE DE ROSA MOSQUETA COMO RECUBRIMIENTO EN RABANITOS (*Raphanus sativus* L.) DE IV GAMA”, elaborada por los Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

- **Cango Contreras Kevin Steven**
- **Reyes Mendo Solansh Melisa**

Asimismo, tiene como Asesor al docente: **Dra. Elza Aguirre Vargas**

Finalizada la sustentación, los tesisistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

El Jurado después de deliberar sobre los aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 39° y 40° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
CANGO CONTRERAS KEVIN STEVEN	18	BUENO

Siendo las **doce y quince horas del mismo día**, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

mbote, 13 de junio del 2018

.....
Dr. Gilbert Rodríguez P
Presidente

.....
Dra. Elza Aguirre Vargas
Secretario

.....
Ing. Vicente Carranza Varas
Integrante



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.P. INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las **once horas del trece de junio del dos mil dieciocho** se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial el Jurado Evaluador, designado mediante Resolución N°186-2018-UNS-CFI, integrado por los docentes:

- **Dr. Gilbert Rodríguez Páucar** (Presidente)
- **Dra. Elza Aguirre Vargas** (Secretario)
- **Ing. Vicente Carranza Varas** (Integrante); para dar inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

“EFECTO DEL ALOE VERA (*Aloe barbadensis* Miller L.) Y ACEITE DE ROSA MOSQUETA COMO RECUBRIMIENTO EN RABANITOS (*Raphanus sativus* L.) DE IV GAMA”, elaborada por los Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

- **Cango Contreras Kevin Steven**
- **Reyes Mendo Solansh Melisa**

Asimismo, tiene como Asesor al docente: **Dra. Elza Aguirre Vargas**

Finalizada la sustentación, los tesisistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

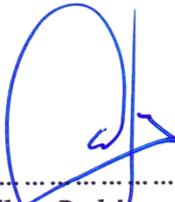
El Jurado después de deliberar sobre los aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 39° y 40° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

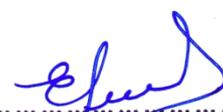
BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
REYES MENDO SOLANSH MELISA	18	BUENO

Siendo las **doce y quince horas del mismo día**, se di
firmando en señal de conformidad el presente jurado.

nada dicha sustentación,

Nuevo Chimbote, 13 de junio del 2018


.....
Dr. Gilbert Rodríguez Páucar
Presidente


.....
Dra. Elza Aguirre Vargas
Secretario


.....
Ing. Vicente Carranza Varas
Integrante

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, Luis Cango y Eufemia Contreras, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

A mi hermana, Yelitza Cango Contreras, por compartir momentos significativos conmigo y siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

Kevin Cango Contreras

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a Dios, por darme la fuerza y sabiduría para seguir adelante, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera.

A mis padres, Eduardo Reyes y Nora Mendo, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mi hermano, Giancarlo Reyes Mendo, por darme siempre una palabra de aliento y por haber depositado toda la confianza en mí.

A mi tía, Victoria Mendo, por su amor, gran apoyo, consejos y conversaciones compartidas.

Solansh Reyes Mendo

AGRADECIMIENTO

Comenzaremos dando las gracias a nuestra asesora la Dra. Elza Aguirre Vargas por su valiosa orientación, colaboración y paciencia que nos brindó para la realización del presente informe.

A los docentes de la E.A.P. Ingeniería Agroindustrial, por sus enseñanzas y apoyo durante nuestra formación profesional

Al Ing. Lenin Palacios e Ing. John Gonzales, por su orientación y colaboración durante la realización de este trabajo de investigación.

A la Srta. Silvia por el apoyo bibliográfico para la realización de esta tesis.

Por último, agradecer a nuestros amigos Jonatan L., Korey P., Alexander C., Carlos S., Jesica O., Esther B., Ana A., Julissa E., William L., Guisela C., Jhoselyn R. y Jhon P. con quiénes compartimos una gran amistad en nuestra etapa de formación académica universitaria.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	_____	
ABSTRACT	_____	
I. INTRODUCCIÓN	_____	26
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	_____	29
2.1 Rabanito	_____	29
2.1.1 Aspectos Generales	_____	29
2.1.2 Clasificación Taxonómica	_____	31
2.1.3 Variedades	_____	32
2.1.3.1 Variedades Cultivadas En Perú	_____	35
2.1.4 Composición Química	_____	36
2.1.5 Valor Nutricional	_____	38
2.1.6 Zonas De Produccion En El Peru	_____	39
2.1.7 Requerimientos Edafoclimáticos (Climas Y Suelos)	_____	41
2.1.8 Plagas Y Enfermedades Del Rabanito	_____	42
2.1.9 Cosecha Y Manejo Postcosecha	_____	47
2.2 Productos Hortofrutícolas De Iv Gama	_____	50
2.2.1 Definición Y Características	_____	51
2.2.2 Principales Operaciones Unitarias Iniciales De Frutas Y Hortalizas De IV Gama	_____	51
2.2.3 Tecnologías De Envasado	_____	54
2.2.4 Tecnología De Almacenamiento	_____	59
2.2.5 Distribución Y Utilización De Frutas Y Hortalizas De IV Gama	_____	61
2.2.6 Beneficios Y Desventajas De Frutas Y Hortalizas De IV Gama	_____	62

2.3	Recubrimiento Comestible	63
2.3.1	Aspectos Generales	63
2.3.2	Componentes De Los Recubrimientos Comestibles	64
2.3.3	Recubrimientos Comestibles Usados En Frutas De Iv Gama	68
2.3.4	Los Plastificantes Y El Glicerol	76
2.3.5	Alóe Vera Como Recubrimiento Comestible	77
2.3.6	Propiedades Físicas De Los Recubrimientos Comestibles	80
2.3.7	Propiedades Antimicrobianas De Los Recubrimientos Comestibles	91
2.4	Calidad	93
2.4.1	Condicionantes De La Calidad De Frutas Y Hortalizas De IV Gama	93
2.4.2	Mecanismos Para El Control De La Calidad De Un Producto De IV Gama	99
2.5	Vida Útil	100
III. MATERIALES Y MÉTODOS		102
3.1	Lugar De Ejecución	102
3.2	Materiales Y Equipos	102
3.2.1	Materia Prima	102
3.2.2	Insumos	103
3.2.3	Reactivos	103
3.2.4	Materiales	103
3.2.5	Materiales de Vidrio	104
3.2.6	Materiales de Empaque	104
3.2.7	Equipos	105
3.3	Métodos De Análisis Físicoquímicos	106

3.3.1	Análisis Físicoquímicos de la Materia Prima y Producto Final	106
3.3.1.1	Determinación de la Pérdida de Peso	106
3.3.1.2	Determinación de la Textura	106
3.3.1.3	Determinación de Color	106
3.3.1.4	Determinación de la tasa de Respiración	107
3.3.1.5	Determinación de Contenido de Vitamina C	107
3.3.1.6	Determinación de sólidos solubles totales	107
3.3.1.7	Determinación de Acidez Titulable	107
3.3.1.8	Determinación de pH	107
3.3.2	Análisis Sensorial	107
3.3.3	Vida útil	108
3.4	Diseño Experimental	109
3.4.1	Descripción del Proceso para la Obtención de los rabanitos mínimamente procesados y recubiertos con mezcla del Gel de Aloe Vera y Aceite de Rosa Mosqueta	109
3.4.1.1	Materia Prima	110
3.4.1.2	Recepción	110
3.4.1.3	Selección y Clasificación	111
3.4.1.4	Lavado y Desinfección	111
3.4.1.5	Cortado	112
3.4.1.6	Inmersión en agua clorada a 5°C	112
3.4.1.7	Eliminación del agua superficial	113
3.4.1.8	Preparación y aplicación de los recubrimientos comestibles	114
3.4.1.9	Secado	117
3.4.1.10	Pesado y Envasado	117

3.4.1.11 Almacenamiento	118
3.5 Método Estadístico	119
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	120
4.1 Caracterización de la materia prima	120
4.2 Evaluación del rabanito de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en la pérdida de peso durante el almacenamiento.	123
4.2.1 Efecto del recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en rabanitos de IV gama en la pérdida de peso (%) después de 13 días de almacenamiento.	126
4.3 Evaluación del rabanito de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en la variación de la Textura (mJ) durante el almacenamiento.	129
4.3.1 Efecto del recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en rabanitos de IV gama en la Textura (mJ) después de 13 días de almacenamiento.	131
4.4 Evaluación del rabanito de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en la variación del color durante el almacenamiento	133
4.4.1 Efecto del recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en rabanitos de IV gama en el color después de 13 de almacenamiento.	141

4.5	Evaluación del rabanito de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en la variación de la tasa de respiración durante el almacenamiento	145
4.5.1	Efecto del recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en rabanitos de IV gama en la Tasa de Respiración después de 13 días de almacenamiento.	148
4.6	Evaluación del rabanito IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en la variación del contenido de Vitamina C (mg/100g) durante el almacenamiento.	150
4.6.1	Efecto del recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en rabanitos de IV gama en el Contenido de Vitamina C después de 13 días de almacenamiento.	153
4.7	Evaluación del rabanito de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en la variación de los sólidos solubles totales durante el almacenamiento.	155
4.7.1	Efecto del recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en rabanitos de IV gama en el Contenido de Sólidos Solubles después de 13 días de almacenamiento.	158
4.8	Evaluación del rabanito de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en la variación de la Acidez Titulable durante el almacenamiento.	160
4.8.1	Efecto del recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en rabanitos de IV gama en la Acidez Titulable después de 13 días de almacenamiento.	163

4.9	Evaluación del rabanito de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en la variación del pH durante el almacenamiento.	165
4.9.1	Efecto del recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en rabanitos de IV gama en el pH.	168
4.10	Obtención de la Óptima Formulación luego de 13 días de almacenamiento	170
4.11	Análisis Sensorial durante el almacenamiento	171
4.11.1	Evaluación Sensorial en los Rabanitos de IV gama del Mejor Tratamiento	174
4.12	Vida útil en los Rabanitos de IV gama del Mejor Tratamiento	176
V.	CONCLUSIONES	178
VI.	RECOMENDACIONES	179
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	180
ANEXOS		200

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Composición En 100 gr de la Porción Comestible Del Rábano Crudo	37
Cuadro 2: Producción de otros Productos Agrícolas 2008 - 2014 en TM	39
Cuadro 3: Producción de hortalizas, según departamento, 2014	40
Cuadro 4: Algunos Recubrimientos Comestibles usados en Frutas Frescas	65
Cuadro 5: Matriz de diseño del experimento	116
Cuadro 6: Características Físicoquímicas del rabanito Varda	120
Cuadro 7: Análisis de varianza para la Pérdida de Peso de los rabanitos de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta durante el almacenamiento	124
Cuadro 8: Prueba de Tukey HSD para la Pérdida de Peso de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.	125
Cuadro 9: Resultados de la pérdida de peso en los rabanitos de IV gama recubiertos para las diversas formulaciones	126
Cuadro 10: Análisis de varianza para la Pérdida de peso de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento	127
Cuadro 11: Análisis de varianza para la Textura de los rabanitos de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta durante el almacenamiento	130
Cuadro 12: Prueba de Tukey HSD para la Textura de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.	131
Cuadro 13: Resultados de la Textura en los rabanitos de IV gama recubiertos para las diversas formulaciones	132
Cuadro 14: Análisis de varianza para la Textura de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento	132

Cuadro 15: Análisis de varianza para L^*, a^*, b^* y ΔE de los rabanitos de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta durante el almacenamiento	137
Cuadro 16: Prueba de Tukey HSD para la luminosidad (L^*) de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.	138
Cuadro 17: Prueba de Tukey HSD para el parámetro (a^*) de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.	139
Cuadro 18: Prueba de Tukey HSD para el parámetro (b^*) de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.	139
Cuadro 19: Prueba de Tukey HSD para el ΔE de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento	140
Cuadro 20: Resultados de los parámetros L^*, a^*, b^* y ΔE los rabanitos de IV gama recubiertos para las diversas formulaciones	141
Cuadro 21: Análisis de varianza para L^*, a^*, b^* y ΔE de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento	142
Cuadro 22: Análisis de varianza para la tasa de respiración de los rabanitos de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta durante el almacenamiento	146
Cuadro 23: Prueba de Tukey HSD para la tasa de respiración de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.	147
Cuadro 24: Resultados de la tasa de respiración en los rabanitos de IV gama recubiertos para las diversas formulaciones	148
Cuadro 25: Análisis de varianza para la tasa de respiración de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento	149

Cuadro 26: Análisis de varianza para el Contenido de Vitamina C de los rabanitos de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta durante el almacenamiento	152
Cuadro 27: Prueba de Tukey HSD para el Contenido de Vitamina C de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.	152
Cuadro 28: Resultados del contenido de Vitamina C en los rabanitos de IV gama recubiertos para las diversas formulaciones	153
Cuadro 29: Análisis de varianza para el contenido de Vitamina C de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento	154
Cuadro 30: Análisis de varianza para los sólidos solubles totales de los rabanitos de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta durante el almacenamiento	157
Cuadro 31: Prueba de Tukey HSD para los sólidos solubles totales de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.	158
Cuadro 32: Resultados de sólidos solubles totales en los rabanitos de IV gama recubiertos para las diversas formulaciones	159
Cuadro 33: Análisis de varianza para los sólidos solubles totales de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento	159
Cuadro 34: Análisis de varianza para la acidez titulable de los rabanitos de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta durante el almacenamiento	162
Cuadro 35: Prueba de Tukey HSD para la Acidez Titulable de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.	162
Cuadro 36: Resultados de la acidez titulable en los rabanitos de IV gama recubiertos para las diversas formulaciones	163

Cuadro 37: Análisis de varianza para la acidez titulable de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento	164
Cuadro 38: Análisis de varianza para el pH de los rabanitos de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta durante el almacenamiento	166
Cuadro 39: Prueba de Tukey HSD para el pH de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.	167
Cuadro 40: Resultados del pH en los rabanitos de IV gama recubiertos para las diversas formulaciones	168
Cuadro 41: Análisis de varianza para el pH de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento	169
Cuadro 42: Resultados de las formulaciones	170
Cuadro 43: Valores p para las pruebas de Kruskal-Wallis	171
Cuadro 44: Tabla de comparaciones Múltiples (Tukey HSD) para las muestras de Kruskal-Wallis con valor $p < 0.05$.	172

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Rabanito (<i>Raphanus sativus</i> L.)	30
Figura 2: <i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>Longipinnatus</i>	32
Figura 3: <i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>Niger</i>	33
Figura 4: Rabanito Cherry Belle	34
Figura 5: Rabanito Sparkler	34
Figura 6: Rabanito French Breakfast	35
Figura 7: Rabanito Icicle	35
Figura 8: Rabanito Varda	36
Figura 9: Pulgón a) <i>Aphis gossypii</i> y b) <i>Myzus persicae</i>	42
Figura 10: Oruga de la col (<i>Pieris brassicae</i>)	43
Figura 11: Rosquilla negra (<i>Spodoptera littoralis</i>) a) Oruga b) Mariposa	44
Figura 12: Podredumbre (<i>Erwinia</i> sp) en rabanito	45
Figura 13: Rábano afectado por Nemátodo Agallador	46
Figura 14: Cosecha de Rabanito Cherry Belle	47
Figura 15: Rábano Crimson Giant	48
Figura 16: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de frutas y hortalizas frescas mínimamente procesadas	53
Figura 17: Estructura química de la cadena polimérica de la	70
Figura 18: Efecto de la incorporación de glicerol y ácido	71
Figura 19: Micrografía de un corte transversal de manzana	72
Figura 20: Gránulos de almidón provenientes de distintas fuentes	73
Figura 21: Cambios de firmeza en cerezas recubiertas con	75
Figura 22: Aloe Vera (<i>Aloe barbadensis</i> Miller L.)	77
Figura 23: Componentes del aloe vera	79

Figura 24: Diagrama esquemático de la cristalización de.....	80
Figura 25: Diagrama de cromaticidad de CIE 1931 mostrando no.....	82
Figura 26: Diagrama Hunter que muestra la relación de color.....	83
Figura 27: Modelo CIELAB	85
Figura 28: Diagrama de Flujo tentativo para la obtención del rabanito mínimamente procesado	109
Figura 29: Recepción de Materia Prima	110
Figura 30: Lavado y Desinfección.....	111
Figura 31: Cortado	112
Figura 32: Inmersión en agua a 5°C	113
Figura 33: Eliminación del agua superficial mediante centrifuga industrial.....	113
Figura 34: Extracción del Gel de Aloe Vera.....	114
Figura 35: Preparación de Recubrimientos comestibles.....	115
Figura 36: Aplicación de Recubrimientos comestibles	115
Figura 37: Secado de rabanitos con recubrimientos comestibles	117
Figura 38: Pesado y envasado de rabanitos mínimamente procesados.....	117
Figura 39: Almacenamiento de rabanitos mínimamente procesado con recubrimientos comestibles a 5°C.....	118
Figura 40: Perfiles sensoriales para el control y los rabanitos de IV gama tratados con Aloe Vera y Aceite de Rosa Mosqueta a 1, 4, 7, 10, 13 y 16 días de almacenamiento (n= 30)	173

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre la pérdida de peso de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días. _____	123
Gráfico 2: Superficie de Respuesta para la pérdida de peso de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento _____	128
Gráfico 3: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre la textura de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días. _____	129
Gráfico 4: Superficie de Respuesta para la Textura de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento _____	133
Gráfico 5: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre la luminosidad (L^*) de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días. _____	134
Gráfico 6: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre el parámetro (a^*) de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días. _____	134
Gráfico 7: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre el parámetro (b^*) de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días. _____	135
Gráfico 8: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre el ΔE de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días. _____	135
Gráfico 9: Superficie de Respuesta para la luminosidad (L^*) de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento _____	143

Grafico 10: Superficie de Respuesta para el valor a^* de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento	143
Gráfico 11: Superficie de Respuesta para el valor b^* de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento	144
Grafico 12: Superficie de Respuesta para el ΔE de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento	144
Gráfico 13: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre la tasa de respiración de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días.	145
Gráfico 14: Superficie de Respuesta para la tasa de respiración de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento	150
Grafico 15: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre el contenido de Vitamina C de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días.	150
Gráfico 16: Superficie de Respuesta para el contenido de Vitamina C de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento	155
Gráfico 17: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre los sólidos solubles totales de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días.	156
Gráfico 18: Superficie de Respuesta para los sólidos solubles totales de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento	160
Gráfico 19: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre la acidez titulable de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días.	161

Gráfico 20: Superficie de Respuesta para la acidez titulable de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento	165
Gráfico 21: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre el pH de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días.	165
Gráfico 22: Superficie de Respuesta para el pH de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento	169
Gráfico 23: Resultados (%) con respecto al Color	174
Gráfico 24: Resultados (%) con respecto al Olor	175
Gráfico 25: Resultados (%) con respecto a la Textura	175
Gráfico 26: Resultados (%) con respecto al Sabor	176
Gráfico 27: Vida útil de los rabanitos de IV gama con 50.0% de gel de Aloe vera y 1.0% de Aceite de Rosa Mosqueta	177

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Composición Química del Aceite de Rosa Mosqueta (Derma – Rosé. 100% Extracto Natural)	201
Anexo 2: Composición Química de la Lecitina de soya granulada Lecitiva	201
Anexo 3: Curva Utilizada Para Determinar El Contenido De Vitamina C En La Materia Prima	202
Anexo 4: Resultados de los Tratamientos con Respecto a su Almacenamiento	203
Anexo 5: Tarjetas de Evaluación sensorial del rabanito mínimamente procesado recubierto con gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta	214
Anexo 6: Resultados del análisis sensorial para Rabanito mínimamente procesada recubiertas con gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta, día 1	215
Anexo 7: Tarjeta de Evaluación de Aceptabilidad General del rabanito mínimamente procesado recubierto con gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta	216

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como finalidad evaluar el efecto de un recubrimiento comestible (RC) formulado con una mezcla de Gel de Aloe Vera (AV) y el Aceite de Rosa Mosqueta (RM) para prolongar la vida útil de rabanito de IV gama. En la primera etapa se caracterizó la materia prima fisicoquímicamente. En la segunda etapa se diseñó un diagrama de flujo del proceso tecnológico de aplicación del RC de la siguiente manera: Recepción de Materia prima, selección y clasificación, lavado y desinfección, cortado, inmersión y enjuagado, secado, inmersión en recubrimiento comestibles, secado, envasado (PP) y almacenamiento (5°C).

Las formulaciones estuvieron dadas por las siguientes concentraciones: T1 (100.0% AV y 2.0% RM), T2 (100.0% AV y 1.0% RM), T3 (50.0% AV y 0.0% RM), T4 (50.0% AV y 1.0% RM), T5 (50.0% AV y 2.0% RM), T6 (100.0% AV y 0.0% RM).

En la tercera etapa se realizó el estudio de la vida útil del rabanito de IV gama, almacenándose las muestras bajo condiciones ya mencionadas, por un periodo de 16 días, se evaluó el efecto sobre la pérdida de peso, textura, color, tasa de respiración, Vitamina C, sólidos solubles totales, acidez titulable y pH en rabanitos (*Raphanus sativus* L.), utilizando el diseño estadístico factorial a 2 concentraciones de AV (50.0% y 100.0%) y 3 concentraciones de RM (0.0%, 1.0%, 2.0%). Además se sometió a un panel semi-entrenado compuesto por 30 personas, para que opinaran respecto a los atributos olor, color, sabor y textura.

Los resultados de las características fisicoquímicas para el mejor tratamiento (T4: 50% de AV y 1.0% de RM) a los 13 días de almacenamiento (vida útil) fueron: pérdida de peso (2.15%), textura (30.05 mJ), color ($L^* = 81.21$, $a^* = -0.3$, $b^* = 12.88$, $\Delta E = 6.85$), tasa de respiración (19.77mg CO₂/Kg.hr), vitamina C (12.068 mg Vit C/100g), sólidos solubles totales (1.97 °Brix), pH (5.4), acidez titulable (0.0551%).

ABSTRACT

The purpose of the research work was to evaluate the effect of an edible coating (RC) formulated with a mixture of Aloe Vera Gel (AV) and Rosehip Oil (RM) to prolong the shelf life of the IV range. In the first stage, the raw material was characterized physicochemically. In the second stage, a flowchart of the technological process of application of the RC was designed as follows: Reception of raw material, selection and classification, washing and disinfection, cutting, immersion and rinsing, drying, immersion in edible coating, drying, packaging (PP) and storage (5 ° C).

The formulations were given by the following concentrations: T1 (100.0% AV and 2.0% RM), T2 (100.0% AV and 1.0% RM), T3 (50.0% AV and 0.0% RM), T4 (50.0% AV and 1.0% RM), T5 (50.0% VA and 2.0% RM), T6 (100.0% VA and 0.0% RM).

In the third stage the study of the useful life of the radish of the IV range was carried out, the samples were stored under conditions already mentioned, for a period of 16 days, the effect was evaluated on the loss of weight, texture, color, respiration rate, Vitamin C, total soluble solids, titratable acidity and pH in radishes (*Raphanus sativus* L.), using the factorial statistical design at 2 AV concentrations (50.0% and 100.0%) and 3 RM concentrations (0.0%, 1.0%, 2.0%). In addition, he underwent a semi-trained panel composed of 30 people, to give an opinion on the attributes of smell, color, taste and texture.

The results of the physicochemical characteristics for the best treatment (T4: 50% VA and 1.0% MR) after 13 days of storage (shelf life) were: weight loss (2.15%), firmness (30.05 mJ), color ($L^* = 81.21$, $a^* = -0.3$, $b^* = 12.88$, $\Delta E = 6.85$), respiration rate (19.77mg CO₂ / Kg.hr), vitamin C content (12.068 mg Vit C / 100g), solids total solubles (1.97 ° Brix), pH (5.4), titratable acidity (0.0551%).

I. INTRODUCCIÓN

Incluir a las frutas y hortalizas en la dieta diaria tiene un efecto benéfico para la salud, ya que son una excelente fuente de vitaminas, minerales y fibra, además de poseer un bajo contenido calórico. Sin embargo, el consumo de estos productos es todavía muy bajo con respecto a las recomendaciones hechas por profesionales en la salud.

El rabanito es una hortaliza que posee un alto contenido vitamínico, destaca la presencia de vitamina C y ácido fólico; también contiene pequeñas cantidades de otras vitaminas del grupo B como B1, B2, B3 y B6. Es muy utilizado en la comida peruana, es un ingrediente infaltable en las ensaladas de varios platos típicos de nuestra gastronomía. Su mínimo procesamiento sería una gran ayuda para su preparación y consumo.

En la actualidad la población mundial busca el consumo de alimentos nutritivos y saludables incentivando la agroindustria a la preparación de productos mínimamente procesados. Entre otras alternativas se promueven el uso de la tecnología de IV Gama, empleando aditivos alimentarios para controlar reacciones deteriorativas de la calidad del producto fresco, combinada con operaciones estrictas de selección, limpieza, troceado, control de marchitamiento del tejido y empackado en bolsas o bandejas cubiertas con películas plásticas, que preserven la calidad global.

A diferencia de lo que ocurre con otros vegetales procesados en los que se busca la estabilización del alimento, en los vegetales frescos cortados (VFC) se tiende a un producto con apariencia fresca y que satisfaga ciertas necesidades derivadas de cambios recientes en ciertos hábitos de consumo. Estas incluyen la reducción del tiempo de preparación y del volumen de descarte y la mayor simplicidad de uso. Además de poder presentarle al consumidor una gran variedad de opciones en un simple envase en

algunos productos de gran tamaño el procesamiento permite ofrecer al consumidor porciones apropiadas a sus necesidades (James y Ngarmsak, 2011).

La producción y venta de los alimentos mínimamente procesados se encuentra en constante crecimiento, y atrae el interés de diversas ramas del sector alimentario; de allí que las actuales investigaciones persigan conseguir un producto fresco muy similar al original, pero que a su vez sea microbiológicamente seguro y de buena calidad, tanto sensorial como nutricionalmente.

Los RC están siendo considerados como una buena estrategia para reducir los efectos perjudiciales que inflige el procesado mínimo en los tejidos vegetales de frutas y hortalizas frescas cortadas. Así, la barrera artificial semipermeable que constituye una cobertura polimérica, contribuye a la extensión de la vida útil del producto al reducir la migración de humedad y de solutos, el intercambio de gases, la respiración, y otras reacciones oxidativas, disminuyendo así los desórdenes fisiológicos. Además, las coberturas pueden servir como soporte de algunos aditivos, tales como antioxidantes, antimicrobianos, colorantes, saborizantes y nutrientes.

En estos últimos años, el gel de aloe vera, como RC, ha sido objeto en varias investigaciones, siendo aplicado en frutas frescas como mangos, paltas, nectarinas, manzanas, papayas, uvas de mesa, cerezas dulces, higos, fresas, tomates, melocotones y ciruelas; así como también, en productos mínimamente procesados como zanahorias, mangos, kiwis y granadas. En todos estos productos hortofrutícolas, se ha demostrado que el gel de aloe vera conserva los parámetros fisicoquímicos tales como el color, la firmeza, la acidez total, reduciendo las tasas respiratorias, la producción de etileno (en los frutos climatéricos) y la pérdida de peso, lo que lleva al mantenimiento de las características de calidad y la extensión de la vida de anaquel.

Por otro lado, las propiedades de barrera al vapor de agua de un RC pueden ser mejoradas con la adición de lípidos, que emulsificados en la solución formadora de coberturas o formando una doble capa sobre el producto, conducen a propiedades hidrófobas más altas, ayudando a prevenir reacciones degradativas del tejido como consecuencia de la pérdida de humedad, así como las reacciones respiratorias en los tejidos vegetales. De acuerdo con esto, el aceite extraído de las semillas de la rosa mosqueta es una fuente barata de ácidos grasos insaturados, que se está volviendo muy popular, teniendo aplicaciones en industrias tales como la cosmética y la farmacéutica, debido a sus propiedades antioxidantes (Paladines et al., 2014).

El objetivo del presente trabajo de investigación fue estudiar el efecto de la composición de un recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller L.) y de aceite de rosa mosqueta sobre la sobre la calidad y la vida útil del rabanito (*Raphanus sativus* L.) mínimamente procesado almacenado a 5°C; siendo los objetivos específicos los siguientes:

- Caracterizar fisicoquímicamente los rabanitos en estado fresco.
- Evaluar el efecto en los parámetros fisicoquímicos: pérdida de peso (%), tasa de respiración (mg CO₂/Kg.Hr), color (valores de *L, *a y *b), textura (mJ), sólidos solubles totales, Acidez titulable, pH y Vitamina C (mg/100g) del rabanito en envases de polipropileno y conservada en refrigeración (5°C).
- Determinar la mejor formulación para un recubrimiento comestible a base de Gel de Aloe Vera y Aceite de Rosa Mosqueta que permita alargar la vida útil del rabanito.
- Evaluar las características organolépticas (color, olor, sabor y textura) en rabanitos de IV gama sometidas a un grupo de panelistas semi entrenados.
- Evaluar la vida útil del producto durante su almacenamiento para el mejor tratamiento.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 RABANITO

2.1.1 ASPECTOS GENERALES

El rabanito pertenece a la familia de las Crucíferas. En ella se engloban 380 géneros y unas 3.000 especies propias de regiones templadas o frías del hemisferio norte. En las crucíferas también se incluyen verduras como las coles y los berros (Eroski Consumer, 2005).

La importancia de esta familia de hortalizas reside en que contienen unos compuestos de azufre, considerados como potentes antioxidantes que ayudan a prevenir enfermedades. Se conoce la existencia de seis especies de rábano, pero tan sólo se cultiva el conocido con el nombre científico de *Raphanus sativus* (Eroski Consumer, 2005).

El rabanito se desarrolla bien en climas medios con temperaturas que deberán encontrarse entre los 15 y 18 °C, con mínimas de 4 °C y máximas de 21 °C, temperaturas por encima del máximo pueden originar sabores picantes en sus raíces según la variedad. Su ciclo productivo es corto y puede variar entre 20 y 70 días; se adapta a cualquier tipo de suelo, pero los suelos profundos, arcillosos y el pH del suelo deberá encontrarse entre 5.5 y 6.8 (Montero, Singh y Taylor, 2006).

El rabanito (*Raphanus sativus* L.) es una planta de gran importancia por sus propiedades nutraceuticas y altos contenidos vitamínicos y de minerales; 100 g de materia fresca de rábano contienen 0,86 g de proteínas, 30 UI (unidades internacionales) de vitamina A, 30 mg

de vitamina B1, 20 g de vitamina B2 y 24 mg de vitamina C (Criollo y García, 2009).

Las distintas variedades cultivadas se diferencian en tamaño, forma y color, que va desde el blanco al rojo, pasando por el amarillo. Esto depende también en parte de la estación en que se cultive; se consumen casi siempre crudos, mientras que las formas de otoño, aún más grandes, acostumbran a cocerse (Fundación Española de la Nutrición [FEN], 2014).



Figura 1: Rabanito (*Raphanus sativus* L.)

Fuente: Pontificia Universidad Católica de Chile (2010)

Las variedades alargadas miden de 10 a 15 cm, mientras que las redondas tienen un diámetro de unos 2 a 3 cm. Su peso en el mercado suele ser de unos 70 g, si bien hay ejemplares que pueden llegar a pesar hasta 1 kg o más. La piel puede ser negra, morada, roja, blanca o roja y blanca, mientras que la carne es siempre blanca, excepto en algunas variedades asiáticas en las que adquiere un tono rosado. El sabor del rábano es ligeramente picante (Ramírez y Pérez, 2006).

Según Rincón, Ligarreto y Sanjuanelo (2007), el crecimiento y la capacidad productiva de un cultivo es el resultado del genotipo, del

ambiente que lo rodea y de su interacción. El genotipo es relativamente constante si se compara con la variabilidad del ambiente; sin embargo, la expresión genotípica es ampliamente influenciada por los cambios ambientales y cualquier variable que produzca efectos sobre el medio va a verse reflejada en el crecimiento y productividad del cultivo.

2.1.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

El rábano forma parte de la familia de las crucíferas, igual que las coles y los nabos. Las crucíferas se caracterizan por tener las flores agrupadas en racimos, en cuatro pétalos.

La clasificación taxonómica del rabanito (*Raphanus sativus L.*) según United States Department of Agriculture (s.f.) es:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Dilleniidae
Orden:	Capparales
Familia:	Brassicaceae/Cruciferae
Género:	<i>Raphanus L.</i>
Especie:	<i>Raphanus sativus L.</i>

2.1.3 VARIEDADES

Según la Pontificia Universidad Católica de Chile (2010) existe una significativa variación en las características de los rábanos cultivados en diversas zonas del mundo. Esto ha llevado a la clasificación en grupos taxonómicos a nivel de variedad botánica, las que predominan son:

A. *Raphanus sativus* L. var. *longipinnatus* Bailey:

Esta variedad es la predominante en Asia y se conoce como rábano japonés o rábano chino. La planta tiene una raíz larga (30 a 50 cm), cilíndrica o puntuda, gruesa (5 a 10 cm de diámetro), y de color preferentemente blanco. Las hojas son angostas, largas (30 cm) y muy divididas (*longi-pinnatus*). Su ciclo de siembra a cosecha es más o menos largo (60 días o más).



Figura 2: *Raphanus sativus* L. var. *Longipinnatus*

Fuente: Pontificia Universidad Católica de Chile (2010)

B. *Raphanus sativus* L. var. *niger* J. Kern.:

Esta variedad es típica de Europa donde comparte área cultivada con el rábano común o rabanito. Se conoce como rábano de invierno en España, como radis d'hiver en Francia, como Rettich en

Alemania y como winter radish en Inglaterra. La planta presenta, en general, un mayor tamaño o talla y un ciclo siembra a cosecha mayor que el rabanito; además, el órgano de consumo es más grande, más picante y de mayor vida útil en poscosecha, lo que permite almacenarlo. Se cultiva principalmente en Europa, siendo en Chile prácticamente desconocido. Cultivares característicos son: Negro Grueso de España y Redondo Bianco di Milano.



Figura 3: *Raphanus sativus L. var. Niger*

Fuente: Pontificia Universidad Católica de Chile (2010)

C. *Raphanus sativus L. var. sativus*:

En este grupo se incluye la casi totalidad de los cultivares de rábano utilizados en Chile, llamados rabanitos. En general, son plantas de tamaño pequeño y de corto ciclo siembra a cosecha (30 a 60 días), de órgano de consumo pequeño, levemente picante, y de corta duración en postcosecha. Los cultivares son muy variables en color (blanco, rojo, rojiblanco, etc.) y forma (redonda, cilíndrica, puntuda, etc.). Los cultivares más usados en el país y que dan origen a verdaderos tipos de los cuales existen otros cultivares son:

- **Cherry Belle:** rabanito de color rojo escarlata, redondo, de 1 a 3 cm de diámetro. Con raíz pequeña de forma redonda, de pulpa sólida y de consistencia suave, con follaje muy pequeño, puede cosecharse a los 25 días después de siembra



Figura 4: Rabanito Cherry Belle

Fuente: Pontificia Universidad Católica de Chile (2010)

- **Sparkler:** rabanito rojiblanco (rojo en el hombro y blanco en la punta), redondo, de 1 a 3 cm de diámetro. Es el más usado.



Figura 5: Rabanito Sparkler

Fuente: Pontificia Universidad Católica de Chile (2010)

- **French Breakfast:** rabanito rojiblanco (rojo en la parte superior y blanco en la punta), cilíndrico, de 5 a 7 cm de largo y 1 a 2 cm de diámetro.



Figura 6: Rabanito French Breakfast

Fuente: Pontificia Universidad Católica de Chile (2010)

- **Icicle:** rabanito de color blanco, aguzado-puntudo, con largo variable entre **10** y **15** cm.



Figura 7: Rabanito Icicle

Fuente: Pontificia Universidad Católica de Chile (2010)

2.1.3.1 Variedades Cultivadas En Perú

- **Rabanito Varda:** El mejor rabanito del mercado peruano preferido por los productores por su gran post cosecha, no se corchea lo que permite al agricultor mantener por más tiempo en el campo, tiene color rojo brillante buen sabor (no pica), con buen follaje lo que permite hacer atados.

Es una variedad precoz de 20 a 30 días, forma globo de color rojo brillante, pulpa blanca, crocante, dulce y de excelente sabor, y está apto para todas las épocas del año (Semiagro, 2011).



Figura 8: Rabanito Varda

Fuente: Semiagro (2011)

Entre otras variedades más cultivadas tenemos:

- **Crimson Giant**
- **Cherry Belle**

2.1.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA

Tiene un contenido bajo en calorías, niveles moderados de vitamina C y pequeñas cantidades de vitaminas del complejo B, hierro y fosforo. En el siguiente cuadro 1 se muestra la composición química de 100gr de porción comestible del rábano crudo:

**Cuadro 1: Composición En 100 gr de la Porción Comestible Del
Rábano Crudo**

COMPONENTE	CANTIDAD
Energía (Kcal)	16.00
Agua (g)	95.27
Proteína (g)	0.68
Lípidos totales (g)	0.10
Cenizas (g)	2.09
Carbohidratos totales (g)	1.86
Minerales	
Calcio (mg)	25.00
Hierro (mg)	0.34
Magnesio (mg)	10.00
Fosforo (mg)	20.00
Potasio (mg)	233.00
Sodio (mg)	39.00
Zinc (mg)	0.28
Vitaminas	
Vitamina C, ácido ascórbico total (mg)	14.80
Tiamina (mg)	0.012
Riboflavina (mg)	0.039
Niacina (mg)	0.254
Vitamina B-6 (mg)	0.071
Folato, DFE (mg)	0.025
Vitamina A (IU)	0.600
Vitamina K (mg)	0.0013
Lípidos	
Ácido grasos saturados (g)	0.032
Ácido grasos monosaturados (g)	0.017
Ácido grasos poliinsaturados (g)	0.048

Fuente: United States Department of Agriculture [USDA], 2016

2.1.5 VALOR NUTRICIONAL

El rábano es un alimento de gran importancia por sus propiedades nutraceuticas y altos contenidos vitamínicos y de minerales, tiene un bajo aporte calórico gracias a su alto contenido en agua y bajo en nutrientes energéticos (proteínas, hidratos de carbono y lípidos). Tras el agua, su principal componente son las proteínas y la fibra. De su contenido vitamínico destaca la vitamina C y entre los minerales el hierro y el yodo (Criollo y García, 2009).

El calcio del rábano (cuyo aporte es mínimo) no se asimila apenas en comparación con el de los lácteos y otros alimentos que se consideran fuente importante y de gran aprovechamiento de este mineral. El hierro se encuentra formando parte de la hemoglobina de la sangre y de la mioglobina del músculo. El yodo es un mineral indispensable para el buen funcionamiento de la glándula tiroides. Ésta regula el metabolismo, además de intervenir en los procesos de crecimiento (Oleaga, 2016).

En la composición de los rábanos destaca la presencia de compuestos de azufre de acción antioxidante. Dichas sustancias son en parte responsables del efecto diurético y digestivo de los rábanos. Aumentan la secreción de bilis en el hígado (efecto colerético) y facilitan el vaciamiento de la vesícula biliar (acción colagoga), además de conferirle su sabor picante característico (Oleaga, 2016).

2.1.6 ZONAS DE PRODUCCION EN EL PERU

A continuación se presenta un cuadro con la producción de rabanito en el Perú del y su producción por departamentos su evolución del año 2008 al 2014.

Cuadro 2: Producción de otros Productos Agrícolas 2008 - 2014 en

TM

Productos	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014 P/
Acelga	5 916	8 425	8 216	10 323	11 405	10 626	8 974
Albahaca	2 539	3 588	2 657	4 641	7 870	6 496	6 687
Calabaza	7 072	11 704	11 546	11 431	11 709	13 401	13 077
Nabo	13 900	16 326	13 998	13 230	11 543	11 046	11 693
Pepinillo	31 760	31 640	31 248	29 460	31 370	33 031	32 159
Poro	20 866	26 866	30 031	25 515	18 968	18 110	19 759
Rabanito	18 031	22 508	24 103	24 733	23 981	23 426	22 878
Frijol vainita	15 267	13 873	16 587	14 677	17 133	18 854	16 840
Anona	1 358	1 442	1 671	1 960	2 182	2 470	2 696
Caimito	5 702	4 827	5 926	7 190	5 693	6 049	5 782
Camu-Camu	8 803	10 696	10 108	11 215	10 646	12 605	14 848

Fuente: Instituto Nacional de Estadística [INEI], 2015

Cuadro 3: Producción de hortalizas, según departamento, 2014

Departamento	Pimiento	Poro	Rabanito	Rocoto	Vainita	Zanahoria	Zapallo
Total	43 388	19 759	22 878	17 848	16 840	173 310	237 139
Tumbes	72	-	-	-	-	-	38
Piura	-	-	31	-	-	765	52
Lambayeque	26 827		129			3 241	5 379
La Libertad	8 124	2 541	316	1 278	421	7 662	14 038
Cajamarca	-	-	57		-	2 907	15 614
Amazonas	-	-	167	254	-	4 139	367
Áncash		276	78	-	77	9 619	13 795
Lima	5 123	12 755	19 708	-	12 544	37 346	30 865
Ica	686	-	-	-	28	10	50 853
Huánuco	-	272	-	644	272	8 509	12 170
Pasco	-	-	-	11 959	-	576	11 405
Junín	-	536	559	1 551	-	39 492	2 719
Huancavelica	-	-	-	-	-	168	361
Arequipa		2 925	1 671	-	1 151	49 150	63 444
Moquegua	-	-	-	-	257	351	172
Tacna	2 557	283	73	216	1 603	36	5 922
Ayacucho	-	171	22		149	2 258	726
Apurímac	-	-	68	55	238	1 363	3 345
Cusco	-	-	-	837	100	5 605	2 307
Puno	-	-	-	1 055	-	114	432
San Martín	-	-	-	-	-	-	-
Loreto	-	-	-	-	-	-	2 057
Ucayali	-	-	-	-	-	-	1 054
Madre de Dios	-	-	-	-	-	-	25

Fuente: INEI, 2015

2.1.7 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS (CLIMAS Y SUELOS)

Los rábanos son poco exigentes al tipo de clima y pueden sembrarse durante todas las épocas del año. Pueden cultivarse en clima frío como en cálido, sin embargo es indispensable proporcionarle atención determinada según sea el clima donde se pretenda cultivar (Rosales, 2004)

El rábano se desarrolla bien en climas medios, aunque las altas temperaturas pueden originar sabores picantes en sus raíces. Su ciclo productivo es corto y puede variar entre 20 y 70 d, según la variedad, con una temperatura óptima de 18 a 22°C; se adapta a cualquier tipo de suelo pero los suelos profundos y arcillosos (Montero et al., 2006).

La temperatura favorable para el crecimiento y desarrollo del rábano se encuentra entre los 15 y 18°C con mínimas de 4 y máximas de 21°C. Una exposición prolongada de más de un mes a temperaturas bajo 7°C puede estimular la emisión prematura del tallo floral (Casares, 1981).

El suelo para el cultivo de rábano debe ser suelto arenoso pero con suficiente material orgánico, requiere abundante humedad para un crecimiento rápido, es tolerante de acidez entre pH 5.5 a 6.8, los suelos parejos que permiten siembras a profundidades uniformes resultan en mayor proporción de rábanos bien formados (Casares, 1981).

2.1.8 PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL RABANITO

A. PLAGAS

- Pulgones (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*)

Atacan a los brotes jóvenes de cultivos con alto contenido en azúcares. Las larvas causan daños al hacer galerías en las hojas de las plantas. En cuanto a los adultos, se alimentan chupando la savia de las hojas, capullos y brotes jóvenes usando el estilete de su aparato bucal. Además, excretan un líquido azucarado y pegajoso denominado melaza que atrae a las hormigas. Favorecen la aparición de un hongo conocido como negrilla y también pueden transmitir virus de unas plantas a otras (AgroHuerto, 2017).

Control

Se aplicará Lambda Cihalotrin 2.5%, presentado como granulado dispersable en agua, con dosis de 0.40-0.50%.



Figura 9: Pulgón a) *Aphis gossypii* y b) *Myzus persicae*

Fuente: AgroHuerto (2017)

- **Oruga de la Col (*Pieris brassicae*)**

Los huevos de esta mariposa, eclosionan en aproximadamente 8-10 días y dan lugar a pequeñas larvas de color gris. Estas larvas son muy voraces y comenzarán a agujerear las hojas de los rábanos con su aparato bucal masticador (AgroHuerto, 2017).

Control

- El tratamiento debe realizarse al eclosionar los huevos, las materias activas recomendadas son:
- Clorpirifos 25%, presentado como polvo mojable, con dosis de 0.30-0.40%.
- Lambda Cihalotrin 2.5%, presentado como granulado dispersable en agua, con dosis de 0.40-0.50%.



Figura 10: Oruga de la col (*Pieris brassicae*)

Fuente: AgroHuerto (2017)

- **Rosquilla Negra (*Spodoptera littoralis*)**

El nombre científico de este lepidóptero es *Spodoptera littoralis*. Es una oruga que se alimenta principalmente de las hojas interiores. A lo largo del día se esconden y por la noche es cuando se alimentan. Normalmente la puesta la realizan en la parte aérea de la planta, en el envés de las hojas. Cuando se convierten en mariposas ya no hacen ningún daño (AgroHuerto, 2017).

Control

- Se recomienda aplicar:
- Clorpirifos 25%, presentado como polvo mojable, con dosis de 0.30-0.40%.
- Clorpirifos 75%, presentado como granulado dispersable en agua, con dosis de 0.10-0.30%.



Figura 11: Rosquilla negra (*Spodoptera littoralis*)

a) Oruga b) Mariposa

Fuente: AgroHuerto (2017)

B. ENFERMEDADES

- Podredumbre (*Erwinia sp.*)

Esta bacteria destruye el tejido foliar, los tejidos afectados se opacan en corto tiempo, se vuelve mucilaginosa hasta formar una masa blanda de células desorganizadas (White, 1985).

Control

Su control se debe realizar al inicio, tratando con productos químicos las semillas, eliminar las plantas que presenten síntomas de la enfermedad, y se debe realizar una rotación de cultivos.



Figura 12: Podredumbre (*Erwinia sp.*) en rabanito

Fuente: White (1985)

- Nemátodo Agallador (*Meloidogyne sp.*)

Las plantas afectadas por el Nemátodo de los nódulos se muestran amarillentas, débiles y raquíticas y con aspecto similar al de deficiencia de agua y/o nutrientes.

Los signos más característicos son la formación de agallas o tumores en las raíces hasta provocar necrosis en las mismas (Robinson, 2010).

Control

Asegurarse de que el suelo donde se sembrará dicho cultivo esté libre de nematodos o realizar aplicaciones de nematicidas en la preparación del suelo.



Figura 13: Rábano afectado por Nemátodo Agallador

Fuente: Robinson (2010)

C. FISIÓPATAS DEL RABANITO

Daño	Descripción
Ahuecado o acorchado	Debido a la sobre maduración.
Textura dura y fibrosa	Es ocasionada por cultivar en suelos demasiado ligeros o déficit hídrico.
Sabor picante	Provocado por un exceso de calor durante el cultivo.
Raíces laterales	Debido a un riego excesivo en el periodo cercano a la madurez.

Fuente: Infoagro (2003)

2.1.9 COSECHA Y MANEJO POSTCOSECHA

A. ÍNDICES DE COSECHA:

La cosecha se hace de acuerdo al tamaño característico que alcanza cada variedad, pero deben arrancarse con todo y follaje antes que la raíz comience a ablandarse, ya que pierden su sabor característico. Se recolectan generalmente a mano, luego se lavan y se amarran formando mazos o manojos de aproximadamente 6-10 unidades.



Figura 14: Cosecha de Rabanito Cherry Belle

Fuente: Nasevilla (2010)

Después de la recolección es conveniente realizar el Curado que consiste en la cicatrización de superficies magulladas o cortadas y se puede realizar manteniendo el producto a temperatura ambiente por un periodo de tiempo determinado. Esta operación aumenta la vida de almacenamiento, reduce la pudrición, así como también se reduce la humedad del producto (Oleaga, 2016).

Se separa la raíz de las hojas, este proceso se realiza con cuchillos grandes y afilados que faciliten y hagan rápida la operación.

Dependiendo del destino de las hojas, esta operación se realiza en campo o en bodega.



Figura 15: Rábano Crimson Giant

Fuente: Nasevilla (2010)

B. ÍNDICES DE CALIDAD:

Existen muchas propiedades visuales y organolépticas que diferencian las diversas variedades de rabanito para su comercialización. En general los rabanitos con o sin hojas deberían ser (Suslow, 2014):

- Uniformes
- Forma característica de la variedad
- Lisa
- Firme
- Textura crujiente
- Libre de daños mecánicos
- Libre de plagas y enfermedades
- Tallo libre de semilla

C. TEMPERATURA Y ATMÓSFERA CONTROLADA

- Temperatura Óptima 0°C (32°F)

Enfriamiento rápido es esencial para alcanzar el máximo potencial de almacenamiento de raíces con o sin hojas. Rábanos son a menudo empacados con hielo en la parte superior de la caja para mantener la temperatura baja y la humedad alta, la cual retiene la textura crujiente. Bajo estas condiciones debería esperarse para el rábano rojo común una calidad aceptable por 7-14 días cuando se empaca con hojas y de 21-28 días sin hojas. Se recomienda humedades entre 95-100% (Suslow, 2014).

- Tasa Respiratoria (32°F)

Temperatura	0°C (32°F)	5°C (41°F)	10°C (50°F)	20°C (68°F)
	mL CO ₂ /kg·h			
Con hojas	6 – 7	8 – 9	14 - 16	58 - 62
Sin hojas	2 – 4	3 – 5	6 - 7	19 - 26

Fuente: Suslow (2014)

- **Almacenamiento en Atmósfera Controlada (AC)**

Atmósferas de 1-2% O₂ y 2-3% CO₂ son algo beneficiosas para mantener la calidad de rábanos con hojas cuando se almacenan a temperaturas entre 5-7°C (41-45°F). AC ayuda a retardar el continuo crecimiento del cogollo y las raíces. No obstante, exposición a temperaturas por encima de 7°C (45°F), aunque sea cortos intervalos de tiempo, resultan en el desarrollo de sabores no deseados, oscurecimiento y ablandamiento de la raíz (Suslow, 2014).

2.2 PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS DE IV GAMA

Los productos hortofrutícolas, constituyen una base importante de la alimentación humana consumiéndose tanto como productos frescos o cocinados. Poseen un papel importante siendo la principal fuente de vitaminas, fibras y sales minerales, además de aportar micronutrientes esenciales beneficiosos para nuestro organismo.

En base a la tecnología utilizada para su conservación, los productos hortofrutícolas se clasifican en 5 categorías o gamas:

- I Gama: Producto fresco en estado natural (entero).
- II Gama: Producto esterilizado (conservas y enlatados).
- III Gama: Producto congelado.
- IV Gama: Producto fresco mínimamente procesado.
- V Gama: Producto elaborado y cocinado habiendo recibido un tratamiento térmico y que requiere mantener la cadena de frío.

2.2.1 DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Los productos mínimamente procesados en fresco (MPF), también denominados cuarta gama (IV gama), se refieren a todas aquellas frutas u hortalizas que tienen un mínimo proceso previo al envasado, ya sea lavado, pelado y/o troceado. No llevan ningún aditivo ni preservante y son envasadas con películas plásticas en atmósfera modificada, de manera individual o colectiva. Son conservadas, distribuidas y comercializadas bajo cadena de frío y están listas para ser consumidas crudas, sin ningún tipo de operación adicional, durante un periodo de vida útil entre 7 y 10 días (Pefaur , 2014; Carreres, 2006).

Las principales características de estos productos son: la frescura, ya que conservan las propiedades de las frutas y hortalizas en fresco; la comodidad, ya que son productos listos para su consumo que no requieren limpieza, ni lavado; y el efecto saludable, pues mantienen sus características nutricionales intactas.

2.2.2 PRINCIPALES OPERACIONES UNITARIAS INICIALES DE FRUTAS Y HORTALIZAS DE IV GAMA

El proceso de elaboración de productos IV gama es considerado un proceso agroindustrial, y consta de las siguientes etapas u operaciones:

- **cosecha**, la que debe ser cuidadosa, para no dañar el producto;
- **selección** según tamaño, lo que se realiza manualmente, con opciones de perder entre 20% y 50% del producto;
- **limpieza y desinfección**, y luego **secado**, para eliminar la humedad, lo que permite conservar por más tiempo el producto;

- para aquellos productos que se venden troceados, se procede al **corte** del producto, ya sea en rodajas, cubos, bastones o rallado;
- **envasado** en atmósfera modificada, para reducir la tasa de respiración del alimento (baja concentración de oxígeno y moderada concentración de CO₂). El envase debe ser transparente, para observar la calidad del producto. Los envases más utilizados son bandejas de plumavit o plásticas, y bolsas. Éste es el método más eficaz para la prolongación de la vida útil de estos productos. Con este tipo de atmósferas se alcanza un equilibrio entre los gases internos.
- **almacenamiento** en frío entre 2°C y 5°C. Esta temperatura debe mantenerse durante toda la cadena de producción, distribución y comercialización, lo que permite disminuir la tasa respiratoria, el crecimiento microbiano, la actividad enzimática y la pudrición de los alimentos. Con esta temperatura se alcanza una vida útil de las hortalizas y frutas de hasta diez días.

Es importante que la producción y la cosecha sean cuidadosas, en cuanto a aplicación de agroquímicos, cuidados mecánicos, calidad del agua de riego utilizado, entre otras precauciones (Pefaur , 2014).

El diagrama de flujo del proceso general de elaboración de frutas y hortalizas mínimamente procesadas se indica en la FIGURA 16.



Figura 16: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de frutas y hortalizas frescas mínimamente procesadas

Fuente: Sánchez, 2004

2.2.3 TECNOLOGÍAS DE ENVASADO

La atmósfera controlada (EAC) y atmósfera modificada (EAM) son dos tecnologías que se utilizan para cambiar la composición del gas del entorno circundante, con el objetivo de reducir las reacciones metabólicas, manteniendo la frescura y extendiendo la vida útil de los alimentos. En estas tecnologías, se cambia la concentración de oxígeno, dióxido de carbono, etileno, y / o nitrógeno de la atmósfera circundante de los alimentos.

A. ENVASADO EN ATMÓSFERA MODIFICADA (EAM)

El EAM de productos frescos es una modificación atmosférica que se basa en la interacción entre el proceso natural de respiración del producto y el intercambio de gases a través del empaque. El objetivo principal es el control de la actividad metabólica, usando bajo O_2 y CO_2 de alta composiciones atmosféricas que interfieren en muchos procesos metabólicos. Los efectos potenciales de los bajos niveles de O_2 y altos niveles de CO_2 están relacionadas con la reducción de (i) la tasa de respiración, (ii) la producción de etileno y la sensibilidad a la acción del etileno, (iii) alteraciones del desarrollo, (iv) la incidencia y la gravedad de ciertos trastornos fisiológicos, y (v) la susceptibilidad a la descomposición, con el beneficio resultante de retardar la senescencia y que se extienda la vida útil de los productos frescos.

Cada producto diferente y en algunos casos diferentes cultivares tienen diferentes respuestas a la baja concentración de O₂ y alta concentración de CO₂. La exposición de frutas y verduras frescas a los niveles de O₂ por debajo de sus límites de tolerancia o de CO₂ a niveles por encima de sus límites de tolerancia puede aventurar al producto y disminuir el tiempo de conservación. Los efectos beneficiosos y perjudiciales de la concentración baja de O₂ y alta de CO₂ específicamente para las frutas frescas, verduras frescas, frutas y verduras recién cortadas se estudiaron a fondo y presentados en la literatura científica. Las mezclas de gases son normales 1-5% O₂ y 0-20% de CO₂.

Los productos recién cortados tienen vida útil más corta que los productos intactos, debido al daño celular. Por lo tanto, las tecnologías de refrigeración y EAM para extender la vida útil del producto recién cortado pueden tener un impacto importante en el mercado de IV Gama. Las mayores tasas de respiración de los productos recién cortados, así como su mayor tolerancia al CO₂, en general, requieren el uso de materiales de embalaje con una alta velocidad de transferencia de O₂. Los recientes avances en MA han sido impulsados por las exigencias de vegetales mínimamente procesados. Una aplicación comercial importante del EAM de la lechuga mínimamente procesada. El éxito se atribuye al retraso del amarillamiento, junto con el mantenimiento de un aspecto fresco. Las condiciones de EAM para la lechuga recién cortada es una temperatura óptima de almacenamiento (0 - 5°C) combinados con una

alta humedad relativa (90 - 95%), 0,5 - 3% (v / v) de O₂ y 5 - 10% (v / v) de CO₂. Otro producto recién cortados común que aprovecha el MAP es la zanahoria rallada (2 - 5% (v / v) de O₂ y 15-20% (v / v) de CO₂ a 0-5 ° C) (Caballero et al., 2016).

- **Tipos de Envase**

Los dos tipos más comunes de envases de EAM son bolsas de polímero elipsoide-cilíndricos con extremos sellados y bandejas de paralelepípedo sellado por calor en la parte superior con las películas poliméricas. Las películas poliméricas presentan diferentes propiedades dependiendo de la estructura química, proceso de producción, y aditivos. Es necesario combinar las propiedades de diversos plásticos en un sistema de múltiples capas adecuado para cada caso.

Los principales factores deseados a considerar en la selección del material polimérico para el EAM son:

- Tipo de envase (por ejemplo, envase flexible o rígido o una bandeja con una cubierta semi-rígido);
- Propiedades de permeabilidad de CO₂, O₂ y vapor de agua;
- Propiedades físicas (por ejemplo, la fuerza, la transparencia y durabilidad);
- La eficacia y la fuerza de sellado térmico;
- Resistencia a la degradación por sustancias químicas;
- No tóxico y químicamente inerte;
- Facilitar la impresión en la superficie exterior.

Los polímeros plásticos más comunes que se utilizan para el envasado de alimentos son EVOH (etileno - alcohol vinílico), PVC (cloruro de polivinilo), PVDC (cloruro de polivinilideno), PET (tereftalato de polietileno), PP (polipropileno), PE (polietileno), poliéster amorfo, y nylon. Típicamente, estos polímeros se recubren en la cara interior con un agente químico para la dispersión de gotitas de agua condensada durante el almacenamiento, lo que garantiza una buena visibilidad del producto. LDPE (polietileno de baja densidad) y PVC tienen características de permeabilidad que los hacen más adecuados para el envasado de productos que respiran y PVDC y poliéster en el caso de productos con bajas tasas de respiración (Caballero, Finglas y Toldrá, 2016).

B. ENVASADO EN ATMÓSFERAS CONTROLADAS (EAC)

La atmósfera deseada en el almacenamiento con atmósfera controlada se logra primero mediante la sustitución de la composición normal de gas purgando un poco de gas o por el metabolismo de las frutas y verduras y, a continuación, se mantiene mediante la reducción de la tasa de entrada de gas. La velocidad de entrada de gas se determina por la capacidad de la habitación, su grado de estanqueidad al gas, la humedad, la temperatura, y el metabolismo de los alimentos almacenados.

La tecnología de EAC genera productos que permanecen turgentes porque la concentración más baja O_2 inhibe o retarda la actividad de las enzimas que actúan sobre las membranas celulares, evitando cambios de textura; retarda la senescencia durante el almacenamiento debido a la reacción entre el O_2 y etileno; reduce la degradación microbiana debido a la disminución de los niveles de concentración de O_2 y al incremento de CO_2 ; mejora la estabilidad del color debido a un bajo efecto en clorofilas; permite la obtención de alimentos con características nutricionales y sensoriales similares a los productos frescos, debido al bajo efecto en acidez, azúcares y vitaminas; y controla la proliferación de plagas y mohos en atmósferas bajas de O_2 o altas de CO_2 (Caballero et al., 2016).

Las limitaciones de la atmósfera controlada están relacionadas con los altos costos de almacenamiento, los sellos especiales que se requieren en la sala de almacenamiento para evitar la fuga de gas, y el largo tiempo de exposición necesaria (8-12 días). Otra desventaja es la variabilidad en la concentración de gases requeridos para el almacenamiento de alimentos que depende de muchos factores tales como el tipo de fruta o verdura, especie, etapa de madurez, medio, y el clima en el que se cultivaron. Diferencias bioquímicas y anatómicas, incluyendo el tamaño de los espacios intracelulares y la tasa de difusión de gas a través de la estructura de los alimentos, también influyen en la variabilidad en las concentraciones de gas. Otra desventaja de EAC es que en condiciones inadecuadas de almacenamiento, pueden aparecer

cambios indeseables como la fermentación. Por ejemplo, las manzanas y las peras almacenadas en muy bajas concentraciones de O₂ presentaron cambios en el sabor y el color y los cambios en la dureza y la oscuridad de la piel debido a las altas concentraciones de CO₂. La necesidad de baja temperatura y alta humedad relativa para mejorar la eficacia de EAC también se considera como limitaciones de EAC de almacenamiento.

2.2.4 TECNOLOGÍA DE ALMACENAMIENTO

A. REFRIGERACIÓN

Mantiene el alimento por debajo de la temperatura de multiplicación bacteriana, entre 2 y 5°C en frigoríficos industriales, y entre 8 y 15°C en frigoríficos domésticos.

Conserva el alimento sólo a corto plazo, ya que la humedad favorece la proliferación de hongos y bacterias.

Mantiene los alimentos entre 0 y 5 – 6 °C, inhibiendo durante algunos días el crecimiento microbiano. Somete al alimento a bajas temperaturas sin llegar a la congelación. La temperatura debe mantenerse uniforme durante el periodo de conservación, dentro de los límites de tolerancia admitidos, en su caso, y ser la apropiada para cada tipo de producto.

B. CONGELACIÓN

La industria de la alimentación ha desarrollado cada vez más las técnicas de congelación para una gran variedad de alimentos: frutas, verduras, carnes, pescados y alimentos precocinados de muy diversos tipos. Para ello se someten a un enfriamiento muy rápido, a temperaturas del orden de -30°C con el fin de que no se lleguen a formar macrocristales de hielo que romperían la estructura y apariencia del alimento. Con frecuencia envasados al vacío, pueden conservarse durante meses en cámaras de congelación a temperaturas del orden de -18 a -20°C , manteniendo su aspecto, valor nutritivo y contenido vitamínico.

El fundamento de la congelación es someter a los alimentos a temperaturas iguales o inferiores a las necesarias de mantenimiento, para congelar la mayor parte posible del agua que contienen. Durante el período de conservación, la temperatura se mantendrá uniforme de acuerdo con las exigencias y tolerancias permitidas para cada producto.

Detiene la vida orgánica, ya que enfría el alimento hasta los 20° bajo cero (en congeladores industriales llega hasta 40° bajo cero). Es un buen método, aunque la rapidez en el proceso influirá en la calidad de la congelación.

- **Congelación lenta:** Produce cambios de textura y valor nutritivo.
- **Congelación rápida:** Mantiene las características nutritivas y organolépticas.

2.2.5 DISTRIBUCIÓN Y UTILIZACIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS DE IV GAMA

La distribución, en general, puede definirse como el traslado y manipulación rápida y eficaz de las frutas y hortalizas desde el lugar del cultivo hasta el punto de consumo.

En esta etapa, al igual que durante el almacenamiento, se debe garantizar la integridad de la cadena de frío para los alimentos mínimamente procesados. Si esto no se cumple el producto perderá calidad y tendrá menor vida útil.

La distribución y utilización de las FMP incluyen las operaciones siguientes (Wiley, 1997):

- **Operaciones en los centros de producción:** almacenamiento y control de fruta y hortaliza fresca y procesada, operaciones de procesado central.
- **Distribución física:** transporte en la ciudad y entre ciudades.
- **Operaciones en los centros de consumo:** centros de distribución, venta al por mayor, venta al por menor y establecimientos de comida.
- **Red de comunicaciones:** Las comunicaciones proporcionan intercambio de información entre los usuarios de los canales de distribución. Para cualquier actividad relacionada directa o indirectamente con la producción, procesado y consumo de alimentos MP es esencial disponer de una información precisa y actualizada sobre abastecimiento, demanda y precios.

Los sistemas de distribución de FMP buscan rentabilizar el tiempo y el espacio o valor económico de los productos, consiguiendo y disponiendo los alimentos en el lugar que son requeridos en el tiempo que se desea y a un coste razonable. Los canales exactos de comercialización difieren de un producto a otro y además va cambiando a lo largo de los años.

2.2.6 BENEFICIOS Y DESVENTAJAS DE FRUTAS Y HORTALIZAS DE IV GAMA

A. BENEFICIOS

Al ser productos envasados, mantienen su inocuidad y, al mismo tiempo, conservan sus propiedades nutritivas, ya que se mantienen frescos por más tiempo. Son alimentos seguros y listos para ser consumidos, pues no requieren ser lavados, lo que los hace preferidos por quienes llevan hábitos de vida acelerada y que no disponen de mucho tiempo para dedicar a la cocina. Otros beneficios se asocian a que son rápidos de preparar, están disponibles todo el año, tienen una calidad uniforme, son fácilmente almacenables, duran más que el producto fresco no envasado, y son inocuos, ya que requieren ser preparados bajo altos estándares de calidad y salubridad.

B. DESVENTAJAS

Son altamente perecederos, ya que el corte del tejido provoca un aumento en la tasa de respiración del alimento, lo que provoca una aceleración de su deterioro. Por otro lado, al cortarlo se

aumenta la susceptibilidad a infección microbiana, pues aumenta la superficie del tejido.

Los productos IV gama tienen un valor más alto que las frutas y hortalizas que se comercializan en. Por lo tanto, exigen una alta rotación, una logística especializada y un segmento de la población que tenga ingresos que le permitan adquirir estos productos.

2.3 RECUBRIMIENTO COMESTIBLE

2.3.1 ASPECTOS GENERALES

Un recubrimiento comestible es definido como una sustancia aplicada en el exterior de los alimentos de manera que el producto final sea apto para el consumo. Estos recubrimientos deben ser legales, inocuos, aceptables sensorialmente y deben proporcionar un valor agregado al alimento (Baldwin, Hagenmaier, y Bai, 2012).

Dependiendo de las características de los RC, éstos pueden ayudar a reducir dichos daños en el alimento mediante un proceso mínimo, retardando su deterioro, aumentando la calidad y mejorando su inocuidad, esto último, gracias a la actividad natural del recubrimiento contra los microorganismos o por la incorporación de compuestos antimicrobianos en la formulación (Rojas-Graü, Oms-Oliu, Soliva-Fortuny, y Martín-Belloso, 2009).

El uso de los RC en alimentos y especialmente en productos altamente perecederos está condicionado por parámetros tales como el costo, la disponibilidad, la funcionalidad, las propiedades mecánicas como flexibilidad y tensión, las propiedades ópticas como brillo y opacidad, la

barrera que proporcionan contra el flujo de gases, la aceptabilidad sensorial y la resistencia estructural contra agua y microorganismos. Los aditivos son agregados durante el proceso de elaboración de los recubrimientos comestibles y pueden ser agentes antioxidantes, agentes antimicrobianos, agentes aromatizantes, pigmentos o nutrimentos (Pascall y Lin, 2013)

Durante el almacenamiento de los productos, el recubrimiento no debe fermentar, coagular, separarse, desarrollar sabores desagradables, entre otras anomalías (Baldwin et al., 2012).

2.3.2 COMPONENTES DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

En estudios recientes las tecnologías de películas comestibles y biodegradables contemplan la producción de RC y PC mediante la combinación de diversos polisacáridos, proteínas y lípidos, con la tarea de aprovechar las propiedades de cada compuesto y la sinergia entre los componentes implementados, ya que las propiedades mecánicas y de barrera dependen de los compuestos que integran la matriz polimérica y de su compatibilidad (Altenhofen, Krause y Guenter, 2009).

En el Cuadro 4., se puede observar que en los recubrimientos de frutas frescas cortadas, además de plastificantes, se utilizan agentes antioxidantes tales como el ácido ascórbico, el ácido cítrico, y la N-acetilcisteína y agentes reafirmantes como el cloruro de calcio, el cual, lo mismo que otras fuentes de cationes divalentes, son requeridos para lograr el entrecruzamiento y formar geles firmes al reaccionar con compuestos coloidales poliméricos como el alginato y el gelano (Rhim, 2004).

Cuadro 4: Algunos Recubrimientos Comestibles usados en Frutas Frescas

Tipo de Fruta	Matriz del recubrimiento comestible	Plastificantes y aditivos	Función del recubrimiento comestible	Referencia
Manzana	➤ CPS y APS	➤ Glicerol	➤ Reducción del pardeamiento enzimático y pérdida de textura.	➤ (Sonti, Prinyawiwatkul, & McWatters, 2003)
	➤ Carragenato	➤ Glicerol, PEG,	➤ Extensión de la vida útil.	➤ (Lee, Park, Lee, & Choi, 2003)
	➤ CPS + CMC	AA, AO, AC	➤ Mantenimiento de la textura, reducción de la tasa respiratoria	➤ (Lee, Park, Lee, & Choi, 2003)
	➤ Alginato, gelano	➤ Glicerol, AA, AO, CaCl ₂	➤ Reducción de pérdida de humedad, manteniendo el color original.	➤ (Lee, Park, Lee, & Choi, 2003)
	➤ APS + Cera de abejas	➤ Glicerol, aceite de girasol, Ncys	➤ Reducción del pardeamiento enzimático.	➤ (Rojas-Graü, Tapia, Rodríguez, Carmona, & Martín-Belloso, 2006)
	➤ Puré de	➤ Glicerol, AE	➤ Reducción de la pérdida de humedad y	➤ (Pérez-Gago, Serra, Alonso,

	<p>manzana +</p> <p>pectina +</p> <p>CAB o aceite vegetal</p> <p>➤ Maltodextrina</p> <p>➤ Carragenato, pectina,</p> <p>alginato,</p> <p>CM+MGA</p> <p>➤ Quitosano +</p> <p>CPS</p>	<p>➤ Glicerol, AA, AC</p> <p>➤ Glicerol, AA, SP, CaCl₂</p> <p>➤ AA, AC, CaCl₂, NaCl</p> <p>➤ CAB</p>	<p>pardeamiento.</p> <p>➤ Disminución de la producción de etileno y pardeamiento.</p> <p>➤ Disminución de la producción de CO₂ y etileno en un 50 y 90%.</p> <p>➤ Barrera a los gases, reducción de pérdida de humedad y efecto antifúngico.</p>	<p>Mateos, & DelRío, 2003)</p> <p>➤ (McHugh, Protein-lipid interactions in edible films and coatings, 2000)</p> <p>➤ (Brancoli & Barbosa-Cánovas, 2000)</p> <p>➤ (Wong, Tillin, Hudson, & Pavlah, 1994)</p> <p>➤ (Assis & Pessoa, 2004)</p>
Pera	<p>➤ CMC + AE</p>	<p>➤ PEG, SP, AA, CaCl₂</p>	<p>➤ Reducción del pardeamiento.</p>	<p>➤ (Olivas, Rodríguez, & Barbosa-Cánovas, 2003)</p>
Fresa	<p>➤ CPS + Caseína</p>	<p>➤ Glicerol, CaCl₂</p>	<p>➤ Reducción del crecimiento fúngico.</p>	<p>➤ (Vachon, Aprano, Locroix, &</p>

	+ Pectina + agar ➤ Alginato, gelano	➤ Glicerol, aceite de girasol, AA	➤ Reducción de pérdida de humedad	Letendre, 2003) ➤ (Tapia, Rodríguez, Rojas- Graü, & Martín-Belloso, 2005)
Papaya	➤ Caseína	➤ Cera de carnauba	➤ Barrera a los gases, , reducción de pérdida de humedad	➤ (Guilbert, 1988)
Mango	➤ CMC ➤ Quitosano	➤ Lecitina, PEG, AC	➤ Reducción de pérdida de AA y mantenimiento del color. ➤ Reducción de pérdida de agua, mantenimiento del color y sabor original.	➤ (Nispero-Carriedo, 1994) ➤ (Chien, Sep, & Yang, 2007)

Fuente: Martín-Belloso, Soliva-Fortuny y Baldwin (2005)

Nota:

CPS: Concentrado de proteínas de suero lácteo; **APS:** Aislado de proteínas de suero lácteo; **PEG:** Polietilenglicol; **AA:** Ácido ascórbico; **AO:** Acido oxálico; **AC:** Ácido cítrico; **CMC:** Carboximetilcelulosa; **CaCl₂:** Cloruro de calcio; **N-cyst:** N-acetilcisteína; **AE:** Acido esteárico; **CAB:** cera de abeja; **MC:** metilcelulosa; **SP:** sorbato de potasio; **MGA:** monoglicérido acetilado; **CM:** Celulosa microcristalina.

2.3.3 RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES USADOS EN FRUTAS DE IV GAMA

Existen dos grandes grupos de materiales usualmente empleados en la elaboración de recubrimientos comestibles para frutas mínimamente procesadas: polisacáridos y proteínas. La elección del tipo de material depende del tipo de producto que se quiera recubrir. En el caso de frutas cortadas, por ser un producto que continua respirando, se debe prestar especial atención a las propiedades de barrera a los gases impuesta por cada recubrimiento.

En el Cuadro 4 se pueden observar algunos RC empleados en frutas mínimamente procesadas, cuyas características y uso se expone en más detalle a continuación.

A. RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES BASADOS EN POLISACÁRIDOS

Los polisacáridos derivados de celulosa (metilcelulosa, hidroximetil celulosa, hidroxipropil y carboximetilcelulosa, pectinas, derivados de almidón, alginatos, carragenina, quitosano y gomas, son capaces de constituir una matriz estructural, permitiendo obtener recubrimientos comestibles transparentes y homogéneos, sin embargo, están limitadas por su solubilidad en agua y pobre barrera a la humedad propiedades mecánicas moderadas (Eum, Hwang, Linke, Lee y Zude, 2009).

Para mejorar sus propiedades mecánicas se utilizan mezclas con diferentes biopolímeros (Chambi y Grosso, 2011) se adicionan materiales hidrófobos como aceites, ceras o se modifica la estructura del polímero mediante métodos químicos. Un polisacárido que forma recubrimientos mecánicamente resistentes, flexibles, totalmente transparentes y resistentes a grasas y aceites es la celulosa

Celulosa y sus derivados

La celulosa es el polímero más abundante en la naturaleza. Está constituido por cadenas lineales de glucosa unidas con enlaces β -(1-4). Para reducir su solubilidad en agua, la celulosa es tratada químicamente dando lugar a distintos derivados que son los que realmente se utilizan para la formación de recubrimientos como la metilcelulosa, carboximetilcelulosa, hidroxipropilcelulosa o hidroxipropil metilcelulosa (Dahall, 2013).

Es un polisacárido que forma recubrimientos mecánicamente resistentes, flexibles, totalmente transparentes y resistentes a grasas y aceites es la celulosa (Lin y Zhao, 2007). Por sus efectivas cualidades y su bajo coste económico, estos compuestos han sido ampliamente estudiados en F&H con mínimo proceso.

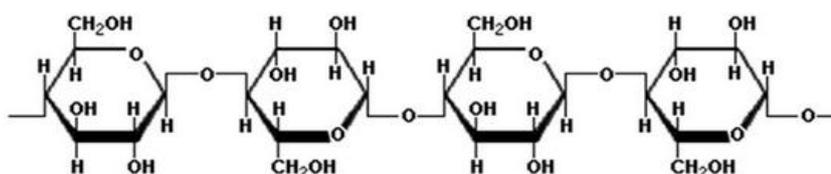


Figura 17: Estructura química de la cadena polimérica de la celulosa ($C_6H_{10}O_5$)_n

Fuente: Scientific Psychic (2008).

- **Pectinas**

La pectina es un polisacárido complejo de carácter aniónico formado ácido β -(1-4)-dgalacturónico, donde las unidades de ácido urónico puede estar parcial o totalmente metiladas. Debido a la naturaleza catiónica del quitosano, éste combina perfectamente con las pectinas formando excelentes polímeros, sobre todos si se incorporan antimicrobianos en su matriz (aceites esenciales de orégano, canela o hierba limón). Estos recubrimientos combinados han sido ensayados con distintos frutas cortados como pera, melón o papaya (Oms-Oliu et al., 2010 y Brasil et al., 2012)

- Alginato

El alginato es un polímero lineal formado por unidades de los ácidos D-manúrico y L-gulurónico y se obtienen de las algas pardas. El gelano es un tetrasacárido con unidades de ácido β -Dglucorónico y α -L-ramnosa en una proporción molar de 2:1:1 y es producido por la bacteria *Sphingomonas elodea*. Recubrimientos con gelano y alginato han sido utilizados con éxito en fruta cortada como manzana (Azarakhsh et al., 2012; Mantilla et al., 2013),

Tapia, Rodríguez, Rojas-Graü y Martín-Belloso, (2005), emplearon un RC a base de alginato y cloruro cálcico para recubrir trozos de papaya, y evaluaron la resistencia al vapor de agua a medida que se incrementaba la concentración de glicerol y de ácido ascórbico en la formulación (Figura 18).

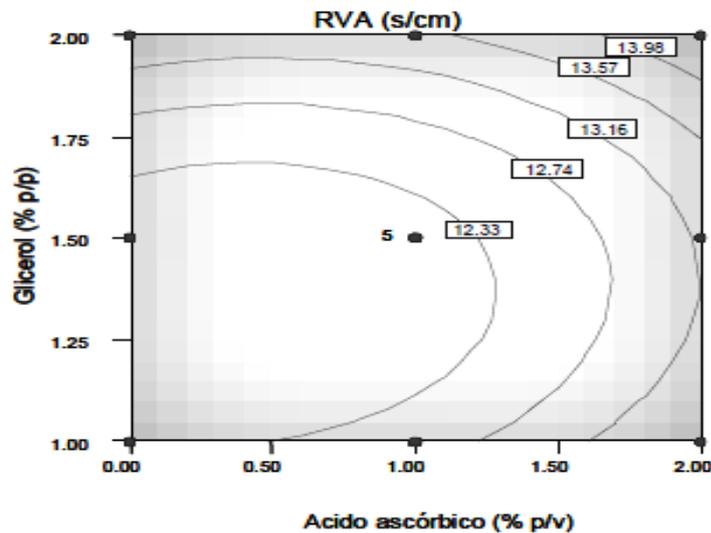


Figura 18: Efecto de la incorporación de glicerol y ácido ascórbico en la resistencia al vapor de agua (RVA) de trozos de papaya recubierta con alginato

Fuente: (Tapia et al., 2005)

- Gelano

El gelano es un tetrasacárido con unidades de ácido β -glucorónico y α -L-ramnosa en una proporción molar de 2:1:1 y es producido por la bacteria *Sphingomonas elodea*. Recubrimientos con gelano y alginatos han sido utilizados con éxito en fruta cortada como manzana (Robles-Sánchez et al., 2013).

Este polisacárido es capaz de formar recubrimientos con buenas propiedades mecánicas y de barrera, además de ser un gel de apariencia transparente. Rojas-Graü et al, (2006), emplearon un recubrimiento a base de gelano (0,5%) sobre trozos de manzana Fuji, observando una moderada resistencia al vapor de agua, además de una buena formación y adhesión del recubrimiento sobre los trozos de fruta (Figura 22).

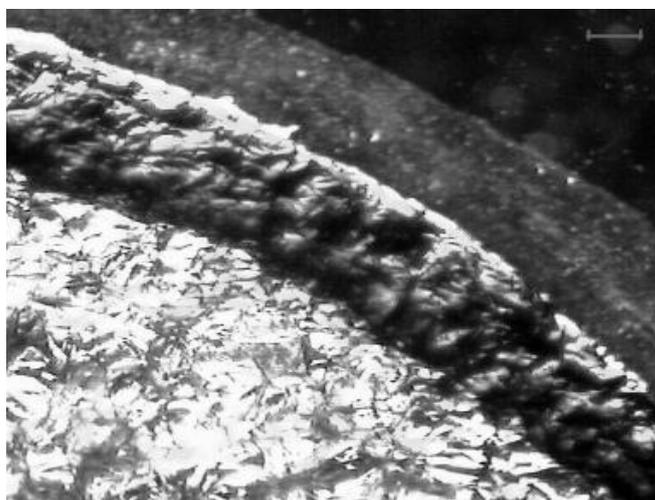


Figura 19: Micrografía de un corte transversal de manzana cortada, recubierta con gelano (0.5%) y teñida con azul de algodón. La barra representa una escala de 100 μ m

Fuente: Rojas-Graü et al. (2006)

- Almidón

El almidón es el polímero natural más utilizado en la formulación de RC y PC por su abundancia, bajo precio y facilidad de uso. El almidón nativo puede ser convertido en un material termoplástico mediante el empleo de plastificantes como glicerol y sorbitol, que además de mejorar su resistencia al agua y sus propiedades barrera, dan lugar a películas brillantes, flexibles y extensibles (Vargas et al., 2008)

El almidón está principalmente constituido por moléculas de amilopectina y amilosa. Los almidones con un alto porcentaje en amilosa como el de patata y maíz, forman películas más estables, mientras que el procedente de la yuca (tapioca) produce películas muy flexibles y con baja permeabilidad al agua. Recubrimientos con almidón de distinto origen (tapioca, patata, etc.) se han utilizado con vegetales mínimamente procesados como zanahoria (Lai, Chen y Lai, 2013).

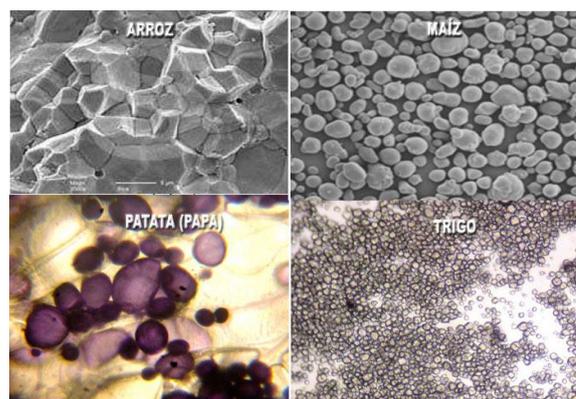


Figura 20: Gránulos de almidón provenientes de distintas fuentes

observados bajo microscopio

Fuente: Lai, Chen y Lai (2013)

- **Mucílagos**

Los mucilagos son polisacáridos heterogéneos, formados por diferentes azúcares y en general ácidos urónicos. Se caracterizan por formar disoluciones coloidales viscosas: geles en agua. Los mucílagos son constituyentes normales de las plantas y su uso en el recubrimiento de frutas cortadas no ha sido muy estudiado. Investigaciones recientes han demostrado que el gel proveniente de la planta de sábila (Aloe vera) puede prolongar la conservación de productos frescos. De la planta de sábila se puede extraer un gel cristalino (mucílago) el cual está libre de aromas y sabores (Ni, Turner, Yates y Tizard, 2004). Serrano et al. (2006) emplearon un gel elaborado a partir de Aloe vera para el recubrimiento de uvas de mesa, observando una extensión de la vida útil de las frutas de hasta 35 días comparado con uvas sin recubrir. Además, dicho recubrimiento permitió retener la concentración de ácido ascórbico de las uvas. Por su parte, Martínez-Romero et al. (2006) estudiaron el efecto del Aloe vera en el recubrimiento de cerezas observando una disminución de los diferentes parámetros responsables de la pérdida de calidad de la fruta, además de excelentes propiedades sensoriales de los recubrimientos (Figura 21).

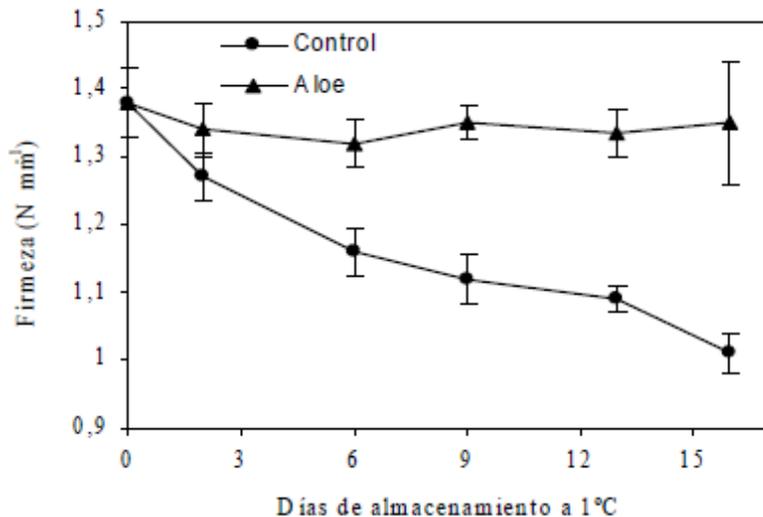


Figura 21: Cambios de firmeza en cerezas recubiertas con una solución de Aloe vera y almacenadas a 1°C

Fuente: Martínez-Romero et al., 2006

B. RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES BASADOS EN PROTEÍNAS

Las proteínas ofrecen una gran oportunidad para ser utilizados como materia prima en la elaboración de películas y recubrimientos comestibles debido a su biodegradabilidad y porque suplementar el valor nutritivo de los alimentos. Por otro lado, le confieren al polímero un amplio rango de propiedades debido al potencial que tienen para formar enlaces intermoleculares y las diferentes conformaciones que pueden presentar, esto le permite formar películas y recubrimientos con alto grado de cohesividad (Bourtoom, 2009).

La capacidad de diferentes proteínas para formar recubrimientos depende de su peso molecular, conformaciones, propiedades eléctricas y estabilidad térmica. Las proteínas de leche son la fuente más común para obtener recubrimientos (Campos, Gerschenson y Flores, 2011).

2.3.4 LOS PLASTIFICANTES Y EL GLICEROL

Además del componente de naturaleza polimérica y de alto peso molecular (matriz), otro componente importante de las películas comestibles son los plastificantes. Estos son moléculas pequeñas de bajo peso molecular, de baja volatilidad y con una naturaleza química similar a la del polímero formador de recubrimiento. Se usan para mejorar la flexibilidad y la funcionalidad de los recubrimientos.

El plastificante más utilizado es el glicerol debido a su mayor estabilidad y compatibilidad con las cadenas biopoliméricas hidrófilas en comparación con el sorbitol, polietilenglicol y azúcares. El plastificante se asocia fisicoquímicamente con la estructura del biopolímero reduciendo la cohesión e interfiriendo con la asociación de las cadenas poliméricas facilitando su deslizamiento por lo que aumenta la flexibilidad del recubrimiento. Una vez dispersados los biopolímeros y adicionado el plastificante, es posible añadir otras sustancias como antimicrobianos, antioxidantes a la solución formadora de película, con el fin de conferir alguna propiedad funcional deseada (Abdollahi, Rezaei y Farz, 2012).

2.3.5 ALÓE VERA COMO RECUBRIMIENTO COMESTIBLE

El Aloe vera, es una planta con alrededor de 360 especies diferentes, pertenece a la familia de las asfodeláceas o liláceas, con hojas perennes en forma de roseta; su tamaño puede alcanzar desde unos cuantos centímetros hasta los 50 cm (Ramachandra y Srinivasa , 2008).



Figura 22: Aloe Vera (*Aloe barbadensis* Miller L.)

Fuente: Ramachandra y Srinivasa (2008)

Muchos de los beneficios asociados con el aloe vera han sido atribuidos al contenido de polisacáridos contenidos en el gel de las hojas. Estas actividades biológicas incluyen promoción del curado de heridas, actividad antifúngica, hipoglicemia o antidiabéticas, efecto anti inflamatorio, anti cancerígenas, propiedades inmuno moduladoras y gastro protectoras (Hamman, 2008).

Hoy en día es procesado industrialmente para la obtención de materia prima (gel de aloe.), que se utiliza como ingrediente activo en la producción de diversos bienes comerciables tales como bebidas, cosméticos, productos para la salud, entre otros. La gran demanda que

tiene el mercado por productos a base del gel de aloe vera ha incentivado a grandes empresas y estamentos científicos a desarrollar el cultivo de sábila para la transformación industrial e implementar nuevas tecnologías en el proceso productivo.

El gel de Aloe vera contiene alrededor de 98,5% de agua, es rico en mucílagos. Los mucílagos se caracterizan por estar formados por ácidos galacturónicos, glucorónicos y unidos a azúcares como glucosa, galactosa y arabinosa. También están presentes otros polisacáridos con alto contenido en ácidos urónicos, fructosa y otros azúcares hidrolizables, además de compuestos fenólicos de gran poder antioxidante como las cromonas y las antroquinonas (Vega, Ampuero, Díaz y Lemus, 2005).

En el escenario mundial de la producción, transformación y comercio del Aloe vera, sobresalen, según la IASC (Concilio Internacional Científico del Aloe) regiones del mundo como, México, República Dominicana, China, India y Tailandia (Fernández, 2008). En la actualidad el 51% de las importaciones están concentradas en cuatro países. Los demás países solo reportan una participación menor 6%. El aloe vera y derivados de la sábila están en crecimiento, el incremento en el uso de gel de sábila para la elaboración de bebidas y productos cosméticos ha provocado un aumento en los precios a nivel internacional ya que la producción mundial no es suficiente para satisfacer la creciente demanda de este producto (Hurtado, 2007).

El gel del mucílago del aloe vera fue utilizado por primera vez en el 2005 por Martínez-Romero et al. (2006), sobre cerezas, que fueron almacenadas a 1°C y 95 %HR y evaluadas al 2, 6, 9, 13 y 16 días, donde se logró demostrar que este retardó los procesos de maduración, redujo la pérdida de peso y bajó la tasa de respiración durante el tiempo de almacenamiento. Castillo et al., (2010), trabajaron el mismo recubrimiento en uvas almacenadas durante 35 días y almacenadas a 2°C, logrando inhibir el crecimiento de esporas microbianas y reducir el deterioro durante el almacenamiento en postcosecha.

Restrepo y Aristizabal (2010), demostraron que el uso de los recubrimientos comestibles a base de mucílago de penca sábila aplicados sobre fresas frescas permitió aumentar la vida útil disminuyendo las pérdidas de humedad, el índice de respiración, manteniendo la firmeza y retrasando los cambios de color, en comparación con los frutos utilizados como tratamiento control.

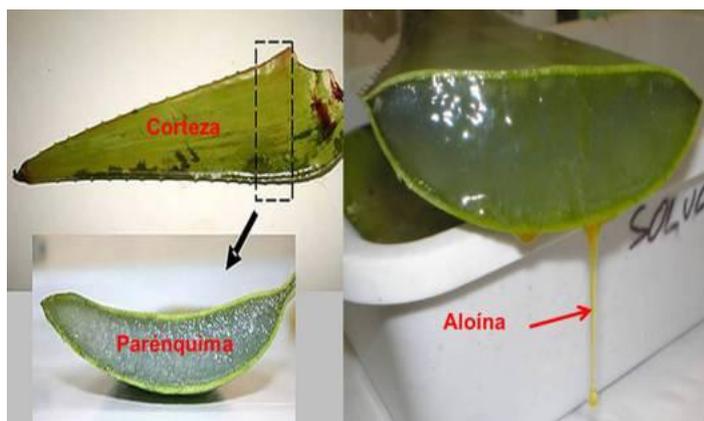


Figura 23: Componentes del aloe vera

Fuente: Domínguez-Fernández (2012)

2.3.6 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

A. CRISTALINIDAD

Como se mencionó, el almidón es un material semi-cristalino. El esquema de la Figura 31 representa el proceso de cristalización de la amilopectina. El proceso se inicia con la formación de láminas cristalinas compuesta por dobles hélices de cadenas cortas de amilopectina (representado por las cajas rectangulares). Luego, el conjunto de dobles hélice forma racimos cristalinos (Delville, Joly y Bliard, 2003).

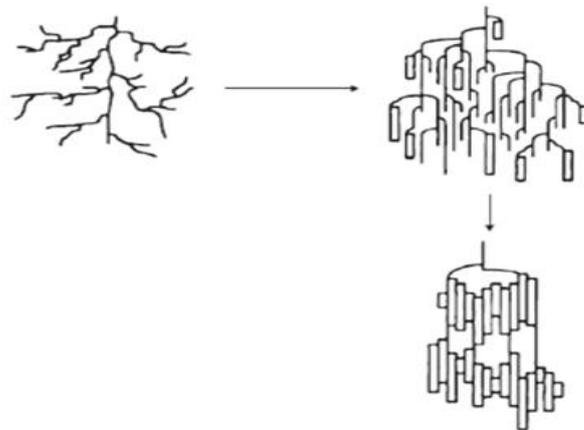


Figura 24: Diagrama esquemático de la cristalización de amilopectina (las dobles hélices de amilopectina se representan como rectángulos).

Fuente: Delville et al. (2003)

La cristalinidad de las películas de almidón depende del tipo de almidón y de las condiciones de transformación, tales como las condiciones de secado (velocidad y temperatura), del contenido de humedad de las películas y temperatura de almacenamiento (Mali et al., 2002).

Se ha estudiado el efecto de distintas condiciones en la cristalinidad. El aumento en contenido de agua, aumenta el grado de cristalinidad y la cinética de la cristalización, mientras que un mayor contenido de glicerol ralentiza la cinética de la cristalización. (Delville et al., 2003).

B. COLOR

Los colores de los alimentos se deben a distintos compuestos, principalmente orgánicos, algunos de los cuales son el resultado del procesamiento y manejo del alimento. Otros son pigmentos naturales o colorantes sintéticos añadidos. Cuando se someten a tratamientos térmicos, los alimentos desarrollan tonalidades que van desde un ligero amarillo hasta un café intenso, debido a las reacciones de caramelización y de Maillard (Badui, 2006).

El ojo humano percibe la luz visible (380 nm a 780 nm) y aprecia tres características: el tono o tipo de color, que corresponde a la dominancia de unas radiaciones a determinadas longitudes de onda sobre otras (rojo, amarillo, azul); la saturación o pureza, que describe el grado en que el color se separa del gris neutro y se

acerca a un color puro del espectro (más rojo o menos rojo según la cantidad de gris presente en el color); la luminosidad o claridad, que es la cantidad de luz reflejada o transmitida por un objeto dentro de un mismo tono y saturación (brillante, luminoso).

En la Figura 25, el extremo curvado del diagrama de cromaticidad corresponde a los colores del espectro visible. El extremo recto corresponde a los tonos de púrpura que están fuera del espectro. En la parte interior de la figura están los colores menos saturados, por lo cual, el blanco se sitúa en el centro (LaCie, 2012).

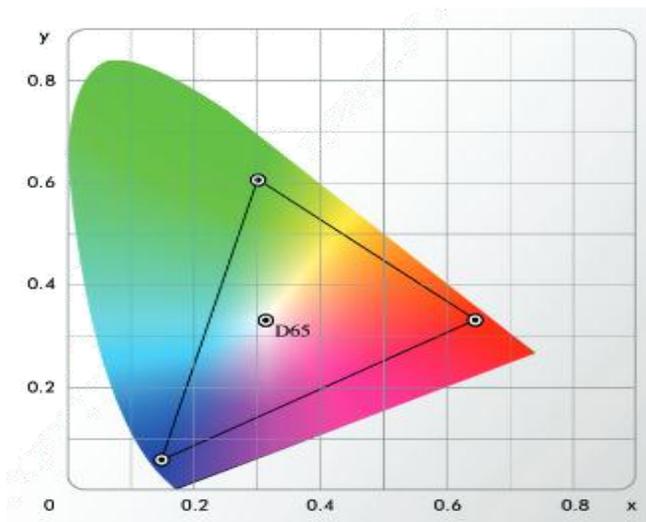


Figura 25: Diagrama de cromaticidad de CIE 1931 mostrando no uniformidad de espaciado de tonos únicos rojo, amarillo y azul.

Fuente: MacDougall (2001)

Hunter Lab

La escala de colores Hunter L, a, b es visualmente más uniforme que la escala de color CIE x, y, Y, y debido a esta uniformidad, es posible trazar diferencias entre valores de colores en el espacio (Figura 26).

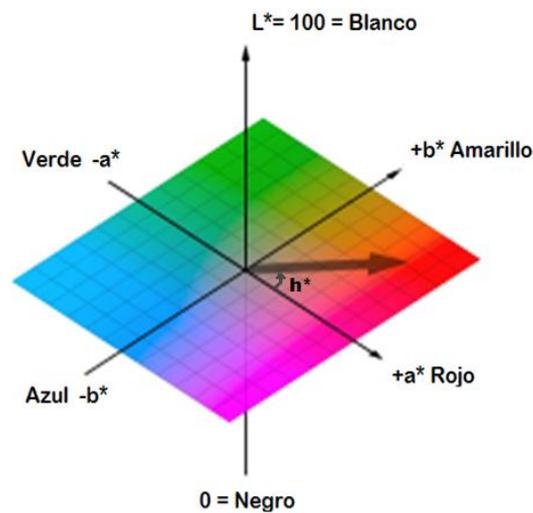


Figura 26: Diagrama Hunter que muestra la relación de color rojo/verde (a^* +/-) y amarillo/azul (b^* +/-), luminosidad L^* , saturación C^* y ángulo de tono h^*

Fuente: MacDougall (2001)

En el eje L, 100 es la máxima valoración donde se produce una perfecta difusión del reflejo de luz, es decir, donde se obtiene un color blanco total; 0 es la mínima valoración y es donde se representa el color negro. Los ejes a y b no tienen límites numéricos específicos, valores positivos de a son rojos y negativos son verdes, valores positivos de b son amarillos y negativos son azules (Hunter Associates Laboratory, Inc., 2008).

Las películas que contienen monosacáridos como fructosa, manosa y glucosa, son de color amarillo, con el grado de color dependiendo de la concentración de los azúcares usada (Zhang y Han, 2006b).

CIE L*a*b*

En 1976, la CIE intentó reducir las escalas que se usaban en CIE 1931 a dos. Al igual que el sistema HunterLab, en la CIE 1976 L*a*b*, conocida también como CIELAB, la coordenada L* describe luminosidad, y las coordenadas a* y b* describen tonos entre rojo-verde y amarillo-azul respectivamente, cómo se observa en la Figura 26. Según MacDougall (2002), las mejoras en CIELAB se deben a la transformación no lineal de la raíz cubica de los valores triestímulos, los cuales se aproximan más al espacio visual de las muestras de color del sistema Munsell, 2002. Las ecuaciones utilizadas son:

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16 \quad \text{Para valores } Y/Y_n > 0.008856$$

$$L^* = 903.3 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \quad \text{Para valores } Y/Y_n < 0.008856$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

Donde:

X_n , Y_n , Z_n son los valores para un blanco de referencia para el iluminante/observador usado.

Para este sistema los ejes a y b si están limitados numéricamente, en ambos casos las valoraciones van desde 120 a 120.

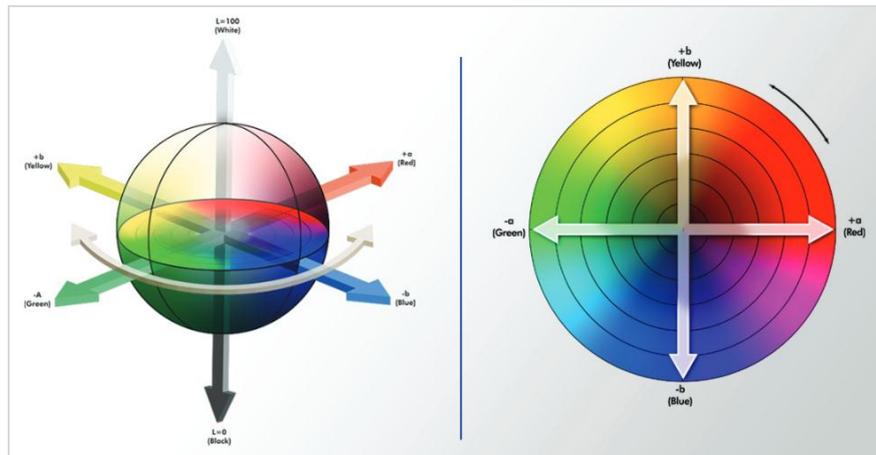


Figura 27: Modelo CIELAB

Fuente: LaCie (2012)

Es importante resaltar que Lab es una abreviatura informal que puede originar confusión entre el espacio de color Hunter Lab y CIELAB, y aunque tienen la misma finalidad y propósito, su construcción es diferente. Se recomienda utilizar CIELAB para nuevas aplicaciones, excepto donde los datos deban compararse con valores Hunter Lab ya existentes. La ventaja de este espacio de color es que es más objetivo, porque no depende del dispositivo, y además, una misma combinación de L, a y b, sirve para describir siempre el mismo color de forma exacta (Valero, 2011).

C. TRANSPARENCIA Y OPACIDAD

Un material presenta transparencia cuando deja pasar fácilmente la luz. La transparencia es una propiedad óptica de la materia, que tiene diversos grados. Se dice, en cambio, que un material es translúcido cuando deja pasar la luz de manera que las formas se hacen irreconocibles (no se observan nítidamente los objetos), y que es opaco cuando no deja pasar apreciablemente la luz.

Generalmente, se dice que un material es transparente cuando es transparente a la luz visible. Para aplicaciones técnicas, se estudia la transparencia u opacidad a la radiación infrarroja, a la luz ultravioleta, a los rayos X, a los rayos gamma u otros tipos de radiación.

Según la mecánica cuántica, un material será transparente a cierta longitud de onda cuando en su esquema de niveles de energía no haya ninguna diferencia de energía que corresponda con esa longitud de onda.

La transparencia se cuantifica como transmitancia, porcentaje de intensidad lumínica que atraviesa la muestra. Para esto se utiliza un colorímetro o un espectrofotómetro.

La función de opacidad generalmente envuelve tanto la frecuencia de la luz que interacciona con el objeto como la temperatura de dicho objeto, es importante recalcar que existen diferentes funciones de opacidad para diferentes objetos para diferentes condiciones físicas.

La apariencia de las películas comestibles depende del hidrocoloide utilizado y de los aditivos añadidos. Las películas de almidón puro, sin aditivos, son generalmente incoloras y transparentes.

Estudios realizados por Sánchez-Villanueva, Fabra-Rovina y Talens-Oliag, (2010), sobre el efecto antioxidante del ácido ferúlico y vitamina E en películas a base de caseinato sódico, mostraron que la presencia de ácido ferúlico, implica una mayor opacidad y menor brillo con respecto al film control, consecuencia de una estructura más rugosa que da lugar a una mayor dispersión de luz. La vitamina E ejerce un efecto contrario, a mayor concentración de vitamina E, menor rugosidad y mayor transparencia y brillo.

En películas realizadas a partir de quitosano con el agregado de aceites esenciales (tomillo y romero); Arce, (2011), observó que su transparencia se redujo a medida que se les incorporaron aceites esenciales.

Películas realizadas a base de hidroxipropil metilcelulosa a las que se les incorporó aceite esencial de árbol de té, mostraron una disminución del brillo y de su transparencia (Bagán et al., 2009).

D. SOLUBILIDAD

La solubilidad es la medida o magnitud que indica la cantidad máxima de soluto que puede disolverse en una cantidad determinada de solvente, a una temperatura dada.

Esta propiedad es de gran importancia para determinar la funcionalidad de la película comestible.

La resistencia al agua de películas comestibles portadoras de antimicrobianos es deseable para mantener la integridad de la película si la misma debe utilizarse para la conservación de alimentos de humedad intermedia a alta (Ozdemir y Floros, 2008). Una película antimicrobiana con pobre resistencia al agua se disuelve rápidamente en contacto con altos contenidos de humedad, determinando que la película libere el agente antimicrobiano (Ozdemir y Floros, 2008). Sin embargo, estas coberturas podrían utilizarse en alimento listos para consumir donde es deseable un alto porcentaje de solubilidad en la boca.

Famá, Goyanes y Gerschenson, (2007), estudiaron la influencia del agregado de polvo de ajo en recubrimientos biodegradables a base de almidón de mandioca, observando que el agregado de ajo modifica las propiedades fisicoquímicas de las películas, conduciendo a aumentos en la permeabilidad al vapor de agua y solubilidad en agua, sin que se obtengan diferencias significativas en el contenido de humedad.

Baruk (2008), estudió la solubilidad en agua de películas elaboradas con almidón modificado de plátano y con quitosano a temperaturas de 25°C y 80°C. A 25°C se obtuvieron valores menores en comparación con los obtenidos a 80°C, evidenciando así el efecto de la temperatura en la solubilidad.

E. PROPIEDADES MECÁNICAS

Las propiedades de las coberturas dependen en gran medida de la composición y estructura de los ingredientes. Por lo tanto, la elección de las sustancias a emplear y/o aditivos activos a añadir están totalmente relacionadas con la función para la cual se desea utilizar la cobertura comestible, la naturaleza del alimento y el método de aplicación.

Olivas y Barbosa-Cánovas (2005), reportan que cuando el material empleado para recubrir se coloca en la superficie de las frutas, se desarrollan dos fuerzas: cohesión de las moléculas dentro de la cobertura y adhesión entre el recubrimiento y la fruta. El grado de cohesión de los recubrimientos comestibles gobierna las propiedades de barrera y mecánicas de las coberturas. Una alta capacidad de adhesión asegura una durabilidad larga del recubrimiento en la superficie de la fruta.

Las películas de almidón se caracterizan a menudo a través de ensayos de tracción, de los cuales se obtienen distintas propiedades mecánicas, por ejemplo el esfuerzo tensil de la película, su deformación, el módulo elástico. El esfuerzo se calcula dividiendo la fuerza necesaria para fracturar la película por la sección transversal de la película (Phan, Debeaufort, Luu y Voilley, 2005).

Estas propiedades se evalúan de acuerdo a lo sugerido por la norma ASTM D882-91. El equipo usado para ello es la Máquina Universal de Testeo.

Por lo general, la presencia de plastificantes aumenta los valores de deformación y disminuye el esfuerzo y el módulo elástico. Esto se debe a que los plastificantes pueden aumentar el volumen libre en la fase amorfa y reducen la interacción entre las cadenas de almidón del polímero. Sin embargo, un efecto anti-plastificante se encontró cuando la concentración del plastificante estaba por debajo de un nivel crítico (Godbillot et al., 2006).

F. PROPIEDADES DE BARRERA

La permeabilidad al vapor de agua (PVA) es una de las propiedades más importantes en el desempeño como barrera de las películas biopoliméricas. Indica la capacidad de las películas para el control del transporte de vapor de agua entre un sistema alimenticio y sus alrededores. El método más común utilizado para medir PVA es conocido como “Método de la Copa” (Gennadios, Weller y Gooding, 1994). En este método una celda de acrílico se llena con una cierta cantidad de agua destilada o desecante y se cubre con una muestra de película. El almacenamiento en ambiente de humedad relativa y temperatura controlada, permite evaluar el cambio de peso de la copa para determinar la velocidad de transmisión de vapor de agua (VTVA). La PVA se calcula en base a la VTVA, el espesor de la película y la diferencia de presión parcial de vapor de agua entre el interior y el exterior de la copa (Zhang y Han, 2006a).

La pérdida de agua de frutas y vegetales frescos se traduce en una pérdida de peso y de turgencia del producto con la consecuente

disminución de la calidad durante su comercialización. La naturaleza del recubrimiento comestible empleado desempeña aquí un papel muy importante: a mayor hidrofiliidad de los materiales utilizados, mayor permeabilidad al vapor de agua (Martín-Belloso et al., 2005).

La naturaleza del RC empleado desempeña aquí un papel muy importante: a mayor hidrofiliidad de los materiales utilizados, mayor permeabilidad al vapor de agua (Martín-Belloso et al., 2005).

Para mejorar las propiedades de barrera al vapor de agua de este tipo de recubrimientos se pueden incorporar lípidos. De esta manera se pueden formular coberturas comestibles combinando las ventajas de los componentes hidrocoloides y de los componentes lipídicos, éstos últimos como barrera al vapor de agua y los primeros como barrera selectiva al oxígeno y al dióxido de carbono, además de proveer una matriz de soporte estructural.

2.3.7 PROPIEDADES ANTIMICROBIANAS DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

La calidad y la seguridad son objetivos primordiales de la industria de los alimentos. Debido a la preferencia de los consumidores por alimentos frescos y mínimamente; Pranoto, Salokhe y Rakshit (2005), se han planteado nuevos desafíos. En particular, el control de las enfermedades causadas por microorganismos (hongos, bacterias y levaduras) ha originado la búsqueda de nuevos compuestos que eviten la contaminación de los alimentos durante la manipulación y el almacenamiento procesados (Badawy y Rabea, 2009).

Para la selección de un antimicrobiano, debe ser considerada la eficacia contra el tipo de microorganismo de interés y las posibles interacciones entre los antimicrobianos y otros componentes de los alimentos presentes. Estas interacciones pueden modificar la actividad del antimicrobiano y las características de la matriz siendo estos factores importantes para el desarrollo de las películas y recubrimientos a base de biopolímeros (Campos et al., 2011).

La adición de agentes antimicrobianos en recubrimientos ha permitido reducir el ataque de patógenos en frutos enteros (Valencia-Chamorro, Palou, Del Río, y Pérez-Gago, 2011), en vegetales frescos, cortados y listos para su consumo (Sanchís et al., 2016), y en otros como productos cárnicos (Cagri et al., 2004). Comúnmente se han usado antimicrobianos como el ácido benzoico, ácido sórbico, lactoferrina, metabolitos secundarios derivados de plantas como aceites esenciales y fitoalexinas (Avena-Bustillos y McHugh, 2012; Valencia-Chamorro et al 2011).

Para algunas aplicaciones, una rápida liberación de antimicrobianos es necesaria para controlar el crecimiento microbiano en los alimentos. Por el contrario, en otras aplicaciones, se requiere una liberación lenta a fin de asegurar un cierto nivel de retención en superficie como control de la contaminación externa. La determinación de la tasa de liberación junto con la evaluación de la actividad antimicrobiana a través del tiempo ayudan a optimizar el desarrollo de dichos recubrimientos (Campos et al., 2011).

2.4 CALIDAD

La calidad de los productos vegetales listos para consumir es el resultado de una combinación compleja de atributos. Algunos relativos a la calidad organoléptica como son la apariencia, la textura, el olor y el sabor, y otros relativos a la calidad nutricional y a la seguridad alimentaria (Francis et al., 2012).

Los síntomas del deterioro de estos productos incluyen alteraciones del color, aparición de pardeamientos oxidativos en las superficies cortadas, flaccidez como resultado de la deshidratación y pérdidas del valor nutricional. Por otra parte, estos tejidos vegetales son un buen sustrato para los microorganismos, incluyendo tanto especies alterantes como especies patógenas. Entre estas últimas las más preocupantes son *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* sobre todo O157:H7, y *Salmonella spp.*

2.4.1 CONDICIONANTES DE LA CALIDAD DE FRUTAS Y HORTALIZAS DE IV GAMA

Apariencia fresca, textura aceptable, buen sabor y olor, seguridad microbiológica y vida útil suficientemente larga que permita incluir al producto dentro de un sistema de distribución, son algunos de los requisitos para que un producto sea considerado de calidad. Si alguno de estos requisitos no se cumple o se encuentra por debajo de los valores mínimos aceptables para cada parámetro, el producto pierde automáticamente su valor comercial. Factores como el cultivar, el estado de madurez al momento de la recolección, la manipulación postcosecha, el acondicionamiento de la materia prima, así como las condiciones de

almacenamiento del producto terminado, son algunos de los que intervienen directamente en la calidad final de los productos frescos cortados.

A. CULTIVAR Y PRÁCTICAS PRE-RECOLECCIÓN

Cada cultivar confiere distintos atributos de calidad al alimento, tales como color, sabor, olor, textura y valor nutritivo. De allí que resulte especialmente importante una adecuada selección del cultivar que se va a procesar con el fin de obtener productos aceptables por los consumidores.

Además del cultivar, hay que tener en cuenta una serie de factores involucrados en el momento de la recolección. Los productos vegetales deben recolectarse sanos para evitar los daños mecánicos durante la manipulación y el procesado, además limitar el posterior crecimiento microbiano.

La estación del año en la que se recolectan los productos vegetales también juega un rol importante, ya que la modificación de las condiciones climáticas (temperatura, humedad relativa, etc.) afecta directamente a los frutos.

B. ESTADO DE MADUREZ Y FISIOLÓGICO DEL VEGETAL

La maduración se considera como un complejo fenómeno de diferenciación bioquímica controlado esencialmente por cuatro mecanismos reguladores: a) un aumento de la síntesis de enzimas y ácidos nucleicos; b) la regulación de sistemas enzimáticos; c) cambios de permeabilidad en membranas y en la ultra estructura celular, y d)

una modificación de los mecanismos hormonales (Romojaro et al., 1996). Durante la maduración se produce una mayor producción de etileno y la tasa de respiración aumenta. El etileno parece ser responsable de la síntesis de enzimas involucradas en cambios físicos, químicos y metabólicos en los tejidos vegetales que tienen una importante influencia en las características sensoriales relacionadas con el sabor y la firmeza del fruto. Según Soliva-Fortuny, Oms y Martín-Belloso (2002), en rodajas de manzana y pera fresca cortada, la producción de etileno fue dos veces superior en la fruta procesada en un estado de madurez intermedio en comparación con la más madura.

Es aconsejable realizar la recolección antes de que se alcance la plena madurez organoléptica, ya que así la textura es más firme y se minimizan los daños mecánicos durante la manipulación. No debe olvidarse que una recolección demasiado anticipada al punto óptimo de cosecha, pone en juego características tan importantes en estos productos como sabor, olor y color. Según Beaulieu, Ingram, Lea y Bett-Garber (2004), los atributos sensoriales detectados en melón fresco cortado procesado en un estado de madurez precoz eran menos intensos que en melón de madurez más avanzada. Por el contrario, un retraso en la recolección implica una mayor actividad fisiológica, mayor sensibilidad a los daños mecánicos y a determinadas alteraciones fisiológicas, así como crecimiento fúngico (Alique y Alzamora, 2000).

C. MANIPULACIÓN Y CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO POST-COSECHA

La determinación del momento óptimo de madurez, así como el mantenimiento de sus propiedades sensoriales durante las diferentes etapas de la post-recolección, es imprescindible para satisfacer las necesidades del consumidor.

Independientemente del tipo de materia prima que se quiera transformar, ésta debe ser manipulada con especial cuidado con el propósito de causar el menor daño posible a los tejidos, evitando desórdenes fisiológicos del vegetal, así como la proliferación microbiana que repercuten directamente en la pérdida de calidad del producto.

D. ACONDICIONAMIENTO DEL PRODUCTO

Cada etapa del proceso de elaboración juega un papel significativo en los mecanismos de alteración del producto. Inicialmente hay que tener en cuenta que existe una evidente diferencia entre un producto vegetal entero y uno cortado, principalmente en términos fisiológicos y de requerimientos en el momento de su manipulación.

Entre las operaciones unitarias, el pelado y troceado constituyen etapas críticas que tienen una influencia determinante en la calidad del producto final y que por lo tanto deben llevarse a cabo produciendo el mínimo daño posible al tejido, ya que la rotura de éste por el corte supone un incremento de la respiración y transpiración

que conducen a un rápido deterioro del producto, con la consecuente pérdida de sus características sensoriales y nutricionales originales.

Una de las principales reacciones bioquímicas que ocurren es la alteración del color debido al pardeamiento enzimático, en el que los compuestos fenólicos son oxidados hasta quinonas mediante reacciones catalizadas por enzimas denominadas genéricamente polifenoloxidasas (PPO).

La pérdida de firmeza, debida principalmente a la acción de enzimas proteolíticas y pectolíticas sobre los componentes de la pared celular, es otro cambio muy evidente del deterioro de la calidad. Las células dañadas por el corte liberan estas enzimas que se difunden hacia el interior de los tejidos.

E. CONDICIONES HIGIÉNICAS DURANTE EL PROCESADO

Aunque las condiciones higiénicas de la materia prima original tienen un impacto importante en la calidad final del producto, también hay que tener en cuenta el grado de limpieza de las instalaciones de procesado, así como la temperatura a la cual se está trabajando. Durante las operaciones de transformación de los productos vegetales se liberan hacia el exterior sustancias ricas en nutrientes, propiciando condiciones idóneas para el crecimiento microbiano; por lo que la maquinaria empleada para el pelado y troceado del producto debe ser de acero inoxidable y dotada de un sistema que permita la limpieza en profundidad de aquellas zonas

donde el acceso sea difícil, ya que la dificultad de acceso permite la acumulación de restos del alimento procesado.

Al personal que trabaja en esta área se le debe exigir el cumplimiento de normas estrictas de higiene, tales como el uso de una vestimenta de trabajo perfectamente limpia (gorros, guantes, tapa boca, batas de trabajo, etc.), no ingerir ningún tipo de alimentos en esa área, así como el acceso restringido exclusivamente al personal que allí trabaje. En este sentido, la aplicación y cumplimiento de buenas prácticas de procesamiento se hacen indispensables en la obtención de un producto de calidad.

F. TIPO Y CONDICIONES DE ENVASADO

Los envases deben estar fabricados con materiales bromatológicamente aptos de conformidad con la normativa vigente para envases en general, adecuados para las condiciones de almacenamiento previstas y que confieran al producto una protección adecuada. Además debe cumplir con estándares de calidad en cuanto a resistencia a manipulación, impermeabilidad a sustancias grasas, no cesión de olores, sabores y colores (López et al., 2017).

Por otro lado, la modificación de la composición atmosférica puede reducir el crecimiento de algunos grupos microbianos, especialmente de los microorganismos aerobios, pero puede favorecer el desarrollo de bacterias ácido-lácticas, que en ausencia de microflora competitiva puedan dar lugar a olores y sabores desagradables.

G. TEMPERATURA DURANTE EL PROCESO DE ELABORACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN

Es importante un control adecuado de la temperatura resulta indispensable para la optimización del material plástico empleado en el envasado, ya que de ello depende la difusión de los gases a través de las distintas películas plásticas utilizadas. Las temperaturas bajas minimizan las diferencias de respiración entre un producto cortado y uno entero, retardando además el crecimiento microbiano (Cantwell y Suslow, 2002).

Aunque está comprobado que el uso de bajas temperaturas es necesario en productos frescos cortados, debe tomarse especial precaución con aquellos vegetales que puedan ser sensibles a los daños por frío.

2.4.2 MECANISMOS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DE UN PRODUCTO DE IV GAMA

Se debe definir e implantar un sistema de control de calidad aplicado a:

- a) materias primas;
- b) el producto intermedio o terminado;
- c) los procesos de fabricación;
- d) el entorno;

Que sirva para comprobar la seguridad, idoneidad y el cumplimiento de las especificaciones.

Las temperaturas de los recintos de almacenamiento, manipulación y transformación, en su caso las del agua de lavado, y las de producto en proceso deben asegurar el logro de los criterios de seguridad y calidad.

Se debe asegurar que todo producto no conforme que no cumpla las especificaciones se aísle y se identifique claramente. Deben existir procedimientos claros para el control del material no conforme, incluyendo el rechazo, la aceptación por concesión, o la reclasificación para un uso alternativo, los cuales deben ser comprendidos por todo el personal autorizado. Se debe disponer de un procedimiento de retirada del producto del mercado, operativo en todo momento. Deben implementarse medidas correctivas para evitar la reaparición de no conformidades, y conservarse documentación adecuada sobre la acción tomada.

Se debe disponer de procedimientos escritos que especifiquen la periodicidad y exactitud con que se deben verificar los instrumentos de medida empleados para comprobar la adecuación a los parámetros especificados. Estos procedimientos deben establecer los registros que deben quedar de estas verificaciones (FEPEX, 2010).

2.5 VIDA ÚTIL

La vida útil de un alimento es el periodo de tiempo que transcurre entre la producción o envasado del producto alimenticio y el punto en el cual el alimento pierde sus cualidades físico-químicas y organolépticas. La vida útil es establecida por cada empresa alimentaria (ELIKA, 2013).

La mayoría de las frutas y hortalizas frescas son catalogadas como productos perecederos, por la tendencia inherente a sufrir deterioro fisiológico, presencia de infecciones o enfermedades o por el ataque de plagas. La frecuencia de estas alteraciones se incrementa en la medida que el manejo de la fruta u hortaliza no es el adecuado (Alfárez, Agusti y Zacarías, 2003).

A la hora de alargar la vida útil de un producto, debemos ser conscientes de que todos los alimentos se estropean y lo hacen de modo distinto y con diferente ritmo. Incluso en los casos excepcionales como el queso o el vino, en los que la aceptación del producto mejora con el almacenamiento (maduración/crianza), su calidad se deteriora sin excepción una vez superado su punto óptimo de calidad.

La vida de anaquel de un producto depende básicamente de su formulación, de la naturaleza química de sus componentes, del proceso al que fue sometido, de su material de envase y /o empaque y sobretodo de las condiciones ambientales (humedad, temperatura, luz) con las que se almacena en el lugar de su elaboración, en su cadena de distribución, en los puntos de venta y en el anaquel del consumidor (Fennema, 2008).

Debido a los avances realizados en las tecnologías de envasado, muchos productos pueden tener más vida útil de la que tienen reconocida oficialmente. La cuestión es que se deben valorar, a la luz de las nuevas evidencias científicas, los periodos de vida útil, pero siempre garantizando la máxima protección del consumidor, teniendo presente que sólo deben ampliarse las fechas de caducidad cuando estudios científicos sólidos demuestren que no existe riesgo (Caracuel, 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Composición y Análisis de Productos Agroindustriales, el Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial y la Planta Piloto de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 Materia Prima

Las experiencias se realizaron utilizando rabanitos de la variedad Varda y el aloe vera provenientes del valle de Santa, adquiridos en el distrito de Chimbote, provincia del Santa en el departamento de Ancash.

Los rabanitos fueron seleccionados teniendo en cuenta los criterios de frescura en la materia prima, madurez aparente (color observado, textura al tacto, tamaño) corroborando que vinieran del mismo lote, libre de daños físicos, enfermedades e insectos.

El aloe vera fue seleccionado teniendo en cuenta el estado de madurez semejante, libre de daños físicos, libre de pudriciones, enfermedades e insectos. El gel obtenido presentó una humedad de $99.415 \pm 0.062\%$, un pH de 4.285 ± 0.093 , sólidos solubles totales de 0.267 ± 0.115 °Brix, y una acidez titulable de $0.049 \pm 0.005\%$ (en base al ácido málico).

3.2.2 Insumos

- Aceite de Rosa Mosqueta 100% Extracto Natural. Derma Rosé.
- Glicerina líquida. ERZA®.
- Lecitina de soya granulada Lecitiva.

3.2.3 Reactivos

- Hipoclorito de Sodio al 5% Marca Clorox.
- Hidróxido de sodio al 0.1 N. Marca: Merck
- Hidróxido de potasio al 9%. Marca: Merck
- Hidróxido de Bario al 0.1 N. Marca: Merck
- Ácido Oxálico al 0.4 % y 0.1 N. Marca: Merck
- Ácido ascórbico al 0.1%. . Marca: Merck
- Colorante 2, 6-diclorofenolindofenol. . Marca: Merck
- Fenolftaleína al 0.1%. Marca: Riedel-deHaen
- Buffer 4.01, 7.0, 10.01
- Agua destilada

3.2.4 Materiales

- Canastilla
- Pera de Succión
- Pinzas de madera
- Gradilla
- Espátula
- Soporte Universal
- Cuchillos

- Colador
- Frasco de almacenamiento o reactor
- Mangueras de látex
- Balde Hermético con tapa de 8 L
- Platos descartables
- Vasos descartables
- Bandejas de acero inoxidable

3.2.5 Materiales de Vidrio

- Pipetas de 1, 5 y 10 ml
- Tubos de ensayo
- Vasos de precipitación
- Probeta de 50 y 100 ml
- Bureta de 25 ml
- Fiolas de 250 ml, 500 ml y 1000 ml
- Mortero con pilón
- Crisol
- Varilla
- Placa Petri
- Termómetro de Mercurio. Rango de -10°C a 110°C.

3.2.6 Materiales de Empaque

- Clamshell 3535-160 TDV. Dimensiones: 106 mm x106 mm x53 mm

3.2.7 Equipos

- Equipo de Baño María. – Marca: AquaBath™
- Batidora Oster 2601 Con Tazón De Metal con 02 aspas.
- Tanque. – Modelo: T80/EV
- Centrífuga CET – 50X
- Rodajadora RFT – 200X
- Refrigeradora con Inverter Linear Compressor y 601 L de capacidad
- Estufa POL – EKO APARATURA
- Mufla Thermolync Subsidiary of SIBRON – Type 1300 Furnace
- Balanza analítica. Marca: PRECISA GRAVIMETRICS AG. -
Modelo: LX 220A SCS. Capacidad 0 – 220 g, sensibilidad aprox.
0.0001g.
- Balanza de precisión. - Marca: PRECISA GRAVIMETRICS AG. -
Modelo: XB 2200C. Capacidad 0 – 2220 g, sensibilidad aprox. 0.01g.
- Analizador de Textura. Marca BROOKFIELD. - Modelo CT3 4500.
Rango de carga de la célula: 4.5kg o 4500g.
- Colorímetro. Marca KÓNICA-MINOLTA. - Modelo CR – 400/410.
- Bomba Oxigenador de acuario
- Centrífuga Refrigerada Sigma 4 -16KS
- Multimodal Synergy H1 Hybrid Multi-Mode Reader
- Refractómetro de mano. Marca ATAGO N-1 α , °Brix 0 – 32%
- pH-Metro Multiparámetro. – Marca: Thermo Scientific Orion VERSA
STAR Multi-Parameter

3.3 MÉTODOS DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

3.3.1 Análisis Fisicoquímicos de la Materia Prima y Producto Final

3.3.1.1 Humedad (%)

Se determinó por pérdida de peso por evaporación del agua, mediante el método 926.08 de la AOAC (2005).

3.3.1.2 Cenizas (%)

Se determinó por gravimetría de acuerdo a la AOAC 923.03 (2005).

3.3.1.3 Pérdida de Peso (%)

Se determinó gravimétricamente, con una balanza analítica y se expresó como porcentaje de pérdida de peso respecto al peso inicial.

3.3.1.4 Textura (mJ)

Se determinó mediante compresión utilizando un Analizador de Textura con una probeta cilíndrica de 5 mm de diámetro, a una velocidad de penetración de 0.5 mm/s.

3.3.1.5 Color

Se determinó mediante la medición de coordenadas de color según CIE (1986) L^* a^* b^* .

3.3.1.6 Tasa de Respiración (mg CO₂/Kg.hr)

Se determinó por el método volumétrico de las trampas de hidróxido mediante el montaje de un Respirómetro.

3.3.1.7 Vitamina C (mg/100g)

Se determinó por espectrofotometría por el Método colorimétrico del 2,6-diclorofenol-indofenol (AOAC, 1990).

3.3.1.8 Sólidos solubles totales (°Brix)

Se determinó por refractometría en base al método AOAC 932.12 (2005).

3.3.1.9 Acidez Titulable (%)

Se determinó por volumetría (% ácido málico) en base al método 10.026 de la AOAC (1984).

3.3.1.10 pH

Se determinó mediante el uso de un potenciómetro de acuerdo a la AOAC 981.12 (2005).

3.3.2 Análisis Sensorial

Se realizó mediante un análisis descriptivo cuantitativo. Se evaluó las características de color, olor, textura y sabor (con acompañamiento para ensalada de zumo de limón y sal). Este análisis fue realizado por 30 panelistas semi-entrenados, a los que se les entregó una ficha de evaluación (Anexo 3). Se utilizó un laboratorio de Análisis sensorial de la Planta Piloto con una cabina individual para cada

participante. Las muestras fueron etiquetadas con códigos aleatorios de tres dígitos, y el orden de la muestra fue al azar.

Durante la evaluación, los panelistas aclararon sus paladares con agua a temperatura ambiente entre muestras. La calificación de cada característica se basó en una escala de cinco puntos, con 5 = Me gusta mucho (muy característico de la fruta), 4 = Me gusta ligeramente, 3 = ni gusta ni disgusta (límite de aceptación de los consumidores), 2 = Me disgusta ligeramente y 1 = Me disgusta mucho (no característico del producto).

3.3.3 Vida útil

La vida útil fue determinada para el mejor tratamiento. Se evaluaron a los rabanitos sensorialmente mediante una prueba de aceptabilidad general con una escala hedónica de siete puntos, que va desde 7 = Me gusta extremadamente a 1 = Me disgusta extremadamente. Participaron 10 panelistas semi-entrenados, a los que se les entregó una ficha de evaluación (Anexo 5).

Los resultados obtenidos de dicha prueba fueron tratados por el método desarrollado por Graybill y Bowden y así se determinó el tiempo de vida útil.

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.4.1 Descripción del Proceso para la Obtención de los rabanitos mínimamente procesados y recubiertos con mezcla del Gel de Aloe Vera y Aceite de Rosa Mosqueta

La obtención del rabanito mínimamente procesado se realizó de acuerdo al siguiente diagrama de flujo:

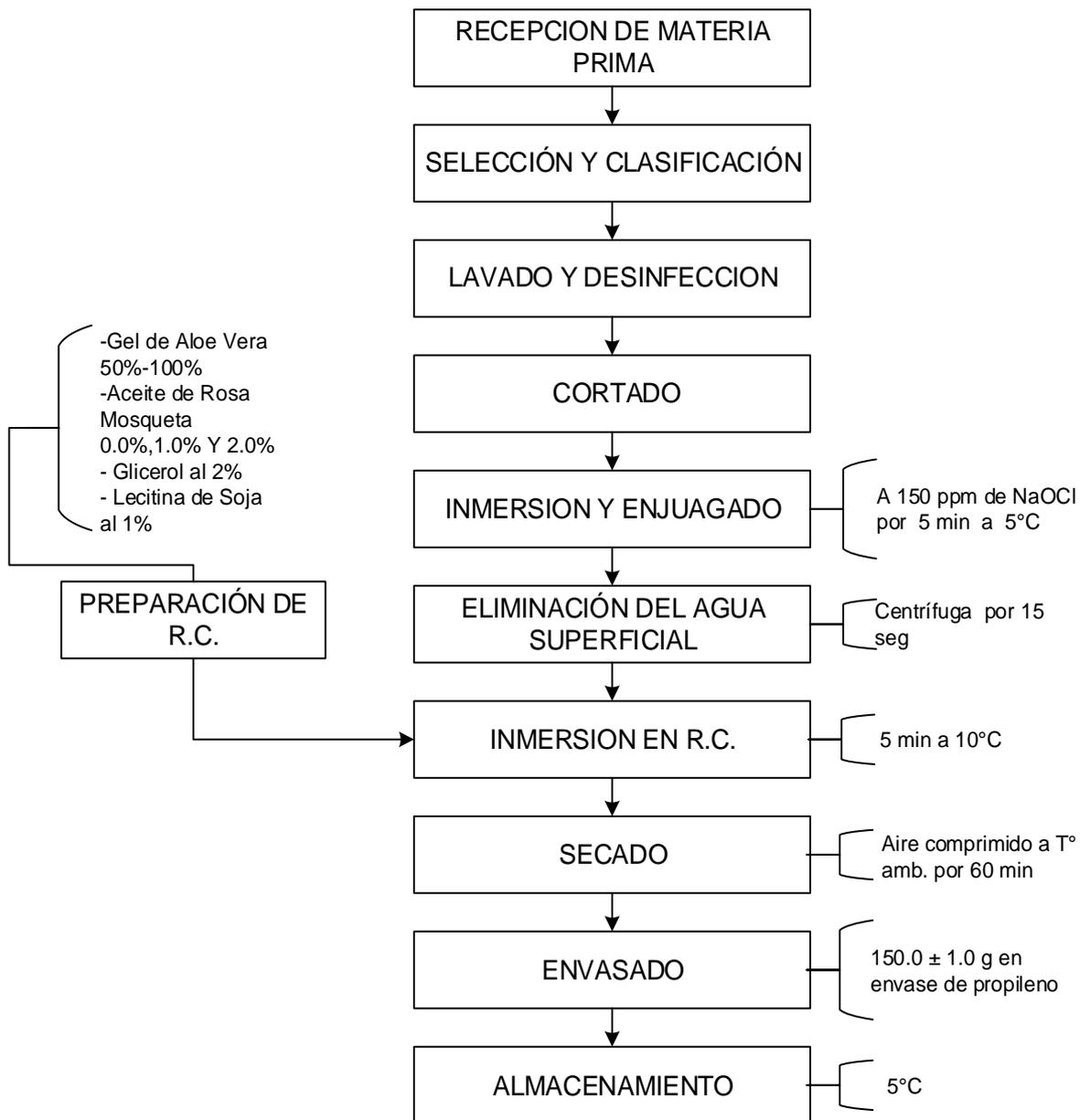


Figura 28: Diagrama de Flujo tentativo para la obtención del rabanito mínimamente procesado

3.4.1.1 Materia Prima

La materia prima fue adquirida del mercado 02 de mayo de la ciudad de Chimbote, la cual provenía del valle del Santa. El principal criterio que se tomó en cuenta fue obtener la materia prima fresca, con estado de madurez semejante, libre de daños, enfermedades e insectos.

3.4.1.2 Recepción

La materia prima fue recepcionada en el Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Escuela de Ingeniería de Agroindustrial. Luego la materia prima se almacenó por 02 horas en refrigeración a una temperatura de 10°C, con el fin de reducir los procesos metabólicos así como la transpiración, como para conseguir una menor pérdida de agua antes de entrar al proceso de recubrimiento.



Figura 29: Recepción de Materia Prima

3.4.1.3 Selección y Clasificación

Se descartaron los rabanitos que presentaron daños notorios e indeseables para el proceso. Así mismo, se agrupó la materia prima en base a las propiedades físicas como color, tamaño y forma con el fin de uniformizar la materia prima para estandarizar todas las operaciones del proceso.

3.4.1.4 Lavado y Desinfección

Los rabanitos fueron lavados con agua corriente para eliminar la materia orgánica y otras impurezas del producto. Luego se llevó a cabo la desinfección sumergiendo los rabanitos en agua con 200 ppm de cloro activo durante 10 minutos a 15°C para reducir el contenido microbiano inicial del producto y eliminar residuos de pesticidas.



Figura 30: Lavado y Desinfección

3.4.1.5 Cortado

Los rabanitos seleccionados para el procesamiento mínimo se someten al cortado del pedúnculo con el uso de un cuchillo afilado, separando la parte comestible del rabanito (bulbo). Luego los rabanitos se cortaron en una Rodajadora Industrial a fragmentos de 2 mm de espesor.



Figura 31: Cortado

3.4.1.6 Inmersión en agua clorada a 5°C

Los rabanitos cortados en rodajas se sumergen en agua a 150 ppm por 5 min a 5°C para enfriar y retirar el jugo celular resultante de los cortes. Después de ello, se sumergen en agua a 3 ppm de cloro activo durante 1 min a 10°C y se elimina el exceso de cloro.



Figura 32: Inmersión en agua a 5°C

3.4.1.7 Eliminación del agua superficial

Después, los rabanitos mínimamente procesados se colocaron en una centrifuga durante 1 min (Batch 10 Kilos* 15 segundos), eliminando el exceso de agua del producto.



Figura 33: Eliminación del agua superficial mediante centrifuga industrial

3.4.1.8 Preparación y aplicación de los recubrimientos comestibles

– Extracción del Gel de Aloe Vera:

Para obtener la pulpa (gel) las hojas de Aloe vera se lavaron con agua y el hipoclorito de sodio al 2% para eliminar la suciedad de la superficie. Después, la aloína (un líquido de color amarillo) fue extraída mediante la reducción de la base de las hojas. La pulpa se separó cuidadosamente del parénquima con un cuchillo. El gel fue almacenado a 10°C hasta su posterior uso.



Figura 34: Extracción del Gel de Aloe Vera

– Preparación del Recubrimiento a base de Gel Aloe Vera y Rosa Mosqueta

Se preparó el recubrimiento siguiendo las condiciones en la Tabla 5, disolviendo las concentraciones del aceite de rosa mosqueta en 1.0% de lecitina de soya (surfactante) y luego añadiendo al gel mucilaginoso de aloe vera diluida en agua homogenizando por espacio de 5

minutos, con adición de 2.0% p/p de glicerol como plastificante.



Figura 35: Preparación de Recubrimientos comestibles

– **Aplicación del Recubrimiento comestible**

La técnica de aplicación utilizada fue la inmersión, Las rodajas de rabanitos fueron sumergidos, en cada una de la soluciones, por espacio de 5min.



Figura 36: Aplicación de Recubrimientos comestibles

Cuadro 5: Matriz de diseño del experimento

Corrida	Concentración del Gel de Aloe Vera	Concentración de Aceite de Rosa Mosqueta	Pérdida de Peso	Textura	Color	Tasa de Respiración	Contenido de Vitamina C	Sólidos Solubles Totales	Acidez Titulable	pH
	%	%	%	mJ		CO₂/Kg.hr	mg/100g	°Brix	%	
1	100	2								
2	100	1								
3	50	0								
4	50	1								
5	50	2								
6	100	0								
7	100	1								
8	100	0								
9	50	1								
10	50	0								
11	100	2								
12	50	2								
13	100	2								
14	50	1								
15	50	2								
16	50	0								
17	100	1								
18	100	0								

3.4.1.9 Secado

Se colocaron los rabanitos con los recubrimientos comestibles en bandejas de acero inoxidable y se secaron mediante aire comprimido a temperatura ambiente por 20 min.



Figura 37: Secado de rabanitos con recubrimientos comestibles

3.4.1.10 Pesado y Envasado

Luego se procedió a pesar 150.0 ± 1.0 g de los rabanitos mínimamente procesados y se colocaron en clamshell de cierre hermético.



Figura 38: Pesado y envasado de rabanitos mínimamente procesados

3.4.1.11 Almacenamiento

Los rabanitos envasados fueron almacenados a 5°C de temperatura por 16 días. La variación de la temperatura se consideró despreciable ya que la refrigeradora fue utilizada exclusivamente para la presente investigación.

Durante el almacenamiento se evaluarán los parámetros fisicoquímicos: Pérdida de Peso, Textura, Color, Tasa de Respiración, Vitamina C, sólidos solubles totales, Acidez Titulable y pH.



Figura 39: Almacenamiento de rabanitos mínimamente procesado con recubrimientos comestibles a 5°C.

3.5 MÉTODO ESTADÍSTICO

Se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS centurión XVI.I, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para establecer si existía diferencia significativa entre las medias y se estudió si los valores de las variables dependientes dependen de los niveles de los factores o de la interacción entre ambas.

El diseño estadístico que se empleó para evaluar el efecto en la vida útil del rabanito (*Raphanus sativus* L.) de la variedad Varda mínimamente procesada, con recubrimiento comestible a diferentes concentraciones de Gel de Aloe Vera y Aceite de Rosa Mosqueta, almacenada en refrigeración a 5°C de temperatura.

La metodología que se utilizó fue de diseño Factorial Multinivel 2x3 con 03 repeticiones el cuál estudiará los efectos de 02 factores en 18 corridas. El orden de los experimentos ha sido completamente aleatorizado. Esto aportará protección contra el efecto de variables ocultas. Los resultados que se obtendrá serán evaluados estadísticamente a fin de determinar las diferencias significativas entre ellas. Teniendo como variables independientes y respuestas las siguientes:

- **Variables Independientes:** [] del Gel de Aloe Vera y [] del Aceite de Rosa Mosqueta
- **Variables Respuestas:** Pérdida de Peso, Textura, Color, Tasa de Respiración, Vitamina C, Sólidos Solubles Totales, Acidez Titulable, pH.

Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para saber si existen diferencias en los parámetros sensoriales entre los rabanitos de IV gama con diferentes tipos de recubrimiento a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta.

IV.RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Caracterización de la materia prima

La materia prima utilizada para las unidades experimentales fue el rabanito de la variedad Varda que no presentaron picaduras, golpes, manchas, algún grado de infestación u otra característica que afecte la calidad del producto.

Cuadro 6: Características Fisicoquímicas del rabanito Varda

ANALISIS FISICO-QUIMICO	CANTIDAD
Rendimiento (%)	74.10 ± 1.26
Humedad (%)	93.20 ± 0.27
Cenizas (%)	0.324 ± 0.023
Peso (g)	194.07 ± 18.13
Textura (mJ)	31.74 ± 2.69
	L* = 44.17 ± 0.96
Color de cáscara	a* = 38.51 ± 5.02
	b* = 13.93 ± 2.04
	L* = 87.24 ± 2.61
Color de pulpa	a* = -1.73 ± 0.67
	b* = 9.82 ± 0.72
Tasa de Respiración (mg CO₂/kg.hr)	35.34 ± 3.87
Vitamina C (mg Vit C/100g)	15.35 ± 3.56
Sólidos Solubles Totales (°Brix)	3.17 ± 0.22
Acidez Titulable (% , ácido málico)	0.0544 ± 0.0013
pH	5.92 ± 0.094

En el Cuadro 6, se muestran las características fisicoquímicas del rabanito Varda fresco, antes de ser sometidas con recubrimientos comestibles.

El rendimiento de la materia prima luego de haber sido lavado y pelado fue de $74.10 \pm 1.26\%$, el cual es comparable a lo reportado por Incedayi et al. (2010), quienes obtuvieron un rendimiento de 74.0%.

La humedad del rabanito fue de $93.2 \pm 0.27\%$ la cual es ligeramente mayor a la reportada por Goyeneche et al. (2015) quienes obtuvieron $89.5 \pm 0.98\%$ para el rabanito rojo, esta diferencia se puede atribuir a que las muestras pertenecen a una variedad distinta.

El contenido de cenizas del rabanito fue de $0.324 \pm 0.023\%$ el cual es ligeramente menor a los datos reportados Goyeneche et al. (2015) quienes obtuvieron $0.77 \pm 0.07\%$ para el rabanito rojo, esta variación se debe a que las muestras pertenecen a diferentes variedades.

Los parámetros cromáticos para la pulpa del rabanito fresco (materia prima) fueron $L^* = 87.243 \pm 0.36$, $a^* = -1.73 \pm 0.169$ y $b^* = 9.82 \pm 0.65$. El valor de L^* era alto, que era consistente con la apariencia visual de las rebanadas. Se observó además que el parámetro a^* tenía un valor muy cercano a cero. El valor b^* fue positivo, lo que indica una tendencia hacia el amarillo, que no fue percibida por el humano ojo. Estos valores son relativamente mayores a los datos reportados por Saavedra et al., (2008) quienes obtuvieron los parámetros: $L^* = 74.54$, $a^* = -0.55$, $b^* = 3.9$ para el rabanito Giant Crimson; esta diferencia se atribuye a que las muestras pertenecen a variedades distintas.

La tasa de respiración del rabanito fue de 35.34 ± 3.87 (mgCO₂/kg.hr) la cual es ligeramente mayor a la reportada por (Saavedra, 2004) quien obtuvo 40.61 mg CO₂/kg.hr para el rabanito Crimson Giant, la cual es ligeramente mayor a la obtenida.

El contenido de Vitamina C (ácido ascórbico) fue de 15.35 ± 5.56 mg/100g, el cual es comparable a lo reportado por Goyeneche et al. (2015) quienes establecieron una cantidad de ácido ascórbico de 16.59 ± 0.29 mg / 100 g para el rabanito rojo.

El contenido de sólidos solubles totales en el rabanito fue de 3.17 ± 0.22 °Brix, el cual es ligeramente menor a los datos reportados por Ayub, Spinardi y Gioppo (2013) que establecieron 3.43 °Brix para el rabanito Crimson Giant.

La acidez titulable del rabanito fue de $0.0544 \pm 0.0013\%$ (en base al ácido málico) el cual es comparable a lo reportado por (Saavedra, 2004) que establece una cantidad de 0.050 % para el rabanito Crimson Giant.

El pH para el rabanito fue de 5.92 ± 0.094 el cual es ligeramente mayor al reportado por Montero et al. (2015) quienes obtuvieron una cantidad de 5.7 debido al tipo de variedad y/o índice de madurez.

4.2 Evaluación del rabanito de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en la pérdida de peso durante el almacenamiento.

En el Gráfico 1 se ilustra el porcentaje de pérdida de peso en los rabanitos recubiertos de IV gama durante el almacenamiento.

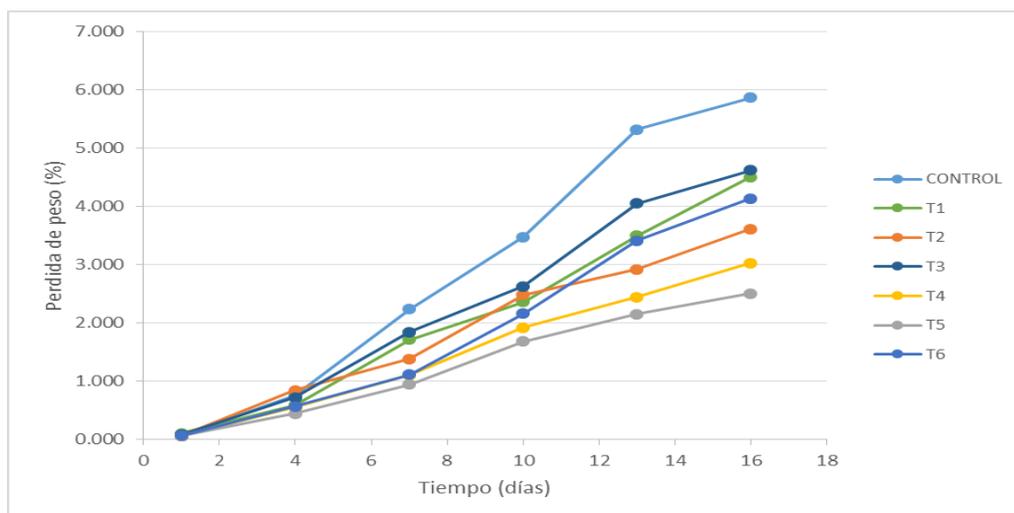


Gráfico 1: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre la pérdida de peso de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días.

Teniendo en cuenta que T1 es 100% de AV y 2% de RM; T2, 100% de AV y 1% de RM; T3, 50% de AV y 0% de RM; T4, 50% de AV y 1% de RM; T5, 50% de AV y 2% de RM y T6, 100% de AV y 0% de RM.

En el Gráfico 1, se observa que la pérdida de peso presentó un comportamiento creciente durante toda la etapa de almacenamiento, se encontró que el tratamiento que presentó menor pérdida de peso fue el T5 (AV 50% y RM 2%) con 2.15% de merma y el que presentó mayor pérdida de peso fue el Control con 5.325% de merma para el día 13 de almacenamiento.

Según Ramana et al. (2016), la pérdida de peso en muestras control de rabanito tiende a aumentar cuando se compara con muestras recubiertas, ya que el recubrimiento comestible a base de alginato de sodio actuó como barrera de vapor de agua durante todo el período de almacenamiento.

La pérdida de peso del rabanito se relaciona principalmente con la evaporación de la humedad y la respiración a través de la piel. La tasa de pérdida de agua depende del gradiente de presión del agua entre el tejido de la fruta u hortaliza, la atmósfera circundante y la temperatura de almacenamiento y algún proceso de oxidación (Hernandez-Munoz, 2008).

El análisis de varianza, Cuadro 7, muestra que el tiempo de almacenamiento y los tratamientos con RC a base de AV y RM tienen un efecto significativo a un nivel de confianza del 95% sobre el porcentaje de pérdida de peso en los rabanitos de cuarta gama.

Cuadro 7: Análisis de varianza para la Pérdida de Peso de los rabanitos de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta durante el almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tiempo de Almac.	182.57	5	36.514	281.02	*0.0000
B:Tratamientos	13.0551	5	2.61101	20.10	*0.0000
RESIDUOS	12.6034	97	0.129932		
TOTAL (CORREGIDO)	208.229	107			

Saavedra et al., (2006b) reportaron que la pérdida de peso aumentó como una función del tiempo de almacenamiento y la temperatura, pero no aumentó en función del tipo de corte. A 1°C y 5°C, la pérdida de peso fue 2-3% al final de los 10 d de almacenamiento, mientras que a 10°C la pérdida de peso fue de aproximadamente 5%.

La prueba de Tukey HSD para el porcentaje de pérdida de peso en los rabanitos se presenta en el Cuadro 8, esta prueba demostró que existió efecto significativo denotado por la formación de subgrupos.

Cuadro 8: Prueba de Tukey HSD para la Pérdida de Peso de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
AV50 : RM2	18	1.29558	0.0849614	X
AV50 : RM1	18	1.51776	0.0849614	X
AV100 : RM1	18	1.88183	0.0849614	X
AV100 : RM0	18	1.90744	0.0849614	X
AV100 : RM2	18	2.12769	0.0849614	XX
AV50 : RM0	18	2.32583	0.0849614	X

En el Cuadro 8 se observa mayor diferencia significativa entre T5 (50% de AV y 2% de RM) y el tratamiento T3 (50% de AV y 0% RM). Por otro lado, el T5 (50% de AV y 2% de RM) y T4 (50% de AV y 1% de RM) fueron los que presentaron menor pérdida de peso con una media de 1.2956% y 1.5178%, respectivamente.

Por otro lado, los tratamientos que presentaron mayor pérdida de peso fueron aquellos que no contenían RM en su composición, a excepción del T1 (100% de AV100 y 2% de RM).

4.2.1 Efecto del recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en rabanitos de IV gama en la pérdida de peso (%) después de 13 días de almacenamiento.

La descripción cuantitativa en la conservación del peso fue reportada mediante un modelo empírico como se muestra en el Cuadro 9. Donde las variables independientes fueron concentraciones AV y RM; cuya variable respuesta fue la variación del % de pérdida de peso.

Cuadro 9: Resultados de la pérdida de peso en los rabanitos de IV gama recubiertos para las diversas formulaciones

Formulación	Concentración del Gel de Aloe Vera %	Concentración de Aceite de Rosa Mosqueta %	Pérdida de Peso %
1	100	2	3.500 ± 0.13
2	100	1	2.920 ± 0.14
3	50	0	4.051 ± 0.11
4	50	1	2.447 ± 0.42
5	50	2	2.150 ± 0.15
6	100	0	3.416 ± 0.12

En el Cuadro 10, los resultados del análisis de la varianza presentan diferencia significativa para la concentración de AV y RM, respectivamente, la interacción y el exceso de RM.

Cuadro 10: Análisis de varianza para la Pérdida de peso de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Concentración de Aloe Vera	0.7041	1	0.704089	6.71	*0.0251
B:Concentración de Rosa Mosqueta	2.4661	1	2.46613	23.51	*0.0005
AB	2.9800	1	2.98003	28.41	*0.0002
BB	1.4240	1	1.42404	13.58	*0.0036
bloques	0.1560	2	0.0780056	0.74	0.4978
Error total	1.1539	11	0.104897		
Total (corr.)	8.8842	17			

El gel de AV tiene un contenido lipídico muy bajo, que varía de 0.07 a 0.42% dependiendo de las Aloe spp. y condiciones climáticas durante el ciclo de crecimiento (Zapata et al., 2013).

Por lo tanto, la barrera del gas y las propiedades hidrofóbicas de los revestimientos comestibles basados en AV pueden mejorarse con la adición de lípidos, ya que el aumento del contenido de lípidos en la composición de recubrimientos comestibles conduce a propiedades hidrofóbicas y eficacia de barrera más altas (Morillon et al., 2002).

En el Gráfico 2 se muestra la superficie de respuesta estimada para la conservación de pérdida de peso. Como podemos observar en la gráfica, la variación de pérdida de peso en el producto será inversamente proporcional a la variación de la concentración de gel de aloe vera. Mientras que para la concentración de aceite de rosa mosqueta vemos en forma de parábola llegando a su punto óptimo (menor pérdida de peso) a una concentración de 1.79%.

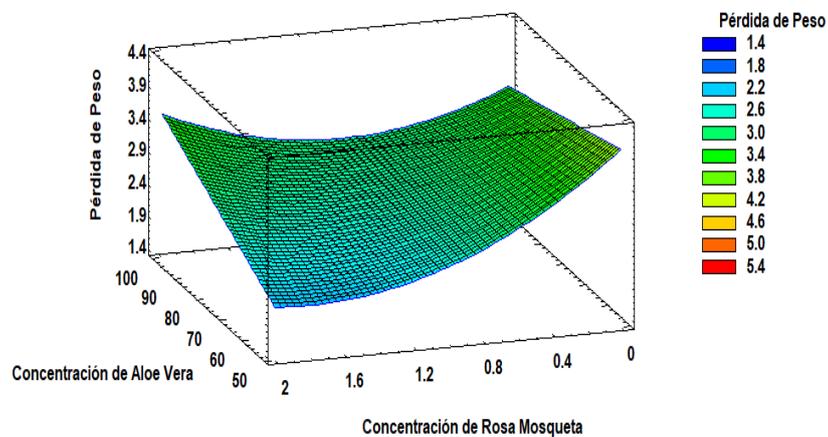


Gráfico 2: Superficie de Respuesta para la pérdida de peso de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento

4.3 Evaluación del rabanito de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en la variación de la Textura (mJ) durante el almacenamiento.

En el Gráfico 3 se muestra los valores de la textura en los rabanitos de IV gama con recubrimientos a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta durante el almacenamiento.

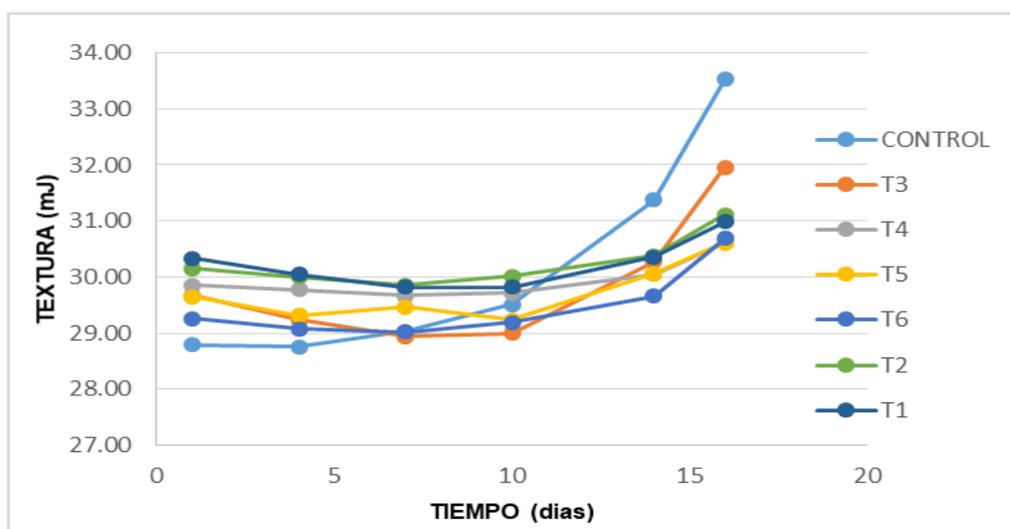


Gráfico 3: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre la textura de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días.

La textura presentó un comportamiento ligeramente constante, siendo el tratamiento T4 (AV 50% y RM 1.0%) que presentó una menor variación de la textura con 30.05 mJ y el que presentó mayor variación de la textura fue Control con 31.37 mJ después de 13 días de almacenamiento.

Chandra et al., (2018), encontraron un patrón variable de cambios de textura de la piel durante el almacenamiento mientras que la textura de la pulpa interna disminuyó ($P < 0.05$) en el primer día de evaluación y luego aumentado o disminuido o fluctuado (de manera significativa o

insignificante) hasta el final del almacenamiento. En general, la textura de la piel de las muestras desempaquetadas aumentó cuando el tiempo de almacenamiento avanzó, aunque se encontraron algunas excepciones.

Salerno et al., (2005), demostraron que la deshidratación causa cambios estructurales dramáticos en el rabanito como la formación de cavidades evidente principalmente en la muestra informada en la parte superior de la figura y la descomposición de la corteza externa. La clara reducción del volumen debido a la deshidratación es clara.

El Cuadro 11 contiene el análisis de varianza de la Textura (mJ) en los rabanitos de cuarta gama con recubrimiento comestibles a base de Gel de Aloe vera y Aceite de Rosa Mosqueta durante el almacenamiento.

Cuadro 11: Análisis de varianza para la Textura de los rabanitos de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta durante el almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tiempo de Almac.	31.0269	5	6.20538	18.81	*0.0000
B:Tratamientos	7.9495	5	1.5899	4.82	*0.0006
RESIDUOS	31.9962	97	0.329858		
TOTAL (CORREGIDO)	70.9726	107			

El análisis de varianza muestra que el tiempo de almacenamiento y los tratamientos con RC a base de AV y RM tienen un efecto significativo a un nivel de confianza del 95% sobre la textura (mJ) en los rabanitos de IV gama.

En el Cuadro 12 se muestran la prueba de Tukey HSD entre los tratamientos para la textura, esta prueba demostró que existió efecto significativo denotado por la formación de subgrupos.

Cuadro 12: Prueba de Tukey HSD para la Textura de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
AV100 : RM0	18	29.4811	0.135371	X
AV50 : RM2	18	29.7222	0.135371	XX
AV50: RM0	18	29.8439	0.135371	XX
AV50 : RM1	18	29.9478	0.135371	XX
AV100 : RM2	18	30.2261	0.135371	X
AV100 : RM1	18	30.2517	0.135371	X

Se puede observar diferencia significativa entre T6 (100% de AV y 0% de RM) con T1 (100% de AV y 2% de RM) y T2 (100% de AV y 1% de RM), siendo estos tratamientos los que presentaron mayor variación.

4.3.1 Efecto del recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en rabanitos de IV gama en la Textura (mJ) después de 13 días de almacenamiento.

Los resultados para la textura fue reportada mediante un modelo empírico como se muestra en el Cuadro 13.

Cuadro 13: Resultados de la Textura en los rabanitos de IV gama recubiertos para las diversas formulaciones

Formulación	Concentración del	Concentración de Aceite	Textura
	Gel de Aloe Vera	de Rosa Mosqueta	
	%	%	mJ
1	100	2	30.35 ± 0.49
2	100	1	30.38 ± 0.32
3	50	0	30.28 ± 0.46
4	50	1	30.05 ± 1.06
5	50	2	30.06 ± 0.46
6	100	0	29.66 ± 0.50

En Cuadro 14 observamos que los resultados no mostraron diferencias significativas para ninguno de los factores en estudio.

Cuadro 14: Análisis de varianza para la Textura de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Concentración de Aloe Vera	0.0000	1	0.0000	0.00	0.9970
B:Concentración de Rosa Mosqueta	0.1705	1	0.1704	0.45	0.5158
AB	0.6211	1	0.6211	1.64	0.2262
BB	0.0650	1	0.0650	0.17	0.6863
bloques	0.3796	2	0.1898	0.50	0.6184
Error total	4.1575	11	0.3780		
Total (corr.)	5.3937	17			

En el Grafico 4, la superficie de respuesta estimada muestra que la textura actúa de manera inversamente proporcional a la concentración del gel de aloe vera cuando la concentración del aceite de rosa mosqueta es 0% y de manera directamente proporcional cuando la concentración del aceite de rosa mosqueta es 2%.

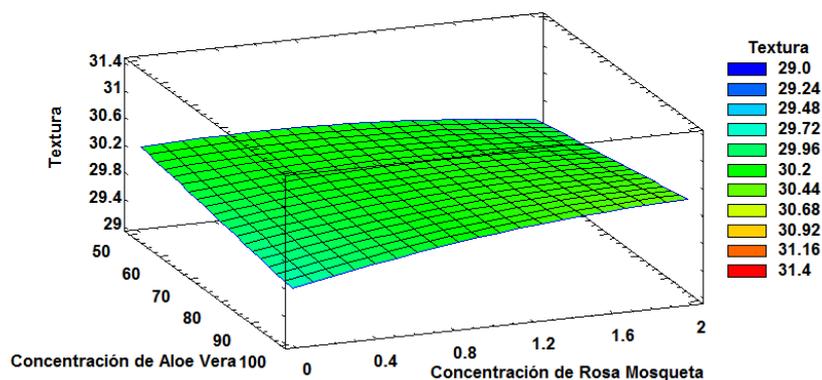


Gráfico 4: Superficie de Respuesta para la Textura de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento

4.4 Evaluación del rabanito de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en la variación del color durante el almacenamiento

En los Gráficos 5, 6, 7 y 8, se muestran los parámetros de color L^* , a^* , b^* y ΔE , respectivamente, en los rabanitos de IV gama durante el almacenamiento.

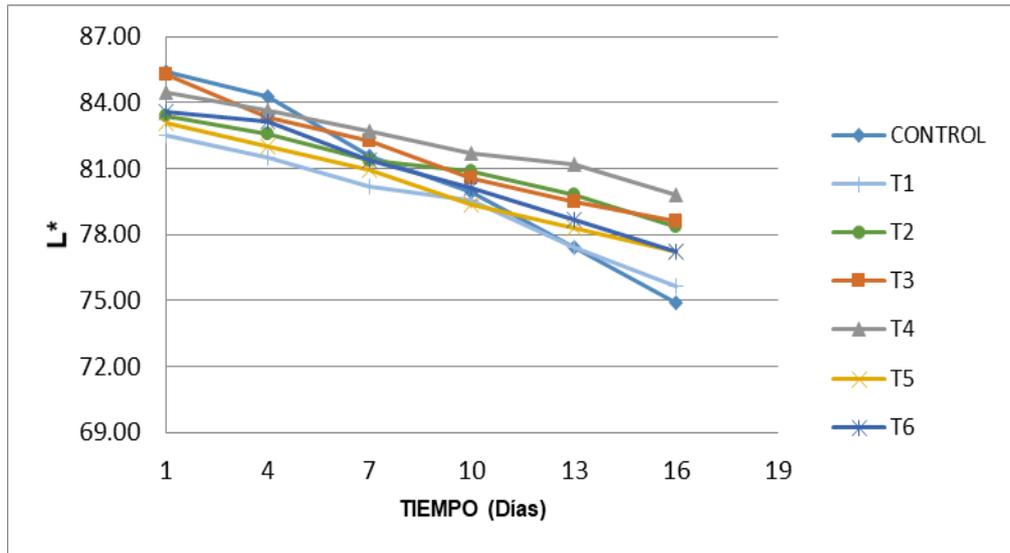


Gráfico 5: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre la luminosidad (L^*) de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días.

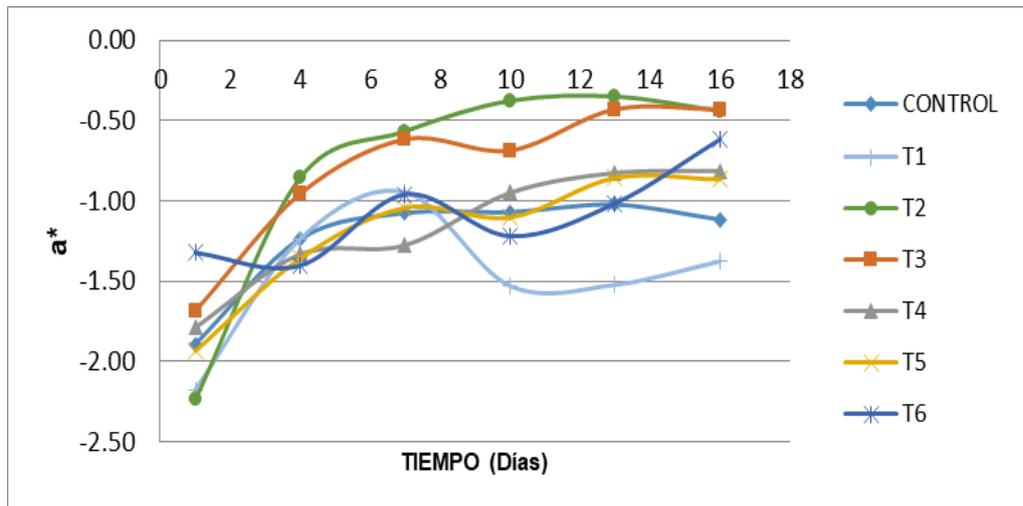


Gráfico 6: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre el parámetro (a^*) de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días.

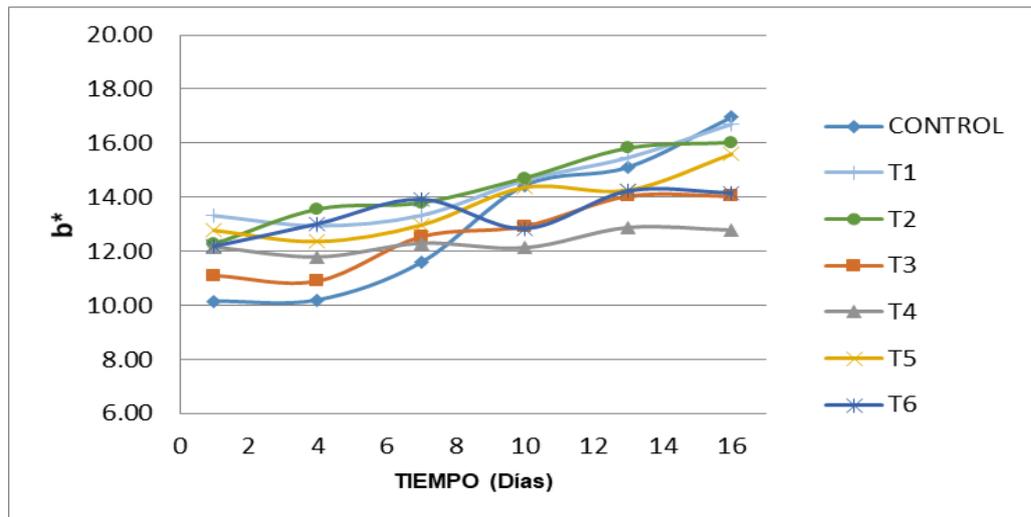


Gráfico 7: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre el parámetro (b*) de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días.

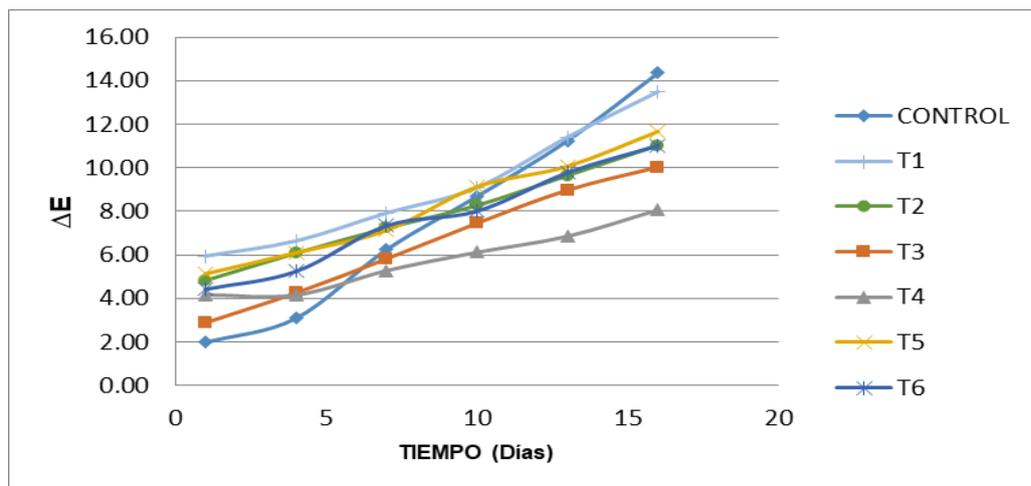


Gráfico 8: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre el ΔE de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días.

En el Gráfico 5 se observa que a medida que transcurrieron los días en almacenamiento se dio una pérdida paulatina de blancura, siendo más notorio para el control.

Con respecto al parámetro a^* , que evalúa colores de rojo a verde, en el Gráfico 6, presentó una tendencia ascendente en la curvas a medida que pasaron los días de almacenamiento mostrando valores cercano a 0.

Este comportamiento podría estar asociado con el enrojecimiento de las rodajas causado por la difusión del pigmento favorecida por la combinación de tiempo / temperatura (3 min / 50 °C), (Goyenechea, 2014).

El parámetro b^* tiende a aumentar para todos los tratamientos a medida que pasaron los días de almacenamiento.

Estos cambios en los valores b^* podrían estar relacionados con reacciones de pardeamiento observadas en las muestras tratadas debido a enzimas endógenas (por ejemplo, polifenoloxidasas, (PPO). Las quinonas formadas por medio de reacciones de PPO podría participar en reacciones secundarias que provocan la formación de productos secundarios oscuros (Rocha y Morais, 2003).

El uso de revestimiento de gel de Aloe vera (*A. vera*) es una alternativa para mantener la calidad y evitar el pardeamiento en los productos recién cortados (Serrano et al., 2006).

En cuando al ΔE , Gráfico 6, se observa que la diferencial del color aumenta durante el almacenamiento, siendo el control el que obtuvo un aumento mayor al de los demás.

Algunos autores informaron que los cambios de pH aumentan los valores de ΔE y croma en el rábano rojo chino debido a modificaciones de antocianinas y glucosinolatos (Jing et al., 2012).

El Cuadro 15 contiene el análisis de varianza en los parámetros L^* , a^* , b^* y ΔE en los rabanitos de cuarta gama.

Cuadro 15: Análisis de varianza para L^* , a^* , b^* y ΔE de los rabanitos de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta durante el almacenamiento

Variable	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
L^*	A:Tiempo de Almac.	438.518	5	87.7036	136.34	*0.0000
	B:Tratamientos	90.6803	5	18.1361	28.19	*0.0000
	RESIDUOS	62.3965	97	0.6433		
	TOTAL (CORREGIDO)	591.595	107			
a^*	A:Tiempo de Almac.	14.3834	5	2.8767	16.83	*0.0000
	B:Tratamientos	5.3795	5	1.0759	6.3	*0.0000
	RESIDUOS	16.578	97	0.1709		
	TOTAL (CORREGIDO)	36.341	107			
b^*	A:Tiempo de Almac.	105.974	5	21.1948	17.65	*0.0000
	B:Tratamientos	64.349	5	12.8698	10.72	*0.0000
	RESIDUOS	116.464	97	1.2007		
	TOTAL (CORREGIDO)	286.787	107			
ΔE	A:Tiempo de Almac.	523.241	5	104.648	126.11	*0.0000
	B:Tratamientos	125.993	5	25.1985	30.37	*0.0000
	RESIDUOS	80.4898	97	0.8298		
	TOTAL (CORREGIDO)	729.724	107			

El análisis de varianza muestra que el tiempo de almacenamiento y los tratamientos con RC a base de AV y RM tienen un efecto significativo a un nivel de confianza del 95% sobre los parámetros L^* , a^* , b^* y ΔE en los rabanitos de cuarta gama.

En los Cuadros 16, 17, 18 y 19 se presentan la Prueba de Tukey HSD entre los tratamientos aplicada a los valores de L^* , a^* , b^* y ΔE en los rabanitos de IV gama con recubrimiento comestibles a base de AV y RM. A partir de esta prueba podemos indicar que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotado por la formación de subconjuntos.

Cuadro 16: Prueba de Tukey HSD para la luminosidad (L^*) de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
AV100 : RM2	18	79.46	0.189042	X
AV50 : RM2	18	80.1422	0.189042	XX
AV100 : RM0	18	80.6856	0.189042	XX
AV100 : RM1	18	81.0639	0.189042	XX
AV50: RM0	18	81.595	0.189042	XX
AV50 : RM1	18	82.2567	0.189042	X

En el Cuadro 16, se observa que la mayor diferencia significativa entre T1 (100% de AV y 2% de RM) y T4 (50% de AV y 1% de RM). Siendo el T4 el tratamiento que obtuvo una media de 82.2567 del parámetro L^* durante el almacenamiento, siendo mayor en comparación a los demás.

Cuadro 17: Prueba de Tukey HSD para el parámetro (a*) de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
AV100 : RM2	18	-1.465	0.0974415	X
AV50 : RM2	18	-1.19444	0.0974415	XX
AV50 : RM1	18	-1.165	0.0974415	XX
AV100 : RM0	18	-1.09	0.0974415	XX
AV50: RM0	18	-0.843889	0.0974415	X
AV100 : RM1	18	-0.805	0.0974415	X

En el Cuadro 17, se observa que la mayor diferencia significativa entre T1 (100% de AV y 2% de RM) con T3 (50% de AV y 0% de RM) y T2 (100% de AV y 1% de RM). Obteniendo valores cercanos a 0.0 para todos los tratamientos durante el almacenamiento.

Cuadro 18: Prueba de Tukey HSD para el parámetro (b*) de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
AV50 : RM1	18	12.3411	0.25827	X
AV50: RM0	18	12.71	0.25827	XX
AV100 : RM0	18	13.3939	0.25827	XXX
AV50 : RM2	18	13.7194	0.25827	XX
AV100 : RM1	18	14.3633	0.25827	X
AV100 : RM2	18	14.3967	0.25827	X

En el Cuadro 18, se observa que los tratamientos con mayor concentración de RM se diferencian significativamente aquellos que no contienen RM en su composición. Esto se debe a la coloración amarillenta

que aporta el aceite a las rodajas de rabanito en combinación al pardeamiento que se genera durante el almacenamiento.

Cuadro 19: Prueba de Tukey HSD para el ΔE de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
AV50 : RM1	18	5.7733	0.214708	X
AV50: RM0	18	6.57049	0.214708	X
AV100 : RM0	18	7.63515	0.214708	X
AV100 : RM1	18	7.84989	0.214708	X
AV50 : RM2	18	8.2051	0.214708	XX
AV100 : RM2	18	9.08704	0.214708	X

En el Cuadro 19, se observa que las diferencias de ΔE presentaron las mismas tendencias que las informadas para el parámetro b^* . Esa tendencia podría explicarse por el peso predominante del parámetro b^* en comparación al parámetro a^* por medio de las ecuaciones.

Schreiner et al., 2003 informaron que en rábano 'Nevadar', los cambios de color poscosecha podrían correlacionarse con cambios en sustancias pecticas solubles e insolubles, glucosinolatos totales y glucosinolatos de alquenilo. Estos compuestos están relacionados con la calidad sensorial de los rábanos no solo por el color sino también por la textura.

4.4.1 Efecto del recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en rabanitos de IV gama en el color después de 13 de almacenamiento.

Los resultados para los parámetros L^* , a^* , b^* , ΔE fue reportada mediante un modelo empírico como se muestra en el Cuadro 20.

Cuadro 20: Resultados de los parámetros L^* , a^* , b^* y ΔE los rabanitos de IV gama recubiertos para las diversas formulaciones

Formulación	Conc. del	Conc. de	L^*	a^*	b^*	ΔE
	Gel de	Aceite de				
	Aloe Vera	Rosa				
	%	Mosqueta				
		%				
1	100	2	77.40 ± 0.53	-1.52 ± 0.05	15.47 ± 1.37	11.41 ± 0.44
2	100	1	79.82 ± 0.07	-0.35 ± 0.25	15.82 ± 0.89	9.65 ± 0.54
3	50	0	79.52 ± 1.00	-0.43 ± 0.12	14.04 ± 0.82	8.98 ± 0.87
4	50	1	81.21 ± 1.25	-0.83 ± 0.14	12.88 ± 0.79	6.85 ± 1.26
5	50	2	78.27 ± 0.62	-0.86 ± 0.67	14.26 ± 0.36	10.07 ± 0.83
6	100	0	78.68 ± 0.71	-1.02 ± 0.50	14.23 ± 1.99	9.78 ± 0.25

Los resultados del ANOVA se muestra en el Cuadro 21, indicando que la concentración de AV y RM y el exceso de RM, tienen un efecto significativo en la variación de la luminosidad (L^*). En cuanto al parámetro a^* , ninguno de los factores resultó ser significativo. Por otro lado, la concentración de AV, es significativo en la variación del valor b^* . Mientras que la concentración de AV y RM y el exceso de RM son significativos para la ΔE .

**Cuadro 21: Análisis de varianza para L*, a*, b* y ΔE de los
rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento**

Variable	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
L*	A:Conc. AV	4.8153	1	4.8153	7.32	*0.0204
	B:Conc. RM	4.7502	1	4.7502	7.22	*0.0211
	AB	0.0007	1	0.0007	0	0.975
	BB	16.7963	1	16.7963	25.54	*0.0004
	Bloques	0.5305	2	0.2652	0.4	0.6776
	Error total	7.2351	11	0.6577		
	Total (corr.)	34.1281	17			
a*	A:Conc. AV	0.3016	1	0.3016	1.43	0.2572
	B:Conc. RM	0.6533	1	0.6533	3.09	0.1064
	AB	0.0048	1	0.0048	0.02	0.8829
	BB	0.5427	1	0.5427	2.57	0.1372
	Bloques	0.481	2	0.2405	1.14	0.3552
	Error total	2.3232	11	0.2112		
	Total (corr.)	4.3066	17			
b*	A:Conc. AV	9.43227	1	9.43227	5.72	*0.0358
	B:Conc. RM	1.59141	1	1.59141	0.97	0.347
	AB	0.765075	1	0.765075	0.46	0.5098
	BB	0.0890028	1	0.0890028	0.05	0.8205
	Bloques	3.01991	2	1.50996	0.92	0.4287
	Error total	18.1378	11	1.64889		
	Total (corr.)	33.0355	17			
ΔE	A:Conc. AV	12.2348	1	12.2348	13.9	*0.0033
	B:Conc. RM	5.5624	1	5.5624	6.32	*0.0288
	AB	0.2214	1	0.2214	0.25	0.6259
	BB	13.0682	1	13.0682	14.84	*0.0027
	Bloques	0.4234	2	0.2117	0.24	0.7903
	Error total	9.6838	11	0.8803		
	Total (corr.)	41.194	17			

El Gráfico 9 muestra que a un nivel menor de concentración del gel de aloe vera la luminosidad es mayor, mientras que la concentración óptima del aceite de rosa mosqueta fue de 0.872%.

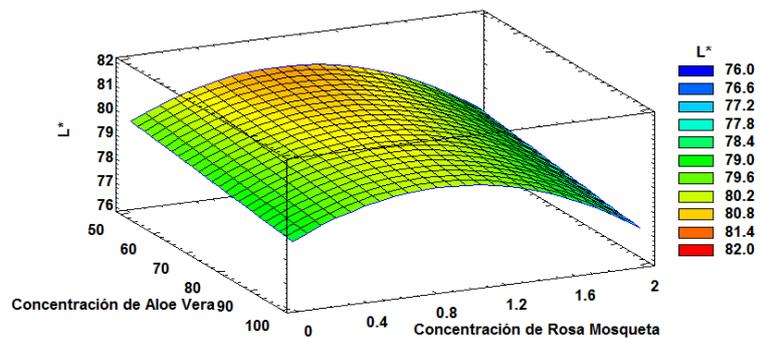


Gráfico 9: Superficie de Respuesta para la luminosidad (L*) de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento

El Gráfico 10 muestra que a mayor concentración del aloe vera y de aceite de rosa mosqueta, el valor a* disminuye.

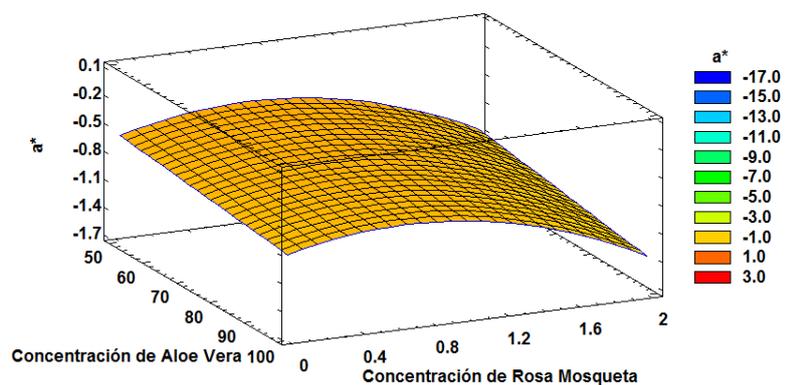


Gráfico 10: Superficie de Respuesta para el valor a* de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento

El Gráfico 11, indica que a un nivel mayor de concentración del gel de aloe vera y de aceite de rosa mosqueta el parámetro b^* aumenta.

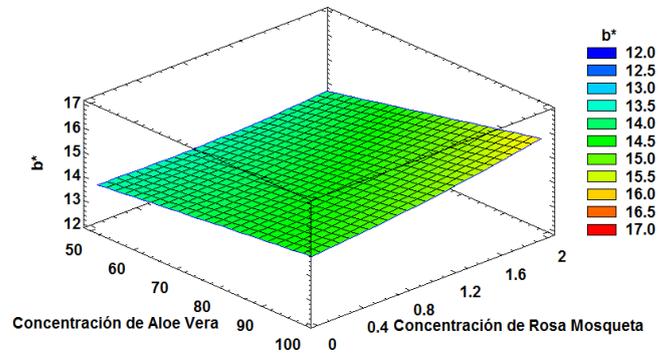


Gráfico 11: Superficie de Respuesta para el valor b^* de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento

El Gráfico 12 muestra que a una menor concentración del gel de aloe vera y a un intervalo de 0.00% a 0.85% de aceite de rosa mosqueta el ΔE disminuye.

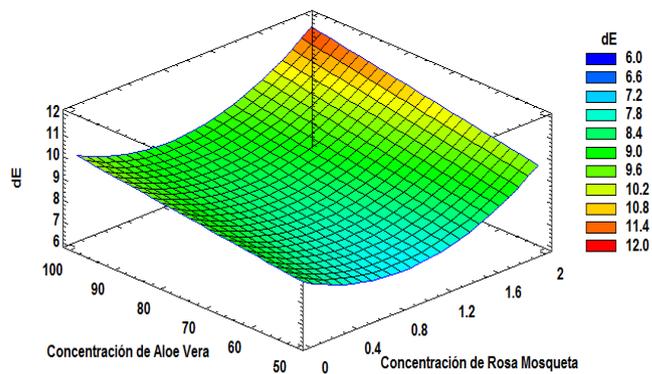


Gráfico 12: Superficie de Respuesta para el ΔE de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento

4.5 Evaluación del rabanito de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en la variación de la tasa de respiración durante el almacenamiento

El Gráfico 13 muestra que hasta el día 4 hay un comportamiento creciente de la tasa respiratoria en las muestras con recubrimiento mientras que para la muestra control es hasta el día 7. Luego la tasa de respiración decrece para todos los tratamientos.

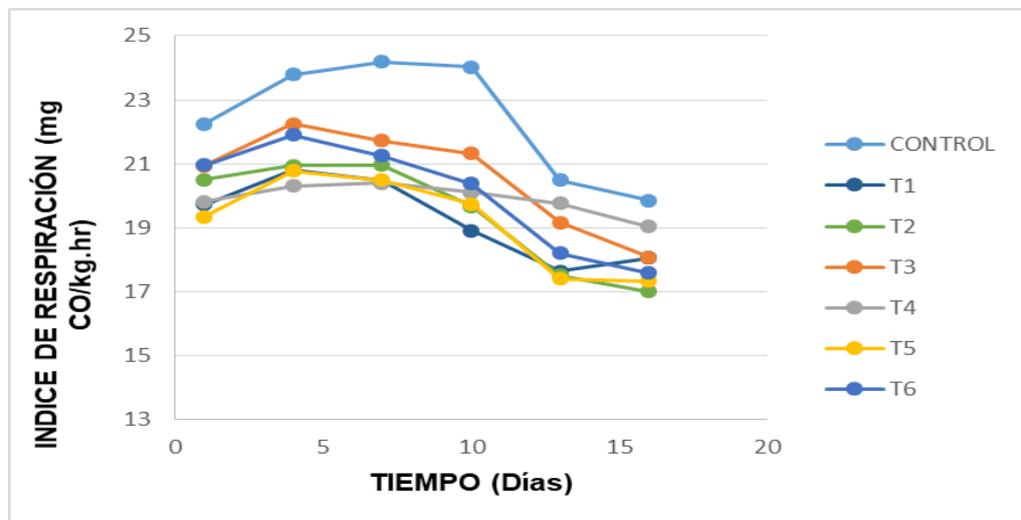


Gráfico 13: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre la tasa de respiración de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días.

Este aumento inicial de la respiración se debió al estrés causado por el corte, que promueve la mezcla incontrolada de componentes celulares, o a través del mecanismo de reparación celular controlada (Salveit, 2003).

La posterior disminución en la tasa de respiración probablemente se deba a la autorregulación de la actividad respiratoria del tejido causada por la gran producción de ATP (Purvis, 1997). También es posible que tal reducción en la tasa de respiración ocurre porque los sustratos respiratorios

dejan de reaccionar con las enzimas de las células presentes en la superficie. Por lo tanto, la tasa de respiración observada es probablemente causado por células lesionadas por el corte que yace debajo de la superficie (Saavedra et al., 2006b).

Por otro lado, vemos que el rabanito control tiene una actividad respiratoria más alta a la que presentan los tratamientos con gel de aloe vera y el aceite de rosa mosqueta.

El Cuadro 22 contiene el análisis de varianza de la tasa de respiración (mgCO₂/Kg.hr) en los rabanitos de IV gama.

Cuadro 22: Análisis de varianza para la tasa de respiración de los rabanitos de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta durante el almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tiempo de Almac.	168.36	5	33.672	28.88	*0.0000
B:Tratamientos	26.34	5	5.268	4.52	*0.0010
RESIDUOS	113.09	97	1.16588		
TOTAL (CORREGIDO)	307.791	107			

El análisis de varianza muestra que el tiempo de almacenamiento y los tratamientos con recubrimientos a base de AV y RM tienen un efecto significativo a un nivel de confianza del 95% sobre la tasa de respiración en los rabanitos de IV gama.

En el Cuadro 23 se muestra la prueba de Tukey HSD entre los tratamientos para la tasa de respiración, esta prueba demostró que existió efecto significativo denotado por la formación de subgrupos.

Cuadro 23: Prueba de Tukey HSD para la tasa de respiración de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
AV50 : RM2	18	19.181	0.254502	X
AV100 : RM2	18	19.267	0.254502	X
AV100 : RM1	18	19.4312	0.254502	X
AV50 : RM1	18	19.911	0.254502	XX
AV100 : RM0	18	20.0482	0.254502	XX
AV50 : RM0	18	20.5812	0.254502	X

Se puede observar diferencia significativa entre T3 (50% de AV y 0% de RM) con T5 (50% de AV y 2% de RM), T1 (100% de AV y 2% de RM) y T2 (100% de AV y 1% de RM), siendo el T3 el que presentó mayor tasa de respiración.

4.5.1 Efecto del recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en rabanitos de IV gama en la Tasa de Respiración después de 13 días de almacenamiento.

La descripción cuantitativa de los efectos en la respiración fue reportada mediante un modelo empírico como se muestra en el Cuadro 24.

Cuadro 24: Resultados de la tasa de respiración en los rabanitos de IV gama recubiertos para las diversas formulaciones

Formulación	Concentración del Gel de Aloe Vera	Concentración de Aceite de Rosa Mosqueta	Tasa de Respiración
	%	%	mg CO₂/Kg.hr
1	100	2	17.6402 ± 0.67
2	100	1	17.5198 ± 0.73
3	50	0	19.1671 ± 0.77
4	50	1	19.7704 ± 1.33
5	50	2	17.4065 ± 0.69
6	100	0	18.2028 ± 0.78

En el Cuadro 25 que representa el análisis de varianza para la Tasa de respiración, indica que la concentración de AV y RM, son significativos.

Cuadro 25: Análisis de varianza para la tasa de respiración de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Concentración de Aloe Vera	4.4443	1	4.4443	5.50	*0.0388
B:Concentración de Rosa Mosqueta	4.0479	1	4.0479	5.01	*0.0468
AB	1.0764	1	1.0764	1.33	0.2728
BB	1.1704	1	1.1704	1.45	0.2539
Bloques	3.5407	2	1.7704	2.19	0.1580
Error total	8.8840	11	0.8076		
Total (corr.)	23.1637	17			

El revestimiento comestible retrasó los cambios en el contenido de acidez, probablemente debido a una menor tasa de respiración (Maftoonazad et al., 2008). El mismo resultado se obtuvo también en ciruelas (Valero et al., 2013) y nectarinas frescas cortadas (Chiabrando y Giacalone, 2016) con revestimiento comestible.

En el modelo obtenido del análisis superficie de respuesta, Gráfico 14, se observa que a un nivel mayor de concentración del gel de aloe vera y de aceite de rosa mosqueta la tasa respiratoria disminuye.

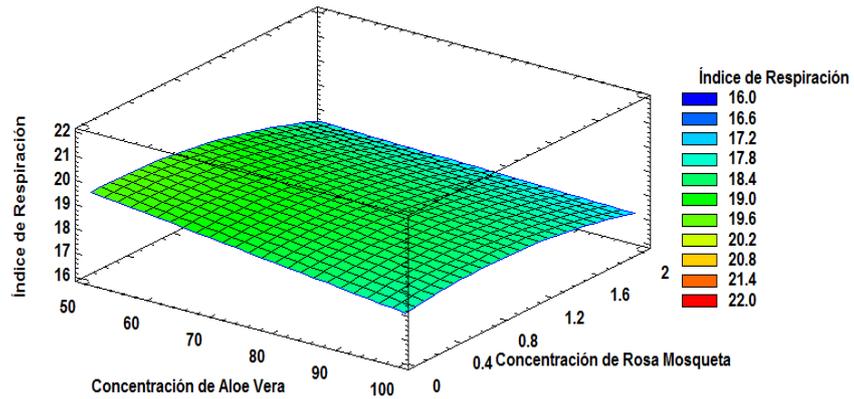


Gráfico 14: Superficie de Respuesta para la tasa de respiración de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento

4.6 Evaluación del rabanito IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en la variación del contenido de Vitamina C (mg/100g) durante el almacenamiento.

El Gráfico 15 ilustra el comportamiento del contenido de vitamina C en rabanitos con cubierta comestible, presentando una tendencia general a disminuir de manera constante durante su almacenamiento.

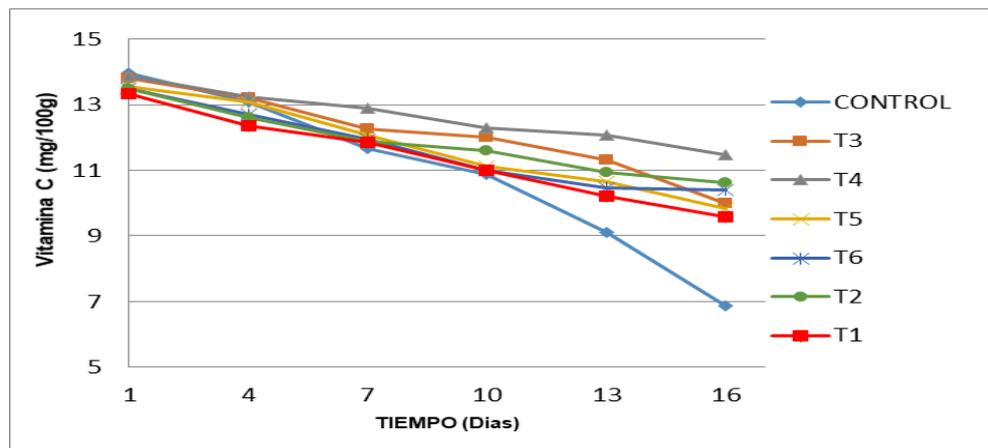


Gráfico 15: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre el contenido de Vitamina C de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días.

El tratamiento que presentó una mejor mantención del contenido de vitamina C fue el T4 (AV 50% y RM 1.0%) con 12.068 mg vit.C/100g y el que presento menor contenido de vitamina C fue el Control con 9.116 mg vit.C/100g para el día 13 de almacenamiento.

El contenido de ácido ascórbico en la mayoría de los vegetales disminuye cuando aparecen hematomas, recortes y cortes. El contenido de ácido ascórbico en el corte en fresco producido durante el almacenamiento se ve afectado tanto por la biosíntesis como por las reacciones de degradación (Lee et al., 2003).

Por lo tanto, la disminución del ácido ascórbico en el rábano de IV gama no significa necesariamente una falta de biosíntesis de ácido ascórbico, sino el consumo conjunto de este antioxidante por reacciones de pardeamiento. Esto podría causar un aumento en la actividad de la ascorbato oxidasa y la polifenol oxidasa que promueven la conversión del ácido ascórbico en ácido deshidroascórbico (Lee y Kader, 2000).

Saavedra et al. (2006b), observaron pocas diferencias de calidad entre 1 y 5 °C en rábanos mínimamente procesados, mientras que 10 °C contribuyeron a la pérdida de calidad del producto. A esta temperatura, la pérdida de ácido ascórbico (vitamina C) era alta en rábano picado en comparación con las temperaturas más bajas.

El Cuadro 26 contiene el análisis de varianza en el Contenido de Vitamina C (mg/100g) en los rabanitos de IV gama.

Cuadro 26: Análisis de varianza para el Contenido de Vitamina C de los rabanitos de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta durante el almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tiempo de Almac.	134.27	5	26.8541	126.28	*0.0000
B:Tratamientos	16.7551	5	3.35103	15.76	*0.0000
RESIDUOS	20.6273	97	0.212652		
TOTAL (CORREGIDO)	171.653	107			

El análisis de varianza muestra que el tiempo de almacenamiento y los tratamientos con RC a base de AV y RM tienen un efecto significativo sobre el contenido de Vitamina C en los rabanitos de IV gama.

En el Cuadro 27 se muestra la prueba de Tukey HSD entre los tratamientos para el contenido de Vitamina C.

Cuadro 27: Prueba de Tukey HSD para el Contenido de Vitamina C de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
AV100 : RM2	18	11.3912	0.108692	X
AV100 : RM0	18	11.6653	0.108692	XX
AV50 : RM2	18	11.7184	0.108692	XX
AV100 : RM1	18	11.8553	0.108692	X
AV50 : RM0	18	12.0904	0.108692	X
AV50 : RM1	18	12.6388	0.108692	X

Se puede observar diferencia significativa entre T1 (100% de AV y 2% de RM) y T4 (50% de AV y 1% de RM), siendo el T4 que mantuvo mayor contenido de Vitamina C con una media de 12.64 mg VitC/100g.

4.6.1 Efecto del recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en rabanitos de IV gama en el Contenido de Vitamina C después de 13 días de almacenamiento.

La descripción cuantitativa de los efectos en la conservación de la Vitamina C fue reportada mediante un modelo empírico como se muestra en el Cuadro 28.

Cuadro 28: Resultados del contenido de Vitamina C en los rabanitos de IV gama recubiertos para las diversas formulaciones

Formulación	Concentración del	Concentración de Aceite	Vitamina C
	Gel de Aloe Vera	de Rosa Mosqueta	
	%	%	mg Vit. C/ 100g
1	100	2	10.218 ± 0.49
2	100	1	10.927 ± 0.29
3	50	0	11.307 ± 0.32
4	50	1	12.068 ± 0.33
5	50	2	10.664 ± 0.20
6	100	0	10.456 ± 0.43

Los resultados presentados en el Cuadro 29 indican que la concentración de AV y el exceso de RM tuvieron un valor-p menor que 0.05, indicando que tienen un efecto significativo con un nivel de confianza del 95.0%.

Cuadro 29: Análisis de varianza para el contenido de Vitamina C de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Concentración de Aloe Vera	2.9784	1	2.9784	19.99	*0.0009
B:Concentración de Rosa Mosqueta	0.5817	1	0.5817	3.90	0.0738
AB	0.1220	1	0.1220	0.82	0.3850
BB	2.7956	1	2.7956	18.76	*0.0012
bloques	0.1394	2	0.0697	0.47	0.6383
Error total	1.6393	11	0.1490		
Total (corr.)	8.2564	17			

En el Gráfico 16 se muestra que el contenido de vitamina C es afectado inversamente proporcional a la variación de la concentración de gel de aloe vera. En el caso del efecto de la concentración de aceite de rosa mosqueta vemos en forma de parábola llegando a su punto óptimo con 0.81%.

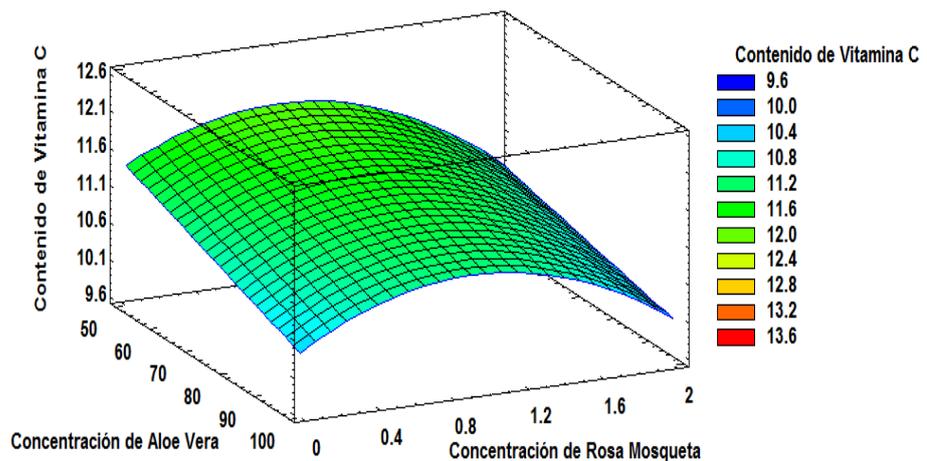


Gráfico 16: Superficie de Respuesta para el contenido de Vitamina C de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento

4.7 Evaluación del rabanito de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en la variación de los sólidos solubles totales durante el almacenamiento.

En el Gráfico 17 se muestra el comportamiento del contenido de sólidos solubles totales en el rabanito con cubierta comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta, presentando una tendencia a disminuir durante el almacenamiento. El tratamiento que presentó una mejor mantención de los sólidos solubles totales fue el T4 (AV 50% y RM 1.0%) con 1.97 y el que presentó menor contenido de sólidos solubles totales fue T3 (AV 50% y RM 0.0%) 1.60.

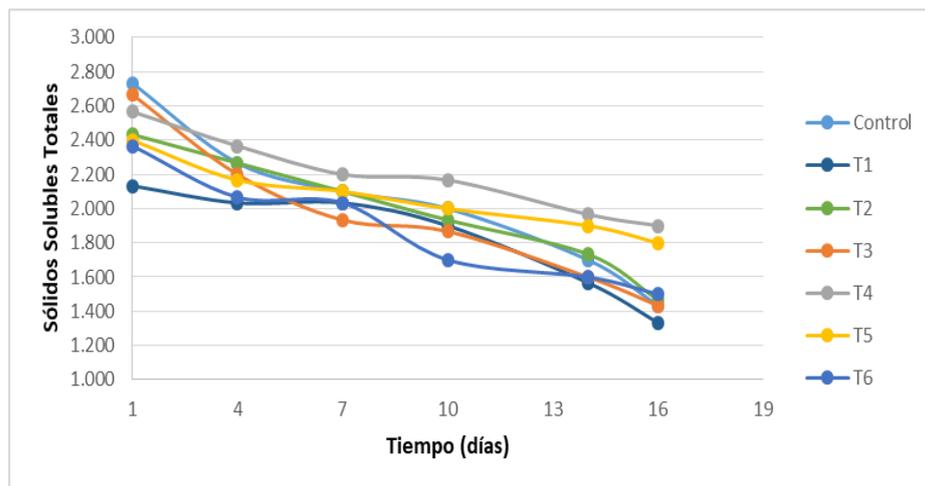


Gráfico 17: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre los sólidos solubles totales de los rábanos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días.

Generalmente, los azúcares reductores tienden a disminuir durante los días de almacenamiento. Esta reducción está relacionada con los cortes que se hicieron en los rábanos que aceleraron el consumo de reservas en el metabolismo en un intento de reparar la lesión.

De acuerdo con Saavedra et al. (2008), los procesos mínimos de rábano afectan la pérdida de sólidos solubles y por lo tanto, con un mayor nivel de procesamiento, se activan más reacciones por la pérdida de estos parámetros. Rábanos Rallados perdieron alrededor de 2,2% de sólidos solubles durante 10 días en almacenamiento en frío, mientras que la pérdida observada en rodajas y rábanos enteros fue 0,43 y 1.1% respectivamente.

Esta disminución en sólidos solubles puede atribuirse, en parte, al consumo de carbohidratos durante el proceso de respiración asociado con la lesión del tejido, por lo tanto, cuanto mayor sea el área de la superficie, mayor será la pérdida (Montero et al., 2015).

El Cuadro 30 contiene el análisis de varianza de los sólidos solubles totales en los rabanitos de IV gama.

Cuadro 30: Análisis de varianza para los sólidos solubles totales de los rabanitos de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta durante el almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tiempo de Almacenamiento	8.6738	5	1.73476	120.86	*0.0000
B:Tratamientos	1.53713	5	0.307426	21.42	*0.0000
RESIDUOS	1.39231	97	0.0143538		
TOTAL (CORREGIDO)	11.6032	107			

El análisis de varianza muestra que el tiempo de almacenamiento y los tratamientos con RC a base de AV y RM tienen un efecto significativo a un nivel de confianza del 95% sobre el contenido de sólidos solubles totales en los rabanitos de IV gama.

En el Cuadro 31 se muestra la prueba de Tukey HSD entre los tratamientos para el contenido de sólidos solubles totales, esta prueba demostró que existió efecto significativo denotado por la formación de subgrupos.

Cuadro 31: Prueba de Tukey HSD para los sólidos solubles totales de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
AV100 : RM2	18	1.83333	0.0282388	X
AV100 : RM0	18	1.87778	0.0282388	XX
AV50 : RM0	18	1.95	0.0282388	XX
AV100 : RM1	18	1.98889	0.0282388	XX
AV50 : RM2	18	2.06111	0.0282388	X
AV50 : RM1	18	2.19444	0.0282388	X

En el cuadro 31, observamos que el T4 (50% de AV y 1% de RM) se mantuvo con un mayor contenido de sólidos solubles totales con una media de 2.19 durante el almacenamiento. Por otro lado, T4 (50% de AV y 1% de RM) tuvo una diferencia significativa con T1 (100% de AV y 2% de RM).

4.7.1 Efecto del recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en rabanitos de IV gama en el Contenido de Sólidos Solubles después de 13 días de almacenamiento.

La descripción cuantitativa de los efectos en la variación de los sólidos solubles totales fue reportada mediante un modelo empírico como se muestra en el Cuadro 32.

Cuadro 32: Resultados de sólidos solubles totales en los rabanitos de IV gama recubiertos para las diversas formulaciones

Formulación	Concentración del	Concentración de Aceite	Sólidos Solubles
	Gel de Aloe Vera	de Rosa Mosqueta	Totales
	%	%	°Brix
1	100	2	1.57 ± 0.06
2	100	1	1.73 ± 0.06
3	50	0	1.60 ± 0.10
4	50	1	1.97 ± 0.06
5	50	2	1.90 ± 0.10
6	100	0	1.60 ± 0.00

El Cuadro 33 muestra que la concentración del gel de aloe vera, aceite de rosa mosqueta, interacción de ambas y el exceso de aceite de rosa mosqueta tienen un efecto significativo.

Cuadro 33: Análisis de varianza para los sólidos solubles totales de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Concentración de Aloe Vera	0.1606	1	0.1606	29.44	*0.0002
B:Concentración de Rosa Mosqueta	0.0533	1	0.0533	9.78	*0.0096
AB	0.0833	1	0.0833	15.28	*0.0024
BB	0.1344	1	0.1344	24.65	*0.0004
bloques	0.0044	2	0.0022	0.41	0.6750
Error total	0.06	11	0.0055		
Total (corr.)	0.4961	17			

El Gráfico 18 muestra que la variación de sólidos solubles totales cambia inversamente proporcional a la variación de la concentración de gel de aloe vera para 2% de aceite de rosa mosqueta.

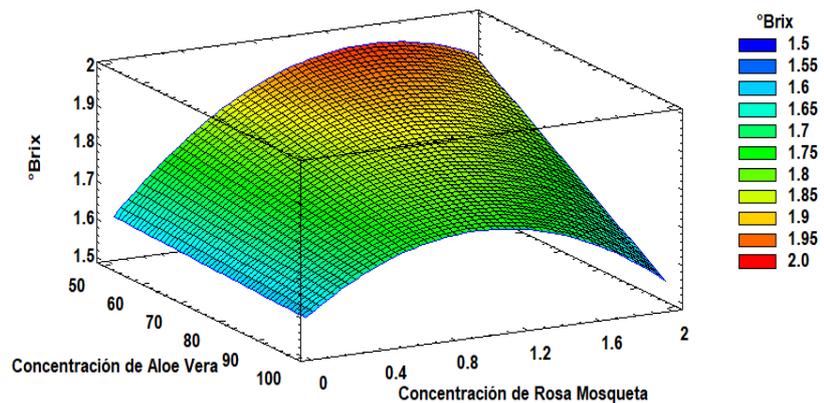


Gráfico 18: Superficie de Respuesta para los sólidos solubles totales de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento

4.8 Evaluación del rabanito de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en la variación de la Acidez Titulable durante el almacenamiento.

En el Gráfico 19 se muestra el comportamiento de la Acidez Titulable en el rabanito con cubierta comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta

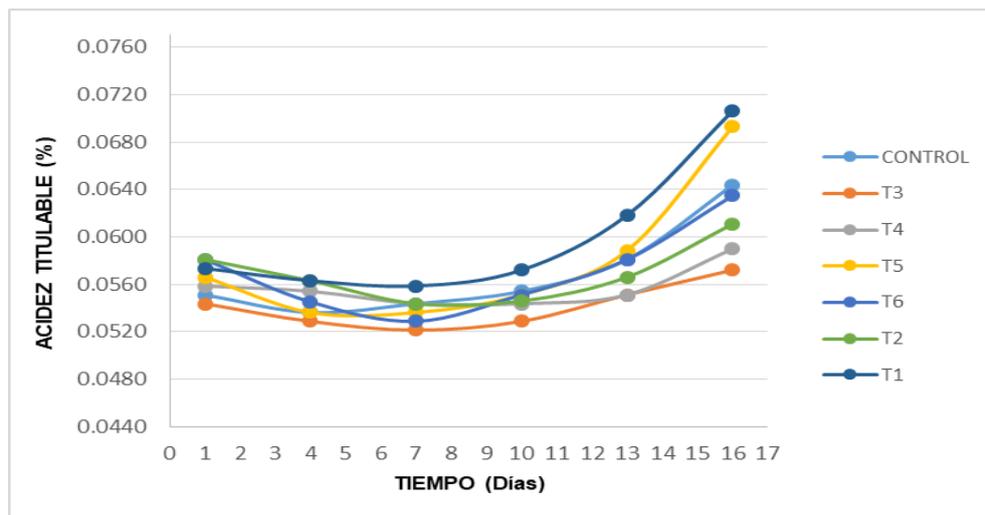


Gráfico 19: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre la acidez titulable de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días.

Durante el periodo de almacenamiento la acidez titulable disminuyó en los rabanitos mínimamente procesados hasta el día 7, probablemente debido al rápido consumo de ácidos por las reacciones oxidativas que se han producido a lo largo de los días y al aumento en el consumo de estas moléculas de ácido durante el proceso de respiración (Chitarra y Chitarra, 2005).

Luego aumentó mostrando una acidez máxima en el 16° día de almacenamiento. Es probable que aumente la acidez debido a una acumulación de ácidos orgánicos como resultado de la degradación de los componentes celulares (Moura, 1997).

El Cuadro 34 contiene el análisis de varianza de la Acidez Titulable en los rabanitos de cuarta gama.

Cuadro 34: Análisis de varianza para la acidez titulable de los rabanitos de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta durante el almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tiempo de Almac.	0.0011	5	0.0002	27.80	*0.0000
B:Tratamientos	0.0003	5	0.0001	8.70	*0.0000
RESIDUOS	0.0008	97	0.0000		
TOTAL	0.0022	107			

(CORREGIDO)

El análisis de varianza muestra que el tiempo de almacenamiento y los tratamientos con RC a base de AV y RM tienen un efecto significativo sobre la Acidez Titulable en los rabanitos de IV gama.

En el Cuadro 35 se muestran La prueba de Tukey HSD entre los tratamientos para la Acidez Titulable, esta prueba demostró que existió efecto significativo denotado por la formación de subgrupos.

Cuadro 35: Prueba de Tukey HSD para la Acidez Titulable de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
AV50 : RM0	18	0.0541038	0.000660722	X
AV50 : RM1	18	0.0556929	0.000660722	XX
AV100 : RM1	18	0.0568474	0.000660722	X
AV100 : RM0	18	0.0570337	0.000660722	X
AV50 : RM2	18	0.057853	0.000660722	XX
AV100 : RM2	18	0.0598642	0.000660722	X

Se puede observar diferencia significativa de T1 (100% de AV y 2% de RM) con T3 (50% de AV y 0% de RM) y T4 (50% de AV y 1% de RM), siendo el T3 que mantuvo menor acidez titulable en los rabanitos de IV gama con una media de 0.054%.

4.8.1 Efecto del recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en rabanitos de IV gama en la Acidez Titulable después de 13 días de almacenamiento.

La descripción cuantitativa de los efectos en la variación de la Acidez Titulable fue reportada mediante un modelo empírico como se muestra en el Cuadro 36.

Cuadro 36: Resultados de la acidez titulable en los rabanitos de IV gama recubiertos para las diversas formulaciones

Formulación	Concentración del Gel de Aloe Vera %	Concentración de Aceite de Rosa Mosqueta %	Acidez Titulable %
1	100	2	0.0618 ± 0.005
2	100	1	0.0566 ± 0.002
3	50	0	0.0551 ± 0.001
4	50	1	0.0551 + 0.002
5	50	2	0.0588 ± 0.003
6	100	0	0.0581 ± 0.002

El Cuadro 37 indica que la concentración de gel de aloe vera, la concentración del aceite de rosa mosqueta y el exceso de este aceite, son significativos.

Cuadro 37: Análisis de varianza para la acidez titulable de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Concentración de Aloe Vera	0.0000	1	0.0000	6.78	*0.0246
B:Concentración de Rosa Mosqueta	0.0000	1	0.0000	10.07	*0.0089
AB	0.0	1	0.0	0.00	1.0000
BB	0.0000	1	0.0000	6.55	*0.0266
Bloques	0.0000	2	0.0000	0.45	0.6490
Error total	0.0000	11	0.0000		
Total (corr.)	0.0001	17			

El Gráfico 20 muestra que a mayor concentración del gel de aloe vera, la acidez titulable aumenta y que a partir de la concentración de 0.8% de aceite de rosa mosqueta la acidez titulable aumenta.

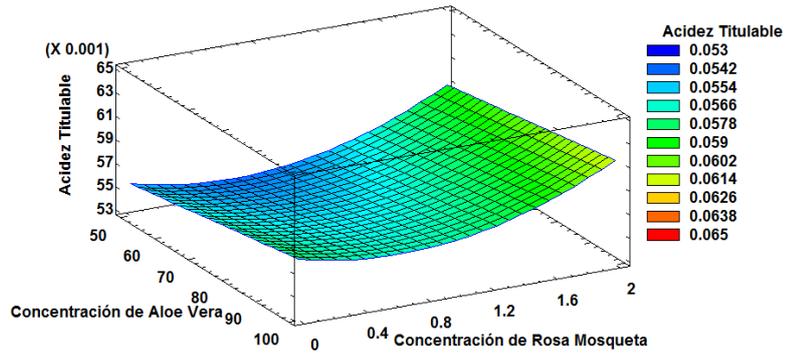


Gráfico 20: Superficie de Respuesta para la acidez titulable de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento

4.9 Evaluación del rabanito de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en la variación del pH durante el almacenamiento.

En el Gráfico 21 se muestra el comportamiento del pH en el rabanito con cubierta comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta

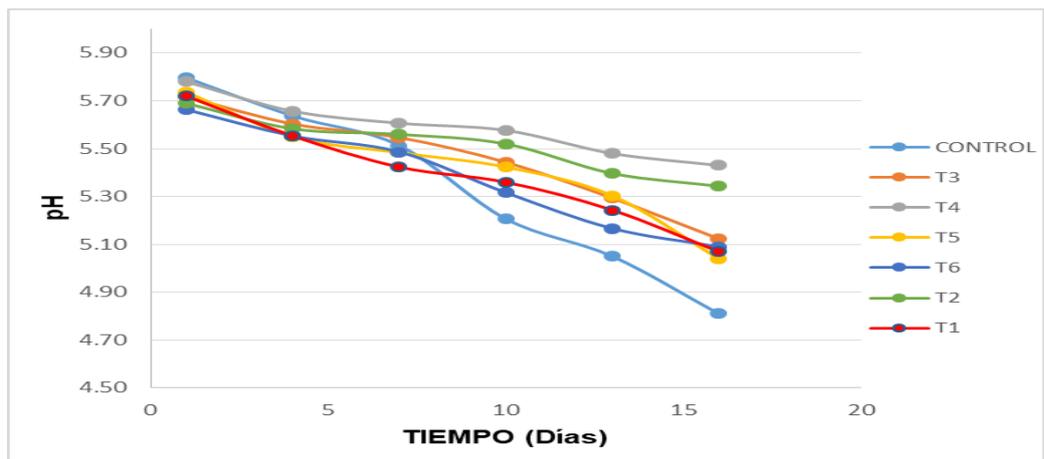


Gráfico 21: Efecto de recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta sobre el pH de los rabanitos de IV gama almacenados a 5°C durante 16 días.

El pH promedio fue de 5.73 en el día 1; 5.59 en el día 4; 5.52 en el día 7; 5.41 en el día 10 y 5.28 en el día 14 y 5.13 en el día 16. El valor más bajo (pH 4.81) se observó el día 16 para el control y en los tratamientos para 50% de AV y 2% de RM con 5.04.

La tasa decreciente del valor del pH posiblemente se deba a la producción de ácidos orgánicos, como el ácido málico y el ácido cítrico durante el almacenamiento como resultado de reacciones bioquímicas (Vega et al. 2017).

El aumento de los niveles del ácido total se acompaña de una disminución del pH durante el período de almacenamiento que el ácido orgánico libera iones de hidrógeno que reducen el pH (Vega et al., 2014).

El Cuadro 38 contiene el análisis de varianza en el pH en los rabanitos de cuarta gama.

Cuadro 38: Análisis de varianza para el pH de los rabanitos de IV gama con recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta durante el almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tiempo de Almac.	3.30473	5	0.660946	52.21	*0.0000
B:Tratamientos	0.570296	5	0.114059	9.01	*0.0000
RESIDUOS	1.22791	97	0.0126589		
TOTAL (CORREGIDO)	5.10294	107			

El análisis de varianza muestra que el tiempo de almacenamiento y los tratamientos con RC a base de AV y RM tienen un efecto significativo a un nivel de confianza del 95% sobre el pH en los rabanitos de cuarta gama.

En el Cuadro 39 se muestran La prueba de Tukey HSD entre los tratamientos para el pH, esta prueba demostró que existió efecto significativo denotado por la formación de subgrupos.

Cuadro 39: Prueba de Tukey HSD para el pH de los rabanitos de IV gama recubiertos durante el almacenamiento.

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
AV100 : RM0	18	5.37944	0.0265193	X
AV100 : RM2	18	5.395	0.0265193	X
AV50 : RM2	18	5.42278	0.0265193	XX
AV50 : RM0	18	5.45444	0.0265193	XX
AV100 : RM1	18	5.51556	0.0265193	XX
AV50 : RM1	18	5.58833	0.0265193	X

Se puede observar diferencia significativa de T6 (100% de AV y 0% de RM) con T2 (100% de AV y 1% de RM) y T4 (50% de AV y 1% de RM), siendo los tratamientos T2 y T4 que mantuvieron un pH mayor en los rabanitos de IV gama con una media de 5.52% y 5.59%.

4.9.1 Efecto del recubrimiento comestible de gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta en rabanitos de IV gama en el pH.

La descripción cuantitativa de los efectos en la variación del pH, fue reportada mediante un modelo empírico como se muestra en el Cuadro 40.

Cuadro 40: Resultados del pH en los rabanitos de IV gama recubiertos para las diversas formulaciones

Formulación	Concentración del	Concentración de Aceite	pH
	Gel de Aloe Vera	de Rosa Mosqueta	
	%	%	
1	100	2	5.24 ± 0.13
2	100	1	5.40 ± 0.02
3	50	0	5.29 ± 0.04
4	50	1	5.48 ± 0.10
5	50	2	5.30 ± 0.13
6	100	0	5.17 ± 0.15

Los resultados, en el Cuadro 41, que representa el análisis de varianza ANOVA para la variación del pH, indican que el exceso de aceite de rosa mosqueta, es significativo, lo cual tiene un efecto notable en la variación del pH.

Cuadro 41: Análisis de varianza para el pH de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Concentración de Aloe Vera	0.03645	1	0.0365	4.01	0.0705
B:Concentración de Rosa Mosqueta	0.0056	1	0.0056	0.62	0.4478
AB	0.0033	1	0.0033	0.37	0.5572
BB	0.1394	1	0.1394	15.33	*0.0024
bloques	0.0336	2	0.0168	1.85	0.2032
Error total	0.1000	11	0.0091		
Total (corr.)	0.3184	17			

El Gráfico 22 indica que a un nivel mayor de concentración del gel de aloe vera el pH disminuye, de igual manera con el incremento de la concentración de aceite de rosa mosqueta por encima de 1.01% hacia delante el pH disminuye.

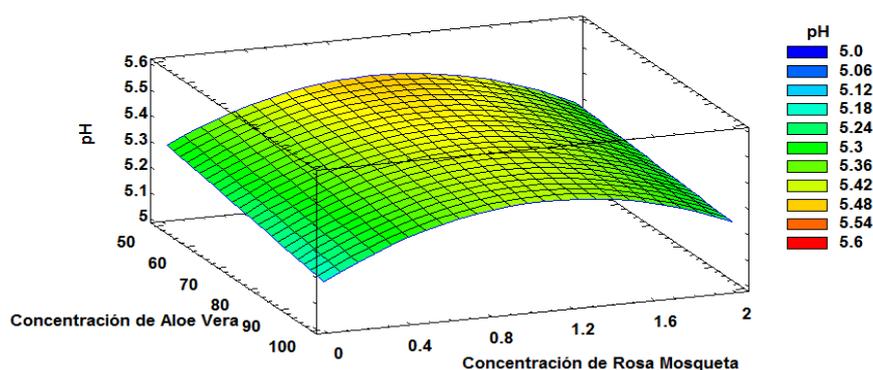


Gráfico 22: Superficie de Respuesta para el pH de los rabanitos de IV gama recubiertos después de 13 días de almacenamiento

4.10 Obtención de la Óptima Formulación luego de 13 días de almacenamiento

Para describir la región o zona en donde se encuentra ubicada la formulación más adecuada es que incurrimos a analizar la **DESEABILIDAD**, es sobre esta variable que optimizaremos a formulación del producto.

Si observamos el Cuadro 42 se muestra el resumen general de los resultados finales de las cuales podemos ver que la “deseabilidad” máxima se alcanza en la corrida 14, que le corresponde a la formulación de aloe vera al 50% y aceite de rosa mosqueta de 1.0%.

Cuadro 42: Resultados de las formulaciones

Formulación	Variables Dependientes					Deseabilidad	Deseabilidad
	L*	Pérdida de Peso	Textura	ΔE	pH	Prevista	Observada
1	77.48	4.16	30.48	10.92	5.26	0.206014	0.283044
2	79.84	3.52	30.22	10.27	5.38	0.557754	0.506875
3	80.41	2.95	30.74	7.98	5.28	0.658855	0.626056
4	81.91	2.77	29.74	6.23	5.58	0.528786	0.0
5	78.31	4.76	29.74	10.22	5.44	0.403176	0.0
6	78.41	3.39	30.12	9.91	5.31	0.46543	0.513178
7	79.88	3.63	30.18	9.42	5.42	0.606883	0.525981
8	78.14	3.54	29.12	9.49	5.01	0.427373	0.0
9	81.96	1.49	31.23	6.03	5.39	0.667428	0.0
10	79.71	2.77	29.82	9.41	5.34	0.65049	0.623132
11	76.84	3.94	30.77	11.77	5.36	0.126989	0.0
12	77.64	4.24	30.59	10.81	5.18	0.436118	0.264303
13	77.89	4.06	29.81	11.55	5.11	0.0	0.215328
14	79.77	2.19	29.18	8.3	5.47	0.702613	0.372326
15	78.87	4.34	29.86	9.17	5.29	0.400736	0.452908
16	78.43	3.04	30.28	9.54	5.26	0.681679	0.532946
17	79.74	3.36	30.75	9.26	5.39	0.634537	0.487689
18	79.48	3.31	29.74	9.94	5.18	0.36599	0.498014

4.11 Análisis Sensorial durante el almacenamiento

Los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para determinar si existían diferencias en cada uno de los parámetros sensoriales en los rabanitos con diferentes tipos de recubrimientos durante el almacenamiento se muestran en el Cuadro 43.

Cuadro 43: Valores p para las pruebas de Kruskal-Wallis

PARAMETRO SENSORIAL	DÍA 1	DÍA 4	DÍA 7	DÍA 10	DÍA 13	DÍA 16
OLOR	0.7746	0.9543	0.9781	0.8077	0.4498	*0.0276
COLOR	0.3971	0.2414	0.1044	0.0778	0.1237	0.9034
SABOR	0.7746	0.9543	0.9781	0.1952	*0.0051	*0.0121
TEXTURA	0.7746	0.9543	0.9781	0.6385	0.1462	*0.0319

Se encontró que los rabanitos almacenados durante 13 y 16 días de almacenamiento presentaron cambios significativos, siendo el atributo sensorial más afectado el sabor para el día 13 y el olor, sabor y textura para el día 16.

Con el propósito de encontrar los tratamientos en los cuales se presentaron dichas diferencias se realizaron pruebas de comparaciones múltiples Tukey HSD, para cada caso, cuyos resultados muestran que la mayoría de diferencias se encontraron para el tratamiento 1 que corresponde a la concentración de gel de aloe vera de 50% y la concentración de aceite de rosa mosqueta de 0% para el día 13 y 16, Cuadro 44.

Cuadro 44: Tabla de comparaciones Múltiples (Tukey HSD) para las muestras de Kruskal-Wallis con valor $p < 0.05$.

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO				
CONTRASTE	DÍA 13		DÍA 16	
	SABOR	OLOR	SABOR	TEXTURA
T1 - T2	*-0.47	-0.30	-0.30	*-0.37
T1 - T3	*-0.43	*-0.47	-0.20	-0.27
T1 - T4	-0.37	-0.23	-0.30	-0.17
T1 - T5	*-0.43	-0.20	*-0.43	-0.30
T1 - T6	*-0.4	-0.23	*-0.43	*-0.37
T2 - T3	0.03	-0.17	0.10	0.10
T2 - T4	0.10	0.07	0.00	0.20
T2 - T5	0.03	0.10	-0.13	0.07
T2 - T6	0.07	0.07	-0.13	0.00
T3 - T4	0.07	0.23	-0.10	0.10
T3 - T5	0.00	0.27	-0.23	-0.03
T3 - T6	0.03	0.23	-0.23	-0.10
T4 - T5	-0.07	0.03	-0.13	-0.13
T4 - T6	-0.03	0.00	-0.13	-0.20
T5 - T6	0.03	-0.03	0.00	-0.07

En la Figura 40 se muestran los perfiles sensoriales para los días 1, 4, 7, 10, 13 y 16. Comparando las figuras se observa que para el día 13 se obtuvieron valores similares para todos los tratamientos excepto para los rabanitos recubiertos con 50% de aloe vera y 0% de

aceite de rosa mosqueta que obtuvo puntajes bajos para el olor y que al aumentar el tiempo de almacenamiento se obtiene una disminución de los atributos.

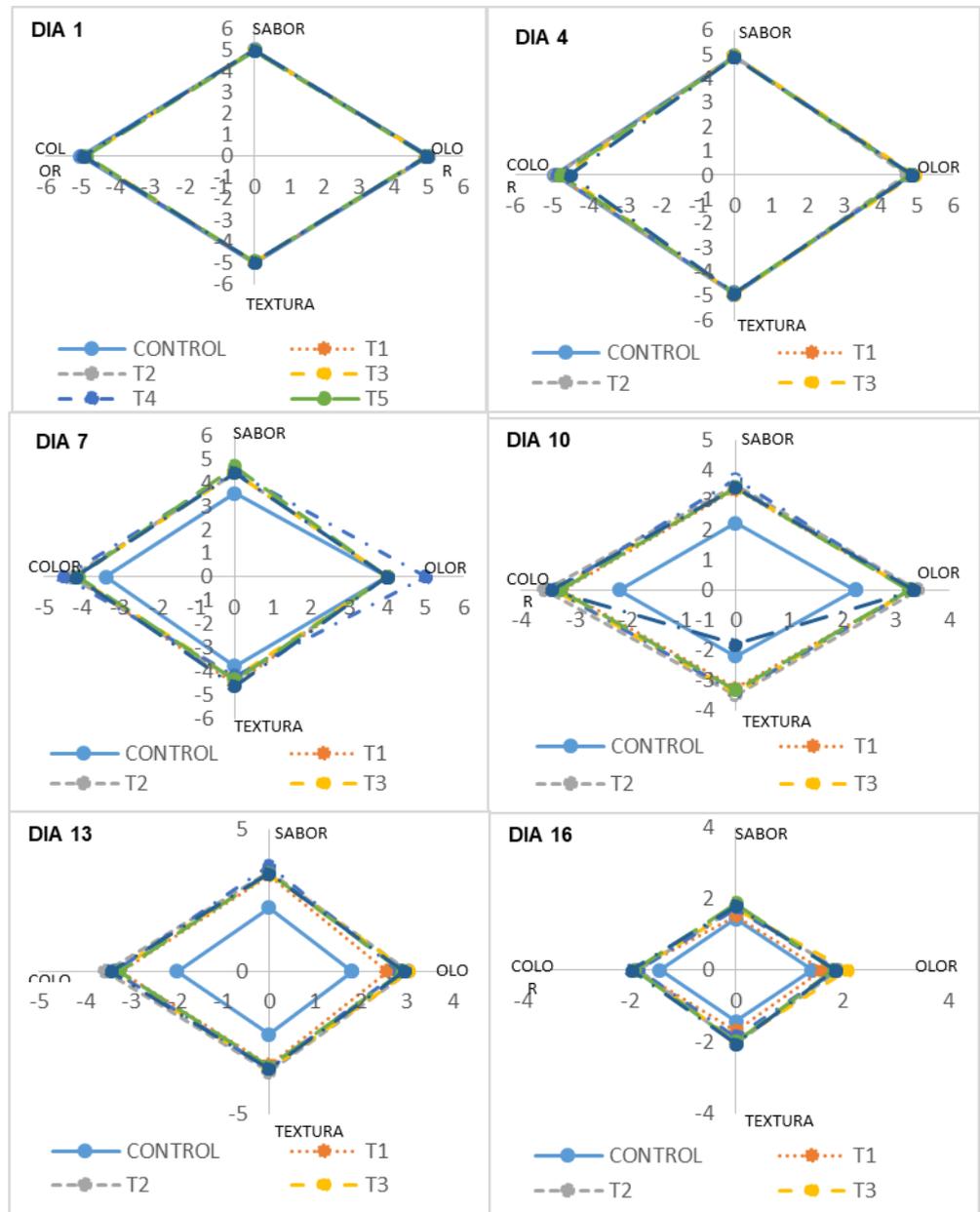


Figura 40: Perfiles sensoriales para el control y los rabanitos de IV gama tratados con Aloe Vera y Aceite de Rosa Mosqueta a 1, 4, 7, 10, 13 y 16 días de almacenamiento (n= 30)

4.11.1 Evaluación Sensorial en los Rabanitos de IV gama del Mejor Tratamiento

A fin de evaluar el producto terminado se sometió a una evaluación sensorial la formulación con mayor deseabilidad según Software estadístico STATGRAPHICS Centurión XVII.I, dónde se midió la aceptabilidad usando una escala hedónica de 05 niveles. Los panelistas o jueces se les consideran como semientrenados, es decir personas que cuenten con entrenamiento teórico, realizan pruebas sensoriales con frecuencia y poseen cierta habilidad.

- Con respecto a Color

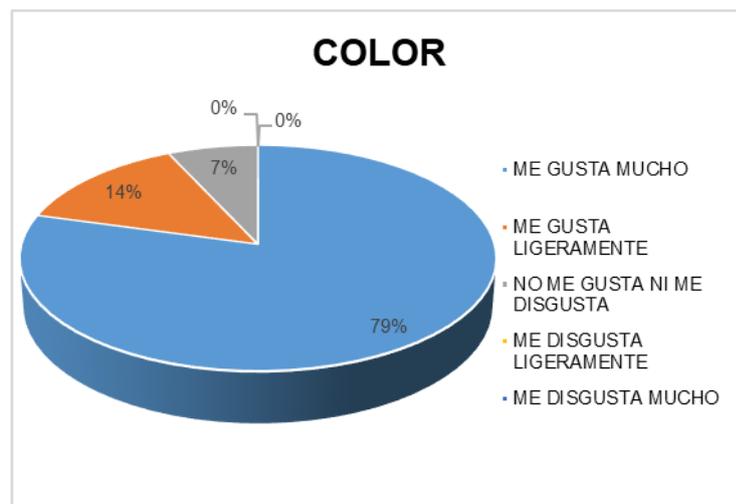


Gráfico 23: Resultados (%) con respecto al Color

En esta Gráfica 23 nos muestra que el 79% de los panelistas gusta mucho del color, el 14% de los panelistas les gusta ligeramente y el 7% ni le gusta ni le disgusta.

- **Con respecto a Olor**

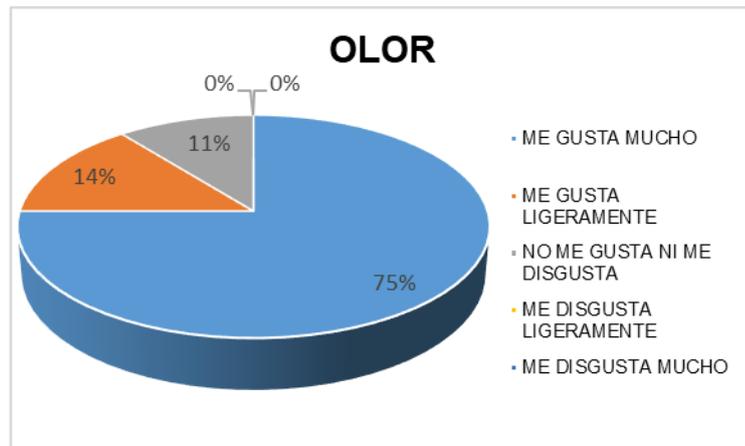


Gráfico 24: Resultados (%) con respecto al Olor

En esta Gráfica 24 nos muestra que el 75% de los panelistas gusta mucho del olor, el 14% de los panelistas les gusta ligeramente y el 11% ni le gusta ni le disgusta.

- **Con respecto a Textura**

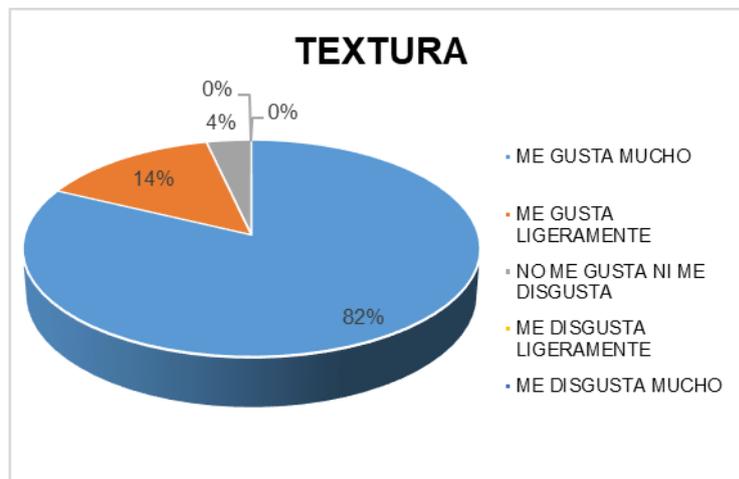


Gráfico 25: Resultados (%) con respecto a la Textura

En esta Gráfica 25 nos muestra que el 82% de los panelistas gusta mucho de la textura, el 14% de los panelistas les gusta ligeramente y el 4% ni le gusta ni le disgusta.

- **Con respecto a Sabor**

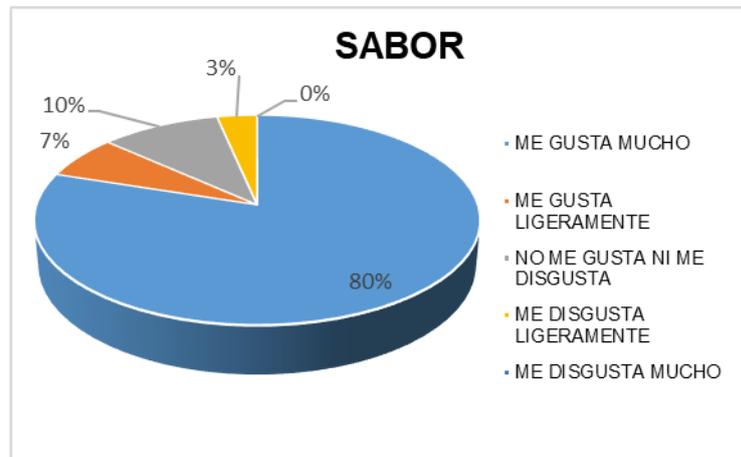


Gráfico 26: Resultados (%) con respecto al Sabor

En esta Gráfica 26, nos muestra que el 80% de los panelistas gusta mucho del sabor, el 7% de los panelistas les gusta ligeramente, el 10% ni le gusta ni le disgusta y el 3% disgusta ligeramente de sabor.

4.12 Vida útil en los Rabanitos de IV gama del Mejor Tratamiento

Se realizaron pruebas de aceptabilidad general con el fin de determinar el tiempo de vida útil de los rabanitos de IV gama recubiertos con gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta.

La determinación gráfica del tiempo de vida útil de los rabanitos mínimamente procesados por evaluación sensorial se observa en el Gráfico 27. Cómo podemos observar la relación es negativa. A más días de almacenamiento, como es lógico, la aceptabilidad del producto disminuye. El coeficiente de determinación es 0.9469%, indicando que es un modelo cuyas estimaciones se ajustan bastante bien a los puntajes reales.

La determinación gráfica del tiempo de vida útil fue de 13 días en comparación a la vida útil de rabanitos sin recubrimiento que fue de 8 días, en contraste con lo reportado por Ayub et al. (2013) para la variedad Crimson Giant, dónde concluyeron que los bulbos de rábano procesados y procesados mínimamente pueden almacenarse durante seis días a una temperatura inferior a 5° C. Este resultado muestra valores aceptables para un producto elaborado con recubrimientos cuyo objetivo fue el prolongar la vida útil de los rabanitos, por lo que el tiempo estimado beneficia sin duda a los rabanitos mínimamente procesados.

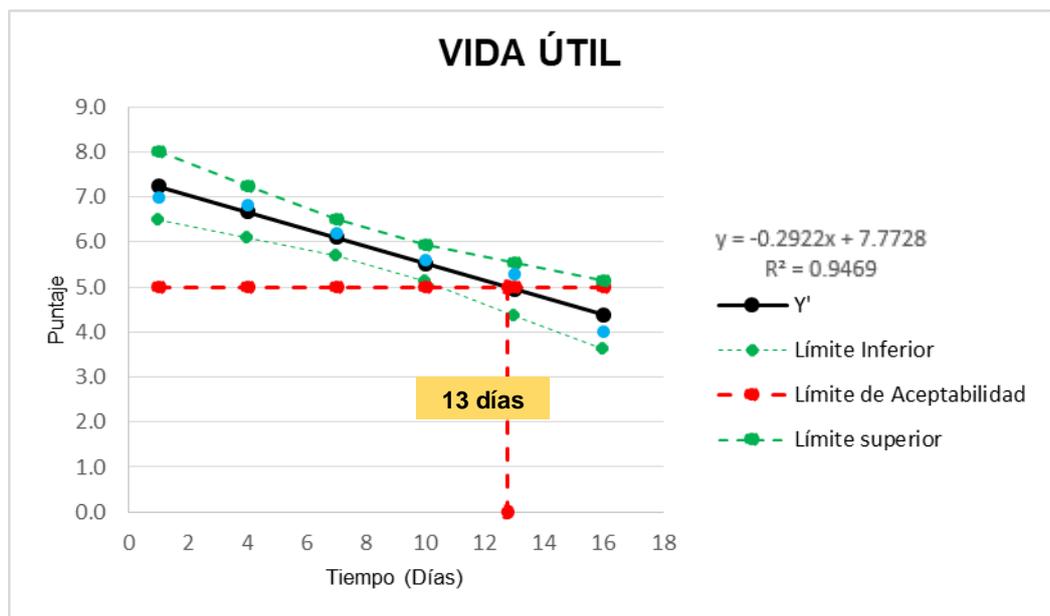


Gráfico 27: Vida útil de los rabanitos de IV gama con 50.0% de gel de Aloe vera y 1.0% de Aceite de Rosa Mosqueta

V. CONCLUSIONES

- Las características fisicoquímicas del rabanito Varda fueron Vitamina C (15.35 ± 4.22 mg/100g), textura (31.74 ± 2.69 mJ), color cáscara ($L^*=44.17 \pm 0.96$, $a^*=38.51 \pm 5.02$, $b^*=13.93 \pm 2.04$), color pulpa ($L^*= 87.24 \pm 3.83$, $a^*= -1.73 \pm 0.78$, $b^*= 9.82 \pm 0.84$), índice de respiración (35.34 ± 3.87 mgCO₂/kg.hr), sólidos solubles (3.17 ± 0.22), acidez titulable (0.054 ± 0.01 %), pH (5.92 ± 0.09), diámetro (6.08 ± 1.26 cm), peso (194.07 ± 18.13 g), humedad (93.20 ± 0.25 %), cenizas (0.32 ± 0.02 %).
- Las operaciones para la aplicación del recubrimiento comestible en rabanitos de IV gama son: recepción, selección y clasificación, lavado y desinfección, cortado, inmersión en agua clorada a 5°C y enjuagado, secado, inmersión en el recubrimiento comestible, secado, envasado y almacenamiento a 5°C.
- El mejor tratamiento fue 50.0% de gel aloe vera y 1.0% de aceite de rosa mosqueta con una pérdida de peso (2.45 ± 0.42 %), textura (30.05 ± 1.06 mJ), color ($L^*= 81.21 \pm 1.25$, $a^*= -0.83 \pm 0.14$, $b^*= 12.88 \pm 0.79$, $\Delta E= 6.85 \pm 1.26$), índice de respiración (19.77 ± 1.33 mgCO₂/kg.hr), vitamina C (12.068 ± 0.33 mg/100g), sólidos solubles (1.97 ± 0.06), acidez titulable (0.06 ± 0.002 %), pH (5.48 ± 0.10) después de 13 días.
- Las concentraciones de gel de aloe vera y el aceite de rosa mosqueta influyen en la pérdida de peso, índice de respiración, contenido de vitamina C, L^* , b^* , ΔE , sólidos solubles totales, acidez titulable y pH.
- El análisis sensorial determinó cambios en los atributos organolépticos a partir del día 13 siendo el recubrimiento con 50% de aloe vera y 0% de aceite de rosa mosqueta el más afectado.
- Se demostró que el recubrimiento comestible a base del gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta logró prolongar la vida útil del rabanito de IV gama en 5 días.

VI. RECOMENDACIONES

- Emplear técnicas de conservación con recubrimiento comestibles para hortalizas, en base de mezclas de otros tipos de carbohidratos, lípidos y plastificantes y así alargar la vida útil de las hortalizas.
- Realizar ensayos con recubrimientos adicionando agentes antimicrobianos naturales, que permitan extender la vida útil y mantener la calidad microbiológica y fisicoquímica de otros frutos y hortalizas.
- Utilizar otras tecnologías de envasado como atmósfera modificada o controlada para la mejor conservación de la frescura para determinar el más idóneo, el cual mantenga por más tiempo la calidad de cada uno de los productos evaluados.
- Utilizar cámaras de refrigeración adecuadas exclusivamente para el proceso y almacenamiento de este tipo de productos, para poder tener un mejor control de la temperatura.
- Realizar el análisis microbiológico al inicio y durante el almacenamiento del rabanito con recubrimiento comestible con la finalidad de ver qué tipo de microorganismos tienden a desarrollarse y como aumenta la carga de microorganismos en función del tiempo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDOLLAHI, M., REZAEI, M., & FARZI, G. (2012). A Novel Active Bionanocomposite Film Incorporating Rosemary Essential Oil and Nanoclay into Chitosan. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(4), pp. 847-853.
- ALFÉREZ, F., AGUSTI, M., & ZACARÍAS, L. (2003). Post harvest rind staining in Navel oranges is aggravated by changes in storage relative humidity: effect on respiration, ethylene production and water potential. *Post harvest Biology and Technology* 28, pp. 143–152..
- ALIQUE , F., & ALZAMORA, J. (2000). *Aplicación del frío a los alimentos*. Editorial Mundi Prensa: Madrid, España..
- ALTENHOFEN, M., KRAUSE, A., & GUENTER, T. (2009). Alginate and pectin composite films crosslinked with Ca + 2 ions: Effect of the plasticizer concentration. *Carbohydr. Polym* 77, pp. 736 - 742.
- A.O.A.C. (1984). *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists. E.U.A. 14a Ed. Washington, D.C.
- A.O.A.C. (1990). *Official Methods of Analysis*. 15a ed. Arlington, EE. UU.:AOAC.
- A.O.A.C. (2005). *Official method of Analysis*. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC, Method 935.14 and 992.24.
- ARCE, C. (2011). *Caracterización de películas comestibles de quitosano y la afectación de las propiedades por aplicación de aceites esenciales* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

- AVENA-BUSTILLOS, R. y MCHUGH, T. (2012). Role of edible film and coating additives. p. 157-177. In Baldwin, E.A., Hagenmaier, R.D. and Bai, J. (Eds.). Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. (2nd. Ed.).CRC Press. Boca Raton, FL.
- ASSIS, O., & PESSOA, J. (2004). Preparation of thin films of chitosan for use as edible coatings to inhibit fungal growth on sliced fruits. Scientific Note, Braz. J. Food Technol. 7: 17-22.
- AYUB, R., SPINARDI, B., & GIOPPO, M. (2013). Storage and fresh cut radish. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade. Paraná, Brazil.
- AZARAKHSH, N., OSMAN, A., GHAZALI, H., TAN, C., & MOHD ADZAHAN, N. (2012). Optimization of alginate and gellan-based edible coating formulations for fresh-cut pineapples. Int Food Res Journal, 19 (1), pp. 279 - 285.
- BADAWY, M., & RABEA, E. (2009). Potential of the biopolymer chitosan with different molecular weights to control postharvest gray mold of tomato fruit. Postharvest Biol. Technology, 51(1), pp. 110-117.
- BADUI, S. (4ta ed.) (2006). Química de los Alimentos. México: Editorial Pearson Educación.
- BAGÁN, M., SANCHEZ, L., GONZÁLEZ, C., CHÁFERL, M., & CHIRALT, A. (2009). Recubrimientos antimicrobianos a base de hidroxipropilmetilcelulosa y aceite esencial de árbol de té. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Tecnología de Alimentos, Valencia, Epaña.

- BALDWIN, E., HAGENMAIER, R., & BAI, J. (2012). Edible coatings and films to improve food quality. Boca Raton: CRC Press.
- BARUK, P. (2008). Caracterización estructural de películas elaboradas con almidón modificado de plátano y con quitosano (Tesis doctoral). Instituto Politécnico Nacional.
- BEAULIEU, J., INGRAM, D., LEA, J., & BETT-GARBER, K. (2004). Effect of harvest maturity on the sensory characteristics of fresh-cut cantaloupe. *Journal Food Science*.
- BOURTOOM, T. (2009). Edible protein films: properties enhancement. *International Food Research Journal*, 16(1), pp. 1-9.
- BRANCOLI, N., & BARBOSA-CÁNOVAS, G. (2000). Quality changes during refrigerated storage of packaged apple slices treated with polysaccharide films. In: *Innovations in Food Processing*. GV Barbosa-Cánovas, GW Gould (eds.). pp. 243-254. Pennsylvania: Technomic, Publishing Co.
- BRASIL, I. M., GOMES, C., PURETA-GOMEZ, A., CASTELL-PEREZ, M. E., & MOREIRA, R. G. (2012). Polysaccharide-based multilayered antimicrobial edible coating enhances quality of fresh-cut papaya. *Food Science and Technology*, 47(1), pp. 39–45.
- CABALLERO, B., FINGLAS, P., & TOLDRÁ, F. (2016). *Encyclopedia of Food and Health* (Vols. I, II). Amsterdam: ELSEVIER.
- CAGRI, A., USTUNOL, Z., AND RYSER, E. (2004). Antimicrobial edible films and coatings. *Journal of Food Protection* 67:833–848.

- CAMPOS, C., GERSCHENSON, L., & FLORES, S. (2011). Development of Edible Films and Coatings with Antimicrobial Activity. *Food Bioprocess Technol*, 4, pp. 849–875.
- CANTWELL, M., & SUSLOW, T. (2002). *Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables*. University of California. Oakland: Postharvest Technology of Horticultural Crops. Kader.
- CARACUEL, A. (2013). *Información Alimentaria Facilitada al Consumidor y Vida Útil de los Alimentos*. SANCYD.
- CASARES, E. (3era ed.) (1981). *Producción de hortalizas*. San José, Costa Rica.
- CASTILLO, S., NAVARRO, D., ZAPATA, P., GUILLÉN, F., VALERO, D., SERRANO, M., MARTÍNEZ-ROMERO, D. (2010). Antifungal efficacy of Aloe vera in vitro and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. *Postharvest Biology and Technology*. Vol 57, pp 183-188.
- CHAMBI, H., & GROSSO, C. (2011). CHAMBI, H., & GROSSO, C. (2011). Effect of surfactants on the functional properties of gelatin-polysaccharidebased films. *European Food Research & Technology*. 232(1), pp. 63-69.
- CHANDRA, D., LEE, J.S., CHOI, H., & KIM, J., (2018). Effects of Packaging on Shelf Life and Postharvest Qualities of Radish Roots during Storage at Low Temperature for an Extended Period. *Hindawi. Journal of Food Quality*.
- CHIEN, P., SEP, F., YANG, F. (2007). Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *J. Food Eng.* 78: 225-229.
- CHITARRA, M., & CHITARRA, A. (2005). *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293p.

- CRIOLLO, H., & GARCÍA, J. (2009). Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento de plantas de rábano (*Raphanus sativus* L.) bajo invernadero. *Rev. Colomb.Cienc. Hortic.*, 3 (2), pp. 210-222.
- DAHALL, R. (2013). Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 53, pp. 435-450
- DELVILLE, J., JOLY, C., & BLIARD, P. (2003). Influence of photocrosslinking on the retrogradation of wheat starch based films. *Carbohydr. Polym.*, 53, pp. 373-381.
- DOMÍNGUEZ-FERNÁNDEZ, R., ARZATE-VÁZQUEZ, I., CHANONA-PÉREZ, J., WELTI-CHANES, J., ALVARADO-GONZÁLEZ, J., CALDERÓN-DOMÍNGUEZ, G., GARIBAY-FEBLES, V., Y GUTIÉRREZ-LÓPEZ, G. (2012). El gel de Aloe vera: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Rev. Mex. Ing. Quím* 11 (1): 1665-2738.
- ESHUN, K., HE, Q., (2004). Aloe vera: a valuable ingredient for the food, pharmaceutical and cosmetic industries – a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 44, 91–96.
- EUM, H., HWANG, D., LINKE, M., LEE, S., & ZUDE, M. (2009). Influence of edible coating on quality of plum (*Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Sapphire’). *European Food Research and Technology*, 229 (3), pp. 427 - 434.
- FAMÁ, L., GOYANES, S., & GERSCHENSON, L. (2007). Influencia del ajo en recubrimientos biodegradables biodegradables de base almidón de mandioca. *Jornadas Binacionales CONAMET / SAM 2007*. San Nicolás, Argentina.

- FENNEMA, O. (4ta ed.) (2008). Química de los Alimentos. Zaragoza, España. pp. 1025-1051.
- FERNÁNDEZ, M. (2008). Aproximación a los precios internacionales & fichas técnicas De subproductos de aloe vera que se comercializan Internacionalmente. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Santa Marta.
- FRANCIS, G., GALLONE, A., NVCHAS, G., SOFOS, J., COLELLI, G., AMODIO, M., SPANO, G. (2012). Factors affecting quality and safety of fresh-cut produce. s.l. : Crit. Rev. Sci. Nutr, 52(7). pp. 595-610.
- GENNADIOS, A., WELLER C. & GOODING, C. (1994). Measurement errors in water vapor permeability of highly permeable, hydrophilic edible films. J. Food Engng, 21, pp. 395–409.
- GODBILLOT, L., DOLE, P., JOLY, C., ROGE, B., & MATHLOUTHI, M. (2006). Analysis of water binding in starch plasticized films. Food Chem., 96, pp. 380–386.
- GOYENECHE, R., ROURA, S., PONCE, A., VEGA-GÁLVEZ, A., QUISPE-FUENTES, I., URIBE, E., & DI SCALA, K. (2015). Chemical characterization and antioxidant capacity of red radish (*Raphanus sativus* L.) leaves and roots. Journal of Functional Foods, 16, pp.256-264.
- GOYENECHEA, R., AGÜERO, M., ROURAA, S., DI SCALAA, K., (2014). Application of citric acid and mild heat shock to minimally processed sliced radish: Color evaluation, Postharvest Biology and Technology 93, 106–113
- GUILBERT, S. (1988). Use of superficial edible layer to protect intermediate moisture foods: application to the protection of tropical fruit dehydrated by osmosis. In:

- Food preservation by moisture control. CC Seow (ed.). pp. 119-219. London: Elsevier.
- HAMMAN, J. (2008). Composition and Applications of Aloe vera Leaf Gel. *Molecules*. Tshwane University of Technology, Department of Pharmaceutical Sciences.
- INCEDAYI, B., ECE, C., PARSEKER, S., & UTKU, O., (2010). Antioxidant Capacity and Total Phenolics Changes of Minimally Processed Radish Stored in an Active Modified Atmosphere Under Refrigeration. Faculty of Agriculture. Görükle-Bursa, Turkey : Department of Food Engineering, 2010, *Asian Journal of Chemistry*, Vol. 10, pp. 8131-8142.
- JING, P., ZHAO, S., RUAN, S., XIE, Z., DONG, Y., YU, L., (2012). Anthocyanin and glucosinolate occurrences in the roots of Chinese red radish (*Raphanus sativus* L.), and their stability to heat and pH. *Food Chem.* 133, 1569–1576.
- LEE, G., & KADER, A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biol. Technol.* 20(3):207-20
- LEE, J., PARK, H., LEE, C., & CHOI, W. (2003). Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *Lebensm. Wiss. U. Technology*, 36, pp. 323-329.
- LAI, T., CHEN, C., & LAI, L. (2013). Effects of tapioca starch/decolorization hsian-tsa leaf gum based active coatings on the quality of minimally processed carrots. *Food Bioprocess Technol.* 6, pp. 249-258.
- LIN, D., & ZHAO, Y. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 6(3), pp. 60–75

- LÓPEZ, F., ALVAREZ, M., CORVALÁN, S., & BALLESTEROS, O. (2017).
PROTOCOLO DE CALIDAD. Ministerio de Agroindustria de la Nación,
Subsecretaría de Alimentos y Bebidas.
- MACDOUGALL, D. (2001). Instrumentation and sensors for food industry. Chapter 3:
Principles of colour measurement for food. © 2001, Woodhead Publishing
Limited and CRC Press LLC.
- MACDOUGALL, D. (1st ed) (2002). Colour in food: Improving quality. Woodhead
Publis Limited, pp. 35 - 46.
- MAFTOONAZAD, N., RAMASWAMY, H.S., MARCOTTE, M. (2008). Shelflife
extension of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible
coatings. *International Journal of Food Science & Technology*;43(6):951–7.
- MCHUGH, T. (2000). Protein-lipid interactions in edible films and coatings. *Nahrung*
44: 48-151.
- MALI, S., GROSSMAM, M., GARCIA, M., MARTINO, M., & ZARITZKY, N.
(2002). Microstructural characterization of yam starch films. *Carbohydrate
Polymers* 50(4), pp. 379-386.
- MANTILLA, N., CASTELL-PEREZ, M., GOMES, C., & MOREIRA, R. (2013).
Multilayered antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf life
of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *Food Science and Technology*, 51, pp.
37–43.
- MARTÍN-BELLOSO, O., SOLIVA-FORTUNY, R., & BALDWIN, E. (2005).
Conservación mediante recubrimientos comestibles. En: *Nuevas tecnologías de*

conservación de productos vegetales frescos cortados. G González-Aguilar, A Gardea, F Cuamea-Navarro (eds.). pp. 341-356. México: CIAD.

MARTÍNEZ-ROMERO, D., ALBURQUERQUE, N., VALVERDE, J., GUILLÉN, F., CASTILLO, S., VALERO, D., & SERRANO, M. (2006). Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe Vera treatment: a new edible coating. *PostharVest Biol. Technol.*, 39, pp. 93-100.

MONTERO, S., SINGH, B., & TAYLOR, R. (2006). Evaluación de seis estructuras de producción hidropónica diversificada en el trópico húmedo de Costa Rica. *Tierra Tropical*, 2(1), pp. 27-37.

MONTERO, D., JAMBASSI¹, J., EVANGELISTA¹, R., TECCHIO, M., BONFIM, F., & MING, L. (2015). The Effect of Oregano Essential Oil in Post-Harvest Quality of Minimally Processed Radish. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 4 (2), pp. 164-171

MORILLON, V., DEBEAUFORT, F., BLOND, G., CAPELLE, M., VOILLEY, A., (2002). Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible film: a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 42, 67–89.

MOURA, M. (1997). The wrapping and storage effect at zero degree during the persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.) Taubaté ripening. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 32(11), pp. 1105-1109.

NASEVILLA, J. (2010). Estudio de las características físicoquímicas y nutricionales de dos ecotipos de rábano (*Raphanus sativus* L) (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.

- NI, Y., TURNER, D., YATES, K., & TIZARD, I. (2004). Isolation and characterization of structural components of Aloe Vera L. leaf pulp. *International Immunopharmacology* 4(14), pp. 1745-1755.
- NÍSPEROS-CARRIEDO, M. (1994) Edible coatings and films based on polysaccharides. In: *Edible coatings and films to improve food quality*. JM Krochta, EA Baldwin, M Nisperos-Carriedo (eds.). pp. 305-355. Lancaster: Technomic Publishing Co.
- OLIVAS, G., RODRÍGUEZ, J, & BARBOSA-CÁNOVAS, G. (2003). Edible coatings composed of methylcellulose, stearic acid, and additives to preserve quality of pear wedges. *J. Food Process.Preserv.* 27: 299-320.
- OLIVAS, G., & BARBOSA-CÁNOVAS, G. (2005). Edible coating for fresh-cut fruits. *Crit. Rev. Food Sci. Nutri.*, 45, pp. 657-670.
- OMS-OLIU, G., ROJAS-GRAU, M., GONZÁLEZ , L., VARELA , P., SOLIVA-FORTURUY, R., HERNANDO, M., PÉREZ-MUNUERA, I., FISZMAN, S., MARTÍN-BELLOSO, O. (2010). Recent Approaches Using Chemical Treatments to Preserve Quality of Fresh-cut Fruit: A review. *Postharvest Biology and Technolog* 57 (3), pp. 139-148.
- OZDEMIR, M., & FLOROS, J. (2008). Optimization of edible whey protein films containing preservatives for water vapor permeability, water solubility and sensory characteristics. *Journal of Food Engineering*, pp. 215–224.
- PALADINES, D., VALERO, D., VALVERDE, J., DÍAZ-MULA, H., SERRANO, M., & MARTÍNEZ-ROMERO, D. (2014). The addition of rosehip oil improves the beneficial effect of Aloe vera gel. *Postharvest Biol. Tec.* 92.

- PASCALL, M., & LIN, S. (2013). The application of edible polymeric films and coatings in the food industry. *Food, Processing and Technology*, 4(2), pp. 1-2.
- PÉREZ-GAGO, M., SERRA, M., ALONSO, M., MATEOS, M., & DELRÍO, M. (2003). Effect of solid content and lipid content of whey protein isolate-beeswax edible coatings on color change of fresh-cut apples. *J. Food Sci.* 68: 2186-2191.
- PHAN, T., DEBEAUFORT, F., LUU, D., & VOILLEY, A. (2005). Functional properties of edible agar-based and starch-based films for food quality preservation. *J. Agric. Food Chem*, 53, pp. 973–981.
- PRANOTO, Y., SALOKHE, V., & RAKSHIT, S. (2005). Physical and antibacterial properties of alginatebased edible film incorporated with garlic oil. *Food Research International*, 38, pp. 267-272.
- PURVIS, A. (1997). The role of adaptive enzymes in carbohydrates oxidation by stressed and senescing plant tissues. *Hortscience* 32.
- RAMACHANDRA, C., & SRINIVASA P. (2008). Processing of Aloe vera leaf gel: A review. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 3, pp. 502-510.
- RAMANA RAO TV, NILANJANA S. BARAIYA, PINAL B. VYAS, AND DHARA M (2016) Composite coating of alginate-olive oil enriched with antioxidants enhances postharvest quality and shelf life of Ber fruit (*Ziziphusmauritiana*Lamk. Var. Gola). *Journal Food Science Technology*. 2016; 53(1):748–56
- RAMÍREZ, R., & PÉREZ, M. (2006). Evaluación del potencial de los sólidos procedentes del tratamiento de aguas residuales para uso agrícola y su efecto

- sobre el cultivo de rábano rojo (*Raphanus sativus*, L.). Revista Facultad Nacional. Agronomía, 59(2), pp. 3543-3556.
- RESTREPO, J., & ARISTIZÁBAL, I. (2010). Conservación De Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. *Camarosa*) Mediante La Aplicación De Recubrimientos Comestibles De Gel Mucilaginoso De Penca Sábila (*Aloe barbadensis* Miller). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. pp. 252-263.
- RHIM, J. (2004). Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. *Lebensm. Wiss. U. Technology*, 37, pp. 323-330.
- RINCÓN, A., LIGARRETO, G., & SANJUANELO, D. (2007). Crecimiento del maíz y los pastos (*Brachiaria* sp.) establecidos en monocultivo y asociados en suelos acidos del piedemonte llanero colombiano. *Revista Agronomica Colombiana*, 25(2), pp. 264-272.
- ROBLES-SÁNCHEZ, R., ROJAS-GRAÜ, M., ODRIOZOLA-SERRANO, I., GONZÁLEZ-AGUILAR, G., MARTÍN-BELLOSO, O. (2013) Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. *LWT – Food Science and Technology* 50, pp. 240–246.
- ROCHA, R., & MORAIS, A. (2003). Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by color changes. *Food Control* 14(1), pp. 13-20.
- ROJAS-GRAÜ, M., OMS-OLIU, G., SOLIVA-FORTUNY, R., & MARTÍN-BELLOSO, O. (2009). *International Journal of Food Science and Technology*, 4, pp. 875–889.

- ROJAS-GRAÜ, M., TAPIA, M., RODÍGUEZ, F., CARMONA, A., & MARTIN-BELLOSO, O. (2006). Alginate and gellan based edible coatings as support of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apple. *Food Hydrocolloids*, 39, pp. 95-105.
- ROMOJARO , F., RIQUELME, F., PRETEL, T., MARTINEZ, G., LOZANO, P., SEGURA, P., & LUNA, P. (1996). *Nuevas tecnologías de conservación de frutas y hortalizas: atmósferas modificadas*. Madrid, España: Editorial Mundi Prens.
- ROSALES, A. (2004). *Respuestas del rábano (Raphanus sativus L.), a densidades de siembras y aplicacion de sustancias fúlvicas (K-tionic) y húmicas (Humiplex std) (Tesis de pregrado)*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México.
- RUSSO, V., DAIUTO, E., & VIEITES, R. (2012). Melão amarelo (CAC) minimamente processado submetido a diferentes cortes e concentrações de cloreto de cálcio armazenado em atmosfera modificada passiva. *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, n. 1, pp. 227-236.
- SAAVEDRA, J. (2004). *Processamento Mínimo De Rabanete: Estudos Físicoquímicos, Fisiológicos E Microbiológicos (Tesis de maestría)*. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. San Paolo, Brasil.
- SAAVEDRA, J., SASAKI, F., HRIFFIE, L., ORTEGA, E., JACOMINO, A., & KLUGE, R. (2006a). Determinação da microflora em rabanetes minimamente processados. *Horticultura Brasileira* 24, pp. 75-78.

- SAAVEDRA, J., SASAKI, F., HRIFFIE, L., ORTEGA, E., JACOMINO, A., & KLUGE, R. (2006b). Fresh-cut radish using different cut types and storage temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, 40(2), pp. 149-154
- SAAVEDRA, J., SASAKI, F., HRIFFIE, L., ORTEGA, E., TREVISAN, M., & KLUGE, R. (2008). Effect of antioxidants in fresh cut radishes during the cold storage. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51(6), pp. 1217-1223.
- SALERNO, A., PIERANDREI, F., REA, E., SEQUI, P., & VALENTINI, M. (2005). Definition of internal morphology and structural changes due to dehydration of radish (*Raphanus sativus* L. Cv. Suprella) using magnetic resonance imaging spectroscopy. *Agricultural Research Council*, pp. 433-434. Rome, Italy.
- SALVEIT, M. (2003). Fresh-cut vegetables. En J. Bartz, & J. Brecht (eds), *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*, 22, pp. 691-712. New York: Marcel Dekker.
- SÁNCHEZ, M. (2004). *Procesos de Conservación Poscosecha de Productos Vegetales*. Madrid, España: Editor Antonio Madrid Vicente.
- SÁNCHEZ-VILLANUEVA, R., FABRA-ROVINA, M., & TALENS-OLIAG, P. (2010). Recubrimientos comestibles a base de caseinato sódico con capacidad antioxidante. *Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Tecnología de Alimentos*. Valencia.
- SANCHÍS, E., GONZÁLEZ, S., GHIDELLI, C., SHETH, C., MATEOS, M., PALOU, L. y PÉREZ-GAGO, M. (2016). Browning inhibition and microbial control in fresh-cut persimmon (*Diospyros kaki* Thunb. cv. Rojo Brillante) by apple pectin-based edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 112, 186-193.

- SERRANO, M., VALVERDE, J., GUILLÉN, F., CASTILLO, S., MARTÍNEZ-ROMERO, D., & VALERO, D. (2006). Use of aloe vera gel coating preserves the functional properties of table grapes. *J. Agric. Food Chem*, 54, pp. 3882-3886.
- SCHREINER, M., KRUMBEIN, A., SCHONHOF, I., WIDELL, S., (2003). Quality determination of red radish by nondestructive root color measurement. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 128,397–402.
- SOLIVA-FORTUNY , R., OMS, G., & MARTÍN-BELLOSO, O. (2002). Effects of ripeness on the storage atmosphere and color and textural properties of minimally processed apple slices. *Journal of Food Science*.
- SONTI, S., PRINYAWIWATKUL, W., & MCWATTERS, K. (2003). A survey on consumer attitude and perception of fresh-cut fruits and vegetables with or without edible coating. *IFT Annual Meeting Technical Program Abstracts*, 76C-16.
- TAPIA, M., RODRÍGUEZ, F., ROJAS-GRAÜ, M., & MARTÍN-BELLOSO, O. (2005). Formulation of alginate and gellan based edible coatings with antioxidants for fresh-cut apple and papaya. *IFT Technical Program Abstracts*. New Orleans, USA. Annual Meeting, pp. 36-43.
- VACHON, C., APRANO, G., LOCROIX, M., & LETENDRE, M. (2003). Effect of edible coating process and irradiation treatment of strawberry *fragaria* spp. on storage-keeping quality. *J. Food Sci.* 68: 608-612.
- VALENCIA-CHAMORRO, S., PALOU, L., DEL RÍO, M. Y PÉREZ-GAGO, M. (2011). Antimicrobial edible films and coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 51:872-900.

- CHIABRANDO, V., & GIACALONE, G. (2016). Effects of edible coatings on quality maintenance of fresh-cut nectarines. *Emir J Food Agric*;28(3):201-7
- VALERO, A. (2011). *Principios de color y holopintura*. España: Editorial Club Universitario.
- VALERO, D., DIAZ-MULA, P., ZAPATA, F., GUILLEN, D., MARTINEZ-ROMERO, S., CASTILLO, M., SERRANO (2013). Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. *Postharvest Biol. Technol*;77:1-6.
- VARGAS, M., PASTOR, C., CHIRALT, A., MCCLEMENTS, D., & GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. (2008). Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 48, pp. 496-511.
- VEGA, A., AMPUERO, N., DÍAZ, L., & LEMUS, R. (2005). El aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) como componente de alimentos funcionales. *Rev Chil Nutr.*, 32(3), pp. 14-28.
- VEGA WRC, PIOTROWICZ IBB, PRENTICE C, BORGES CD. (2014) Influence of different edible coatings in minimally processed pumpkin (*Cucurbitamoschata*Duch) *International Food Research Journal*. 21(5):2021
- VEGA WRC, PIOTROWICZ IBB, PRENTICE C, BORGES CD (2017). Influence of different edible coatings in minimally processed pumpkin (*Cucurbitamoschata*Duch). *International Food Research Journal*, 23
- WHITE, A. (1985). *Hierbas del Ecuador*. Quito-Ecuador: Editorial Librimundi.
- WILEY, R. (1997). *Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas*. España: Editorial Acribia.

- WONG, D., TILLIN, S. HUDSON, J., & PAVLAH, A. (1994). Gas exchange in cut apples with bilayer coatings. *J. Agric. Food. Chem.* 42: 2278-2285.
- ZAPATA, P.J., NAVARO, D., GUILLÉN, F., CASTILLO, S., MARTÍNEZ-ROMERO, D., VALERO, D., SERRANO, M., (2013). Characterisation of gels from different *Aloe* spp. as antifungal treatment: potential crops for industrial application. *Ind. Crops Prod.* 42 (223), 230.
- ZHANG, Y., & HAN, J. (2006a). Mechanical and Thermal Characteristics of Pea Starch Films Plasticized with Monosaccharides and Polyols. *Journal of Food Science*, 71(2), pp. E109–E118.
- ZHANG, Y., & HAN, J. (2006b). Plasticization of Pea Starch Films with Monosaccharides and Polyols. *Journal of Food Science*, 71(6), pp. E253–E261.

PAGINAS WEBS

AGROHUERTO, (2017). EL RÁBANO: Plagas y enfermedades comunes. Recuperado de <https://www.agrohuerto.com/>.

CARRERES, J. (2006). Infoagro: Cuarta gama una alternativa de futuro. Recuperado de <http://www.infoagro.com/>

ELIKA, (2013). Elika para el Consumidor. Recuperado de <http://www.elika.eus>

EROSKI CONSUMER, (2005). Hortalizas y Verduras: Guía práctica de verduras. Recuperado de de <http://verduras.consumer.es/>

FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE LA NUTRICIÓN, (2014). Rábano. Recuperado de <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/rabano.pdf>

FEPEX. (2010). Guía de Buenas Prácticas de Producción de IV Gama. Recuperado de http://www2.fepex.es/archivos/publico/GuiaBuenasPracticas_IV_Gama_ver2.pdf

HUNTER ASSOCIATES LABORATORY, Inc. (2008). Hunter L, a, b color scale. Insight on Color. Recuperado de <http://www.hunterlab.com/ApplicationNotes>

HURTADO, J. (2007). Colombia en el contexto mundial de la producción de Aloe vera. Valle: Cadena Nacional Productiva de Sábila. Recuperado de <http://slideplayer.es/slide/1091674/>

INFOAGRO, (2003). El Culivo del Rábano. Recuperado de <http://www.infoagro.com/hortalizas/rabano.htm>

- JAMES, J. & NGARMSAK, T., (2011). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/014/i1909e/i1909e00.htm>
- LaCie, (2012). Espacios de color y conversión de colores. Recuperado de <https://mediatecnicaeo.files.wordpress.com/2012/02/la-cie-com31.pdf>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, (2015). Instituto Nacional de Estadística. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1253/cap12/ind12.htm
- OLEAGA, R. (2016). Eroski Consumer: Guías práctica de verduras - Verduras y Hortalizas. Recuperado de: <http://verduras.consumer.es/rabano/introduccion>
- PEFAUR , J. (2014). IV Gama, Una Industria Alimentaria en Crecimiento. Recuperado de <http://www.odepa.gob.cl/publicaciones/articulos/iv-gama-una-industria-alimentaria-en-crecimiento-diciembre-de-2014>
- PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE (2010). Rábano. Recuperado de http://www7.uc.cl/sw_educ/hort0498/HTML/p139.html
- ROBINSON, J. (2010). Hortalizas. Recuperado de <http://www.hortalizas.com/miscelaneos/diagnostico-y-control-del-nematodo-de-los-nodulos-en-tomate/>
- SCIENTIFIC PSYCHIC (2008). Carbohidratos o Glúcidos - Estructura Química. Recuperado de <http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohidratos2.html>
- SEMIAGRO, (2011). Rabanito. Recuperado de <http://www.semiagro.com.pe/ver-producto.php?id=7>

SUSLOW, T. (2014). Postharvest Technology University of California: The Science and Art of Quality and Safety. Recuperado de http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Vegetables_Spanish/?uid=29&ds=803

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE [USDA], (2016). Agricultural Research Service. Recuperado de <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3147?manu=&fgcd=>

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE [USDA], (s.f.). United States Department of Agriculture: Natural Resources Conservation Service. Recuperado de <http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=RASA2>

ANEXOS

**Anexo 1: Composición Química del Aceite de Rosa Mosqueta (Derma – Rosé.
100% Extracto Natural)**

	CANTIDAD
Ácido Oleico (C18:1)	20.8% al 5%
Ácido Linolenico (C18:2)	58.6%
Ácido Palmítico (C16:0)	10%
Ácido Esteárico (C18:0)	3.5%

Y otros como Ácido Láurico, Mirístico Transretinoico, etc. En porcentajes menores que 1%.

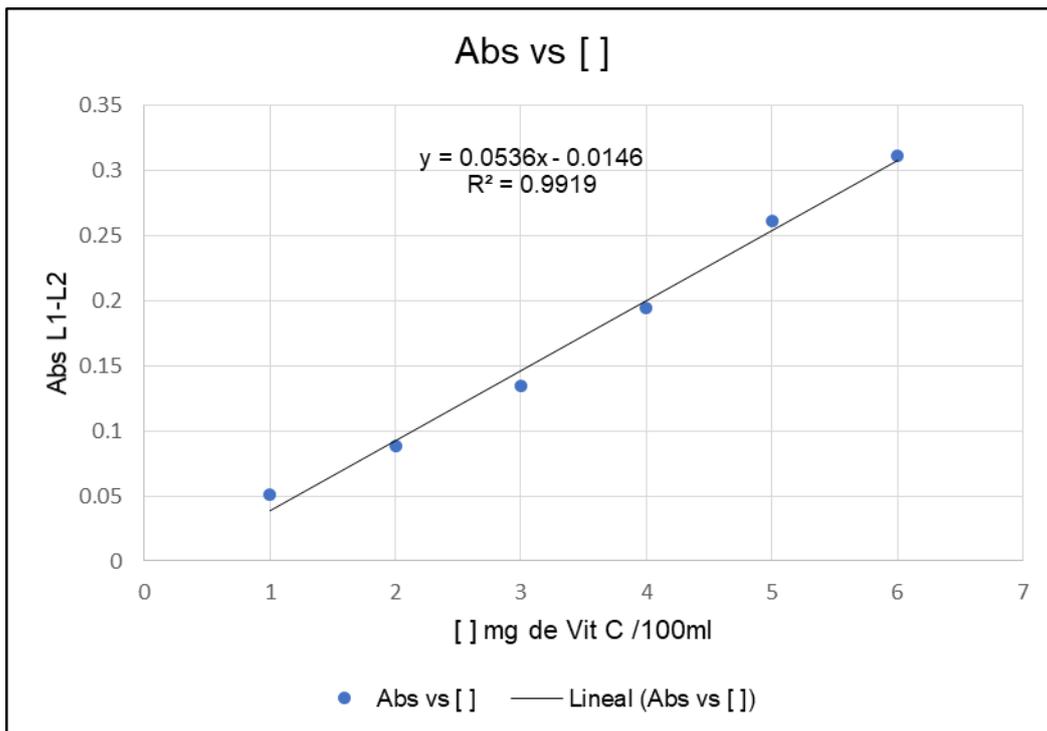
Anexo 2: Composición Química de la Lecitina de soya granulada Lecitiva.

	CANTIDAD POR PORCIÓN	% VALOR DIARIO
GRASA TOTAL	5.8g	12%
FOSFOLÍPIDOS	5.6g	
ACIDO LINOLEICO	1.7g	
ACIDO LINOLÉNICO	0.18g	

- Tamaño de porción: 6g
- Porción por cada envase: 65

**Anexo 3: Curva Utilizada Para Determinar El Contenido De Vitamina C En La
Materia Prima**

mg/100ml	L1	L2	L1-L2
1	0.3008	0.2497	0.0511
2	0.3079	0.2199	0.088
3	0.302	0.1677	0.1343
4	0.312	0.1181	0.1939
5	0.3162	0.0555	0.2607
6	0.3255	0.0144	0.3111



Anexo 4: Resultados de los Tratamientos con Respecto a su Almacenamiento

- Anexo 4.1: Pérdida de peso durante el almacenamiento

TRATAMIENTO	PERDIDA DE PESO (%)					
	1	4	7	10	13	16
CONTROL	0.064 ± 0.02	0.754 ± 0.09	2.239 ± 0.45	3.476 ± 0.16	5.325 ± 0.59	5.868 ± 0.31
T1	0.104 ± 0.06	0.585 ± 0.09	1.711 ± 0.19	2.356 ± 0.17	3.500 ± 0.13	4.509 ± 0.17
T2	0.055 ± 0.03	0.838 ± 0.08	1.378 ± 0.12	2.486 ± 0.30	2.920 ± 0.14	3.614 ± 0.14
T3	0.082 ± 0.03	0.721 ± 0.12	1.845 ± 0.18	2.630 ± 0.23	4.051 ± 0.11	4.626 ± 0.15
T4	0.055 ± 0.01	0.547 ± 0.04	1.106 ± 0.15	1.918 ± 0.42	2.447 ± 0.42	3.032 ± 0.52
T5	0.058 ± 0.03	0.439 ± 0.05	0.944 ± 0.28	1.678 ± 0.30	2.150 ± 0.15	2.504 ± 0.41
T6	0.066 ± 0.04	0.563 ± 0.07	1.109 ± 0.26	2.157 ± 0.21	3.416 ± 0.12	4.135 ± 0.12

- Anexo 4.2: Textura durante el almacenamiento

TRATAMIENTO	TEXTURA (mJ)					
	1	4	7	10	14	16
CONTROL	28.793 ± 0.63	28.757 ± 0.11	29.027 ± 0.22	29.507 ± 0.07	31.37 ± 0.51	33.523 ± 0.32
T1	30.33 ± 0.54	30.053 ± 0.30	29.817 ± 0.38	29.817 ± 0.28	30.353 ± 0.49	30.987 ± 0.50
T2	30.147 ± 0.46	30 ± 0.20	29.857 ± 0.54	30.017 ± 0.59	30.383 ± 0.32	31.107 ± 0.44
T3	29.667 ± 0.64	29.23 ± 0.35	28.933 ± 0.80	28.997 ± 0.71	30.28 ± 0.46	31.957 ± 0.73
T4	29.85 ± 0.50	29.773 ± 0.62	29.673 ± 1.06	29.72 ± 0.83	30.05 ± 1.06	30.62 ± 0.50
T5	29.647 ± 0.91	29.32 ± 0.40	29.46 ± 0.67	29.23 ± 0.58	30.0633 ± 0.46	30.613 ± 1.04
T6	29.257 ± 0.22	29.07 ± 0.59	29.017 ± 0.25	29.193 ± 0.24	29.66 ± 0.50	30.69 ± 0.46

- Anexo 4.3: Parámetro L* durante el almacenamiento

TRATAMIENTO	PARÁMETRO L*					
	1	4	7	10	13	16
CONTROL	85.39 ± 0.98	84.27 ± 0.61	81.56 ± 0.74	79.96 ± 0.72	77.42 ± 1.17	74.89 ± 0.47
T1	82.49 ± 0.79	81.48 ± 0.52	80.19 ± 0.53	79.55 ± 1.11	77.4 ± 0.53	75.65 ± 1.05
T2	83.37 ± 0.86	82.57 ± 0.83	81.41 ± 0.45	80.88 ± 0.62	79.82 ± 0.07	78.33 ± 0.46
T3	85.27 ± 1.03	83.34 ± 0.90	82.27 ± 0.47	80.57 ± 0.89	79.52 ± 1.00	78.59 ± 1.04
T4	84.49 ± 1.15	83.63 ± 1.17	82.69 ± 0.98	81.71 ± 0.71	81.21 ± 1.25	79.81 ± 0.83
T5	83.06 ± 0.50	82.02 ± 0.51	80.92 ± 0.42	79.37 ± 1.03	78.27 ± 0.62	77.21 ± 0.90
T6	83.56 ± 0.65	83.16 ± 0.97	81.36 ± 0.61	80.12 ± 0.45	78.68 ± 0.71	77.24 ± 0.58

- Anexo 4.4: Parámetro a* durante el almacenamiento

TRATAMIENTO	PARAMTERO a*					
	1	4	7	10	13	16
CONTROL	-1.89 ± 0.10	-1.24 ± 0.30	-1.08 ± 0.93	-1.07 ± 0.65	-1.02 ± 0.58	-1.12 ± 0.92
T1	-2.18 ± 0.14	-1.24 ± 0.42	-0.95 ± 0.36	-1.53 ± 0.12	-1.52 ± 0.05	-1.38 ± 0.2
T2	-2.24 ± 0.15	-0.86 ± 0.69	-0.57 ± 0.34	-0.38 ± 0.37	-0.35 ± 0.25	-0.44 ± 0.74
T3	-1.69 ± 0.27	-0.96 ± 0.28	-0.62 ± 0.30	-0.69 ± 0.14	-0.43 ± 0.12	-0.43 ± 0.12
T4	-1.79 ± 0.07	-1.33 ± 0.07	-1.28 ± 0.14	-0.95 ± 0.08	-0.82 ± 0.14	-0.81 ± 0.14
T5	-1.94 ± 0.29	-1.36 ± 0.8	-1.04 ± 0.55	-1.1 ± 0.24	-0.86 ± 0.67	-0.87 ± 0.63
T6	-1.32 ± 0.54	-1.4 ± 0.09	-0.96 ± 0.37	-1.22 ± 0.61	-1.02 ± 0.50	-0.62 ± 0.65

- Anexo 4.5: Parámetro b* durante el almacenamiento

TRATAMIENTO	PARAMETRO b*					
	1	4	7	10	13	16
CONTROL	10.15 ± 1.10	10.2 ± 0.64	11.59 ± 1.54	14.43 ± 0.95	15.11 ± 0.28	16.96 ± 0.65
T1	13.32 ± 1.10	12.94 ± 0.41	13.33 ± 0.70	14.62 ± 0.65	15.47 ± 1.37	16.7 ± 1.07
T2	12.27 ± 0.81	13.56 ± 0.64	13.8 ± 0.83	14.71 ± 1.27	15.82 ± 0.89	16.02 ± 1.48
T3	11.1 ± 1.12	10.9 ± 0.34	12.54 ± 1.11	12.92 ± 0.55	14.04 ± 0.82	14.04 ± 0.82
T4	12.16 ± 1.96	11.79 ± 0.64	12.3 ± 0.86	12.13 ± 1.48	12.88 ± 0.79	12.78 ± 0.67
T5	12.77 ± 0.51	12.36 ± 1.84	12.97 ± 0.41	14.36 ± 0.49	14.26 ± 0.36	15.59 ± 1.36
T6	12.19 ± 0.58	13.02 ± 1.47	13.92 ± 1.40	12.84 ± 1.85	14.23 ± 1.99	14.16 ± 1.15

- Anexo 4.6: ΔE durante el almacenamiento

TRATAMIENTO	ΔE					
	1	4	7	10	13	16
CONTROL	1.98 ± 0.75	3.08 ± 0.57	6.24 ± 0.98	8.68 ± 0.89	11.25 ± 0.99	14.35 ± 0.51
T1	5.95 ± 1.17	6.64 ± 0.70	7.93 ± 0.55	9.09 ± 1.31	11.41 ± 0.44	13.5 ± 1.37
T2	4.82 ± 0.70	6.08 ± 1.35	7.24 ± 0.15	8.27 ± 0.34	9.65 ± 0.54	11.03 ± 0.45
T3	2.88 ± 0.67	4.25 ± 0.97	5.82 ± 0.67	7.45 ± 0.82	8.98 ± 0.87	10.03 ± 0.51
T4	4.17 ± 1.31	4.16 ± 0.77	5.28 ± 0.96	6.12 ± 0.53	6.85 ± 1.26	8.07 ± 1.13
T5	5.13 ± 0.35	6.1 ± 0.40	7.13 ± 0.73	9.13 ± 1.20	10.07 ± 0.83	11.67 ± 0.98
T6	4.42 ± 0.49	5.24 ± 1.71	7.34 ± 0.67	8.01 ± 1.07	9.8 ± 0.25	11.03 ± 1.07

- Anexo 4.7: Tasa de respiración durante el almacenamiento

TRATAMIENTO	INDICE DE RESPIRACION					
	1	4	7	10	13	16
CONTROL	22.25 ± 0.78	23.8 ± 0.17	24.18 ± 0.71	24.02 ± 3.35	20.49 ± 0.76	19.85 ± 0.79
T1	19.72 ± 0.68	20.81 ± 1.12	20.47 ± 1.19	18.91 ± 1.62	17.64 ± 0.67	18.06 ± 0.93
T2	20.51 ± 0.65	20.94 ± 0.47	20.96 ± 0.91	19.67 ± 2.13	17.52 ± 0.73	16.99 ± 0.80
T3	20.94 ± 1.42	22.26 ± 0.65	21.73 ± 1.17	21.33 ± 1.00	19.17 ± 0.77	18.07 ± 1.33
T4	19.82 ± 1.18	20.31 ± 0.66	20.41 ± 0.68	20.11 ± 1.24	19.77 ± 1.33	19.04 ± 0.75
T5	19.34 ± 0.65	20.78 ± 0.68	20.49 ± 1.18	19.75 ± 2.64	17.41 ± 0.69	17.32 ± 0.76
T6	20.96 ± 0.58	21.91 ± 0.71	21.25 ± 1.24	20.38 ± 1.49	18.2 ± 0.78	17.59 ± 0.93

- Anexo 4.8: Vitamina C durante el almacenamiento

TRATAMIENTO	VITAMINA C					
	1	4	7	10	13	16
CONTROL	13.96 ± 0.19	13.09 ± 0.35	11.66 ± 0.43	10.87 ± 0.46	9.12 ± 0.67	6.88 ± 0.75
T1	13.34 ± 0.47	12.36 ± 0.39	11.85 ± 0.61	11.00 ± 0.49	10.22 ± 0.49	9.57 ± 0.16
T2	13.49 ± 0.22	12.61 ± 0.37	11.89 ± 0.38	11.59 ± 0.34	10.93 ± 0.29	10.62 ± 0.25
T3	13.8 ± 0.08	13.19 ± 0.19	12.25 ± 0.69	12.00 ± 0.33	11.31 ± 0.32	9.98 ± 0.37
T4	13.87 ± 0.34	13.23 ± 0.67	12.89 ± 0.22	12.29 ± 0.27	12.07 ± 0.33	11.48 ± 0.24
T5	13.55 ± 0.48	13.07 ± 0.80	12.07 ± 0.54	11.13 ± 0.58	10.66 ± 0.20	9.82 ± 0.83
T6	13.5 ± 0.29	12.71 ± 0.49	11.94 ± 0.45	10.99 ± 0.63	10.46 ± 0.43	10.39 ± 0.45

- Anexo 4.9: Sólidos solubles durante el almacenamiento

TRATAMIENTO	°Brix					
	1	4	7	10	13	16
CONTROL	2.73 ± 0.1	2.27 ± 0.2	2.1 ± 0.1	2 ± 0.1	1.7 ± 0.2	1.43 ± 0.1
T1	2.13 ± 0.2	2.03 ± 0.1	2.03 ± 0.1	1.9 ± 0.0	1.57 ± 0.06	1.33 ± 0.1
T2	2.43 ± 0.1	2.27 ± 0.1	2.10 ± 0.1	1.93 ± 0.06	1.73 ± 0.06	1.47 ± 0.06
T3	2.67 ± 0.1	2.20 ± 0.1	1.93 ± 0.1	1.87 ± 0.06	1.60 ± 0.01	1.43 ± 0.06
T4	2.57 ± 0.2	2.37 ± 0.1	2.20 ± 0.1	2.17 ± 0.06	1.97 ± 0.06	1.90 ± 0.1
T5	2.40 ± 0.1	2.17 ± 0.1	2.10 ± 0.1	2.00 ± 0.1	1.90 ± 0.1	1.80 ± 0.1
T6	2.37 ± 0.1	2.07 ± 0.1	2.03 ± 0.1	1.70 ± 0.1	1.60 ± 0.0	1.50 ± 0.1

- Anexo 4.10: Acidez Titulable durante el almacenamiento

TRATAMIENTO	ACIDEZ TITULABLE (%)					
	1	4	7	10	13	16
CONTROL	0.055 ± 0.0013	0.054 ± 0.0022	0.054 ± 0.0034	0.055 ± 0.0031	0.058 ± 0.0022	0.064 ± 0.0027
T1	0.057 ± 0.0047	0.056 ± 0.0027	0.056 ± 0.0022	0.057 ± 0.0056	0.062 ± 0.0026	0.071 ± 0.0031
T2	0.058 ± 0.0022	0.056 ± 0.0027	0.054 ± 0.0034	0.055 ± 0.0011	0.057 ± 0.0013	0.061 ± 0.0013
T3	0.054 ± 0.0013	0.053 ± 0.0013	0.052 ± 0.0013	0.053 ± 0.0034	0.055 ± 0.0013	0.057 ± 0.0015
T4	0.056 ± 0.0022	0.055 ± 0.0031	0.054 ± 0.0013	0.054 ± 0.0034	0.055 ± 0.0013	0.059 ± 0.0027
T5	0.057 ± 0.0026	0.054 ± 0.0022	0.054 ± 0.0022	0.055 ± 0.0026	0.059 ± 0.0026	0.069 ± 0.0000
T6	0.058 ± 0.0015	0.055 ± 0.0015	0.053 ± 0.0013	0.055 ± 0.0013	0.058 ± 0.0022	0.063 ± 0.0031

- Anexo 4.11: pH durante el almacenamiento

TRATAMIENTO	pH					
	1	4	7	10	13	16
CONTROL	5.8 ± 0.04	5.64 ± 0.08	5.51 ± 0.15	5.21 ± 0.39	5.05 ± 0.25	4.81 ± 0.11
T1	5.72 ± 0.03	5.55 ± 0.14	5.42 ± 0.08	5.36 ± 0.07	5.24 ± 0.13	5.07 ± 0.25
T2	5.69 ± 0.07	5.58 ± 0.10	5.56 ± 0.14	5.52 ± 0.10	5.4 ± 0.02	5.3 ± 0.07
T3	5.72 ± 0.14	5.6 ± 0.06	5.55 ± 0.07	5.44 ± 0.17	5.29 ± 0.04	5.12 ± 0.15
T4	5.78 ± 0.03	5.66 ± 0.11	5.61 ± 0.06	5.58 ± 0.13	5.48 ± 0.10	5.43 ± 0.10
T5	5.74 ± 0.06	5.55 ± 0.11	5.48 ± 0.07	5.42 ± 0.14	5.3 ± 0.13	5.04 ± 0.25
T6	5.66 ± 0.07	5.55 ± 0.08	5.49 ± 0.05	5.32 ± 0.11	5.17 ± 0.15	5.09 ± 0.17

**Anexo 5: Tarjetas de Evaluación sensorial del rabanito mínimamente procesado
recubierto con gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta**

Género: Femenino Masculino

Fecha: ___ / ___ / ___

INSTRUCCIONES

Frente a usted se presentan 7 muestras de rabanitos en rodajas. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas, beber agua antes de probar cada muestra. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje/categoría, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra.

PUNTAJE	CATEGORÍA	PUNTAJE	CATEGORÍA
1	Me disgusta mucho (no característico del rabanito)	4	Me gusta moderadamente
2	Me disgusta moderadamente	5	Me gusta mucho (muy característico del rabanito)
3	Ni me gusta ni me disgusta		

CÓDIGO DE MUESTRA	PUNTAJES PARA CADA ATRIBUTO			
	OLOR	COLOR	TEXTURA	SABOR

Observaciones/Comentarios: _____

**Anexo 6: Resultados del análisis sensorial para Rabanito mínimamente procesada
recubiertas con gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta, día 1**

PANELISTAS / CARACTERISTICAS	COLOR	OLOR	TEXTURA	SABOR
1	5	5	5	5
2	5	5	5	5
3	4	5	3	5
4	5	3	5	4
5	5	5	5	5
6	5	4	5	5
7	4	5	5	5
8	4	5	5	5
9	5	5	5	5
10	5	4	5	5
11	5	4	5	3
12	5	5	4	3
13	5	5	5	5
14	5	5	5	5
15	5	5	5	5
16	5	5	5	5
17	5	5	5	5
18	4	5	5	4
19	5	5	5	5
20	5	5	5	5
21	5	5	4	5
22	5	5	5	2
23	5	5	5	5
24	5	5	5	5
25	5	5	5	5
26	3	3	5	5
27	5	4	4	5
28	5	5	5	5
29	5	5	4	5
30	5	3	5	3

Anexo 7: Tarjeta de Evaluación de Aceptabilidad General del rabanito mínimamente procesado recubierto con gel de aloe vera y aceite de rosa mosqueta

Fecha: ____ / ____ / ____

INSTRUCCIONES

Evalúe la muestra a nivel general del producto, calificando con nota 1, en dónde es inaceptable y 7 es excelente. Escriba sobre la línea la calificación que usted estime correcta para cada muestra:

Calificación	Aceptación General
1	Inaceptable: Me disgusta extremadamente
2	Muy malo: Me disgusta mucho
3	Malo: Me disgusta Ligeramente
4	Regular: Ni me gusta ni me disgusta
5	Bueno: Me gusta un poco
6	Muy bueno: Me gusta mucho
7	Excelente: Me gusta extremadamente

MUESTRA	CALIFICACION
M1	
M2	
M3	
M4	
M5	
M6	
M7	