

Desarrollo de formulación y proceso de elaboración de un puré de Carambola.

(Averrhoa carambola)

por

Aimeé M. Montero Arce

Tesis sometida como requisito para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en

CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO

MAYAGÜEZ

2012

Aprobado por:

Fernando Pérez Muñoz, Ph.D.
Presidente, Comité Graduado

Fecha

Lynette E. Orellana, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Juan Ortiz, M.S
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Leonardo Flores, Ph.D.
Representante de Estudios Graduados

Fecha

Edna Negrón, Ph.D.
Coordinadora del Programa

Fecha

ABSTRACT

Nine varieties of fresh starfruit were obtained from the United States Department of Agriculture's Tropical Agriculture Research Station's (USDA-TARS) Experimental Station in Isabela and were used to develop the process of a starfruit puree. They were submitted to the processes of classification, cleaning, disinfection, slicing and blanching. The blanching process was applied at temperatures of 70°C, 80°C and 100°C, with time intervals of 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 and 120 seconds for each temperature. The enzyme was inactivated at the one-minute interval at 100°C and the organoleptic properties of the fresh fruit were maintained. The inactivation was determined with a visual inspection of the samples and was confirmed by an enzymatic assay. The effect of adding 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 and 3.0 percent of Xanthan gum and Pectin on the purees' texture for each of the nine varieties of the starfruit was evaluated. The best results were obtained with two and three percent of Xanthan gum, thus they were selected to prepare the formulation for the starfruit puree. The product with Xanthan gum at two and three percent were evaluated in terms of pH, color, Vitamin C content, soluble solids, fiber and sensory analysis. The Thai Knight variety at three percent of Xanthan gum represented the worst condition for safety issues due to its high pH, which favors the growth of pathogenic microorganisms, which are harmful to public health. A thermal treatment was done in triplicates using an isothermal bath, and temperatures of 45°C, 55°C and 65°C were applied. Samples of eight tubes were removed at time intervals of two minutes starting with two and one minute for 45°C and 55°C respectively and 30 second intervals starting at 30 seconds for 65°C, to determine the inactivation of an *E. coli* O157:H7 inoculum. The presumptive colonies

were confirmed doing a real time polymerase chain reaction (PCR Real Time). The thermal death curve showed a 1.93 minute value for D at 65°C and Z value of 29.50°C.

RESUMEN

Nueve variedades de carambola fresca de la Estación Experimental Agrícola de Isabela del Departamento de Agricultura Federal (USDA-TARS), se utilizaron para desarrollar la formulación y el proceso de elaboración de un puré de carambola. Se sometieron a un proceso de clasificación, lavado, desinfección, trozado y escaldado. Se aplicó el proceso de escaldado a temperaturas de 70°C, 80°C y 100°C, con intervalos de tiempo de 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 segundos para cada temperatura. A 100°C y un minuto se inactivó la enzima y se mantuvieron las propiedades organolépticas de la fruta fresca. La inactivación se realizó con una inspección visual de las muestras y fue confirmada con un análisis enzimático. Se evaluó el efecto de añadir 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 por ciento de goma Xantán y Pectina sobre la textura del puré de cada una de las nueve variedades de carambola. Los mejores resultados se obtuvieron con dos y tres por ciento de goma Xantán, por lo que se seleccionaron para realizar la formulación del puré de carambola. La evaluación del producto con goma Xantán a dos y tres por ciento fue en términos de pH, color, contenido de vitamina C, sólidos solubles, fibra y análisis sensorial. La variedad Thai Knight a tres por ciento de goma Xantán representó la peor condición para efectos de inocuidad por su pH alto, que propicia el crecimiento de microorganismos perjudiciales para la salud pública. Se aplicó un tratamiento térmico con temperaturas de 45°C, 55°C y 65°C, en un baño isotérmico, por triplicados. Muestras de ocho tubos se retiraron a intervalos de dos minutos comenzando con (dos y un) minuto para 45°C y 55°C respectivamente y para 65°C se inició con 30 segundos con intervalos de 30 segundos para determinar la inactivación del inoculó con *E. coli* O157:H7. Las colonias sospechosas se confirmaron realizando una prueba de polimerasa en cadena en tiempo real (PCR Real

Time). La curva de muerte termal, arrojó el valor de 1.93 minutos para D a 65°C y valor Z de 29.50°C.

Derechos de Autor Reservados ©
Aimeé M. Montero Arce
2012

DEDICATORIA

A DIOS

Que has sido mi mayor inspiración, mi fortaleza y mi sustento. A ti que has guiado mis pasos por el camino de la vida y has sido mi más grande aliado, tu que nunca me fallas y siempre me acompañas en todos mis proyectos.

A MIS PADRES

“María E. Arce-López y Alberto Montero-Rivera”

Ustedes que siempre han confiado en mí y han sacrificado todo por ofrecerme un mejor porvenir. Su amor y su apoyo incondicional son piezas claves en este rompecabezas, son ustedes el mejor regalo que me ha dado DIOS.

A MIS HERMANOS

“Janice M. Montero-Arce, Ruth E. Montero-Arce y Jesús A. Montero-Arce”

Su amor, apoyo y admiración contribuyeron grandemente a mantenerme firme en mis decisiones y sobre todo enfocada en mi meta, que hoy día es mi triunfo y el de ustedes.

A MI ABUELA

“Laura E. López-Vargas” QEPD

Tu que me enseñaste siempre a luchar, a no rendirme y a ofrecer lo mejor de mí, sin importar cuán grande son los obstáculos de la vida.

A TODA MI FAMILIA (TIOS, ABUELO Y PRIMOS)

Por siempre apoyarme, ayudarme y confiar en mí.

“LOS AMO CON TODO MI CORAZÓN”

SIN USTEDES JAMÁS LO HUBIESE LOGRADO

AGRADECIMIENTOS

Mi mayor agradecimiento para DIOS, que me permitió culminar esta etapa de mi vida, gracias por colocar en mi vida personas tan maravillosas que han contribuido de manera diferente, pero esencial en esta obra, gracias por brindarme la salud, la esperanza, la Fortaleza y la sabiduría necesaria para convertir este sueño en una realidad.

A mis padres, hermanos, tíos, primos y demás familiares, por brindarme su ayuda y apoyo incondicional. De un modo especial a mi mami gracias por existir, sabes que eres muy importante en mi vida y agradezco a Dios, por regalarme la mejor madre del mundo. Gracias por aconsejarme y enseñarme los valores, que hoy día me distinguen como ser humano.

A mi Director de Tesis el Dr. Fernando Pérez Muñoz, por ofrecerme la oportunidad de trabajar con usted, gracias por guiarme y ayudarme a crecer tanto en el ámbito profesional, como personal. Agradezco la confianza depositada en mí. Es una persona muy especial.

A la Dra. Edna Negrón, agradezco la confianza, los consejos, oportunidades y ayuda brindada desde el primer día, no tengo palabras para agradecerle todo lo que hizo por mí.

De igual manera a la Dra. Lynette Orellana por su colaboración y asesoría en este proyecto.

A la Dra. Ivelisse Padilla y la profesora Verónica Sánchez por brindarme su confianza y amistad, me enseñaron que las oportunidades se ganan con esfuerzo y esmero. Muchas gracias por la oportunidad de trabajar como ayudante de cátedra en el Departamento de Química. Cada experiencia vivida fue especial e inolvidable, la cual me disfrute al máximo.

Al Sr. Luis Ayala Garnier, por permitirme trabajar en la sala de preparaciones, por ofrecerme su ayuda y amistad incondicional, por compartir sus conocimientos y equipos los cuales me ayudaron cuando más los necesitaba.

A todo el personal de la Red Sísmica de Puerto Rico, por brindarme la oportunidad de trabajar en sus facilidades y por aportar a mi desarrollo profesional.

Al Agrónomo Juan Ortiz por aceptar ser parte del comité graduado y por comenzar con la iniciativa de este proyecto.

Al Agrónomo Ángel Marrero, Ricardo Goenaga, de la Estación Experimental Agrícola de Isabela y Mayagüez del Departamento de Agricultura Federal (USDA-TARS) y a la Estación Experimental Agrícola de Corozal, por colocarse en la mayor disposición de ofrecerme las Carambolas y la información necesaria para la investigación.

A Magaly Zapata por la colaboración brindada con los materiales y consejos en el área de microbiología, especialmente con la cepa de *E. coli* O157:H7.

Al profesor Elide Valencia por colaborarme en la recogida de carambolas durante su curso.

A mi amigo del alma, Luis Enrique Ruiz, tu amistad y compañía fueron importantes y necesarias, muchas gracias por escucharme, apoyarme y por brindarme siempre una sonrisa y una mano amiga, fuiste y serás mi amigo y mi único hermano Colombiano. Siempre estarás presente en mi vida.

A mis amigas y compañeras de laboratorio Nydia Muñoz, Norleyn Navas, Minerva Rivera y Lurdes Siberio muchas gracias por ofrecerme su amistad incondicional y por permitirme entrar en sus familias, gracias por escucharme, por ayudarme y por tranquilizarme cuando más lo necesitaba. Gracias por sus consejos tanto personal, como profesional, además y no menos importante gracias por preocuparse y acompañarme durante tantas noches y madrugadas, estoy sumamente agradecida.

A mi novio Anibal Espinosa por que llegaste en uno de los momentos más difícil en mi vida, te convertiste en mi mayor aliado y llenaste un espacio muy importante en mi vida. Gracias por comprenderme y apoyarme en todo momento.

A Yaritza Ramos fuiste mi impulso y mi soporte, más que una amiga eres como mi hermana mayor, gracias por tu paciencia, dedicación y esmero, me enseñaste muchas cosas lindas de la vida.

A mis compañeras del Equipo de Softball del Colegio, en especial a Linette Valle, Ivis Olmo, Elsa M. Aponte y a mi dirigente Francisco Cintrón, por ofrecerme su Amistad, por siempre confiar en mí, apoyarme y ayudarme a tomar el primer paso para iniciar mis estudios graduados.

A todos mis amigos y compañeros de maestría que me acogieron como uno más de su familia, que me ayudaron y me brindaron su amistad, de un modo especial a Luis R. Angüeira, Pamela Cadavid, Miguel Ángel Florián, Luz A. Florián y Vivian Florián, Gustavo Charry, Edgardo Díaz (QEPD), Samuel Prieto, Angélica Pellufo, Mónica Rojas, María Teresa Sarmiento, Miluska Huallparimachi, Maribel Alemañy, Stephanie González, María José Pérez, Alejandro Gracia, Ariana Méndez, Eduardo Díaz y Luis Enrique Molina.

Al personal administrativo, técnicos y profesores del programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA), especialmente a Ivette Vissepó “Bessie”, Gloria Aguilar, Miguel Ruperto, Miguel Rivera, “Don José”, Lilliam Cardona, Jaime Reyes, Dra. Rosa Chávez y la profesora Aixa Rivera, por siempre estar dispuestos a ayudarme y apoyarme durante mi investigación. Muchas gracias a todos aquellos que de una manera u otra aportaron en mi crecimiento profesional y personal e hicieron que mi paso por el Colegio y por CITA fuese uno agradable y placentero.

TABLA DE CONTENIDO

ABSTRACT	ii
RESUMEN	iv
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
TABLA DE CONTENIDO	xi
LISTA DE TABLAS	xv
LISTA DE FIGURAS	xvii
LISTA DE GRÁFICAS	xviii
LISTA DE APÉNDICES	xix
1 INTRODUCCIÓN	1
2 REVISIÓN LITERARIA	8
2.1 <i>Carambola</i>	8
2.1.1 Producción y manejo post-cosecha.....	12
2.1.2 Proceso de elaboración	14
2.1.3 Estandarización.....	18
2.1.4 Llenado, empacado, enfriado y almacenado	20
2.1.5 Tratamiento térmico.....	21
2.1.6 Largo de vida.....	23
2.1.7 Evaluación del Producto	25
3 MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1 <i>Diseño Experimental</i>	27
3.2 <i>Materia Prima</i>	29

3.2.1	Recolección y manejo	29
3.2.2	Limpieza y desinfección	30
3.3	<i>Primera etapa: Proceso de escaldado</i>	30
3.3.1	Prueba de Peroxidasa	31
3.4	<i>Segunda etapa: Selección de la variedad</i>	31
3.4.1	Selección del tipo de agente	32
3.4.2	Formulación.....	33
3.4.3	Preparación del puré de carambola.....	33
3.4.4	Licuada.....	34
3.4.5	Estandarización.....	34
3.4.6	Llenado y Empacado	35
3.5	<i>Carga Microbiana Inicial</i>	35
3.6	<i>Curva de Crecimiento</i>	35
3.7	<i>Tercera etapa: Tratamiento Térmico</i>	36
3.8	<i>Evaluación del Producto</i>	40
3.8.1	Contenido de pH.....	40
3.8.2	Color	40
3.8.3	Ácido Ascórbico	42
3.8.4	Sólidos Solubles Totales	42
3.8.5	Análisis de Humedad	42
3.8.6	Análisis de Fibra.....	42
3.8.7	Análisis Sensorial	43

3.9	<i>Análisis Estadístico</i>	43
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1	<i>Contenido de humedad</i>	44
4.2	<i>Efecto del Escaldado</i>	45
4.3	<i>Adición de agentes plastificantes en purés de diferentes variedades de carambola.</i>	50
4.4	<i>Efecto de la variedad</i>	53
4.5	<i>Efecto de la Pectina</i>	55
4.6	<i>Efecto de la goma Xantán.</i>	57
4.7	<i>Color</i>	58
4.7.1	<i>L*a*b*</i>	58
4.7.2	<i>Tono (Hue) y Cromaticidad</i>	62
4.8	<i>Ácido ascórbico</i>	64
4.9	<i>Contenido de fibra</i>	66
4.10	<i>Carga Microbiana Inicial</i>	67
4.10.1	<i>PCR</i>	67
4.11	<i>Curva de Crecimiento</i>	68
4.11.1	<i>PCR</i>	68
4.12	<i>Tratamiento Térmico</i>	69

4.12.1	PCR.....	72
4.13	<i>Análisis Sensorial</i>	72
5	CONCLUSIONES	74
6	RECOMENDACIONES	80
7	REFERENCIAS	81
8	TABLAS	89
9	APÉNDICES	90

1 LISTA DE TABLAS

TABLA 1. CONTENIDO DE ÁCIDOS EN DOS TIPOS DE CARAMBOLA	9
TABLA 2. COMPOSICIÓN DE LA CARAMBOLA A 100G DE LA PARTE COMESTIBLE	9
TABLA 3. VARIEDADES DE CARAMBOLA INTRODUCIDAS O SELECCIONADAS EN FLORIDA.....	11
TABLA 4. COMPOSICIÓN DE LA CARAMBOLA EN BASE A 100G DE LA PARTE COMESTIBLE	12
TABLA 5. VARIEDADES DE CARAMBOLA UBICADAS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRÍCOLA DE ISABELA DEL DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA FEDERAL (USDA- TARS).....	29
TABLA 6. CONTENIDO DE HUMEDAD EN VARIEDADES DE CARAMBOLA FRESCA Y EN PURÉ ELABORADO CON GOMA XANTÁN.....	44
TABLA 7. ACTIVIDAD DE PEROXIDASA, pH Y APRECIACIÓN DE MUESTRAS DE CARAMBOLA BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE ESCALDADO.....	46
TABLA 8. EFECTO DE LA TEMPERATURA DE ESCALDADO SOBRE EL pH EN TROZOS DE CARAMBOLA ALMACENADAS EN AMBIENTE Y NEVERA.....	49
TABLA 9. CARACTERÍSTICAS DEL PURÉ DE CARAMBOLA ELABORADO CON DIFERENTES PROPORCIONES DE AGENTE PLASTIFICANTE (PECTINA Y XANTÁN).....	50
TABLA 10. EFECTO DE LA VARIEDAD SOBRE EL CONTENIDO SÓLIDOS SOLUBLES EN NUEVE VARIEDADES DE CARAMBOLA.....	53
TABLA 11. EFECTO PROMEDIO DE NUEVE VARIEDADES DE CARAMBOLA SOBRE EL CONTENIDO DE pH.....	54
TABLA 12. PURÉ ELABORADO CON 2% Y 3% DE PECTINA	56
TABLA 13. PURÉ ELABORADO CON 2% Y 3% DE GOMA XANTÁN.....	57

TABLA 14. VALORES PROMEDIOS DE L^* , a^* Y b^* PARA LOS PURÉS DE CARAMBOLA DE ACUERDO AL AGENTE PLASTIFICANTE AÑADIDO.....	59
TABLA 15. VALORES PROMEDIOS DE L^* , a^* Y b^* PARA LOS AGENTES PLASTIFICANTE AÑADIDOS EN DIFERENTES PROPORCIONES.....	59
TABLA 16. VALORES PROMEDIOS DE L^* , a^* Y b^* PARA LOS PURÉS DE CARAMBOLA DE ACUERDO A LA CANTIDAD DE AGENTE PLASTIFICANTE AÑADIDA	59
TABLA 17. VALORES PROMEDIOS DE L^* , a^* Y b^* PARA LOS PURÉS DE CARAMBOLA DE LAS DIFERENTES VARIEDADES.....	61
TABLA 18. VALORES PROMEDIOS DE TONO Y CROMATICIDAD PARA LOS PURÉS DE CARAMBOLA DE ACUERDO A LA CANTIDAD DE AGENTE PLASTIFICANTE AÑADIDA	62
TABLA 19. EQUIVALENCIAS DE HUE.....	63
TABLA 20. CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO EN VARIAS MUESTRAS DE FRUTA, PULPA Y PURÉ DE CARAMBOLA.....	64
TABLA 21. CONTENIDO DE FIBRA EN DIEZ MUESTRAS DE CARAMBOLA	66
TABLA 22. NÚMERO DE MICROORGANISMOS (CFU/ML) VERSUS TIEMPO (MIN).....	70
TABLA 23. VALOR D EN PURÉ DE CARAMBOLA.....	71
TABLA 24. CURVA DE MUERTE TERMAL.....	71
TABLA 25. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE PURÉ DE FRUTAS	89

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. <i>MUNSELL COLOR (2011)</i>	26
FIGURA 2. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	28
FIGURA 3. PASOS PARA LA ELABORACIÓN DE UN PURÉ	33
FIGURA 4. MÉTODO PARA REALIZAR CURVA DE CRECIMIENTO	36
FIGURA 5. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA DETERMINACIÓN DE TRATAMIENTO TÉRMICO PARA <i>E. COLI O157:H7</i> EN PURÉ DE CARAMBOLA.....	37
FIGURA 6. COLONIAS ROSADAS SOSPECHOSAS DE <i>E. COLI O157:H7</i> EN MEDIO MAC CONKEY SORBITOL AGAR.....	39
FIGURA 7. ESPACIO DE COLOR EN LA ESCALA CIE L* A* B* Y SUS COORDENADAS CILÍNDRICAS C* Y H* (HERNÁNDEZ BAUTISTA Y RÍOS RINCÓN, 2009).....	41
FIGURA 8. MACEVOY, (2005) HTTP://WWW.HANDPRINT.COM/HP/WCL/COLOR7.HTML#MUNSELL	41

LISTA DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1. CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES EN PURÉS DE CARAMBOLA ELABORADOS CON DIFERENTES PROPORCIONES DE AGENTES PLASTIFICANTES (PECTINA Y GOMA XANTÁN).	52
GRÁFICA 2. CONCENTRACIÓN DE pH EN EL PURÉ DE CARAMBOLA ELABORADO CON DIFERENTES PROPORCIONES DE AGENTES PLASTIFICANTES (PECTINA Y GOMA XANTÁN).	52
GRÁFICA 3. CURVA DE CRECIMIENTO DE LA CEPA <i>E. COLI</i> O157:H7 EN PURÉ DE CARAMBOLA	68
GRÁFICA 4. NÚMERO DE MICROORGANISMOS VERSUS TIEMPO A TEMPERATURA DE 65°C	71

LISTA DE APÉNDICES

APÉNDICE A FOTOS ESTACIÓN EXPERIMENTAL Y UBICACIÓN DE ÁRBOLES	90
APÉNDICE B. FOTOS DE ÁRBOLES PLANTADOS DE CADA UNA DE LAS NUEVE VARIEDADES DE CARAMBOLA ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRÍCOLA DE ISABELA DEL DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA FEDERAL (USDA-TARS).....	91
APÉNDICE C. FOTOGRAFÍAS DE VARIEDADES DE CARAMBOLA DISPONIBLES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRÍCOLA DE ISABELA DEL DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA FEDERAL (USDA-TARS).....	94
APÉNDICE D. PROCESO DE ELABORACIÓN Y EQUIPOS.....	96
APÉNDICE E. PROCESO DE ELABORACIÓN Y EQUIPOS	99
APÉNDICE F. ÍNDICE DE MADUREZ.....	101
APÉNDICE G. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	102
APÉNDICE H. PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA PRUEBA DE PCR	104
APÉNDICE I. FOTOS ANÁLISIS SENSORIAL	108
APÉNDICE J. HOJA DEL PANELISTA.....	111
APÉNDICE K. PCR “REAL TIME”	112
APÉNDICE L. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	113

2 INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la FAO (2004), las proyecciones estimadas para la producción mundial de frutas tropicales principales alcanzarán los 62 millones de toneladas en 2010, lo que representa un incremento de 15,4 millones de toneladas respecto del período base 1998-2000. El 98 por ciento de la producción mundial continuará correspondiendo a los países en desarrollo, mientras que a los países desarrollados les corresponderá un 2 por ciento. La región de Asia y el Pacífico debería continuar siendo la principal región productora en 2010, correspondiéndole poco más del 56 por ciento de la producción mundial de frutas tropicales, seguida de América Latina, el Caribe (32 por ciento) y África (11 por ciento). Los Estados Unidos, Europa y Oceanía representan el restante 1 por ciento de la producción mundial. Los países en desarrollo deberían continuar aumentando su participación en la producción mundial de frutas tropicales en 2010, pasando de cerca del 96 por ciento (1988-90) a 99 por ciento. Sin embargo, se estima que la región de América Latina y el Caribe representa prácticamente todo el crecimiento pronosticado para la producción mundial de frutas tropicales en 2010, con una producción entre estable y marginalmente descendente en la región de Asia, el Pacífico y en África.

De acuerdo al nivel de comercialización, las frutas tropicales se dividen en dos grupos: mayores o principales y menores o secundarios. El grupo de las frutas tropicales principales corresponde aproximadamente el 75 por ciento de la producción mundial de frutas tropicales frescas. El mango es la variedad principal de frutas tropicales que se produce en todo el mundo, seguido de la piña (ananá), la papaya y la palta (aguacate). En los últimos años la producción de frutas tropicales ha aumentado considerablemente, tanto en volumen

como en valor del comercio internacional, especialmente el mango, el aguacate y, en menor cantidad, las frutas tropicales secundarias como la carambola, la guayaba, el lichi, el mangostán, la granadilla y el rambután, y aunque se producen y se comercializan en volúmenes más reducidos, su participación en el mercado ha ido aumentando rápidamente en los últimos años. La exportación de las frutas tropicales secundarias a los países desarrollados no es muy amplia, pero estas son importantes en la dieta diaria de los países productores. Se dispone de poca información sobre la producción de frutas secundarias, pero las estadísticas comerciales de los países exportadores de estos productos muestran un interés creciente, no sólo de los mercados tradicionales, sino también de nuevos mercados (FAO, 2004).

Con el transcurso de los años se ha observado cambio en el estilo de vida y hábitos alimenticios de la población mundial; lo que ha impulsado a los consumidores a optar por alimentos más saludables y de mejor calidad. Estos cambios han promovido la producción y el desarrollo de nuevos productos, que a la misma vez cumplan con las exigencias del consumidor. Las nuevas tendencias incluyen alimentos con alto valor nutricional y que a la misma vez promuevan una dieta balanceada.

La mayoría de las frutas son buenas fuentes nutricionales que incluyen antioxidantes para la prevención de enfermedades degenerativas. La capacidad antioxidante de las frutas proviene de una variedad de fitoquímicos, y otros, como vitamina C, fenoles, tioles, carotenoides y tocoferoles, que protegen contra enfermedades crónicas. Para evitar la pérdida del valor nutricional, se recomienda consumir frutas frescas (Shui y PengLeong, 2006).

En el mundo, entre el 25 y el 50% de la producción de productos hortofrutícolas se pierden después de la cosecha como resultado de los procesos de descomposición, infestación por insectos y ataque de microorganismos. Estas pérdidas suelen ser mayores en zonas tropicales y subtropicales por las condiciones climáticas prevalecientes (Yahia y Flores, 2001). De acuerdo con Kader (2000), las pérdidas en cantidad y calidad afectan los cultivos hortícolas entre la cosecha y el consumo. La magnitud de las pérdidas de post cosecha en frutas y vegetales son estimadas entre el 5-25% en países desarrollados y entre el 20-50% en países en desarrollo. Para reducir estas pérdidas los productores y manipuladores deben entender los factores biológicos y ambientales que envuelve el deterioro y utilizar técnicas de post cosecha para retrasar la senescencia y mantener una mejor calidad. Las frutas son tejidos vivos que continúan cambiando después de la cosecha. Algunos cambios son deseables por el consumidor, pero otros no. La senescencia es una etapa final en los órganos de las plantas que conduce a la descomposición y a la muerte de las células vegetales. Los cultivos hortícolas frescos contienen diversas estructuras morfológicas como lo son: raíces, tallos, hojas, flores, frutos y así sucesivamente, en composición y en fisiología general. Los cultivos son altos en contenido de agua, por lo tanto, están sujetos a la desecación y a los daños mecánicos. Además, son susceptibles a los ataques por bacterias y hongos, resultando en la descomposición patológica.

En los países desarrollados, se está difundiendo rápidamente el gusto por los productos exóticos. Son muchos los consumidores de América del Norte y Europa que aún desconocen gran parte de las frutas tropicales, especialmente las frutas secundarias, y que, por lo general, no están acostumbrados a su aspecto o sabor, a menudo intensos. La comercialización de los productos minoritarios todavía se orienta a mercados cuyos

consumidores poseen altos ingresos o en función del origen étnico de los consumidores (FAO, 2003).

Los precios de las frutas tropicales han seguido una tendencia descendente debido al aumento de los suministros en los últimos años, y varían mucho según la variedad y la estación. La demanda de importación de las frutas tropicales principales se ve también impulsada en gran parte por la calidad y los precios, a diferencia de las frutas tropicales secundarias en las que la novedad juega un papel importante en la compra de los consumidores (FAO, 2004).

Existe una gran cantidad de esta fruta, que no es aprovechada por la poca capacidad de negociación de los productores o por la carencia de infraestructura y capacitación técnica, lo que origina pérdidas de productos, en especial los perecederos, en época de cosecha (Villalba *et al.*, 2005).

La carambola (*Averrhoa carambola*), conocida como la fruta estrella, se origina en el Sureste de Asia. Es una fruta tropical secundaria que posee cinco ángulos, con apariencia en forma de estrella al cortarla en tajadas, lo que le confiere el nombre de “Starfruit” en los mercados internacionales. Posee un color verde-amarillo y su sabor oscila entre agrio y dulce, similar a las manzanas y uvas de grado A. Es buena fuente de vitamina A, C y antioxidantes. La carambola crece comercialmente, a gran escala en Florida y Hawai (Anónimo, 2008). A pesar de que la carambola es una fruta que se produce en diversos países, aún se considera exótica tanto por sus niveles de producción, como de comercialización y de transformación, y por ser una fruta consumida por un sector reducido de la población (Pinzón *et al.*, 2000).

Ésta tiene un contenido de azúcares entre 3.5 a 11%, y el nivel total de sólidos solubles está entre 5 y 13 grados Brix. El pH es ácido con rango entre 2.00 a 4.00. La cantidad de vitamina C es comparable con otros cítricos (50mg/100g de frutas) (Prado *et al.*, 2007). Según Vila y López (2006), las carambolas son ricas en vitamina C, carotenoides (vitamina A), minerales como calcio, fósforo y hierro. Además, poseen un alto contenido de humedad, debido a que tiene como componente mayoritario el agua, que a su vez le confiere un alto grado de perecibilidad y alto porcentaje de pulpa; muy utilizado en la industrialización. Contiene pequeñas cantidades de hidratos de carbono simples y aún menores de proteínas y grasas, por lo que su valor calórico es muy bajo. Su contenido de fibra le otorga propiedades laxantes. Debido a los componentes fitoquímicos que posee, actualmente es muy utilizada en investigaciones para la producción de alimentos funcionales.

En Puerto Rico la carambola es consumida por personas que tienen accesibilidad a los árboles que dan esos frutos. También se puede encontrar en pocas cantidades en las Plazas de Mercado y, raras veces, en supermercados. Este producto compite con otras frutas tropicales más comunes.

El fruto representa gran potencial en la producción agroindustrial debido a las características fisicoquímicas de la pulpa y a la multiplicidad de usos tanto fresco como procesado (Avilan y Rengifo, 1988). La carambola se ha convertido en una opción agronómica a lo largo de los últimos años, ya que se han desarrollado nuevas variedades que han presentado alto contenido de sólidos solubles, alto valor nutricional y un bajo contenido de ácido oxálico. Estas características han provocado que aumente el potencial de consumo de las frutas frescas (Prado *et al.*, 2007). La fibra es uno de los componentes

más estudiados desde el punto de vista de la nutrición y la relación que existe entre fibra y salud, por ejemplo para el control del colesterol y prevención de algunas enfermedades como diabetes y obesidad (Ayala, 2008).

Al tener como producto un puré de esta fruta, podríamos tener como competidores las ventas de otros purés de frutas naturales más comunes. La idea es establecer procesos para obtener productos transformados, que nos permitan participar del mercado nacional e internacional, de manera que se agregue valor a la fruta fresca, y aumente su consumo y venta (Pinzón *et al*, 2000).

El procesamiento es una alternativa de conservación para estos productos ricos en nutrientes valiosos, como vitaminas, minerales y fibras, para obtener productos alimenticios de excelente calidad (Villalba *et al.*, 2005). Según Ciro *et al.*, (2009), uno de los principales problemas en la ingeniería de alimentos es inactivar microorganismos en los productos, no solamente para prevenir su contaminación potencial y su efecto en la salud pública, sino también para aumentar la vida útil del producto; suministrándole al consumidor productos sanos y de alta calidad, minimizando pérdidas de nutrientes y propiedades sensoriales. Un incremento en el tiempo de tratamiento térmico puede asegurar una destrucción de la carga microbiana, sin embargo, también puede implicar deterioro de la calidad física, nutricional, química y organoléptica del producto, además de incurrir en altos costos de operación y mantenimiento de la tecnología usada. Según Ayala (2008), el consumidor de los países desarrollados demanda productos naturales lo más semejante posible, desde el punto de vista organoléptico y nutritivo, a los productos frescos, sin que hayan sufrido un procesamiento severo y que, a la vez, sean seguros desde el punto de vista higiénico, con una vida útil adecuadamente alta y fácil de preparar. Además, las tecnologías

empleadas deben ser baratas desde el punto de vista energético y respetuoso con el medio ambiente.

El objetivo general de esta investigación es desarrollar el producto y el proceso de elaboración de un puré de carambola. Los objetivos secundarios son los siguientes.

Determinar el contenido nutricional de las carambolas.

Desarrollar la formulación del puré.

Determinar el proceso térmico necesario para esterilización comercial.

3 REVISIÓN LITERARIA

3.1 *Carambola*

Se cree que la carambola se originó en Sri Lanka e Indonesia, pero es cultivada en el Sur de Asia y Malasia. Actualmente esta fruta se encuentra presente en numerosos lugares de zonas tropicales y subtropicales, como: Australia, Brasil, China, Estados Unidos, Francia, Haití, Indochina, Malasia, México, Tailandia y Puerto Rico (Nakasone *et al.*, 1998). El árbol de carambola tiene un crecimiento lento, y alcanza aproximadamente de 20 a 30 pies (6-9m) de altura. Las hojas tienen forma ovoide alargada entre 1-1/2 y 3-1/2 pulgadas de longitud. Son de textura blanda, de color verde, con superficie lisa y sensitivas a la luz. La flor tiene fragancia agradable, con color entre rosa y violeta, y diámetro de 3/8 pulgadas formando agregados.

La carambola (*Averrhoa carambola L.*) es una fruta atractiva que pertenece a la familia *Oxalidaceae*. Es de forma ovoide a elipsoidal, de 2-1/2 a cinco pulgadas de largo, posee de cuatro a seis aristas longitudinales y redondeadas que lo dotan de una típica sección en forma de estrella algunas veces modificada. En el tamaño final de los frutos de carambola se observa una alta variabilidad, resultado de la dispersión y número de frutos en el árbol, el vigor de la planta, las condiciones de desarrollo y el carácter silvestre de la variedad (Anónimo, 2008).

La fruta exhibe un color verde-amarillo y contiene de una a cinco semillas, la pulpa es jugosa y presenta aroma agradable característico del ácido oxálico (Tabla 1). Su sabor oscila entre dulce, agridulce y agrio, similar a las manzanas y uvas de grado A. Además, es buena fuente de vitamina C y antioxidantes (Tabla 2); compuestos muy apreciables desde el punto de vista de una dieta saludable y como ingredientes para el diseño de nuevos

alimentos (Ayala, 2008). En el ámbito mundial se reporta que la carambola es un fruto bajo en calorías, buena fuente de potasio, fibra y vitamina A y C (Tabla 2). Así mismo, se registra que las variedades extremadamente ácidas son ricas en ácido oxálico y que el fruto de carambola puede contener hasta 14 aminoácidos (Galán, 1991).

Tabla 1. Contenido de ácidos en dos tipos de carambola	
Fruta madura verde	Fruta madura amarilla
Contenido total de ácidos-12.51mg/g	Contenido total de ácidos-13.00 mg/g
Oxálico-5mg/g	Oxálico-9.58 mg/g
Tartárico-4.37	Tartárico-0.91
Cítrico-1.32	a-Ketoglutarico-2.20
Malico-1.21	Fumárico-0.3
a-Ketoglutarico-0.39	
Succínico-0.22	
Fumárico-Trazas	
(González <i>et-al.</i> , 2001)	

Tabla 2. Composición de la carambola a 100g de la parte comestible		
Componentes mayores (g)	Minerales (mg)	Vitaminas (mg)
Agua 90.0	Calcio 5.0	Caroteno 90.00
Proteínas 0.5	Fósforo 18.0	Tiamina (B ₁) 0.04
Grasas 0.3	Hierro 0.4	Rivoflavina (B ₂) 0.02
Carbohidratos 9.0		Niacina (B ₅) 0.30
Fibra 0.6		Ac. Ascórbico (C) 35.00
Ceniza 0.4		
Tabla (2): Tello, O., García, R and Vásquez, O.(2002). Conservación de <i>Averrhoa carambola</i> "Carambola" por azúcar y calor. <i>Revista Amazónica de Investigación Alimentaria</i> , 2(1). 49 – 58.		

El ácido oxálico es un compuesto que está presente, de forma natural, en los alimentos. Este es un tipo de sustancia antinutritiva que impide que ciertos nutrientes sean utilizados por el organismo humano, de manera que puede incrementar necesidades nutritivas en las

personas. Este ácido, afecta la absorción adecuada de ciertos minerales, principalmente el calcio, aunque también pueden afectar al hierro, magnesio y zinc. Dicho compuesto forma complejos con los minerales, que no pueden ser digeridos ni absorbidos por el cuerpo humano. Afortunadamente, suele encontrarse en los alimentos en pequeñas cantidades y generalmente son destruidos por acción del calor durante los tratamientos a los que se les somete a los alimentos, por ejemplo, el escaldado (Anónimo, 1986).

Esta fruta es llamada normalmente dulce, pero realmente contiene un cuatro por ciento de azúcar. Existen dos distintas clases de carambola; la pequeña que es muy agria, con mucho sabor y contiene mayor cantidad de ácido oxálico, y la grande llamada dulce, con poco sabor y menos cantidad de ácido oxálico. Los tipos dulces se recomiendan para ser consumidos frescos mientras que ambos son útiles para ser procesados y usados en recetas caseras (Tabla 3). Algunas variedades, tales como “Golden Star” adquieren un sabor dulce si se permiten madurar en el árbol (Anónimo, 2008). La fruta se podría clasificar como tropical y subtropical, porque el árbol maduro puede tolerar temperaturas frías por periodos cortos aunque presentan pequeños daños a 27°F (-2.78°C) (Morton, 1987).

La carambola tiene una variedad de usos. Como alimento, es comercializada principalmente como fruto fresco. El fruto presenta potencial para ser utilizado agroindustrialmente en la elaboración de pulpas, mermeladas, néctares y productos osmodeshidratados (Tabla 4).

Tabla 3. Variedades de carambola introducidas o seleccionadas en Florida					
Variedad	Origen ¹	Sabor	Uso Recomendado		Comentarios
			H	C	
Arkin	Florida	Dulce	S	S	comercialmente importante
B-2	Malasia	Dulce	N	ND	sometida evaluación ^a
B-10	Malasia	Dulce	S	ND	sometida evaluación ^a
B-16	Malasia	Dulce	S	ND	sometida evaluación ^a
B-17	Malasia	Dulce	S	ND	sometida evaluación ^a
Dah Pon	Taiwan	Dulce	N	N	color verdoso, insípido
Demark	Indonesia	Dulce	N	N	sabor amargo
Fwang Tung	Thailand	Dulce	S	N	color verdoso, costillas finas, buen sabor, grande
Golden Star	Florida	Ácido	S	Q	dulce cuando está bien madura, muy productiva
Hew-1	Malasia	Dulce	S	N	puntos blancos, buen sabor
Kary	Hawaii	Dulce	S	ND	sometida evaluación ^a
Maha	Malasia	Dulce	N	N	color verdoso, costillas finas, insípido
Mih Tao	Taiwan	Dulce	N	N	insípido
Newcomb	Florida	Ácido	S	N	Ácido
Sri Kembangan	Malasia	Dulce	ND	ND	sometida evaluación ^a
Star King	Florida	Ácido	N	N	muy ácido
Tean Ma	Taiwan	Dulce	N	N	insípido
Thayer	Florida	Ácido	S	N	Ácido

¹Origen; Variedades cultivadas en Florida y que se originaron de semillas introducidas de otros países (e.g. Tailandia, Malasia) o Hawaii (i.e., Golden Star)

²Uso recomendado; H= Hogar, C= comercial, S=si, N= no, Q= Quizas, ND= no existe recomendación disponible.

Tabla 4. Composición de la carambola en base a 100g de la parte comestible	
Componente	Contenido
(%) Sólidos solubles	7.20
Ph	2.16
Acidéz cítrica (mg)	0.72
Ácido oxálico (mg)	3.10
Azúcares reductores (mg)	7.22
(%) Humedad	89.70
(%) Pectina	0.10
(%) Sólidos Totales	10.30
Calcio (mg)	0.27
Tabla (4): Tello, O., García, R and Vásquez, O.(2002). Conservación de <i>Averrhoa carambola</i> "Carambola" por azúcar y calor. <i>Revista Amazónica de Investigación Alimentaria</i> , 2(1). 49 – 58.	

Actualmente se emplea de manera artesanal, ya que se rebanan y se utilizan en ensaladas. Se cocinan en pudines y tortas. Además, se combinan con una gran variedad de mariscos. Se emplean en siropes y aderezos para ensaladas. El jugo de carambola se sirve como bebida fría, sola o en combinación con otras frutas. Se emplea como producto no alimenticio, ya que el tipo de ácido que posee es usado para limpiar ciertos metales; también se combina con blanqueadores para lavar ropa blanca. Además, en el ámbito medicinal se administra para las hemorragias y alivia el sangrado de hemorroides. Se recomienda como diurético y se cree que es beneficioso para tratamientos de eczema (Lamberts y Crane, 1990).

3.1.1 Producción y manejo post-cosecha

El árbol de carambola comienza generalmente a producir el fruto entre los 12-18 meses de haber sido plantado. Un árbol de cinco años puede producir 45kg por año. La producción de ésta es dos veces al año. Florece entre abril y junio, y entre septiembre y noviembre. El desarrollo del cultivo toma alrededor de 61-70 días luego de la florecida dependiendo del

cultivo y las condiciones del tiempo (Cambell, 1983). El éxito de la cosecha depende del tipo de almacenamiento y la comercialización de la fruta. Las frutas son cuidadosamente cosechadas a mano cuando están fisiológicamente maduras, se colocan en cajas, y se transportan al lugar de almacenamiento (APÉNDICE F, escala 5). Estas se pueden almacenar por sobre 44 días a 5°C, con un 85 a 95% de humedad relativa sin sufrir daño por frío. Al momento que desarrollan un color normal se transfieren a 23°C (Campbell, 1983). Se puede almacenar exitosamente a temperaturas de refrigeración (40°F). En condiciones favorables, pueden ser guardadas por cuatro semanas con una temperatura recomendada 50°F (10°C); por tres semanas a 60°F (15.56°C) y por dos semanas a 70°F (21.1°C).

Las carambolas son frutas no climatéricas (Carmona-Villelobos, 2001). Una vez cosechados los frutos de ésta, la concentración de azúcares permanece relativamente constante, es decir, que no sufren marcados cambios post-cosecha en su composición (no mejoran su palatabilidad después de la cosecha). Esto implica que los frutos cosechados antes de que alcancen una proporción adecuada de sólidos solubles continuarán siendo ácidos en sabor (Avilan y Rengifo, 1988). La maduración de los frutos también suele coincidir con un cambio de color y el desarrollo del aroma y sabor característico del fruto, producto de la síntesis y desenmascaramiento de carotenoides y la manifestación de los compuestos volátiles (Ahmed *et al.*, 2002).

La carambola, durante el desarrollo, cambia de un tono amarillo-verde a un tono pardonaranja, mientras que la semilla y la arista varían de blanco a café y de transparente a naranja translúcido, respectivamente (Avilan y Rengifo, 1988). La firmeza, color y contenido de sólidos solubles totales constituyen índices de cosecha apropiados para la

carambola; por el contrario, las dimensiones y el peso del fruto no son parámetros válidos de recolección, ya que estos son muy variables.

El lavado y enjuagado se debe realizar mediante métodos húmedos, ya que estos son los responsables de reducir la carga microbiana y remover los residuos de sucio y pesticidas. Se debe emplear detergentes sanitarios para realizar una limpieza húmeda que sea eficaz para eliminar las partículas del suelo que se encuentran fuertemente adheridas y que podrían interferir en la acción del desinfectante (Galán-Alejo, 2003).

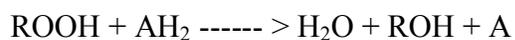
3.1.2 Proceso de elaboración

De acuerdo a Vildósola, (2008), en el proceso de industrialización de las frutas para obtener puré uno de los principales problemas es el pardeamiento de tipo enzimático, el cual altera la apariencia del producto e induce cambios en el aroma y en el sabor de la pulpa. Se le denomina pardeamiento enzimático a la transformación de compuestos fenólicos en polímeros coloreados, denominándosele melaninas a los pigmentos que se forman frecuentemente de colores pardos o negros. Para que se produzca el pardeamiento enzimático oxidativo es necesaria la presencia de tres componentes: el oxígeno, la enzima y el substrato oxidable (por ejemplo, tirosina, catecol, ácido gálico, hidroquinonas, antocianos y flavonoides, entre otros). Si se logra eliminar o se impide que actúen cualquiera de estos componentes, se evitará el oscurecimiento enzimático. Es por eso que el fruto debe ser manipulado cuidadosamente, ya que es muy susceptible a daños por golpes y roces. La reacción enzimática se evidencia en daños tales como pardeamiento en las aristas, aparición de manchas superficiales de color café, agrietamiento de la corteza y aparición de hongos (Avilan y Rengifo, 1988). De acuerdo con García *et al.*, (2006), las frutas son susceptibles a daño mecánico durante la cosecha, transporte, almacenamiento o

procesamiento; dichos cambios causan estrés físico que afecta los tejidos de la planta y altera el metabolismo fenólico. Las enzimas son activadas al momento de la cosecha, por lo tanto, durante la maduración se producen cambios en la actividad enzimática que alteran las estructuras subcelulares y producen cambios en el color. Estos cambios en el color son provocados por la acción de la enzima polifenoloxidasas, mayormente causadas cuando se alteran los tejidos debido al pelado, cortado o triturado de las frutas.

Asimismo, en frutos refrigerados, se presenta disminución del aroma característico y alteración del color; observándose frutos de color café oscuro al final del almacenamiento (Avilan y Rengifo, 1988).

Según Vildósola, (2008) la enzima polifenoloxidasas (PPO o PFO), es una proteína cúprica que cataliza la oxidación de compuestos fenólicos a quinonas. Estas prosiguen su oxidación con el oxígeno del aire sobre el tejido hasta formar compuestos oscuros de tipo melanoide por polimerización. Esta enzima se localiza en los plastídios de tejido “sano” y la mayoría de los compuestos fenólicos se ubican en la vacuola, aislados de ella. Aparentemente, se requiere algún daño celular para que ocurra la activación de la PPO latente, la que reaccionaría con los fenoles liberados de la vacuola produciendo el pardeamiento en la fruta. En el caso de las enzimas peroxidases, estas suelen contener un grupo prostético hemo (ferriprotoporfirina), no obstante, también pueden utilizar otros grupos que catalizan la siguiente reacción:



De acuerdo con esta reacción el peróxido se reduce y el donador de electrones (AH_2) se oxida. Los responsables de dicha oxidación son el ascorbato, los fenoles, las aminas y otros compuestos orgánicos. El producto de ésta posee en muchos casos una coloración intensa,

lo cual es usado para la determinación colorimétrica de la actividad de dicha enzima. Esta enzima es capaz de oxidar los substratos fenólicos a quinonas, provocando síntomas severos de pardeamiento de pulpa con una mayor actividad enzimática. Existen diversos mecanismos, como el escaldado, la eliminación del oxígeno, evitar daños en el tejido, entre otros, que inhiben el efecto de las enzimas anteriormente señaladas (Vildósola, 2008).

De acuerdo con Fields, (1977) y Ayala, (2008) entre las tecnologías basadas en la inactivación microbiana y enzimática, el calor es el más utilizado. Las esporas bacterianas son las más termoresistentes, mientras que las vegetativas poseen menor resistencia y se activan metabólicamente. Las bacterias patógenas envuelven los peligros más frecuentes encontrados en los alimentos. Su presencia puede ser provocada por una mala calidad higiénica de la materia prima utilizada, pero también por deficiencias higiénicas en el proceso y manipulación hasta la obtención del producto final. Para asegurar la calidad de los alimentos, es importante aplicar operaciones que nos permitan la destrucción de los microorganismos indeseables, asegurando la estabilidad e inocuidad del alimento.

Tradicionalmente, los procesos más utilizados han sido los tratamientos térmicos. Estos se definen como el proceso de conservación por calor que pretende fundamentalmente el exterminio de microorganismos, patógenos o de deterioro, usando altas temperaturas. Por lo general, los alimentos que han sido procesados de esta manera se envasan en recipientes herméticos rígidos, semirrígidos o flexibles para evitar su contaminación. Las temperaturas superiores a los 72°C producen inevitablemente la muerte del microorganismo. Las células lesionadas pueden permanecer viables; pero son incapaces de multiplicarse hasta que la lesión haya sido reparada.

Los tratamientos térmicos pueden aplicarse a nivel de pasteurización o esterilización. Ambos procesos logran un doble efecto, ya que permite la destrucción de los gérmenes patógenos y elimina en parte o en totalidad la microbiota alterante. La pasteurización no afecta a la viabilidad de las esporas bacterianas. La esterilización es un tratamiento de alta intensidad cuyo objetivo es la destrucción de todos los microorganismos presentes en el alimento capaces de provocar su alteración y reducir la probabilidad de supervivencia de organismos patógenos.

El escaldado es un tipo de tratamiento térmico que se emplea generalmente en las frutas y hortalizas con el fin principal de inactivar las enzimas naturales (Fernández, 2004). Este debe efectuarse a una temperatura y tiempo específicos que aseguren la destrucción de la enzima de deterioro. Además puede ayudar a ablandar la fruta para facilitar el despulpado, estabiliza y regulan el color del producto. El proceso puede reducir la carga microbiana presente (Cheftel y Cheftel, 1976) e inactiva las enzimas pectinasa y polygalacturonasa que son las responsables del pardeamiento de la fruta; evitando alterar las características organolépticas (Abd y Chee, 1999). Este proceso también es responsable de remover el aire dentro del producto y degradar el ácido oxálico (Cheftel y Cheftel, 1976).

El escaldado con agua proporciona un tratamiento más uniforme, sin embargo, es algo más lento que el escaldado con vapor y facilita el desarrollo de microorganismos termófilos, por lo que se deben aumentar las precauciones higiénicas para evitar la presencia de estos gérmenes (Vila, 2006).

De acuerdo a Villa-Alarcón, (2006) la intensidad del calentamiento para inactivar las enzimas depende de muchos factores, ya que cada una tiene una determinada

termosensibilidad, pero también influye sobre el pH y la presencia de sales. Se ha encontrado que los tratamientos térmicos no son buenos aliados de las propiedades sensoriales y nutritivas de los alimentos. La intensidad de estos tratamientos permite una mayor destrucción de los microorganismos presentes ya que el calor destruye los agentes de alteración, pero también altera y afecta las propiedades sensoriales y nutritivas de los alimentos (Villa-Alarcón, 2006).

Al calentar los frutos y sus derivados se debe considerar que hay posibilidad de que la textura se dañe. Se ha encontrado que para eliminar o controlar este efecto, es más efectivo aplicar tratamientos térmicos a altas temperaturas durante un corto tiempo, que tratamientos a temperaturas moderadas por período de tiempo más extensos, de manera que exista un balance entre la calidad microbiológica, organoléptica y nutritiva del producto (Villa-Alarcón, 2006).

El licuado y despulpado permiten la eliminación de partículas duras, que no ablandaron con el escaldado, y que son indeseables al consumidor. El proceso de licuado, despulpado y estandarización uniforme, contribuyen a las características generales de un puré. Además de la temperatura, existen diferentes métodos para evitar o retardar el oscurecimiento mediante la manipulación de diferentes factores físicos y químicos como: pH, uso de sulfitos, ácidos y la eliminación de oxígeno, entre otros (Potter, 1995).

3.1.3 Estandarización

La estandarización se realiza con agua destilada previamente mezclada con el conservante y el agente seleccionado. Ambos químicos contribuyen a mejorar el aspecto o características físicas del alimento (Ayala, 2008). La estandarización diluye la pulpa con agua en

proporción 2:1. La función del ácido ascórbico es regular la acidez y minimizar la oxidación primaria de la fruta ya que actúa como antioxidante, de manera que evita que ocurran alteraciones químicas y biológicas en el alimento (Ayala, 2008). Niveles entre 0.05-0.2% de ácido ascórbico usualmente son efectivos por que permiten un aumento en la acidez, ayudan a retardar la oxidación y los cambios en color. (Potter, 1995).

El benzoato de sodio es usado para preservar productos ácidos, evitando las alteraciones químicas y biológicas (Ayala, 2008). El límite máximo permitido es de 0.1% (Fields, 1977). Este compuesto sirve como conservante para inhibir el desarrollo de microorganismos, principalmente hongos y levaduras; evitando de esta manera su deterioro y prolongando su tiempo de vida útil. Los aditivos alimentarios como por ejemplo estabilizantes, antioxidantes, gelificantes, edulcorantes entre otros. son sustancias que se añaden intencionalmente a los alimentos, sin propósito de cambiar su valor nutritivo, con la finalidad de modificar sus caracteres, técnicas de elaboración, conservación o para mejorar su adaptación al uso que se destinen. Estas sustancias no poseen valor nutritivo significativo y, por tanto, no se pueden considerar como alimentos ni como ingredientes en la elaboración de alimentos. Estos se crearon para asegurar la conservación y estabilidad del producto durante un largo periodo de tiempo, de manera que se pueda disminuir o evitar los cambios en características tales como las cristalizaciones, oxidaciones y separación de componentes. Los edulcorantes específicamente los azúcares, se emplean en los alimentos por varias razones, ya que dan el sabor dulce que pide el consumidor, aumentan la densidad y viscosidad del producto y son un aporte energético importante (Ayala, 2008).

La regulación del dulzor se obtiene añadiendo azúcar refinada que actúa sobre el sabor de los alimentos produciendo una sensación dulce y posee un poder edulcorante muy superior al de cualquiera de los azúcares naturales (Ayala, 2008). El azúcar refinada es más recomendable porque tiene pocas impurezas, no tiene coloraciones oscuras y contribuye a mantener el producto con el color, sabor y aroma natural de la fruta (Coronado e Hilario, 2001; Chikthimmah *et al.*, 2003).

3.1.4 Llenado, empaçado, enfriado y almacenado

El empaque, al aislar el producto del medio ambiente, constituye en una barrera física que protege el alimento de golpes, rayos solares y, al mantener en su interior una baja presión de O^2 , controla los deterioros químicos de oxidación de lípidos y oscurecimiento no enzimático (Tello *et al.*, 2002). El empaçado y llenado adecuado son los responsables de generar el vacío en el empaque (Coronado e Hilario, 2001). Ayala (2008) recomienda un llenado del empaque con el producto caliente, usualmente a unos 70-80 °C y, después de cerrar el empaque, este se puede invertir para esterilizar el área del sello. La ventaja de este procedimiento es que los contaminantes microbiológicos sobre las superficies internas del empaque y cierre pueden ser destruidos por el líquido caliente. Este proceso proporciona esterilidad adecuada sin gasto de calor para calentar el empaque y su contenido.

El enfriado del producto luego del llenado en caliente evita el desarrollo de sabores a cocido (Ayala, 2008), sirve para conservar su calidad y permite realizar la limpieza exterior de las bolsas que normalmente presentan residuos del puré impregnado en la superficie del empaque (Coronado e Hilario, 2001). El almacenado con suficiente ventilación garantiza la conservación del producto.

3.1.5 Tratamiento térmico

A principios del siglo XX se definieron modelos matemáticos que pretendían predecir cómo los tratamientos térmicos afectan los microorganismos. Esto permitió describir el comportamiento de las curvas de supervivencia y la estimación del valor D, así como otras constantes muy útiles para el cálculo de los tratamientos.

Aunque se han observado excepciones, está perfectamente establecido que la cinética de termodestrucción bacteriana es logarítmica. Es por esto que la velocidad de termodestrucción se afecta por factores intrínsecos y ambientales. Los factores intrínsecos incluyen diferencia de resistencia entre esporas y células vegetativas, mientras que los factores ambientales influyen en el crecimiento de los microorganismos (edad, temperatura, medio de cultivo) y actúan durante el tratamiento térmico (pH, a_w , tipo de alimento, sales, entre otros) (Jerez, 2006). De acuerdo con Fields (1977), las unidades para D son magnitudes de tiempo (segundos o minutos).

Una función logarítmica nunca puede alcanzar el valor cero; por lo tanto la esterilidad definida como la ausencia de esporas vivientes en un volumen ilimitado de producto, es imposible lograr. Es por eso que se utiliza el concepto de “efecto esterilizante”, que es expresado por el número de reducciones decimales logrado mediante el proceso. Este dependerá de la combinación de tiempo/temperatura, de la resistencia térmica del microorganismo, del proceso de envasado y del alimento. A mayor tiempo y temperatura de retención, el proceso será más eficiente.

Las curvas de muerte termal emplean los conceptos del “valor D”, “valor F” y “valor z”. El factor de reducción decimal “D” es el tiempo en minutos necesario que se debe de

mantener una suspensión de esporas a una temperatura constante T, con el cual se logra destruir el 90% de los microorganismos presentes en la suspensión. Este disminuye la población de sobrevivientes en un ciclo logarítmico, lo que implica una reducción de la concentración en diez veces. (Ciro *et al.*, 2009; Fernández, 2004). El segundo (valor F) se define como el tiempo en minutos requeridos para destruir un número dado de organismos a una temperatura determinada, generalmente 250°F. (Fernández Sevilla, 2004). El valor “Z” define la termoresistencia característica de cada especie de microorganismos en un medio de composición definida: cuando se eleva la temperatura en “Z” grados, el tiempo requerido para conseguir la misma destrucción térmica es 10 veces menor (Ciro *et al.*, 2009; Fernández, 2004).

La eficiencia del tratamiento térmico se determina mediante los resultados obtenidos en el análisis microbiológico. El tiempo y la temperatura aplicada a las muestras será el estimador utilizado para obtener el proceso de letalidad, descrito como el tiempo requerido para reducir el número de bacterias a un ciclo logarítmico a una temperatura específica (Murphy *et al.*, 2003). La ausencia o reducción de la cepa de *E. coli* O157:H7 determinará la efectividad del procesamiento térmico y permitirá estimar los valores D, y Z, específicos para la cepa de *E. coli* O157:H7 (Tello *et al.*, 2002), mientras que la detección de este organismo luego del procesamiento es indicativo que los procesos de saneamiento y control no son los adecuados. En los alimentos que han sido sometidos a un tratamiento de higienización eficaz que asegura su inocuidad para el consumidor, por lo general, la determinación de coliformes no tiene necesariamente relación con una contaminación de origen fecal y consiguientemente, con la posible presencia en los alimentos de

microorganismos patógenos de procedencia entérica, sino que es sólo una indicación de deficiencias o fallos en el tratamiento industrial de los alimentos (Jerez, 2006).

3.1.6 Largo de vida

El largo de vida útil es el tiempo requerido por un alimento para convertirse en inaceptable desde las perspectivas sensoriales, nutricionales, microbiológicas o de inocuidad. Este proceso representa el transcurso en el cuál el puré mantendrá sus características organolépticas, calidad (nutritiva) e inocuidad. La determinación del largo de vida útil dependerá de la evaluación sensorial durante el almacenamiento para comparar si existe cambio entre el producto recién procesado y el almacenado.

Los alimentos pueden ser vehículos de transmisión de diversos microorganismos y metabolitos microbianos, algunos de ellos patógenos para el hombre. De acuerdo a su procedencia, estos microorganismos se agrupan como pertenecientes a origen endógeno, ya que están presentes en los alimentos antes de su obtención y de origen exógeno, que llegan a los alimentos durante la obtención, transporte, manejo y conservación. En el segundo grupo se destacan los que son patógenos para el hombre (capaces de provocar infecciones e intoxicaciones) y aquellos que alteran y ocasionan cambios químicos al producto (Jerez, 2006).

Según Jerez (2006), existen microorganismos de gran importancia que no afectan al hombre directamente pero son capaces de alterar los alimentos. Estos se denominan alterativos o corruptivos y descomponen los alimentos originando pérdidas en todos los niveles de procesamiento y comercialización de alimentos. Entre ellos tenemos a las bacterias coliformes de la familia *Enterobacteriaceae* (*Escherichia coli*).

Las enterobacterias son huéspedes normales del intestino de los mamíferos, por lo tanto, su presencia en los alimentos se relaciona con la contaminación de origen fecal. Estas son menos abundantes en las frutas en comparación con otras bacterias Gram negativo, sin embargo, tienen una gran importancia desde el punto de vista higiénico, ya que algunas de estas especies son capaces de provocar trastornos gastrointestinales en el humano.

E. coli es organismo de sanidad que indica la presencia de contaminación fecal en los alimentos. Además, presentan importancia desde el punto de vista tecnológico, ya que son bacterias heterofermentativas, productoras de gas (carbónico e hidrógeno), producen sustancias viscosas y sabor desagradable.

Según la Organización Mundial de la Salud, la frecuencia de los casos de enfermedades causadas por alimentos mal conservados o contaminados va en aumento. Esta se relaciona directamente con los problemas sanitarios más importantes que a menudo amenazan a la población mundial. Además tiene un impacto comercial considerable, ya que la globalización, el incremento de los intercambios de productos y los desplazamientos de las personas son los responsables de la propagación y agravación de las enfermedades (Siller, 2011).

La cepa de *E. coli* O157:H7 contribuye directamente al número de brotes infecciosos de origen alimentario. Esta cepa se identificó como un agente de hemorragia colítica y causante del síndrome urémico hemolítico. Esta posee propiedades ácido-tolerantes lo que le permite sobrevivir en alimentos con un pH bajo. Por tanto, para lograr una eliminación efectiva, es necesario que el medio sea ácido y que se combine con tratamientos de calor (Marques *et al.*, 2001.)

3.1.7 Evaluación del Producto

3.1.7.1 pH

El pH es un valor que se usa para indicar la acidez o alcalinidad de una sustancia. La escala de pH se encuentra entre los rangos de cero (más ácido) y 14 (más básico), donde el valor de siete es neutro. Valores bajos de pH (4.6 o menos) pueden ayudar en la conservación de los alimentos de manera directa, inhibiendo el crecimiento microbiano, e indirecta, disminuyendo la resistencia al calor de los microorganismos en los alimentos que vayan a ser tratados térmicamente (Malavé, 2006). El pH expresa la acidez real de un alimento y es un factor importante ya que está relacionado con la resistencia al desarrollo de microorganismos indeseables, color, sabor, potencial redox y otros factores igualmente importantes (Villa-Allarcón *et al.*, 2006). La presencia de ácidos en el alimento produce una drástica reducción en la supervivencia de los microorganismos (Jerez, 2006). Los ácidos en los alimentos desempeñan funciones muy variadas, siendo las más importantes las amortiguadoras del pH, sinérgicos con los antioxidantes, prevención de reacciones de oscurecimiento, saborizantes e inhibidores del crecimiento microbiano (Villa-Alarcón, 2006).

3.1.7.2 Color

De acuerdo con MacEvoy (2005), el sistema de color Munsell se basa en una percepción visual y está ordenado en un modelo de tres dimensiones que parte de la premisa de que cada color posee tres cualidades o atributos: Tonalidad o “Hue (H)”, Luminosidad o “Value (V)” e Intensidad o “Chroma (C)”. Munsell establece escalas numéricas con pasos uniformes para cada atributo. En la notación Munsell, cada color tiene una relación lógica con todos los colores y se expresa como HV/C. Esta propiedad de percepción uniforme es

reconocida por un sistema establecido de colores específicos y es usado por algunos campos en la ciencia de color.

Hue (H) es el color actual que sigue un orden natural mostrado en la figura 1:



Figura 1. Munsell Color (2011)

Value (V) indica la luminosidad del color. Los valores en la escala corresponden a un rango de (0) para negro hasta (100) para blanco. Los colores negro, blanco y gris son llamados colores neutrales y no tienen valores de Hue. Colores que poseen valores de Hue son llamados colores cromáticos. La escala de valores aplica a los colores cromáticos así como los neutrales (Munsell, 2011).

Croma (C) es la intensidad del color, desde el punto de partida de un color hasta el valor neutral del mismo color. Los colores para valores bajos de croma a veces se llaman "débil", mientras que los de valores altos de croma se dice que están "muy saturados", "fuerte" o "vivos". La escala cromática comienza en cero, de colores neutros, pero no hay fin a la escala arbitraria (Munsell, 2011).

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Diseño Experimental

Este proyecto se llevó a cabo en tres etapas de manera secuencial Figura 2, donde los resultados de la primera etapa se utilizaron en la segunda etapa y así de manera subsecuente en las siguientes etapas. La primera etapa consistió en aplicar un proceso de escaldado a las carambolas que permitió inactivar la enzima que causa pardeamiento, determinando el tiempo y la temperatura específica responsable de la inactivación. En la segunda etapa se realizó la selección de la variedad al evaluar las características y comportamientos presentados por las nueve variedades al añadir dos tipos de agentes plastificantes. En la tercera etapa se determinó el proceso de tratamiento térmico mediante análisis microbiológico, luego de inocular el puré de carambola con la cepa de *E. coli* O157:H7 y someter el mismo a varias combinaciones de tiempo y temperatura.

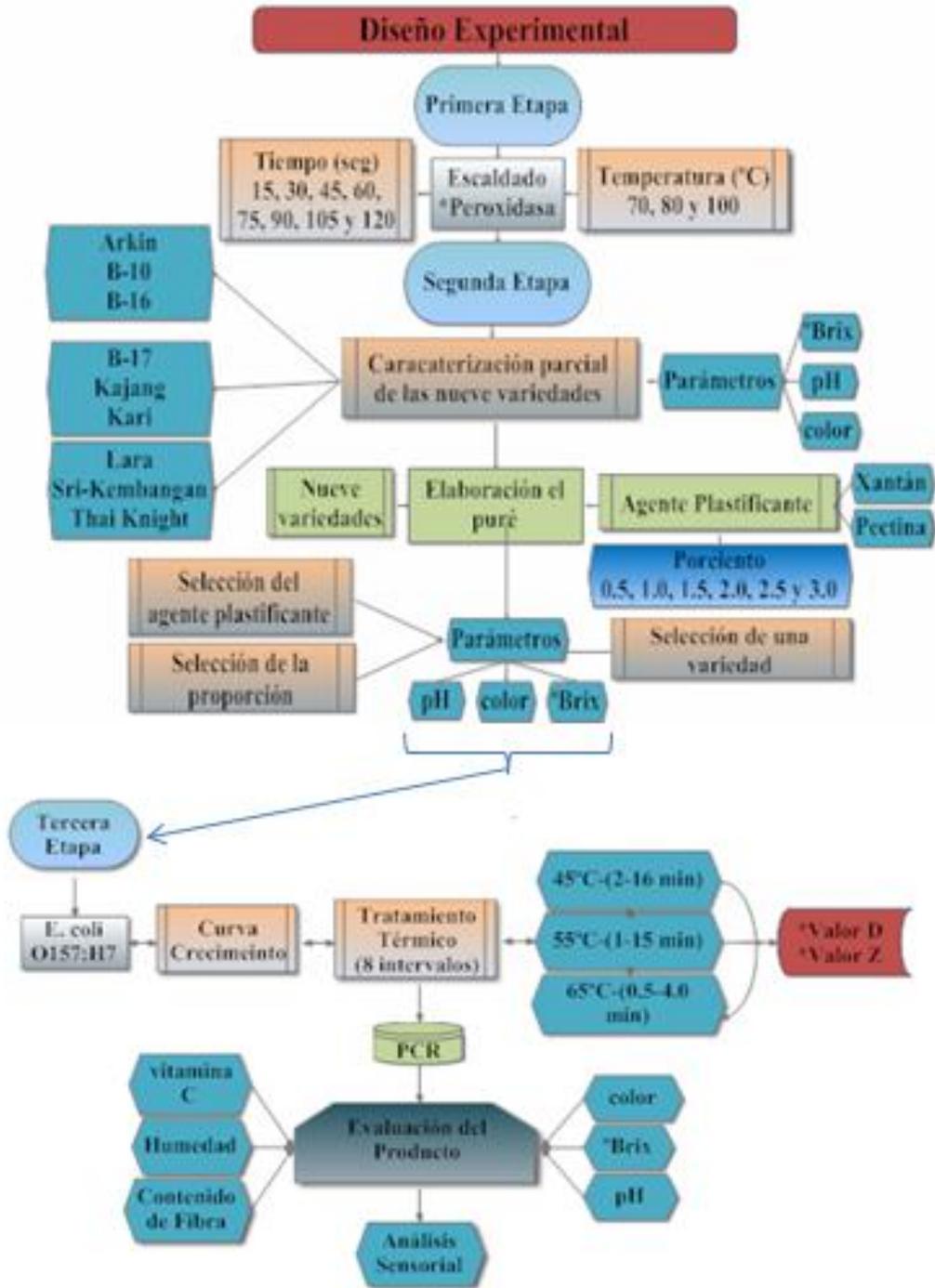


Figura 2. Diseño Experimental

4.2 *Materia Prima*

4.2.1 Recolección y manejo

Se obtuvieron nueve variedades de carambolas frescas (Tabla 5 y APÉNDICE B) en la Estación Experimental Agrícola de Isabela del Departamento de Agricultura Federal (USDA-TARS).

Tabla 5. Variedades de Carambola ubicadas en la Estación Experimental Agrícola de Isabela del Departamento de Agricultura Federal (USDA-TARS).

Número de variedades	Nombre de Variedades	Número de variedades	Nombre de Variedades
1	Arkin	6	Kari
2	B-10	7	Lara
3	B-16	8	Sri-Kembangan
4	B-17	9	Thai Knight
5	Kajang		

Éstas se recolectaron manualmente cuando cambió el color de verde a verde-amarillento. Se colocaron en cajas identificadas para cada variedad, que luego fueron transportadas al laboratorio de Ciencia y Tecnología de Alimentos del Recinto Universitario de Mayagüez, donde se almacenaron a temperatura ambiente por un periodo no mayor a 24 horas.

Luego del almacenamiento, se procedió a realizar la clasificación. Durante este proceso se eliminaron las frutas con daños físicos y mecánicos que incluyeron golpes y cortaduras. A la fruta a ser utilizada se le removió el pedúnculo y los vestigios florales ya que éstos constituyen parte de lo que se denomina partículas negras, que es un factor desmerecedor de la calidad del producto a obtener (Tello *et al.*, 2002.) Para el proceso fueron seleccionadas las frutas medio maduras y maduras, representadas como 4 y 5, respectivamente (APÉNDICE F) de tamaño variable. No se utilizó fruta verde por su

excesivo sabor ácido, ya que éstas presentan un alto contenido de ácido oxálico, ni demasiado madura porque su suavidad causa grietas donde se pueden alojar hongos que luego no pueden ser extraídos con el lavado (Tello *et al.*, 2002.)

4.2.2 Limpieza y desinfección

Se realizó el lavado mediante métodos húmedos que incluyeron la limpieza con agua a temperatura ambiente y jabón para remover la materia orgánica y la desinfección incluyó una inmersión y sanitización de la fruta con agua clorada (100 ppm de hipoclorito de sodio) en un baño de María durante dos minutos a temperatura de 35°C. El cloro se aplica comúnmente entre 50-200 ppm con un tiempo de contacto de 1-2 minutos para desinfectar superficies de productos hortícolas (Mano *et al.*, 2004; Galán-Alejo, 2003).

El agua clorada se preparó diluyendo 7.0ml de hipoclorito de sodio (XY-12®; Ecolab, Unc. 8.4% w/w de hipoclorito de sodio) en 10.0 litros de agua destilada hasta obtener una concentración de 100ppm de cloro libre, a una temperatura de 35°C y un pH de 6.00 a 6.50 en un baño de María (Isotemp 220, Fisher Scientific®). La concentración de cloro libre presente en la solución se determinó utilizando Chlorine Test Strips® (Ecolab,Inc.); mientras que el pH de la solución fue ajustado utilizando ácido clorhídrico al 1% (HCl) y se verificó con un metro de pH (pH meter AB15 Accumet Basic®).

4.3 Primera etapa: Proceso de escaldado

Se procedió a realizar el trozado de las frutas en rodajas uniformes para cada una de las nueve variedades; se mezclaron y se ubicaron en bandejas (APÉNDICE D1). Este proceso nos aseguró obtener una muestra representativa de todas las variedades, permitió una manipulación efectiva y contribuye a un escaldado exitoso (Potter, 1995).

Se realizó el proceso de escaldado a temperaturas de 70°C, 80°C y 100°C, con intervalos de tiempo de 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 segundos para cada temperatura (APÉNDICE D3). Se realizó una apreciación visual de las muestras bajo diferentes condiciones de escaldado, y se evaluó el cambio en color, textura, y pH en muestras almacenadas a temperatura ambiente y de nevera.

4.3.1 Prueba de Peroxidasa

La prueba de actividad de peroxidasa consiste en añadir 5.00ml de agua, 1.00 ml de Guiacol o Catecol al 1% y 1.00 ml peróxido de hidrógeno al 0.5% y un trozo de muestra en un tubo de ensayo. Se agita el tubo y se observa la reacción después de dos a cinco minutos buscando presencia de manchas de color rojo-marrón intensas. La prueba se considera negativa cuando las frutas no presentan manchas y este comportamiento es considerado un escaldado efectivo (Fields, 1977). Esta prueba permitió confirmar la inactivación de la enzima bajo las condiciones de tiempo y temperatura específicas. Se seleccionó el tiempo y la temperatura adecuada que inactivó la enzima y presentó un color y textura agradable en los trozos de carambola, similar a los de la fruta fresca.

4.4 Segunda etapa: Selección de la variedad

Una vez seleccionado el tratamiento de escaldado adecuado se procesaron las nueve variedades de carambola de manera individual y se analizaron en términos de pH (método de la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC), 2000 N° 10.041/84), color (utilizando un colorímetro HunterLab – MiniScan XE) y °Brix (de acuerdo a la metodología de la AOAC, 2000 N° 983.17).

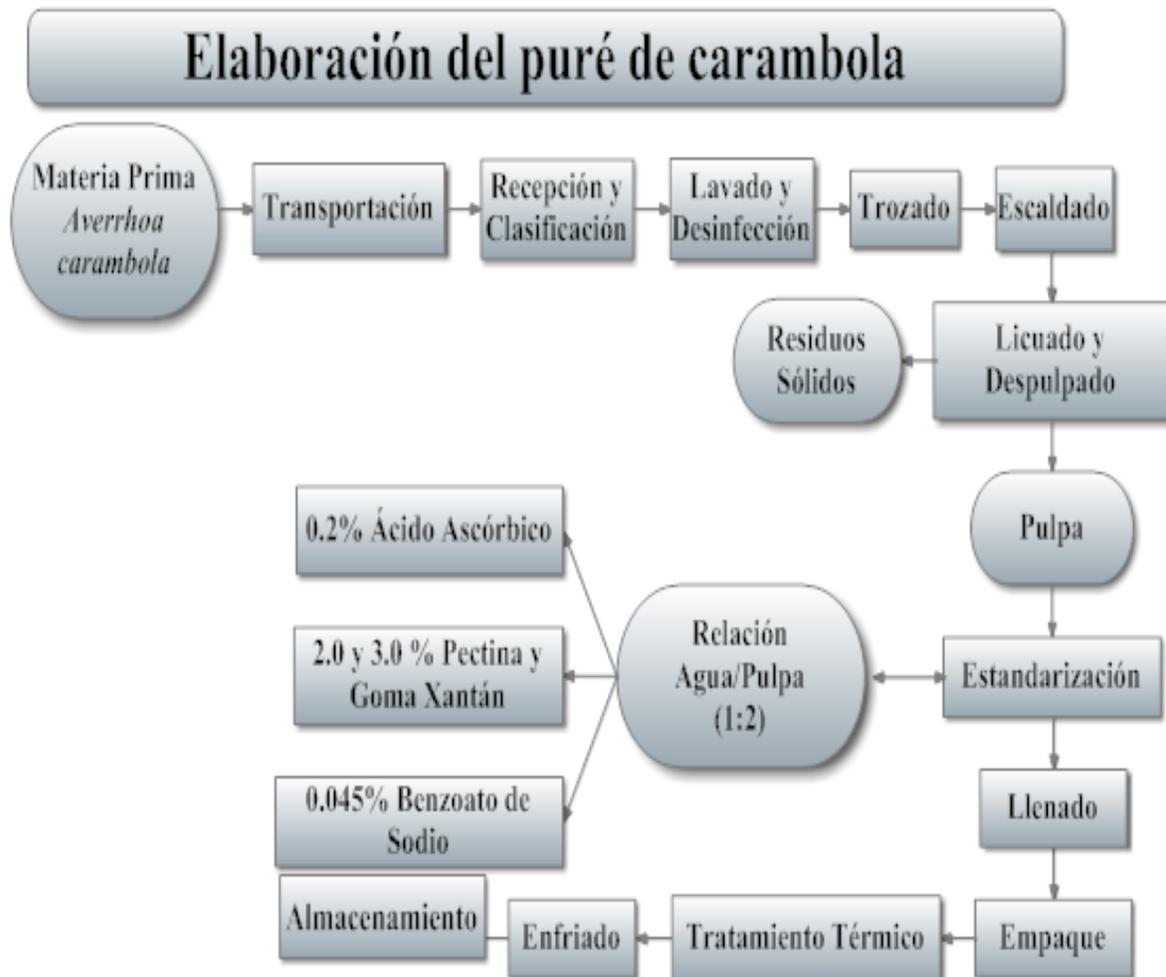
Los datos obtenidos se analizaron para tratar de identificar y seleccionar una variedad que fuese representativa de todas o de la mayoría de las variedades y/o que impusiera restricciones de procesamiento o inocuidad.

4.4.1 Selección del tipo de agente

Se añadió 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 por ciento de dos tipos de agentes plastificantes como la goma Xantán (TIC Pretested® Ticaxan® Xanthan Powder) y pectina (TIC Pretested® Pectin LM 35 Powder), a cada una de las nueve variedades de pulpa carambola. Este análisis nos permitió evaluar el comportamiento de ambos agentes en términos del atributo consistencia y buscando cuál proporción es más semejante a la de un puré de manzana.

4.4.2 Formulación

La elaboración del puré se realizó siguiendo los siguientes pasos (Figura 3) de acuerdo con el procedimiento descrito por Coronado e Hilario (2001).



Coronado, M. e Hilario, R. (2001) Elaboración de néctar. Procesamiento de alimentos para pequeñas y microempresas agroindustriales. Lima, Perú. 5-49.

Figura 3. Pasos para la elaboración de un puré

4.4.3 Preparación del puré de carambola

Una vez recibida y seleccionada la materia prima se procedió a aplicar los procesos de lavado, trozado y escaldado de acuerdo a los parámetros establecidos en las secciones

anteriores. El proceso de escaldado consistió en sumergir los trozos en agua a temperatura de ebullición (100 °C) por un espacio de un minuto. Este proceso de escaldado fue el seleccionado al terminar la primera etapa de esta investigación y coincide con el utilizado por Abd y Chee (1999) en muestras de carambola (APÉNDICE D3). El enfriado parcial de los frutos trozados se llevó a cabo sumergiendo las frutas en agua fría durante un minuto (APÉNDICE D4). Se empleó la estimación de polifenoloxidasas y peroxidasas para determinar la efectividad del escaldado.

4.4.4 Licuado

Se realizó el licuado con toda la cáscara de la fruta por espacio de un minuto en una licuadora Oster de 14 velocidades y se colocó en un envase de plástico para luego realizar el despulpado (APÉNDICE D5). El despulpado se realizó en una despulpadora modelo Robot Coupe Centrifugeuse C80, a velocidad máxima, por dos minutos (APÉNDICE D6) de manera que se eliminaron las partes duras de la fruta para obtener una pulpa homogénea (APÉNDICE D7).

4.4.5 Estandarización

La estandarización se realizó con una dilución de la pulpa con agua destilada 2:1 previamente mezclada con benzoato de sodio al 0.045% como conservante, 0.2% de ácido ascórbico y 2% ó 3% del agente plastificante. Estas cantidades fueron las seleccionadas al realizar el ejercicio descrito en la sección 3.4.1. Para regular la acidez percibida del producto se añadió azúcar refinada como agente endulzante (Coronado e Hilario, 2001) y se procedió a mezclar todos los ingredientes para homogenizar la mezcla.

4.4.6 Llenado y Empacado

El llenado del puré se realizó hasta aproximadamente 94% del volumen total del contenido del empaque evitando la formación de espuma. El empaque consistió de una bolsa de polietileno estéril, sellada con un equipo “Foodsaver” de empaque al vacío y luego se invirtió para uniformizar el tratamiento (Coronado e Hilario, 2001) (APÉNDICE D8).

4.5 Carga Microbiana Inicial

El análisis microbiológico utilizado para estimar el recuento microbiano inicial en las muestras de carambolas frescas con y sin lavado fue el recuento de microorganismos aeróbicos en platos de agar, “PCA” por sus siglas en inglés. Se seleccionó una muestra aleatoria de las nueve variedades de carambola y se realizaron diluciones en serie desde 10^{-1} a 10^{-7} cfu/ml.

4.6 Curva de Crecimiento

Se realizó una curva de crecimiento mediante el método de la Figura 4, se tomó un matraz Erlenmeyer que contenía un caldo de triptosa de fosfato. Se inoculó un cultivo puro de la cepa de *E. coli* O157:H7 y se colocó en una incubadora con agitación a temperatura de 37°C. Cada 30 minutos se procedía a retirar el matraz y se tomaba una muestra. A cada muestra se le tomaron lecturas de absorbancia, se realizaron diluciones en serie y se sembraron en platos que contenían el medio de Agar MacConkey y Sorbitol, “SMAC” por sus siglas en inglés. Las primera cinco horas y media (5.5 hora) se realizaron diluciones en serie de 10^{-1} hasta 10^{-6} . Luego, a partir de la sexta hora hasta la décima hora (6.0-10.0 hora), se realizaron diluciones de 10^{-4} hasta 10^{-12} . Una vez concluido este proceso y transcurrido el tiempo de incubación se realizó el recuento microbiano para obtener los

datos necesarios para generar la curva de crecimiento que, a su vez, permitió determinar el tiempo (horas) donde la cepa se encuentra en su fase estacionaria.

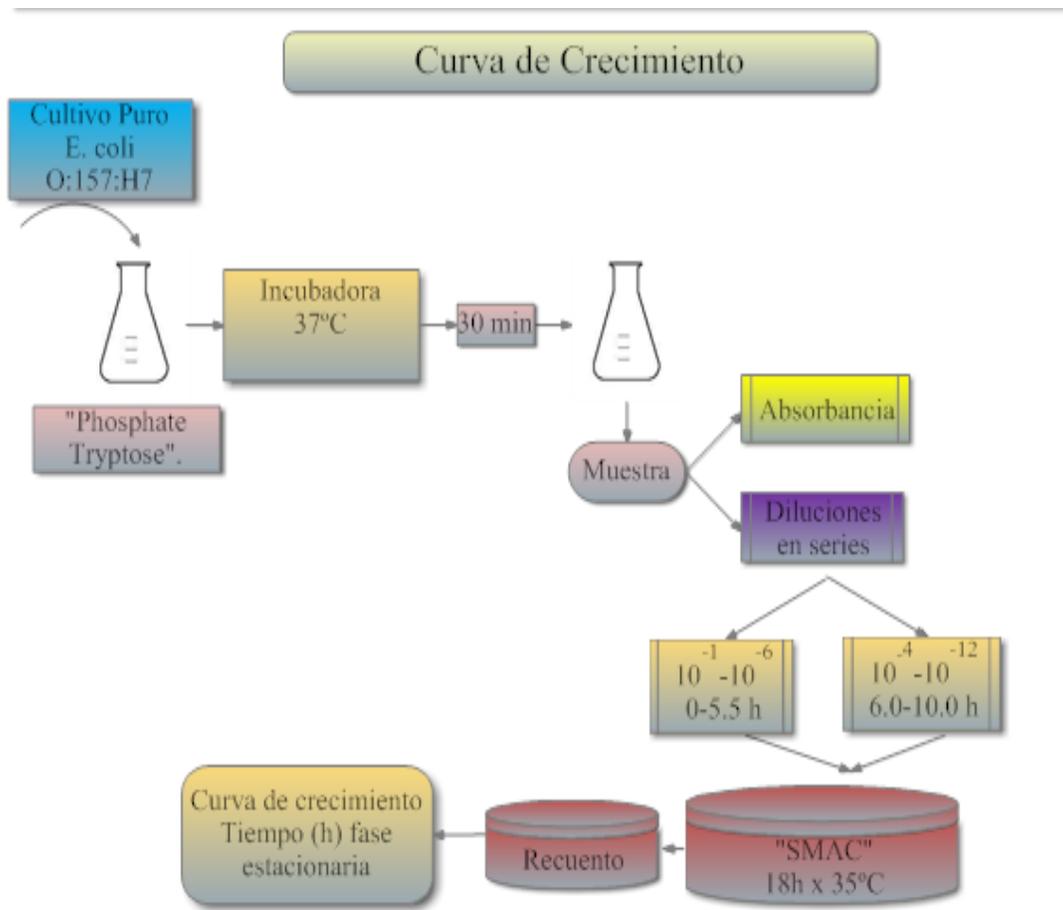


Figura 4. Método para realizar curva de crecimiento

4.7 Tercera etapa: Tratamiento Térmico

El tratamiento térmico utilizado fue evaluado mediante pruebas de temperatura y tiempo, en un baño isotérmico (**Figura 5**).

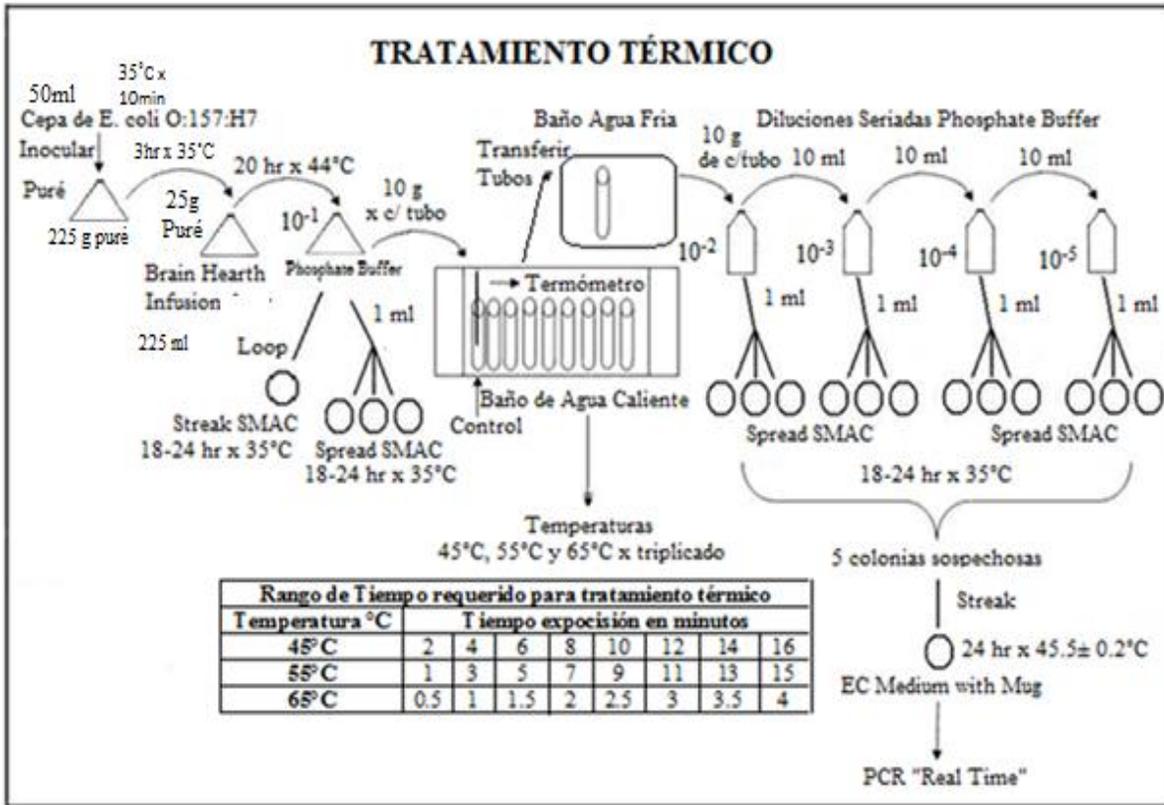


Figura 5. Diagrama de flujo para la determinación de tratamiento térmico para *E. coli* O157:H7 en puré de carambola

De acuerdo al BAM (2002, 4a), se añadieron 225g del puré de carambola a un matraz de 300ml y luego se inoculó con 50ml de la cepa de *E. coli* O157:H7 con una población de 1.98×10^6 cfu/ml, a la que previamente se le realizó una curva de crecimiento. Se homogenizó con un agitador de vidrio, por dos minutos. Luego se añadió la muestra a un matraz Erlenmeyer de 300ml para enriquecer con “Brain Heart Infusion” por tres horas a 35°C. Luego se transfirió a un caldo de triptosa de fosfato por 20 horas a 44°C. De esta mezcla se tomó una alícuota para hacer estriado en el medio de SMAC lo que aseguró tener un cultivo puro de la cepa de *E. coli* O157:H7 y se sirvió 1.00 ml de la muestra en cada uno de tres platos que contenían el mismo medio. Se añadieron 10.00 gramos de la mezcla, asépticamente, a cada uno de nueve tubos de ensayo previamente estériles y se ubicaron en

un baño de agua a temperaturas de 45°C, 55°C y 65°C, por triplicado. El primer tubo fue el control y se le colocó un termómetro para registrar la temperatura durante todo el proceso. A medida que transcurrió el rango de tiempo requerido para cada temperatura, se fue removiendo cada uno de los ocho tubos (Figura 5) y se ubicó en un baño de agua fría con hielo para enfriar el tubo y detener la inactivación termal.

Una vez retirados los ocho tubos, se procedió a tomar los 10.00 gramos de muestra de cada tubo y se añadieron a cada una de las botellas completadas con 90ml de buffer de fosfato. La primera botella es equivalente a la dilución 10^{-1} ; luego se retiró 1.00ml de la dilución y se añadió a la siguiente botella para proceder a realizar las diluciones seriadas de (10^{-2} - 10^{-5} CFU/ml), respectivamente, procedimiento que se repitió con cada una de las botellas. Posteriormente se tomó 1.00 ml de cada botella de dilución y se sembró en tres platos con “SMAC” para obtener los resultados por triplicados.

Una vez transcurrido el tiempo de incubación para el medio de “SMAC” entre 18-24 horas y a una temperatura de $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$, para cada temperatura se seleccionaron cinco colonias de color rosado presentadas en la Figura 6. Estas representan un crecimiento sospechosos para *E. coli* O157:H7 y se transfirieron a platos que contenían E.C. Medium con MUG medio selectivo para este tipo de microorganismo. Se incubaron por 24 horas \pm 2 h a $45.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ (BAM, 2002).

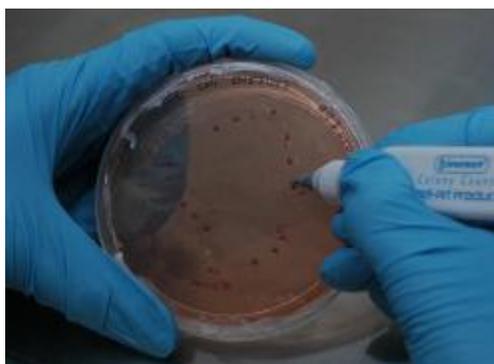


Figura 6. Colonias rosadas sospechosas de *E. coli* O157:H7 en medio Mac Conkey Sorbitol Agar

Para corroborar la presencia de *E. coli* O157:H7 se realizó la prueba de Reacción de Polimerasa en Cadena en tiempo real (“Real Time PCR”, por sus siglas en inglés), para la detección cualitativa de *Escherichia coli* serotipo O157:H7, utilizando DNA con un kit de detección en tiempo real para métodos rápidos foodproof® *E. coli* O157:H7 que contiene DNA aislado de medios enriquecidos preparados por métodos validados e inoculados con alimentos potencialmente contaminados con *E. coli* O157:H7. El kit está basado en sondas de hibridización (LightCycler® 1.x2.0). Se utilizó el equipo de Mastercycler realplex⁴ (Eppendorf) (Scheu, *et al.*, 1998).

Esta etapa de la experimentación permitió realizar un recuento microbiano del tiempo necesario para eliminar o reducir la cepa de *E. coli* O157:H7, que actuó como organismo indicador. Con los datos obtenidos se logró construir una curva de muerte termal (número de microorganismos vs. tiempo) a una temperatura constante (45°C, 55°C y 65°C) para estimar los valores D y Z del proceso. La determinación de *E. coli* O157:H7 en la muestra se realizó de acuerdo a la investigación de Cakir *et al.*, (2001). La cepa del organismo indicador se utilizó para determinar la efectividad del procesamiento térmico, ya que estos

valores permiten establecer el tiempo y temperatura necesaria para el producto. Luego del tratamiento térmico, el producto se enfrió con chorros de agua fría (Coronado e Hilario, 2001) y se almacenó en un lugar limpio, seco a temperatura ambiente.

4.8 Evaluación del Producto

El producto se evaluó en términos de pH, color, contenido de vitamina C, azúcares, fibra y análisis sensorial.

4.8.1 Contenido de pH

Para determinar los cambios en pH, se aplicó el procedimiento recomendado en la investigación de Vila (2006) y el AOAC (2000) N° 10.041/84 que consiste en mezclar 25g del puré con 100.00 ml de agua por triplicado para luego medir el pH con un potenciómetro. Se utilizó un metro de pH “Fisher Scientific Accumet Basic” modelo AB15, previamente estandarizado con soluciones de pH=4.00 y pH=7.00.

4.8.2 Color

Las medidas de color se llevaron a cabo utilizando un colorímetro HunterLab – MiniScan XE midiendo por triplicado el color de las muestras de carambola utilizando la escala de parámetros “L*”, “a*” y “b*” (Figura 7), con un iluminante D65 y un ángulo de observación de 10°. El colorímetro se calibró con un plato negro y uno blanco que emplea los estándares de calibración X, Y y Z, equivalentes a los valores 79.8, 84.6 y 90.4, respectivamente. Los parámetros fueron leídos de acuerdo con la siguiente escala: “L*” indica la luminosidad o claridad del color que fluctúa entre cero (0) equivalente al color negro y cien (100) equivalente al color blanco, el parámetro “a*” fluctúa verde para negativo (-a*) y rojo para positivo (a*) y “b*” corresponde al color azul para negativo (-b*)

y amarillo para positivo (b^*) (Figura 8). Además, se determinó el ángulo Hue o tonalidad de color [$H^\circ = \tan^{-1}(b/a)$] y croma relacionado a la intensidad del color o saturación del color [$(a^2 + b^2)^{1/2}$] (MacEvoy, 2005) (Figura 8).

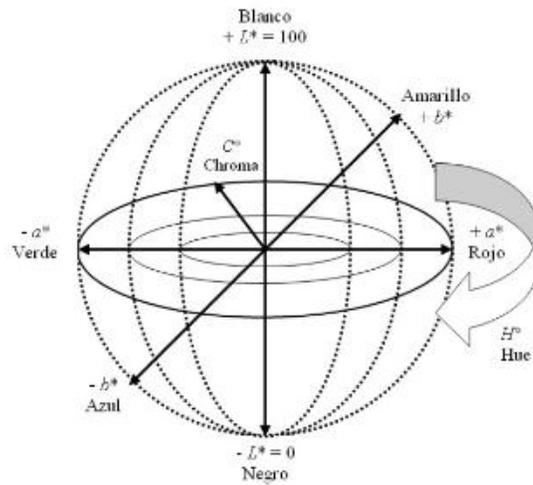


Figura 7. Espacio de color en la escala CIE L* a* b* y sus coordenadas cilíndricas C* y H* (Hernández Bautista y Ríos Rincón, 2009).

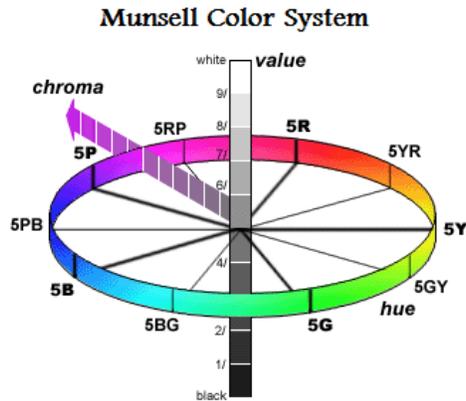


Figura 8. MacEvoy, (2005)
<http://www.handprint.com/HP/WCL/color7.html#MUNSELL>

4.8.3 Ácido Ascórbico

La concentración de ácido ascórbico del puré de carambola, fue determinada el método de la AOAC N° 43.064 (AOAC, 1984).

4.8.4 Sólidos Solubles Totales

El total de sólidos solubles presentado como °Brix del puré de carambola se determinó con un refractómetro de mano (WestoverTM modelo RHB-32), con escala de 0 a 32 °Brix de acuerdo a la investigación de Mano *et al.*, (2004) y utilizando metodología de AOAC (2000) N° 983.17. El análisis de sólidos solubles se utilizó como un estimador del contenido de azúcares en la muestra (Mitcham y Kader (1995, citado de Vila, 2006).

4.8.5 Análisis de Humedad

El análisis de humedad se realizó a cada una de las nueve variedades de carambola y a la muestra de puré de carambola basado en el método de la AOAC (1990) y AOAC (1984) N° 14002, utilizando el horno de vacío como método de secado.

4.8.6 Análisis de Fibra

Las muestras de puré se sometieron a un proceso de liofilización que permitió secar las muestras para realizar un análisis de fibra total que se determinó con un digestor de fibra modelo Ankom²⁰⁰ basado en el método de fibra total (cruda) de la AOAC (1990) N° 962.09. Este permite medir cantidades variadas de celulosa y lignina, aunque las hemicelulosas, pectinas e hidrocoloides podrían ser solubilizadas y no detectadas en la muestra (Ayala, 2008).

4.8.7 Análisis Sensorial

Para la evaluación sensorial se realizó una prueba de diferencia direccional, donde el atributo a evaluar fue la preferencia entre el puré elaborado con 2% o 3% de goma Xantán, correspondiente a los tratamientos A y B, respectivamente. Se seleccionaron 56 panelistas, de manera que a cada panelista se le entregaron dos muestras identificadas con números aleatorios de tres dígitos. La prueba se realizó en el cuarto de catado del programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos del Recinto Universitario de Mayagüez. Para la prueba cada panelista se ubicó en un con disponibilidad de vasos con agua, galletas sin sal y sin azúcar, servilletas, cucharas y dos de cada muestra a analizar que fueron servidas en vasos de cinco onzas. Asimismo, se les proveyó un lápiz y la hoja del panelista que le permite evaluar cuál es la muestra de su preferencia (APÉNDICE J).

4.9 Análisis Estadístico

Los resultados fueron analizados estadísticamente utilizando el análisis de varianza (ANOVA) mediante el programa estadístico Infostat 2011 versión estudiantil y se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de las medias con un nivel de significancia de 0.05 (Di Rienzo *et al.*, 2011).

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Contenido de humedad

Tabla 6. Contenido de humedad en variedades de carambola fresca y en puré elaborado con goma Xantán.	
Variedad	% Humedad
Arkin	88.11 ^{cd}
B-10	88.06 ^{cd}
B-16	87.74 ^{bc}
B-17	87.49 ^{bc}
Kajang	87.39 ^{bc}
Kari	86.58 ^{ab}
Lara	88.33 ^{cd}
Sri-Kembangan	89.10 ^d
Thai Knight	85.88 ^a
Thai Knight (2% goma Xantán)	89.04 ^d
Thai Knight (3% goma Xantán)	88.45 ^{cd}
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) entre columnas</i>	

En la Tabla 6, se muestra el contenido de humedad de las nueve variedades de carambola frescas y del puré elaborado con la variedad Thai Knight con 2 y 3 por ciento de goma Xantán. Se observa que la variedad Thai Knight presenta el menor contenido de humedad. Por lo tanto, el aumento del contenido de sólidos solubles para cada puré, no presentó el mismo comportamiento para cada una de las variedades en particular, debido a que el contenido de humedad inicial de cada variedad presentó diferencias significativas,

provocando cambios al calcular la cantidad de sólidos solubles de cada una de las muestras analizadas (Gráfica 1). Esto era de esperarse ya que al añadir mayor por ciento de agente, el contenido de sólidos solubles totales aumenta. De acuerdo a García *et al.*, (2000), el agente posee entre 8 y 15 por ciento de humedad, valor que equivale entre 85-92 por ciento de sólidos totales. Al añadir mayor contenido al puré contribuye a un aumento significativo de la cantidad de sólidos totales para cada variedad.

5.2 Efecto del Escaldado

La Tabla 7 muestra el efecto del tratamiento y tiempo de escaldado sobre los valores de pH, textura y color visual en los trozos de carambolas de las nueve variedades mezcladas almacenadas a temperatura ambiente y de nevera.

Para el tratamiento de escaldado a temperatura de 70°C se observa que tiempos mayores o iguales a 60 segundos resultan un color amarillo agradable, lo que es indicativo de la ausencia de la enzima que produce pardeamiento. Sin embargo, la textura permaneció dura, característica no deseada para la realización del puré. Se realizó un análisis enzimático para confirmar estas observaciones. A 70°C se logró la inactivación de la enzima a los tiempos de 105 y 120 segundos, pero la textura permaneció muy dura, indicativo de que el tiempo de exposición no fue el adecuado y era necesario aumentar el intervalo de tiempo. Por lo tanto se descartó dicha temperatura, porque no aporta a los requisitos deseados para la elaboración del puré (APÉNDICE E1).

Tabla 7. Actividad de peroxidasa, pH y apreciación de muestras de carambola bajo diferentes condiciones de escaldado.

Temperatura (°C)	Tiempo (seg)	Peroxidasa	pH		Observaciones
			Ambiente	Nevera	
Control (sin escaldado)	n/a	+			Color marrón, textura dura
70°C	15	+	3.07 ^a	3.45 ^a	Color marrón, textura dura
	30	+	3.43 ^{cd}	3.84 ^a	Color marrón, textura dura
	45	+	3.55 ^d	4.17 ^a	Color marrón, textura dura
	60	+	3.07 ^a	3.67 ^a	Color amarillo, textura dura
	75	+	3.31 ^{bc}	3.96 ^a	Color amarillo, textura dura
	90	+	3.14 ^{ab}	3.70 ^a	Color amarillo, textura dura
	105	-	3.16 ^{ab}	3.61 ^a	Color amarillo textura dura
	120	-	3.18 ^{ab}	3.66 ^a	Color amarillo, textura dura
80°C	15	+	3.12 ^a	3.71	Color marrón oscuro, textura dura
	30	+	3.57 ^a	4.06 ^a	Color marrón oscuro, textura dura
	45	+	3.52 ^a	4.22 ^a	Color marrón oscuro, textura dura
	60	-	3.22 ^a	3.87 ^a	Color marrón oscuro, textura dura
	75	-	3.49 ^a	4.13 ^a	Color marrón oscuro, textura agradable
	90	-	3.20 ^a	3.70 ^a	Color amarillo, textura agradable
	105	-	3.23 ^a	3.72 ^a	Pérdida de color, textura agradable
	120	-	3.15 ^a	3.66 ^a	Pérdida de color, textura agradable
100°C	15	+	2.86 ^a	3.25 ^a	Color marrón y textura muy dura
	30	+	2.87 ^a	3.20 ^a	Color marrón y textura dura
	45	-	2.88 ^a	3.32 ^a	Color amarillento y textura parcialmente dura
	60	-	2.67 ^a	3.08 ^a	Color amarillento y textura agradable
	75	-	2.77 ^a	3.16 ^a	Color amarillento y textura blanda
	90	-	2.70 ^a	3.10 ^a	Color amarillento y textura muy blanda
	105	-	3.52 ^c	3.99 ^a	Pérdida de color y textura muy blanda
	120	-	3.26 ^b	3.63 ^a	Pérdida de color y textura muy blanda

Valores con el mismo superíndice en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Color amarillo es agradable similar a la fruta fresca

Textura agradable- similar a la fruta fresca

Textura dura y blanda- se alejan de la fruta fresca

Al aplicar el tratamiento de escaldado a temperatura de 80°C, los valores de pH para los almacenamientos a temperatura ambiente fluctuaron entre 3.12 y 3.57, y de nevera entre 3.66 y 4.22. Las muestras que presentaron un color marrón oscuro indicaban la presencia

de la enzima; mientras las que presentaron una textura dura, fueron descartadas por que no cumplieron con los requisitos necesarios para elaborar el puré. La prueba de peroxidasa permitió confirmar el tiempo recomendado para la inactivación de la enzima y por medio de ésta se descartaron las muestras que mostraron resultados positivos a la prueba. Las muestras que presentaron resultados negativos a la enzima peroxidasa, se evaluaron en términos de color y textura. El tratamiento más efectivo fue la temperatura de 80°C por 90 segundos, ya que presentó un color amarillo y una textura agradable. Al aumentar el tiempo de exposición a temperatura de 80°C, se provocó un cambio considerable ya que promovió la pérdida de color y la transición de una textura agradable a una textura blanda por el exceso de tiempo (APÉNDICE E2).

Para la temperatura de 100°C se observó que para el almacenamiento en ambiente los valores de pH fluctuaron entre 2.67 a 3.52. Los tiempos de 15, 30, 45, 60, 75 y 90 segundos presentaron diferencias significativas con los tiempos de 105 y 120 segundos. Mientras que para el almacenamiento en nevera no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tiempos y los valores de pH fluctuaron entre 3.08 y 3.99.

Al analizar el color y la textura en los tiempos que presentaron la inactivación de la enzima, se observó que el color amarillo se mantuvo en la mayoría de las muestras, mientras que la textura fue cambiando de dura a blanda a medida que se aumentó el tiempo de exposición. Las muestras que presentaron una textura blanda son el resultado de un tratamiento prolongado, presentando pérdida en color que pudo ser provocado por la degradación de los pigmentos debido a sobre cocción de la muestra.

Al observar los intervalos de tiempos, se encontró que a 60 segundos la textura fue agradable con un color amarillento muy similar a la fruta fresca. Además se logró la

inactivación de la enzima que produce pardeamiento, sin afectar la textura de la fruta. Estos resultados se obtuvieron de acuerdo a un análisis visual de color por espacio de varios días y luego se confirmó la inactivación de la enzima por medio de un el análisis enzimático (APÉNDICE E3). Al degustar la muestra, la textura era la más similar a un puré, ya que los pedazos de fruta se percibían de manera agradable.

Vildósola (2008), trabajando con muestras de Palta, encontró que el tiempo y la intensidad de escaldado tienen un efecto directo sobre el pH y las enzimas presentes en el producto ya que, a medida que aumentó el tiempo de exposición de escaldado se produjo un aumento en el pH. Este mismo comportamiento fue observado en las rodajas de carambola para las tres temperaturas analizadas.

En la investigación de Jiménez *et al.*, (2004, citado de Vildósola, 2008), se observó una disminución considerable en la actividad de la enzima PPO a medida que se aumentaba el tiempo de escaldado en frutas sometidas a tratamientos con microondas. De acuerdo a Desrosier (1993, citado de Vildósola, 2008), el control enzimático es obtenido fácilmente destruyendo las enzimas mediante un corto tratamiento térmico anterior a la congelación y el almacenamiento, esto explicaría la ausencia de la enzima PPO que se observa en las rodajas de carambola.

En la Tabla 8, se muestra la comparación de las características de pH a las temperaturas de 70, 80 y 100°C. Se observó que para ambos almacenamientos en ambiente y en nevera, las muestras procesadas a 70 y 80°C no presentaron diferencias significativas entre sí.

No obstante, para ambas condiciones de almacenamiento, las muestras procesadas a 70 y 80°C, presentaron valores de pH significativamente mayores que aquellas procesadas a 100°C. Esto puede ser indicativo de que al someter muestras a temperaturas de 100°C

provoca que se pierda el agua de las muestras, produciendo una concentración de los ácidos y por ende disminuyendo el pH (Vildósola, 2008). De acuerdo a Rosenberg y Epstein (1991, citado de Vildósola, 2008) a medida que la temperatura del agua aumenta, hasta ebullición, ocurre una disociación de H⁺ y OH⁻ del agua, lo que provoca una disminución del pH. Esta reacción posiblemente provocó la disminución del pH en los frutos con inmersión directa en agua en estado de ebullición.

Tabla 8. Efecto de la temperatura de escaldado sobre el pH en trozos de carambola almacenadas en ambiente y nevera.		
Temperatura (°C)	pH	
	Ambiente	Nevera
100	2.94 ^a	3.34 ^a
70	3.24 ^b	3.76 ^b
80	3.31 ^b	3.88 ^b
Valores con el mismo superíndice en la misma columna no son significativamente diferentes (p<0.05).		

Por el contrario, éstos resultados no coinciden con los expuestos por Vicente (2004, citado de Vildósola, 2008) donde los frutos de frutilla expuestos a temperaturas altas, mostraron a lo largo del período de almacenamiento valores constantes de pH con respecto al control. A diferencia de la presente investigación, el trabajo de Vicente (2004) aplicaba altas temperaturas por medio de aire caliente y no en medio acuoso. De manera que el pH de las muestras dependerá del tratamiento al que estas sean sometidas. Además, hay que tener en cuenta que los vegetales y algunas frutas, como la carambola, son alimentos ácidos y que en el tratamiento térmico se liberan generalmente ácidos presentes en las vacuolas de las

células que hacen disminuir el pH del medio de acuerdo a (Calvo, 2008-citado de Vildósola, 2008).

5.3 Adición de agentes plastificantes en purés de diferentes variedades de carambola

4.3.1 Sólidos solubles y pH

Tabla 9. Características del puré de Carambola elaborado con diferentes proporciones de agente plastificante (Pectina y Xantán)

Gramos de agente *	Observaciones en textura		°Brix		pH	
	Pectina	Xantán	Pectina	Xantán	Pectina	Xantán
Control	Líquidas	Muy líquidas	4.40 ^a	4.40 ^a	2.95 ^a	2.95 ^a
0.1	Líquidas	Muy líquidas	4.80 ^b	4.80 ^b	3.11 ^b	3.08 ^b
0.2	Líquidas	Semi-sólida adecuada	5.00 ^{bc}	5.00 ^b	3.21 ^c	3.18 ^c
0.3	Líquidas	Parcialmente Sólida	5.20 ^c	5.00 ^b	3.30 ^d	3.28 ^d
0.4	Líquidas	Sólida	5.60 ^d	5.00 ^b	3.36 ^e	3.36 ^e
0.5	Líquidas	Muy solida	5.80 ^d	5.00 ^b	3.43 ^f	3.46 ^f
0.6	Líquidas	Muy solida	5.87 ^d	5.00 ^b	3.47 ^g	3.50 ^g
0.7	Líquidas	Extremadamente sólida	6.20 ^e	5.40 ^c	3.50 ^h	3.51 ^g
0.8	Líquidas	Extremadamente sólida	6.40 ^e	6.87 ^d	3.53 ⁱ	3.58 ^h
0.9	Líquidas	Extremadamente sólida	6.80 ^f	6.87 ^d	3.61 ^j	3.62 ⁱ
1.0	Líquidas	Extremadamente sólida	6.87 ^f	9.87 ^e	3.68 ^k	3.68 ^j

Valores con el mismo superíndice en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

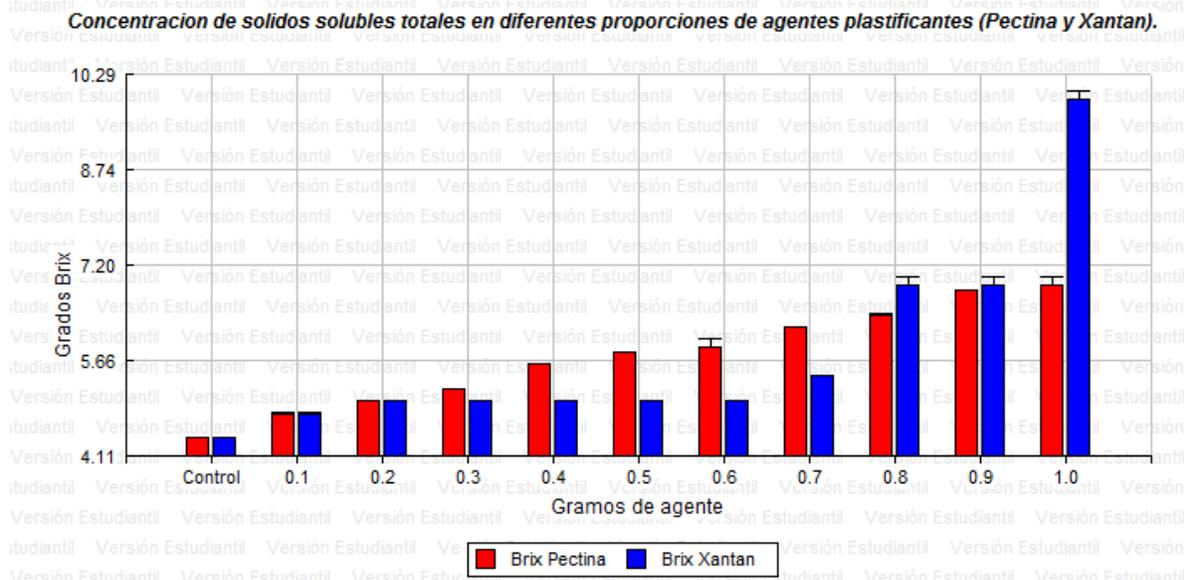
*En 10.0 g de puré de carambola.

En la Tabla 9, se muestra el comportamiento del puré al añadir diferentes proporciones de Pectina y goma Xantán. La adición de pectina en las diferentes proporciones no produjo los resultados esperados. Aunque el pH era apropiado con valores cercanos a los requisitos de la pectina entre 3.2 y 3.6, se concluye que el puré de carambola no cuenta con los sólidos solubles necesarios para que la pectina pueda formar geles, ya que dentro de las

especificaciones, esta requiere sólidos solubles entre 10 a 50 por ciento, resultados que no se obtuvieron ya que todas las variedades presentaron un contenido menor a los requisitos establecidos para la formación adecuada de geles. (Tic gums, 2010). Por otro lado, las muestras con goma Xantán presentan consistencias que van desde líquida a extremadamente sólidas, siendo las proporciones de 0.2 y 0.3 (2% w/w y 3% w/w, respectivamente) las más similares al puré o compota de manzana.

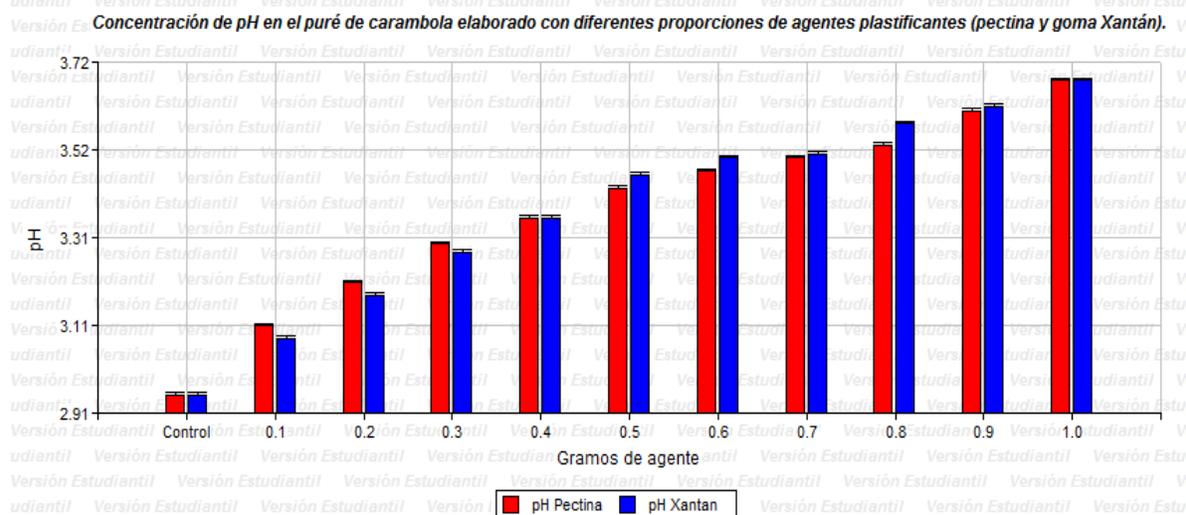
Al evaluar los datos de concentración de sólidos solubles y pH, en ambos tipos de agentes plastificantes se observa que el control presenta diferencias significativas con todas las proporciones de concentración en ambos agentes. Además, al aumentar la cantidad de agente plastificante, la concentración de sólidos solubles totales y el pH aumentan. En la Gráfica 1 se puede observar que la concentración de sólidos solubles es mayor para la pectina entre las proporciones de 0.1 a 0.7, este comportamiento se invierte al añadir más de 0.8 gramos de Xantán, siendo la proporción de 1.0 gramo de Xantán la que presenta el mayor contenido de sólidos solubles totales.

Gráfica 1. Concentración de sólidos solubles totales en purés de carambola elaborados con diferentes proporciones de agentes plastificantes (pectina y goma Xantán).



Los valores de pH van aumentando independientemente del tipo de agente plastificante utilizado (Gráfica 2).

Gráfica 2. Concentración de pH en el puré de carambola elaborado con diferentes proporciones de agentes plastificantes (pectina y goma Xantán).



Los datos de las nueve variedades con agentes plastificantes a dos y tres por ciento se analizaron mediante la prueba Tukey ($p \leq 0.05$). En términos generales, se encontraron diferencias entre variedades, pero dado que la adición de pectina no produjo la textura deseada, los resultados se presentan y consideran por tipo de agente plastificante en el resto de la discusión. Nótese que una vez terminada la selección del tipo y concentración de plastificante, el uso de pectina no se menciona ya que no fue considerado en las fases subsiguientes del proyecto.

5.4 Efecto de la variedad

Al evaluar estadísticamente los datos de contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) y pH, tomando en consideración la variedad de carambola, el tipo de agente plastificante y la concentración de agente, se encontró que el modelo explica bien las variaciones en los datos y que los tres factores presentan diferencias significativas entre sus niveles.

Tabla 10. Efecto de la variedad sobre el contenido sólidos solubles en nueve variedades de carambola				
Variedad	Medias			
Kajang	5.87	A		
Kari	5.93	A		
B-16	6.08	A	B	
Arkin	6.10	A	B	
B-17	6.27	A	B	C
Thai Knight	6.38		B	C
Sri-Kembangan	6.40		B	C
Lara	6.42		B	C
<u>B-10</u>	6.63			C
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)</i>				

En términos del efecto de la variedad sobre el contenido de sólidos soluble (Tabla 10), se puede observar que la variedad B-17 (APÉNDICE C4) es la única que no presenta diferencia con las demás variedades; por lo que sería la variedad ideal para representar el comportamiento de un puré de carambola cuyo proceso de elaboración sea independiente de la variedad seleccionada. Nótese que las variedades B-16 (APÉNDICE C3) y Arkin (APÉNDICE C1) sólo presentan diferencias significativas con la variedad B-10, que tiene un contenido de sólidos solubles mayor. Según Goenaga (2007), la mayoría de las variedades se pueden adaptar a diferentes agroambientes, pero desde el punto de vista agronómico él recomienda la variedad B-17 (APÉNDICE D4) Esta variedad presentó una alta producción de frutos comerciales, un alto rendimiento y una alta concentración de sólidos solubles, comportamiento observado en la mayoría de las localidades donde la variedad fue sembrada.

Tabla 11. Efecto promedio de nueve variedades de carambola sobre el contenido de pH.					
Variedad	Medias	n	E.E		
Sri-Kembangan	4.00	12	0.03	A	
B-17	4.00	12	0.03	A	
Kari	4.02	12	0.03	A	
Thai Knight	4.02	12	0.03	A	
Arkin	4.03	12	0.03	A	
B-16	4.07	12	0.03	A	B
Kajang	4.14	12	0.03	A	B
B-10	4.15	12	0.03	A	B
<u>Lara</u>	<u>4.18</u>	12	<u>0.03</u>		<u>B</u>
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)</i>					

En cuanto al efecto de las variedades sobre los valores de pH (Tabla 11), las variedades B-16 (APÉNDICE C3), Kajang (APÉNDICE C5) y B-10 (APÉNDICE C2) no presentan diferencias significativas con las demás variedades al realizar el análisis estadístico. Siendo así, estas variedades serían representativas para la producción del puré. En cuanto a la variedad B-17 (APÉNDICE C4), la misma es representativa de todas las variedades, excepto Lara que tiene un pH mayor.

Considerando ambos aspectos de manera integrada, se puede concluir que utilizar la variedad B-17 podría representar la variabilidad de todas las variedades en términos de sólidos solubles y pH, excepto por el pH de Lara que es mayor. No obstante, los productos de pH mayor son considerados como de mayor peligro en aspectos de inocuidad. Por tanto, la inclusión de todos los rangos de pH debe tener precedencia sobre contenido de sólidos solubles. Desde esta perspectiva, aunque el pH de 4.18 se considera un producto acidificado y de bajo riesgo, una mejor opción sería la variedad B-16 ya que representa todas las variedades en términos de pH y sólidos solubles, excepto B-10 que tiene un mayor contenido de sólidos solubles.

Nótese que el análisis anterior no discrimina los datos por tipo de agente plastificante o contenido del mismo. Puesto que el modelo estadístico indicó que estos factores son significativos en explicar la variabilidad de los datos, deben ser considerados por separado.

5.5 Efecto de la Pectina

La Tabla 12. Puré elaborado con 2% y 3% de pectina presenta el contenido de sólidos solubles y pH en los diferentes purés elaborados con 2% y 3% de pectina para cada variedad de carambola. Según se anticipaba, las muestras con 2% de pectina presentaron menor contenido de sólidos solubles (5.07 a 6.20) que los purés con 3% (6.00 y 6.80). La

pectina es un sólido soluble y la adición de mayor cantidad de pectina debe resultar en un producto de mayor contenido de sólidos solubles.

Tabla 12. Puré elaborado con 2% y 3% de pectina				
Variedades	Sólidos Totales		pH	
	2%	3%	2%	3%
Kari	5.07 ^a	6.00 ^a	3.71 ^{bc}	3.52 ^a
Arkin	5.53 ^{ab}	6.20 ^{ab}	3.80 ^{cd}	3.69 ^{abc}
B-16	5.73 ^{bc}	6.07 ^a	3.82 ^{de}	3.71 ^{bc}
Sri-Kembangan	5.93 ^{bc}	6.53 ^{abc}	3.67 ^b	3.71 ^{bc}
Thai Knight	5.93 ^{bc}	6.47 ^{abc}	3.54 ^a	3.60 ^{ab}
B-17	6.00 ^{bc}	6.67 ^{bc}	3.77 ^{bcd}	3.69 ^{ab}
B-10	6.00 ^{bc}	6.80 ^c	3.92 ^{ef}	3.93 ^d
Kajang	6.00 ^{bc}	6.20 ^{ab}	3.98 ^f	3.87 ^{cd}
Lara	6.20 ^c	6.27 ^{abc}	4.10 ^g	3.90 ^d

Valores con el mismo superíndice en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

En términos de la concentración de pectina, se encontró que las variedades Sri-Kembangan, Thai Knight y Lara no presentan diferencias significativas con las demás variedades al añadir 3% de pectina. Con 2% de pectina, sin embargo, no hay una variedad que no presente diferencia significativa con las demás variedades. No obstante, de las variedades representativas con el 3% de pectina, Sri-Kembangan y Thai Knight sólo presentan diferencias con la variedad Kari; la cual presenta un contenido menor de sólidos solubles.

En cuanto al pH de las muestras, la selección de una variedad representativa no es trivial ya que existen diferencias significativas entre muchas de las variedades. La variedad Arkin al 3% deja sin representación las variedades B-10 y Lara que tienen los pH más altos, y sólo incluye 4 variedades al 2%. Una mejor posibilidad podría ser B-17 que representa variedades al 2% y 6 variedades al 3%, sin embargo, deja fuera las variedades de alto pH. Aunque los valores de pH son relativamente altos en estas variedades, no suelen ser un problema para la salud pública ya que se encuentran por debajo de 4.10; lo que no propicia un ambiente adecuado para el crecimiento de microorganismos patógenos.

5.6 Efecto de la goma Xantán.

La Tabla 13 presenta el contenido de sólidos solubles y pH en los diferentes purés elaborados con 2% y 3% de goma Xantán para cada variedad de carambola. Para ambas proporciones la variedad Thai Knight presentó los valores más altos de pH. En el caso particular de 3% el pH fue de 4.55; valor muy cercano al límite de 4.6 que separa los productos acidificados de los productos de baja acidez.

Tabla 13. Puré elaborado con 2% y 3% de goma Xantán				
Variedades	Sólidos Totales		pH	
	2%	3%	2%	3%
Kajang	5.20 ^a	6.07 ^a	4.32 ^{cd}	4.38 ^{ab}
Kari	5.67 ^{ab}	7.00 ^{bc}	4.36 ^{de}	4.48 ^c
Thai Knight	6.07 ^{abc}	7.07 ^{bc}	4.38 ^e	4.55 ^d
Sri-Kembangan	6.13 ^{abc}	7.00 ^{bc}	4.26 ^{ab}	4.38 ^b
Lara	6.13 ^{abc}	7.07 ^c	4.29 ^{bc}	4.44 ^{bc}
B-16	6.13 ^{abc}	6.40 ^{abc}	4.30 ^{bc}	4.43 ^{bc}
B-17	6.20 ^{bc}	6.20 ^a	4.22 ^a	4.34 ^a
Arkin	6.33 ^{bc}	6.33 ^{ab}	4.27 ^{abc}	4.34 ^a
B-10	6.67 ^c	7.07 ^c	4.30 ^{bc}	4.44 ^{bc}

Valores con el mismo superíndice en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

De acuerdo a Ayala, (2008), un alto valor en pH torna el alimento con un ambiente propicio para el crecimiento de microorganismos. Debido a que nuestro microorganismo de interés es *E. coli*, bacteria que se caracteriza por preferir ambientes con pH cercanos a 4.6 y que generalmente crea estas condiciones por su capacidad de producir ácidos de los carbohidratos (Ayala, 2008), la variedad Thai Knight presenta una condición limitante al proceso y formulación del puré.

Debido a lo anteriormente expuesto, se escogió la variedad Thai Knight elaborada con 3% de goma Xantán para realizar los experimentos de tratamiento térmico, análisis del contenido de ácido ascórbico y contenido de fibra. Seleccionar esta combinación de variedad y contenido de goma Xantán y utilizarla para determinar los valores D y Z en el tratamiento térmico, asegura que el tratamiento térmico elimine los microorganismos en esta variedad y cualquiera de las otras. Esto debido a que poseen valores de pH menores que permitirán combatir a los microorganismos de una manera más rápida y eficiente al aplicarle el mismo tratamiento térmico.

5.7 Color

5.7.1 L*a*b*

Los parámetros de color L*, a* y b* de los purés se afectan con la adición de los agentes plastificantes (Tabla 14) independientemente de la variedad a considerar y la concentración del agente. Este resultado era de esperarse ya que los agentes plastificantes no son incoloros por lo que aportan al color final del producto (Tabla 15).

Tabla 14. Valores promedios de L*, a* y b* para los purés de carambola de acuerdo al agente plastificante añadido

Plastificante	L*	a*	b*
Goma Xantán	54.38 ^b	3.98 ^a	31.35 ^a
Pectina	51.06 ^a	6.29 ^b	36.53 ^b

Valores con superíndices diferentes en la misma columna son significativamente diferentes (p<0.05)

Tabla 15. Valores promedios de L*, a* y b* para los agentes plastificante añadidos en diferentes proporciones

Plastificante	2%			3%		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Goma Xantán	66.00 ^c	-1.17 ^b	8.15 ^a	67.68 ^d	-1.48 ^a	8.68 ^b
Pectina	62.57 ^b	1.88 ^c	24.97 ^c	57.60 ^a	4.52 ^d	33.15 ^d

Valores con superíndices diferentes en la misma columna son significativamente diferentes (p<0.05)

Se podría argumentar que la cantidad de agente plastificante en la formulación era considerablemente baja y que no debía afectar el color de la muestra. No obstante, el análisis estadístico confirma que aún entre las pequeñas cantidades añadidas, el por ciento de agente plastificante tuvo su efecto en algunos de los parámetros tri-estímulo (Tabla 16).

Tabla 16. Valores promedios de L*, a* y b* para los purés de carambola de acuerdo a la cantidad de agente plastificante añadida

Plastificante	Cantidad	L*	a*	b*
Goma Xantán	2%	53.77 ^b	3.99 ^a	32.27 ^b
	3%	54.98 ^a	6.97 ^a	30.27 ^a
Pectina	2%	51.67 ^b	5.41 ^a	35.57 ^a
	3%	50.45 ^a	7.17 ^b	37.48 ^b

Para el mismo agente plastificante, valores con superíndices diferentes en la misma columna son significativamente diferentes (p<0.05)

El efecto del agente plastificante y su cantidad en la formulación sobre el color del producto final fue también evidente al evaluar los purés de las diferentes variedades (Tabla 17). Se puede observar que el color del agente plastificante interactúa con los pigmentos de las pulpas de cada variedad e intensifica o atenúa los colores amarillos (b^*) o rojos (a^*) de las pulpas. Como consecuencia, también se observan cambios en la claridad o luminosidad de los purés. Para la Thai Knight, por ejemplo, se observa que el remplazar la pectina por goma Xantán, aunque no afecta considerablemente la luminosidad (L^*), tiene un efecto intensificador del color rojo (a^*) y atenuante del color amarillo (b^*). En contraste, el mismo cambio en la variedad B-17 provoca intensificación de los pigmentos rojo y amarillo; resultando en una disminución de la luminosidad percibida.

Tabla 17. Valores promedios de L*, a* y b* para los purés de carambola de las diferentes variedades

Plastificante	Variedad	L*	a*	b*
Goma Xantán	Arkin	52.87 ^{bc}	3.51 ^b	26.65 ^a
	B-10	55.78 ^{def}	3.34 ^b	33.49 ^e
	B-16	52.49 ^b	4.58 ^c	29.95 ^{cd}
	B-17	55.51 ^{def}	0.74 ^a	31.32 ^{cde}
	Kajang	56.95 ^f	1.13 ^a	27.39 ^{ab}
	Kari	56.48 ^{ef}	6.18 ^d	38.20 ^f
	Lara	50.35 ^a	5.99 ^d	29.80 ^{bc}
	Sri-Kembangan	54.82 ^{de}	1.24 ^a	33.01 ^e
	Thai Knight	54.17 ^{cd}	9.12 ^e	32.31 ^{de}
Pectina	Arkin	50.51 ^b	5.46 ^{abc}	30.87 ^a
	B-10	49.97 ^b	4.37 ^{ab}	37.41 ^{bcd}
	B-16	48.85 ^b	6.31 ^{bc}	33.79 ^{ab}
	B-17	50.82 ^b	3.69 ^a	40.22 ^{cd}
	Kajang	50.35 ^b	7.83 ^c	35.06 ^{ab}
	Kari	56.23 ^c	4.19 ^{ab}	40.64 ^d
	Lara	45.32 ^a	12.89 ^d	36.19 ^{bc}
	Sri-Kembangan	50.09 ^b	7.29 ^c	37.27 ^{bcd}
	Thai Knight	57.41 ^c	4.60 ^{ab}	37.31 ^{bcd}

Para el mismo agente plastificante, valores con superíndices diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

5.7.2 Tono (Hue) y Cromaticidad

Los cambios en color de los productos en ocasiones cobran un sentido más práctico cuando se expresan en términos de tono y cromaticidad. Según descrito anteriormente, estos valores se pueden obtener mediante cálculos algebraicos a partir de los datos experimentales de a^* y b^* . La Tabla 18 presenta los resultados de tono y cromaticidad para los purés de cada variedad segregados por agente plastificante.

Variedad	Goma Xantán		Pectina	
	Tono	Cromaticidad	Tono	Cromaticidad
Arkin	82.49 ^d	26.88 ^a	80.48 ^{bcd}	31.41 ^a
B-10	84.29 ^e	33.65 ^c	83.38 ^{de}	37.68 ^{bc}
B-16	81.33 ^c	30.30 ^b	79.24 ^{bc}	34.43 ^{ab}
B-17	88.64 ^f	31.33 ^{bc}	84.82 ^e	40.39 ^c
Kajang	87.62 ^f	27.41 ^a	77.49 ^b	35.93 ^b
Kari	80.81 ^c	38.70 ^c	84.11 ^{de}	40.86 ^c
Lara	78.65 ^b	30.40 ^b	70.38 ^a	38.42 ^{bc}
Sri-Kembangan	87.84 ^f	33.04 ^c	78.99 ^b	38.00 ^{bc}
Thai Knight	74.19 ^a	33.58 ^c	82.99 ^{cde}	37.60 ^{bc}

Valores con superíndices diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

Varias observaciones se pueden hacer de los resultados de la Tabla 18. Primeramente, el tono de los productos fluctúa entre 74.19 y 88.64 para la goma Xantán, y entre 70.38 y 84.82 para la pectina. Aunque el rango de valores para pectina es menor que para goma Xantán, ambos caen hacia las tonalidades rojizas del rango de colores amarillos (60 a 120) en la escala Munsell (Tabla 19).

Tabla 19. Equivalencias de Hue		
Color	Escala de Hue (radianes)	Escala de Hue (grados)
Red	0 to 1.047	0 to 60
Yellow	1.047 to 2.094	60 to 120
Green	2.094 to 3.142	120 to 180
Cyan	3.142 to 4.189	180 to 240
Blue	4.189 to 5.246	240 to 300
Magenta	5.246 to 6.283	300 to 360

Se observa además que, aunque el efecto de remplazar pectina por goma Xantán es un aumento en el tono (movimiento hacia un amarillo menos rojizo), este no fue el caso para todas las variedades, ya que, Kari y Thai Knight presentaron resultados contrarios a esta tendencia. No obstante, en términos de cromaticidad o intensidad del tono, el añadir goma Xantán en vez de pectina, resulta en un producto de tonalidad más intensa.

5.8 Ácido ascórbico

Tabla 20. Contenido de ácido ascórbico en varias muestras de fruta, pulpa y puré de carambola	
Muestras	Contenido de ácido ascórbico (g en 100g de muestra)
Fruta	
Thai Knight S/E	0.30 ^a
Thai Knight C/E	0.30 ^a
Pulpa	
Arkin	0.30 ^a
Lara	0.30 ^a
Kajang	0.69 ^{ab}
Thai Knight	0.70 ^{ab}
B-10	0.72 ^{ab}
B-16	0.75 ^{ab}
B-17	1.11 ^{abc}
Sri-Kembangan	1.49 ^{bc}
Kari	1.52 ^{bc}
Puré	
Puré 2% goma Xantán/ Thai Knight	2.16 ^b
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) entre columnas</i>	

La Tabla 20 muestra los resultados del contenido de ácido ascórbico en varias muestras de carambola frescas y procesadas. Se realizó el análisis del contenido de ácido ascórbico a

doce muestras en total, las cuáles se dividieron en las nueve variedades de carambola y tres variaciones elaboradas con la variedad nueve que corresponde a Thai Knight. Estas variaciones identificadas como Thai Knight S/E (Sin Escaldo con cáscara y semillas), Puré/Thai Knight (2% goma Xantán) y Thai Knight C/E (Con Escaldo con cáscara y semillas). El contenido de ácido ascórbico de las pulpas reflejó valores que fluctuaron entre 0.30 y 1.52. Thai Knight no presentó diferencias significativas con ninguna de las variedades. Al observar las muestras elaboradas con la variedad Thai Knight, se encontró que las muestras Thai Knight S/E y Thai Knight C/E, obtuvieron valores iguales (0.30g) de ácido ascórbico en 100g de muestra de carambola. Esto refleja que el tratamiento de escaldado aplicado a las muestras de frutas no afecta el contenido de ácido ascórbico. Estos valores son menores al compararlos con la variedad Thai Knight que fue procesada; ya que se le aplicó un tratamiento de escaldado y por medio de una despulpadora se le removió la cáscara y las semillas. Esto implica que cuando a las muestras de frutas se le aplica el proceso de despulpado, el contenido de ácido ascórbico se concentra en la pulpa; lo que refleja en los valores mayores de la muestra procesada. De la misma forma si comparamos estas muestras de Thai Knight, con el Puré/Thai Knight, se puede observar que el contenido de ácido ascórbico aumenta significativamente, de manera que la cantidad de ácido ascórbico añadida a la formulación del puré provoca un aumento significativo en la concentración de las muestras. Dicho comportamiento es el deseado y esperado, ya que al someter el puré a un tratamiento térmico más intenso (esterilización comercial) se puede perder cierta cantidad de vitamina C, de manera que este aumento contrarrestaría la pérdida en el proceso, y permitiría un nivel adecuado en el contenido de ácido ascórbico en el puré.

5.9 Contenido de fibra

Tabla 21. Contenido de fibra en diez muestras de carambola	
Muestras	(%) Contenido de fibra total
B-16	1.81 ^a
Kari	2.42 ^{ab}
Arkin	2.93 ^{ab}
Kajang	2.98 ^{ab}
B-17	3.54 ^{ab}
Thai Knight	3.64 ^{ab}
B-10	3.65 ^{ab}
Sri-Kembangan	3.80 ^b
Lara	3.93 ^b
Puré/Thai Knight	28.23 ^c
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) entre columnas.</i>	

La Tabla 21 presenta el contenido de fibra en diez muestras de carambola: pulpa de las variedades + puré de Thai Knight con 2% de goma Xantán. El contenido de fibra para las pulpas de carambola, fluctuó entre 1.81 y 3.93. De acuerdo a los resultados, se puede observar que existe diferencia significativa entre las variedades de B-16, Sri-Kembangan y Lara, además existe diferencia significativa entre las nueve variedades y el puré Thai Knight. Al comparar las nueve variedades se encontró que la variedad Lara, obtuvo un valor considerablemente mayor en el contenido de fibra, sobre las ocho variedades de carambola, aunque el puré de Thai Knight excedió los valores de las nueve variedades con respecto al contenido de fibra. Este comportamiento observado, se debe a que los ingredientes añadidos en la formulación del puré aportan significativamente el contenido de

fibra en las muestras, de manera que promueve un producto alto en fibra y recomendado para el consumidor.

5.10 Carga Microbiana Inicial

El análisis microbiológico utilizado para estimar el recuento microbiano inicial en las muestras de carambolas frescas con y sin lavado, fue el recuento de microorganismos aeróbicos en “PCA”, se seleccionó una muestra aleatoria de las nueve variedades de carambola. Una vez realizado el proceso de acuerdo a la sección 3.2.1, se procedió a realizar los cálculos correspondientes de manera que se obtuvo que la carga inicial de microorganismos en las muestras de carambolas fue de 10^6 cfu/ml, mientras que al aplicar el lavado de acuerdo a la sección 3.2.2, esta carga inicial se redujo considerablemente 5 ciclos log. Así que estos resultados permiten validar y confirmar que el proceso de lavado es efectivo, lo que contribuye a la disminución de microorganismos que pueden afectar tanto la calidad, como la inocuidad de los alimentos. Al presentar una carga inicial de 10^6 cfu/ml, es recomendable aplicar un tratamiento más alto que permita eliminar los microorganismos sin que afecte las características organolépticas y nutritivas del alimento.

5.10.1 PCR

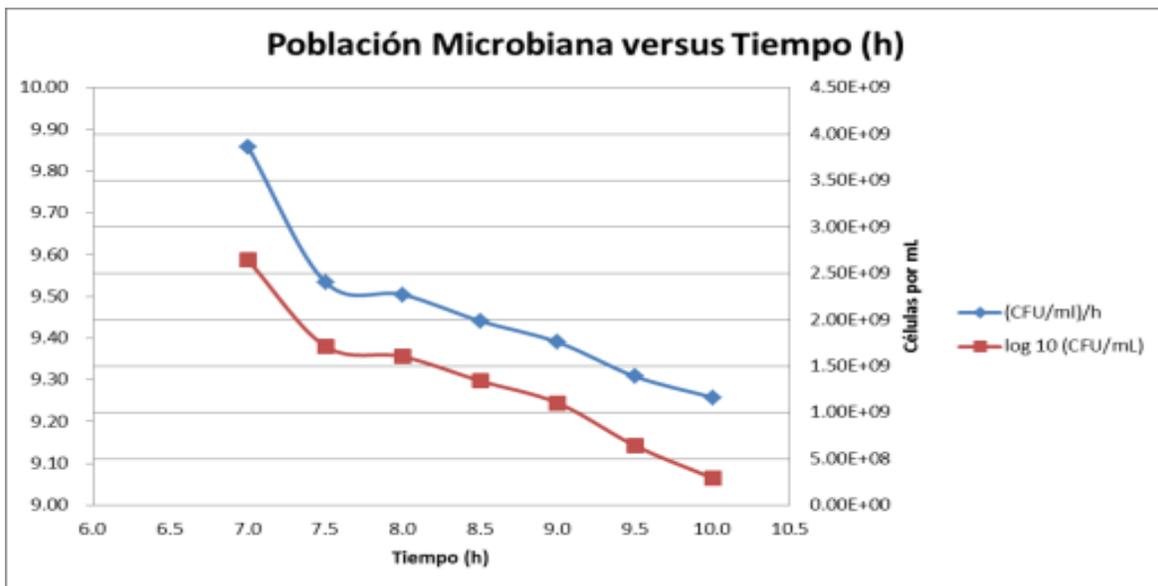
Al realizarse la prueba de Polymerase Chain Reaction (“PCR”) en tiempo real, se obtuvieron los resultados que se muestran en el APÉNDICE K. Las colonias obtenidas en la carga microbiana inicial ubicadas en la columna #8 arrojaron resultados negativos. Esto era de esperarse porque las colonias no presentaban el color rosado, ni las características específicas necesarias para ser una colonia sospechosa de la cepa *E. coli* O157:H7.

Además, esta cepa no debe encontrarse en la carga microbiana inicial de las frutas, sino que se puede propiciar por el manejo y durante la elaboración de productos a base de frutas.

5.11 Curva de Crecimiento

Se encontró que es necesario incubar la cepa de *E. coli* O: 157:H7, por 8.0 horas para obtener una población representativa, saludable y asegurarnos que al añadirla al puré de carambola que fue sometido al tratamiento térmico, la cepa presentará una carga microbiana de 10^9 cfu/ml (Gráfica 3). Esto permitió añadir una muestra representativa, de manera que al aplicar el tratamiento térmico, para eliminar la cepa de *E. coli* O157:H7 nos permita determinar los valores D y Z del proceso.

Gráfica 3. Curva de crecimiento de la cepa *E. coli* O157:H7 en puré de carambola



5.11.1 PCR

Al realizar la prueba de PCR, (APÉNDICE K) se puede observar que la mayoría de las muestras ubicadas en la columna #6 presentaron resultados positivos para la cepa de *E. coli* O157:H7, lo que permite confirmar que el inóculo puro utilizado en la curva de crecimiento

y en el puré de carambola pertenecía realmente a esta cepa específica. Además nos permite asegurar que el tratamiento térmico aplicado fue adecuado, ya que logramos eliminar dichos microorganismos.

5.12 Tratamiento Térmico

Una vez realizado el procedimiento presentado en la Figura 5 y descrito en la sección 3.7, se procedió a incubar los respectivos platos y, una vez transcurrido el tiempo necesario, se realizó el recuento microbiano para cada temperatura. Una vez obtenido el recuento, se procedió a realizar los cálculos correspondientes para obtener la cantidad de unidades formadoras de colonias (CFU/ml,) para cada uno de los rangos de tiempo de cada una de las temperaturas. Estos datos (Tabla 22) permitieron graficar el log de CFU/ml versus el tiempo (min), a una temperatura específica para obtener el valor D a cada temperatura. El Valor D es igual al inverso de la pendiente. Al obtener la gráfica correspondiente se encontraron los valores D para las tres temperaturas utilizadas durante el tratamiento térmico y que se muestran en la Tabla 23. El valor D, para la temperatura de 65 °C, es equivalente a 1.93 minutos, tiempo necesario para reducir un ciclo (90%) de la población de microorganismos. De acuerdo a la carga microbiana inicial de la carambola, hay que reducirlo a siete ciclos log, de manera que el tiempo necesario para eliminar la cepa de *E. coli* O157:H7 en el puré de carambola es de 13.52 minutos (Gráfica 3). Además, por medio del valor D podemos obtener el valor Z. Este se obtiene al calcular el inverso de la pendiente arrojada al graficar el log (Valor D) versus las temperaturas (Tabla 24). Donde el valor Z para el puré de carambola es igual a 29.50°C. Para el proceso de elaboración final del puré de carambola se seleccionó la temperatura de 65 °C, ya es la temperatura que requiere menos tiempo de exposición. De manera que se sumergió el empaque con la pulpa

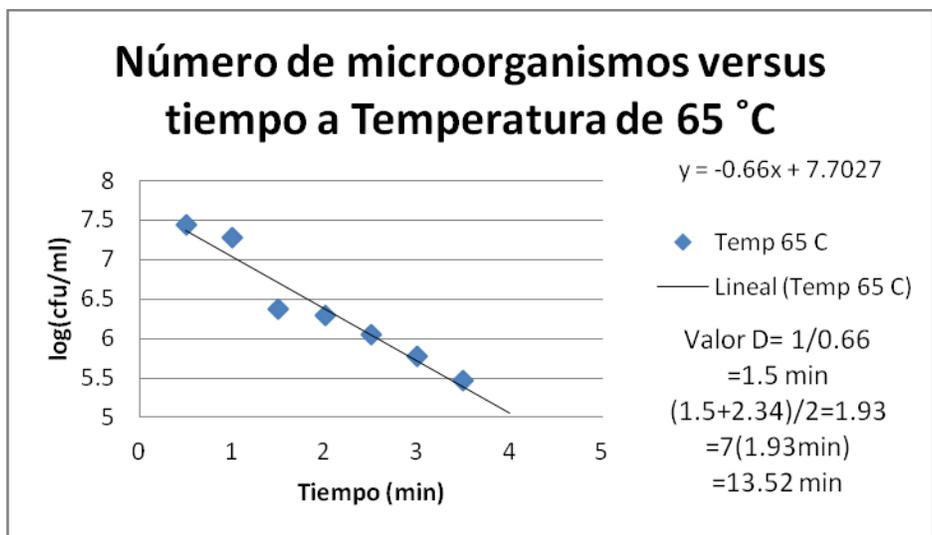
por espacio de 13.52 minuto en el agua y luego se retiró el empaque. Esto es recomendable para que las características organolépticas, químicas y nutritivas del producto no se vean afectada por la intensidad del tratamiento (APÉNDICE D9).

Tabla 22. Número de microorganismos (CFU/ml) versus tiempo (min)			
Temperatura	Tiempo (min)	CFU/ml	log(cfu/ml)
45 °C	2	TNTC	TNTC
	4	TNTC	TNTC
	6	18633333	7.27029055
	8	12966667	7.11282835
	10	12866667	7.10946605
	12	2912500	6.46426593
	14	1437500	6.15760785
16	1113333	6.04662521	
Temperatura	Tiempo (min)	CFU/ml	log(cfu/ml)
55 °C	1	-----	-----
	3	4143750	6.61739355
	5	271563	5.4338698
	7	161875	5.20917978
	9	86250	4.9357591
	11	2969	3.47257363
	13	0	0
15	0	0	
Temperatura	Tiempo (min)	CFU/ml	log(cfu/ml)
65 °C	0.5	27366667	7.4372219
	1	18900000	7.2764618
	1.5	2396875	6.37964539
	2	1931250	6.2858385
	2.5	1143750	6.05833111
	3	600000	5.77815125
	3.5	290625	5.46333297
	4	0	0

Tabla 23. Valor D en puré de Carambola				
Temperaturas	Tiempo (min) 1 ciclo log		Promedio	Tiempo (min) 7 ciclo log
	Réplica 1	Réplica 2		
45°C	7.27	11.16	9.21	64.50
55°C	2.95	2.27	2.61	18.27
65°C	1.52	2.35	1.93	13.52

Tabla 24. Curva de Muerte Termal			
Valor Z			
Temp(°C)	Repetición	Valor D	log/Valor D
65	1	1.52	1.8047E-01
65	2	2.35	3.7090E-01
55	1	2.95	4.6929E-01
55	2	2.27	3.5654E-01
45	1	7.27	8.6138E-01
45	2	11.16	1.0477E+00

Gráfica 4. Número de microorganismos versus tiempo a temperatura de 65°C



5.12.1 PCR

Al analizar las muestras del tratamiento térmico con la prueba de PCR (APÉNDICE K), se detectaron posibles colonias sospechosas a lo largo de varias diluciones, se seleccionó la dilución de 10^{-5} , ya que fue la dilución mas alta que presentó el mayor crecimiento de colonias sospechosas para cada una de las temperaturas de 45, 55 y 65°C. Se procedió a seleccionar diferentes tiempos y muestras representativas del tratamiento térmico y del cultivo puro ubicadas en las columnas #1 a la #5, y del medio Ec. Medium/mug localizadas en la columna #7; para asegurar que la muestras fueran completamente aleatoria. La columna #8 y #9 incluye el control positivo de la prueba, este nos indica que los reactivos utilizados, así como el indicador de la cepa de *E. coli* O157:H7, al igual que el proceso utilizado durante la prueba fue correcto. En el caso del control negativo solo se añadieron los reactivos, exepcto la cepa, encontrado en la columna #9 de manera que en la corrida se presentan resultados tanto negativos como positivos que nos permiten validar la prueba y asegurarnos que está corriendo de forma adecuada. Esto nos permite reducir la probabilidad de obtener resultados inconclusos y cumplir con el objetivo de la prueba: detectar la presencia de la cepa *E. coli* O157:H7 en las muestras utilizadas, a la misma vez que validamos el tratamiento térmico.

5.13 Análisis Sensorial

El análisis sensorial consistió de una prueba de diferencia direccional, que permitió evaluar muestras de Puré de Carambola elaboradas con la variedad Thai Knight en diferentes proporciones de goma Xantán (2% y 3%). Esto permitió ofrecer dos tratamientos identificados con las letras A y B. El primero correspondía a una muestra de Puré de Carambola elaborado con dos por ciento (2%) de goma Xantán, mientras que el segundo

fue elaborado con tres por ciento del mismo agente. En la prueba participaron 56 panelistas, a los que se les preguntó cuál muestra era de su preferencia entre A y B. Además se les preguntó si comprarían, o no, el producto de estar en el mercado. Al realizar el análisis se encontró que 41 panelistas de un total de 56 panelistas prefirieron la muestra A sobre la muestra B, de manera que seleccionaron el puré elaborado con 2%, sobre 14 que prefirieron la muestra B correspondiente a 3% de agente. Algunos panelistas percibieron la muestra A más agradable en textura y sabor. El sabor lo describieron más parecido a la fruta natural, un poco más dulce con consistencia más suave, aguada y fácil de ingerir, mientras que la muestra B la describieron como pegajosa, viscosa, espesa, gomosa con sabor fuerte, amargo y artificial. Además de un total de 56 panelistas; 35 contestaron que estarían dispuestos a comprar el producto, aunque cuatro panelista recalcaron que preferirían el puré como alimento para un bebé, mientras que 21 panelistas contestaron que no lo comprarían, ya sea porque no le atraía el sabor, no eran amantes a la carambola o porque no les gustó el producto.

6 CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede concluir que bajo las condiciones de éste estudio:

- A temperatura de 70°C se logró la inactivación de la enzima peroxidasa a los tiempos de 105 y 120 segundos, pero la textura permaneció muy dura, indicativo de que el tiempo de exposición no fue el adecuado.
- El tiempo más efectivo para la temperatura de 80°C fue el de 90 segundos, ya que presentó un color y una textura agradable.
- A medida que se aumentó el tiempo de exposición, se logró la inactivación de la enzima, se mantuvo un color amarillo, pero la textura fue cambiando de dura a blanda.
- Un tratamiento de escaldado prolongado provoca una textura blanda y pérdida en color, debido a la sobre cocción de las muestras que provoca la degradación de los pigmentos.
- El tiempo más efectivo a temperatura de 100°C fue de 60 segundos, la textura fue agradable y presentó un color amarillento, muy similar a la fruta fresca.
- A temperatura de 100°C se logró la inactivación de la enzima que produce pardeamiento, sin afectar la textura de la fruta al exponerlo a tiempo de un minuto.
- El tiempo y la intensidad de escaldado tiene un efecto directo sobre el pH y las enzimas presentes en el producto, a medida que aumenta el tiempo de exposición de escaldado.

- En almacenamientos de nevera y ambiente, el escaldado a temperaturas de 70°C y 80°C, presentó valores de pH mayores que para temperatura de 100°C.
- En muestras sometidas a temperaturas de 100°C, ocurre una concentración de los ácidos, lo que disminuye la concentración en el contenido pH.
- A medida que se aumenta la cantidad de gramos de pectina, el puré presenta una consistencia líquida en todas las proporciones y no posee las especificaciones necesarias para que la pectina actúe de manera adecuada con °Brix entre 10% y 50% y un pH entre 3.2 y 3.6.
- Al elaborar el puré de carambola con Pectina la textura no se asemeja al puré de manzana.
- Al aumentar la cantidad de agente, independientemente del tipo de agente, provoca un aumento en la concentración de sólidos totales y pH del puré de carambola.
- Las muestras elaboradas con 2% de pectina presentan valores más altos de pH que las muestras elaboradas al 3% de pectina.
- Los valores de pH para las muestras elaboradas con pectina, presentaron valores por debajo de 4.10.
- Con 2% y 3% de goma Xantán el puré elaborado con la variedad Thai Knight presenta un pH de 4.38 y 4.55 respectivamente, siendo los valores más altos en el contenido de pH.
- Las variedades elaboradas con 2% de agente presentaron en su mayoría valores menores de pH en comparación con los purés elaborados con 3% de goma Xantán.
- A medida que se aumenta el contenido de goma Xantán en purés de carambola, el contenido de sólidos solubles aumenta.

- Las muestras elaboradas con 2% de agente presentaron valores menores que las muestras elaboradas con 3% de agente para el parámetro de L^* en la mayoría de las variedades, de manera que se observó una ganancia en la luminosidad.
- La luminosidad (L^*) se vio afectada, ya que a medida que se aumentó el por ciento de goma Xantán y Pectina, se observó un aumento significativo en su valor para las nueve variedades, provocando un aumento en la claridad de las muestras.
- Un aumento en el parámetro de a^* presenta una tendencia hacia la línea del rojo.
- Los parámetros de b^* , y Croma presentaron los valores mayores para todas las muestras elaboradas a 2% de agente en comparación con las de 3% de agente.
- Las muestras elaboradas con 2% de goma Xantán y Pectina aumentaron la intensidad del color amarillo que también puede relacionarse con la saturación del color.
- La mayoría de las variedades elaborados con ambos tipos de agente presentaron una tendencia mayor para las muestras a 2% en comparación con las muestras de puré elaboradas a 3%, indicativo que la tonalidad es mayor para las muestras con menor cantidad de agente.
- Todas las variedades se ubican entre 60 y 120 grados en la escala de equivalencias de Hue lo que indica un color amarillo, a medida que se aumenta los valores de Croma el color se intensifica.
- Las muestras elaboradas con 2% de goma Xantán y Pectina, presentaron un color amarillo más intenso.
- Mientras menos cantidad de agente añadida, el color permanecerá más cercano al color de la pulpa de carambola fresca.

- Las variedades de Lara y Thai Knight obtuvieron los valores menores para ambas concentraciones de goma Xantán (2% y 3%), indicativo de un color amarillo claro, mientras que las otras variedades al poseer valores más altos presentaron un color amarillo intenso.
- La textura del puré al añadir una cantidad dada de agente plastificante variaba de acuerdo a la variedad debido a que el contenido de humedad variaba entre las variedades.
- Al observar las muestras elaboradas con la variedad Thai Knight, se encontró que las muestras Thai Knight S/E y Thai Knight C/E (sin escaldado y con escaldado ambas con cáscara y semillas), respectivamente obtuvieron valores igual 0.30g de ácido ascórbico en 100g de muestra de carambola, de manera que el tratamiento de escaldado no afecta el contenido de ácido ascórbico en las muestras.
- El contenido de fibra para las muestras de carambola, fluctuó entre 1.81 y 3.93 para la variedad Arkin y Lara respectivamente.
- Existe diferencia significativa para el contenido de fibra entre las variedades de Arkin, Sri-Kembangan y Lara, además existe diferencia significativa entre las nueve variedades con el puré Thai Knight.
- Los ingredientes añadidos en la formulación del puré aportan significativamente el contenido de fibra en las muestras, de manera que promueve un producto alto en fibra y recomendado para el consumidor.
- La carga microbiana inicial de las carambolas frescas fue de 10^6 , de manera que se aplicó un tratamiento más alto que permita eliminar los microorganismos.

- Se encontró que es necesarios incubar la cepa de *E. coli* O157:H7, por 8.0 horas ya que presenta una población representativa, saludable y asegura que la cepa aportará una carga microbiana de 10^9 cfu/ml al añadirla al puré de carambola.
- El valor D, para la temperatura de 65 °C, es equivalente a 1.93 minutos, tiempo necesario para reducir el 90% de la población a un ciclo log.
- Donde el valor Z para el puré de carambola es igual a 29.50°C.
- La prueba de PCR para las colonias obtenidas en la carga microbiana inicial arrojaron resultados negativos, resultado esperado porque las colonias no presentaban el color, ni las características específicas necesarias para ser una colonia sospechosa de la cepa *E. coli* O157:H7. Debido a que esta cepa se puede propiciar por el manejo y durante la elaboración de productos a base de frutas.
- En el análisis sensorial de un total de 56 panelista; se encontró que 41 panelistas prefirieron la muestra A (2% de goma Xantán) sobre 14 panelistas que seleccionaron la muestra B (3% de goma Xantán), de manera que el análisis nos permitió rechazar la hipótesis nula de no diferencia y aceptar la hipótesis alterna de que existe diferencia entre los tratamientos.
- Algunos panelistas percibieron la muestra A (2% de goma Xantán) más agradable en textura con consistencia más suave, aguada y fácil de ingerir y con un sabor parecido a la fruta natural, un poco más dulce, sobre la muestra B (3% de goma Xantán) como una pegajosa, viscosa, espesa, gomosa con sabor fuerte, amargo y artificial.

- De 35 panelistas que estarían dispuestos a comprar el producto, cuatro recalcaron que preferirían el puré como alimento para un bebé y 21 panelistas no comprarían el producto ya sea porque no le atraía el sabor, no eran amantes a la carambola o porque no les gusto el producto.

7 RECOMENDACIONES

- Realizar estudios comparativos con otros tipos de agentes plastificantes para mejorar la textura del producto de manera que sea lo más similar posible a la fruta fresca.
- Realizar el producto con una proporción menor a 2%, de manera que el producto se presente lo más natural posible.
- Determinar el largo de vida útil del producto final.
- Realizar investigación para evaluar el empaque apropiado para el producto.
- Realizar otros productos, donde se utilice la carambola como ingrediente base.
- Evaluar el perfil de azúcares del producto final.

8 REFERENCIAS

- Abd Karim, A. and Chee Wai, C. (1999). Characteristics of foam prepared from starfruit (*Averrhoa carambola L.*) puree by using methyl cellulose. *Food Hydrocolloids* 13: 203–210.
- Ahmed, J., Shivhare, U.S. and Sandhu, K.S. (2002). Thermal Degradation Kinetics of Carotenoids and Visual Color of Papaya Puree. *Journal of Food Science*. 67: (7).
- Anónimo. (2008). An Exotic Fruits Sampler. Tropical Agriculture Research Station, Mayagüez, P.R. 0002161X, (56).
- Anónimo. (1986). Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación.
- Anónimo. (2011). Terroni equipamentos LTDA. Manual básico de liofilización. Brasil. <http://www.terroni.com.br>.
- A.O.A.C. (1984). Association of Oficial Analytical Chemists. Official Methods of Analysis., Virginia. 1000 – 1050.
- A.O.A.C. (1990). Association of Oficial Analytical Chemists. Official Methods of Analysis., Washington, DC.
- A.O.A.C. (2000). Association of Oficial Analytical Chemists. Official Methods of Analysis, Washington D.C., E.U.A.
- Avilan, L. y Rengifo, C. (1988). *Los cítricos*, primera edición. Editorial América S.A. Caracas. 102-113 y 420-431pp.

- Ayala Bendezú, T. (2008). Proyecto de instalación de una planta de procesamiento de tuna en el distrito de Chincho provincia de Angaraes departamento de Huancavelica. Tesis M.S. Universidad nacional mayor de San Marcos Lima-Perú.
- Cakir, I., Dogan, H.B, Kadir, A. and Worobo, R.W. (2001). An alternative approach for enumeration of *Escherichia coli* in foods. *International Journal of Food Microbiology* (68) 217–223.
- Calvo, M. 2008. Bioquímica de los alimentos. Clorofila.<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/pigmentos/clorofila.html>.
- Cambell (1983). Commercialization of carambola, atemoya, and other tropical fruits in south Florida. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *Newcrops*. Wiley, New York. 448-460.
- Carmona-Villelobos, G. (2001). Rol de la Temperatura en el almacenamiento de productos frescos. Guía técnica poscosecha. Costa Rica. (5)1-17.
- Cheftel J. y Cheftel H. (1976). “Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos”. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Chikthimmah, N, LaBorde, L.F. and Beelman, R.B. (2003). Critical factors affecting the destruction of *Escherichia coli* O157:H7 in apple cider treated with fumaric acid and sodium benzoate. *Journal of Food science* 68(4) 1438-1442.
- Ciro Velasquez, H.J, Gonzalez, C. y García, E. (2009). Modelación de Numérica de Procesos de Esterilización Térmica de Alimentos Usando Volúmenes de Control: Aproximación Cilíndrica. *Dyna*, 76 (59), Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Colombia.115-124pp.

- Clark, T. (1991). Métodos de prueba para *Escherichia coli* en agua potable. Laboratorios de sistemas de monitoreo ambiental. Cincinnati.1-10.
- Coronado, M. e Hilario, R. (2001) Elaboración de néctar. Procesamiento de alimentos para pequeñas y microempresas agroindustriales. Lima, Perú.5-49.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- FAO. (2003). Comité de problemas de productos básicos. Situación actual del mercado de frutas tropicales. <http://ftp.fao.org/unfao/bodies/ccp/ba-tf/04/j0773s.pdf>
- FAO. (2004). Perspectivas a Plazo Medio de los Productos Básicos Agrícolas, Futas Tropicales. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. <http://www.fao.org/docrep/007/y5143s/y5143s13.htm#bm39>.
- Feng, P. and Weagant, S.D. (2002). Bacteriological Analytical Manual, 8(4a). <http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-4a.html>.
- Feng, P., Weagant, S.D and Grant, M.A. Bacteriological Analytical Manual (BAM), 2002. (4.) Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria. Visitada en Octubre 2010. <http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm064948.htm>.
- Fernández Sevilla, J.M. (2004). Escaldado y Pelado al vapor. Tecnología de Alimentos.
- Fields, M. (1977). Laboratory Manual in Food Preservation. Avi Publishing Company, inc. Westport, Connecticut. (2). 20-46pp.

- Galán-Alejo, L.C. (2003). Desarrollo de métodos rápidos para verificar la eficacia fungicida de sustancias desinfectantes. Tesis Doctoral Universidad Autónoma de Barcelona.1-229.
- Galán, S. (1991). *La carambola y su cultivo*. Roma. 11-83.
- García, C., Giraldo, G, y et-al. (2006). Cinética Enzimática de la Polifenoloxidasa del banano Gros Michel en diferentes estados de maduración. Universidad de Antioquia, Medellín - Colombia. 13: (2). 13-19.
- García, S., Mejía, G. (2004). Evolución de las propiedades físicas y bioquímicas durante la cinética de deshidratación osmótica del carambolo (*Averrhoa carambola L.*) var, Icambola. Trabajo de grado, Programa de Química, Facultad de ciencias básicas y tecnologías, Universidad del Quindío. Armenia, Colombia.
- Goenaga, R. (2007). Yield and Fruit Quality Traits of Carambola Cultivars Grown at Three Locations in Puerto Rico. *Journal of Hort Technology*. 17: (4). 604-607.
- González,V., Hernández, M.S., Herrera, A.O. y et-al. (2001). Desarrollo del fruto e índices de cosecha de la carambola (*Averrhoa carambola L.*) producida en el piedemonte amazónico colombiano.18:(1-3). 53-62.
- Hernández Bautista, J y Ríos Rincón, F.G. (2009). Efecto de los grupos raciales bovinos en las características de calidad de la carne. 3 (1) 1-20.
- Hunter L, a, b color scale. (2008) 8(9). www.hunterlab.com.
- Jerez Galicia, L.F. (2006). Evaluación y mejoramiento de la calidad microbiológica de crema fresca a base de leche no pasteurizada, elaborada artesanalmente y comercializada en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. 1-75.

- Kader, A.A. (2000). Postharvest biology and technology: An overview. *Postharvest Technology of Horticultural crops*. (2da ed.). University of California. 3311: (3) 15-20.
- Lamberts, M. and Crane, J.H. 1990. Tropical fruits. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR. 337-355.
- MacEvoy, B. (2005). "Modern Color Models – Munsell Color System". *Color Vision*.
<http://www.handprint.com/HP/WCL/color7.html#MUNSELL>.
- Malavé León, A. (2006). Determinación del largo de vida útil de masitas de cerdo marinadas y empacadas al vacío. Tesis MS. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, P.R. 86 pp.
- Mano-Francis, I. and Badrie, N. (2004). Effects of brining pretreatment and storage on carambola (*Averrhoa carambola L.*) Pickles. *Journal of Food Processing Preservation* 28:51-67.
- Marqués, P.A.H.F. and *et al.* (2001). Acid tolerance and survival of *Escherichia coli* O157:H7 inoculated in fruit pulps stored under refrigeration. *Journal of Food Protection* 64(11) 1674-1678.
- Mitcham B. and Kader A. (1995). Methods for determining quality of fresh horticultural commodities. *Perishables Handling newsletter*, University of California at Davis, 1-11.
- Morton, J. 1987. Carambola. In: *Fruits of warm climates*. Miami, FL. 125–128.
- Munsell Defining color. Defining Color System for precise color validation.
www.xrite.com/documents/.../L10-315_Defining_Color_Munsell_en.pdf.

- Murphy, R.Y and *et al.* (2003). D and z value of *Salmonella*, *Listeria innocua*, and *Listeria monocytogenes* in fully cooked poultry products. *Journal of Food Science* 68(4) 1443-1447.
- Nakasone, H.Y. y Paull, R.E. (1998). *Tropical Fruits*. CAB International. Biddles Ltd, Guildford y King's Lynn. London. 37-43, 57, 133-147, 157, 187-188, 218.
- Prado, R.M, Natale, W and Rozane, D.E. (2007). Soil-Liming Effects on the Development and Nutritional Status of the Carambola Tree and Its Fruit-Yielding Capacity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. Universidad Sao Pablo, Brazil. 38: 493-511.
- Pinzón, M.I., León García, A. y Mejía, P.A. (2000). Efecto de los tratamientos osmóticos sobre el color y la actividad enzimática en rodajas de carambola (*Averrhoa carambola L.*). Colombia.
- Potter, N. (1995). *Food Science*. Chapman and Hall. 5 Ed. Food Deterioration and its control. 5ta Ed. (7) 113-135.
- Potter, N. (1995). *Food Science*. Chapman and Hall. Vegetables and fruits. 5ta Ed. (18) 409-435, 421-422.
- Potter, N. (1995). *Food Science*. Chapman and Hall. Food *Deterioration and its control*. (7).124-125.
- Ramos, A.M and Ibarz, A. (1998). Density of Juice and Fruit Puree as a Function of Soluble Solids Content and Temperature. *Journal of Food Engineering* 35:57-63.
- Rosenberg, J. y L. Epstein. (1991). *Química general*. Editorial McGraw-Hill, Madrid, España. 422 pp.

- Regalado, R., Balerdi, C.F. y Crane, J.H. (1994). La Carambola en Florida. Universidad de Florida. Miami-Dade County Cooperative Extension Service, Homestead, FL.
- Scheu, P.M. *et al.* (1998). Detection of pathogenic and spoilage micro-organism in food with polymerase chain reaction. *Food Microbiology* (15), 13-31.
- Shui, G. and PengLeong, L. (2006). Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals. *Journal of Food Chemistry*. 97: 277–284.
- Siller Cepeda, J.H. (2011). Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Retos para la exportación de productos hortícolas del siglo XXI. Problemas relativos a la calidad e inocuidad de los alimentos y su repercusión en el comercio.
- Tello, O. García, R. y Vásquez, O. (2002). Conservación de *Averrhoa carambola* "Carambola por azúcar y calor". *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*. 2:(1). 49-58.
- Vicente, A. (2004). Efecto de tratamientos térmicos de alta temperatura sobre calidad y fisiología postcosecha de frutillas (*Fragaria x ananassa Duch.*). Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Exactas, Buenos Aires, Argentina. 235.
- Vila López, R. 2006. Caracterización Físico-Químico del membrillo Japonés (*Chaenomeles sp.* Lindl.), Desarrollo Fisiológico y Conservación Frigorífica. Tesis Doctoral, Universidad de Murcia.
- Vildósola, P. (2008). Efecto del escaldado sobre la calidad del puré congelado de Palta cv. Hass, cosechada con dos índices de madurez. Tesis M.S. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Área de Poscosecha e Industrialización. Quillota-Chile.

Villa-Alarcón, M.P. (2006). Proyecto Exportación de Carambola. Universidad San Marín de Porras, Perú. (3,4 y 5).

Villalba, M. Yepes, I. and Arrázola, G. (2005). Caracterización físicoquímica de frutas de la zona del sinu para su agroindustrialización. Universidad de Córdoba. 11: (1). 15-23.

Yahia, E.M y Flores, R.A. (2001). Tratamientos físicos en post-cosecha de futa y hortaliza. Preservación de la Calidad. Universidad de Querétaro. 80-88.

9 TABLAS

Tabla 25. Características físico químicas de puré de frutas				
Valores de características Físico-Químicas de concentrados industriales y purés				
Componentes	Concentrado de Puré Clarificado	Concentrado de china	Puré de Manzana	Puré "Quince"
Solidos Solubles (°Brix)	60.1	60.0	12.3	12.3
Actividad de Agua	0.869	0.849	0.982	0.983
pH	3.47	3.67	3.45	3.59
Indice de Formol(mg NaOH 0.1N/100 ml)	2.23	1.90	2.10	3.00
Acidez Total (g de ácido cítrico/100 ml)	0.515	1.690	1.650	0.40
Contenido de pulpa (%)	-	34.6	43.6	53.9
Pectina (ppm ácido galacturónico)	-	111.35	154.05	220.70
Fibra (% en peso)	-	3.57	1.13	4.52
Glucosa (g l ⁻¹)	25.69	25.66	21.28	24.2
Fructosa (g l ⁻¹)	38.04	21.69	88.18	61.44
Sacarosa (g l ⁻¹)	20.89	19.59	16.80	19.45

Tabla 2. Ramos, A and Ibarz, A. (1998). Density of Juice and Fruit Puree as a Function of Soluble Solids Content and Temperature. Journal of Food Engineering 35:57-63.

10 APÉNDICES

APÉNDICE A Fotos Estación Experimental y ubicación de árboles

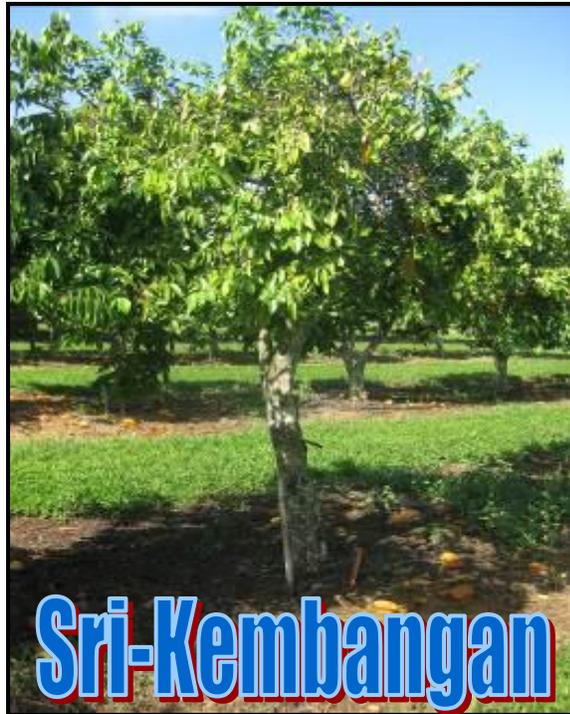
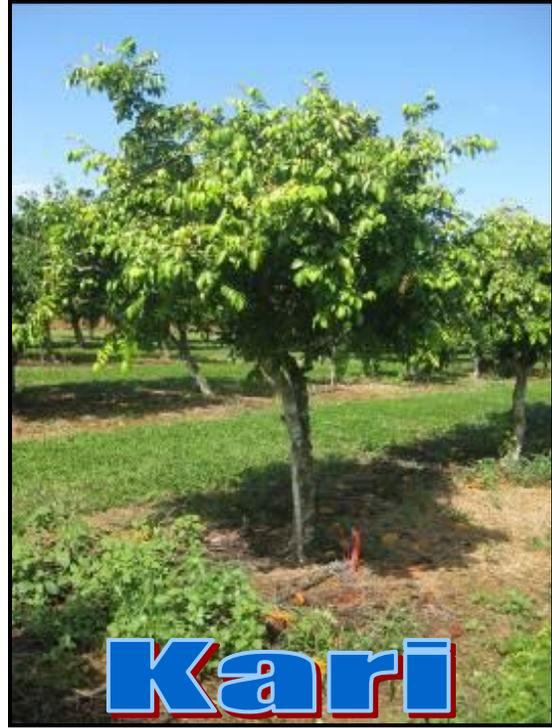


A2. Ubicación de árboles por variedad y réplicas



APÉNDICE B. Fotos de árboles plantados de cada una de las nueve variedades de carambola Estación Experimental Agrícola de Isabela del Departamento de Agricultura Federal (USDA-TARS).







APÉNDICE C. Fotografías de variedades de carambola disponibles en la Estación Experimental Agrícola de Isabela del Departamento de Agricultura Federal (USDA-TARS).



C1 Arkin



C2 B-10



C3 B-16



C4 B-17



C5 Kajang



C6 Kari



C7 Lara



C8 Sri-Kembangan



C9 Thai Knight

APÉNDICE D. Proceso de elaboración y equipos

D1. Clasificación y trozado



D2. Estufa



D3. Proceso de Escaldado de frutas



D4. Shock agua fría



D5. Licuadora y Proceso de Licuado



D6. Despulpadora y Proceso de Despulpado



D7. Pulpa de Carambola



D8. Empaque y pesaje de pulpa



D9. Tratamiento Termico



APÉNDICE E. Proceso de elaboración y equipos

E1. Temperatura 70°C



E2. Temperatura 80°C



E3. Temperatura 100°C

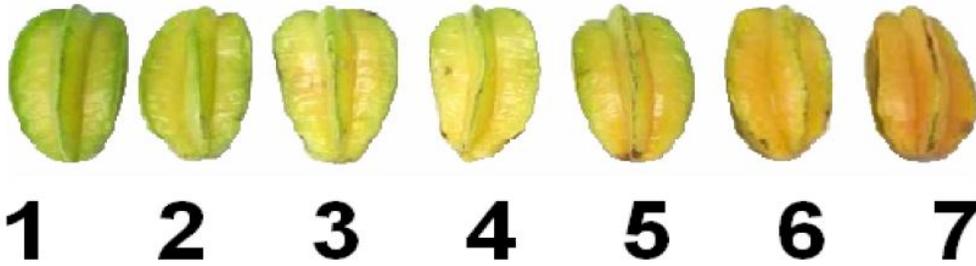


E4. Prueba peroxidasa en fruta fresca, verde y madura de la variedad Thai Knight



APÉNDICE F. Índice de Madurez

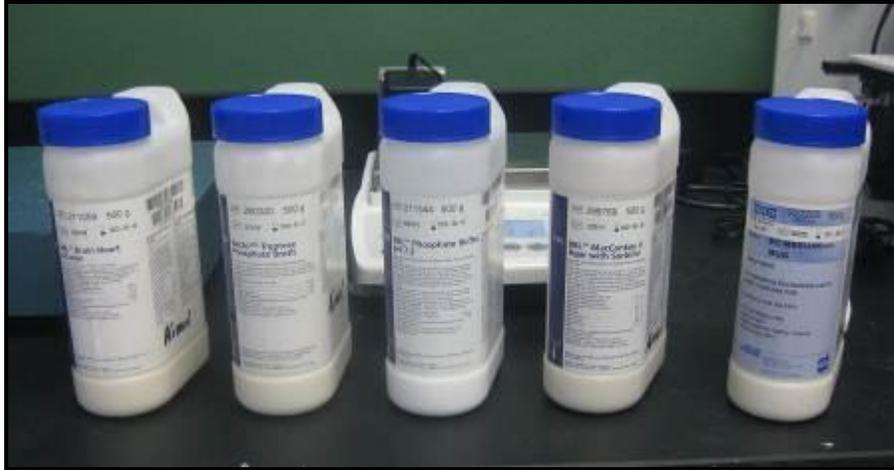
Tabla de Color de frutas de carambola (Averrhoa carambola)



García, 2004

APÉNDICE G. Análisis Microbiológico

G1. Medios de cultivos utilizados



G2. Platos con Agar MaConkey y Sorbitol “SMAC”



G3. Proceso de inoculación de platos



G4. Platos con “SMAC” colocados en incubadora



APÉNDICE H. Preparación de muestras para prueba de PCR

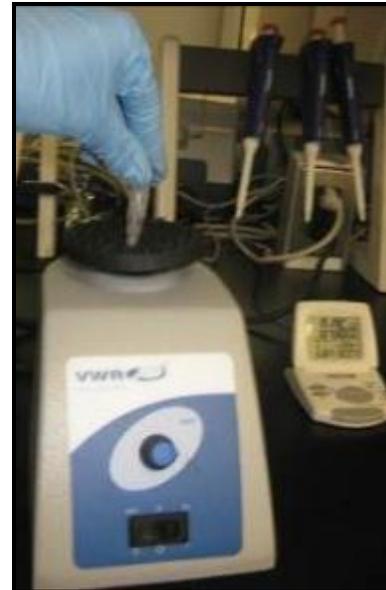
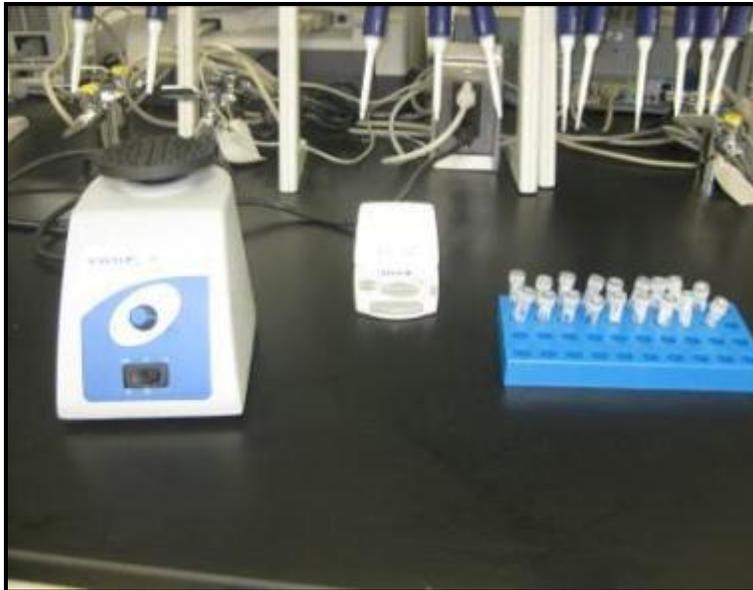
H1. Kit para preparación de muestras



H2. Adición de colonias sospechosas a los microtubos



H3. Homogenizado de muestras en el vortex



H4. Muestras en baño de agua



H5. Centrifuga eppendorf modelo 5417C



H6. Muestras ubicadas en centrifuga



APÉNDICE I. Fotos Análisis Sensorial

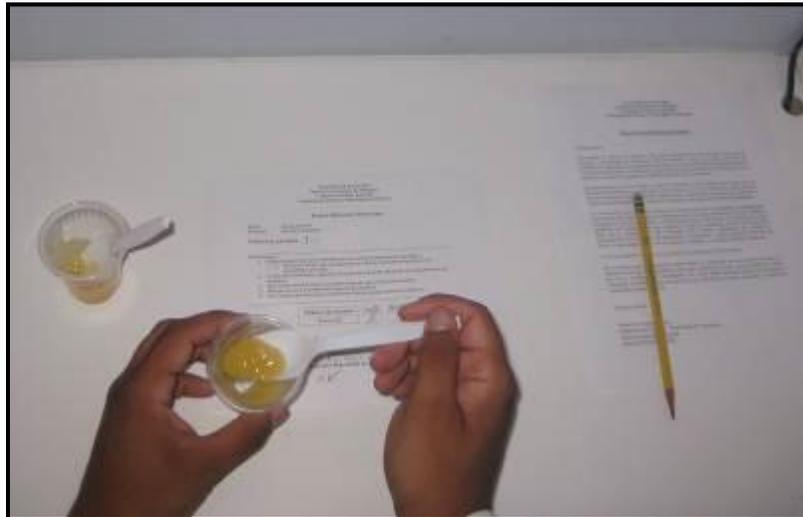
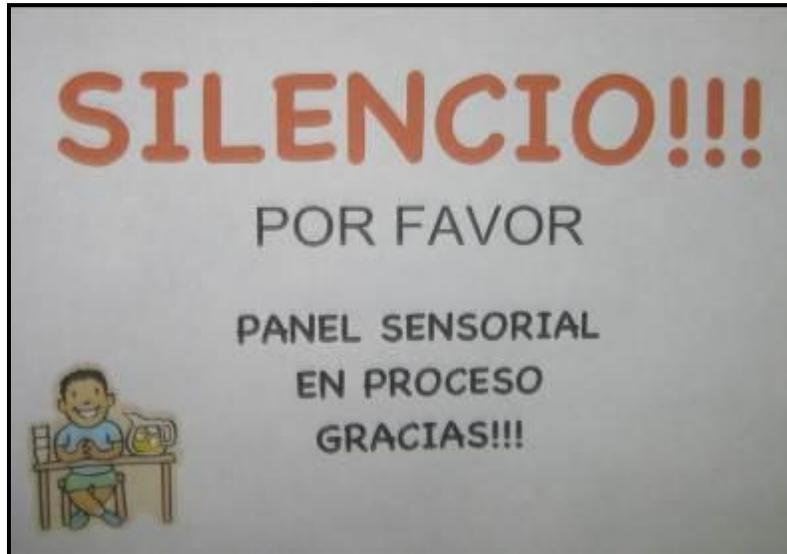
I1. Servido de muestras



I2. Adiestrando a panelistas



I3. Realizando el panel



I4. Panelistas en acción



APÉNDICE J. Hoja del panelista

Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagüez
Colegio de Ciencias Agrícolas
Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Prueba Diferencia Direccional

Fecha: 7 junio de 2011
Producto: Puré de Carambola

Número de panelista _____

Instrucciones:

1. Usted recibirá 2 muestras identificadas con números aleatorios de tres dígitos.
 - a. Escriba el número de sus muestras en orden de izquierda a derecha en los encaillados provistos.
2. Evalúe las muestras por separado de izquierda a derecha, pausando 30 segundos entre las muestras.
3. Entre cada muestra limpie su paladar tomando agua y comiendo galleta.
4. Marque con una X debajo de la muestra que prefiere.
5. En el espacio provisto para comentarios: Indique porque prefiere la muestra.

Número de muestra	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Preferencia	_____	_____

Comentarios: _____

¿Si este producto estuviera disponible en el mercado, lo compraría?

SI _____

NO _____

APÉNDICE K. PCR “Real Time”

Color rojo- resultados positivo		PCR “Real Time”		Color verde- resultados negativo					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	Temp 45°C (10 ⁻⁵) 2.0 min	Temp 45°C (10 ⁻⁵) 16.0 min	Temp 55°C (10 ⁻⁵) 3.0 min	Temp 65°C (10 ⁻⁵) 0.5 min	Temp 65°C (10 ⁻⁵) 4.0 min	Curva Crec. (10 ⁻⁹) 8.0 h	Ec. Med. w/mug 65°C 10 ⁻⁵ 3.0 min	Carga Ini. w/Lavado 10 ⁻¹ blanca	Control Negativo
B	Temp 45°C (10 ⁻⁵) 2.0 min	Temp 45°C (10 ⁻⁵) 16.0 min	Temp 55°C (10 ⁻⁵) 3.0 min	Temp 65°C (10 ⁻⁵) 0.5 min	Temp 65°C (10 ⁻⁵) 4.0 min	Curva Crec. (10 ⁻⁹) 8.0 h	Ec. Med. w/mug 65°C 10 ⁻⁵ 3.0 min	Carga Ini. w/Lavado 10 ⁻¹ blanca	Control Negativo
C	Temp 45°C (10 ⁻⁵) 2.0 min	Temp 45°C (10 ⁻⁵) 16.0 min	Temp 55°C (10 ⁻⁵) 3.0 min	Temp 65°C (10 ⁻⁵) 0.5 min	Temp 65°C (10 ⁻⁵) 4.0 min	Curva Crec. (10 ⁻⁹) 9.5 h	Ec. Med. w/mug 55°C 10 ⁻⁴ 5.0 min	Carga Ini. w/Lavado 10 ⁻¹ amarilla	Control Negativo
D	Temp 45°C (10 ⁻⁵) 12.0 min	Temp 55°C (10 ⁻⁵) 1.0 min	Temp 55°C (10 ⁻⁵) 7.0 min	Temp 65°C (10 ⁻⁵) 2.5 min	Cultivo Puro (10 ⁻⁵)	Curva Crec. (10 ⁻⁸) 9.5 h	Ec. Med. w/mug 55°C 10 ⁻⁴ 5.0 min	Carga Ini. w/Lavado 10 ⁻¹ amarilla	Control Positivo
E	Temp 45°C (10 ⁻⁵) 12.0 min	Temp 55°C (10 ⁻⁵) 1.0 min	Temp 55°C (10 ⁻⁵) 7.0 min	Temp 65°C (10 ⁻⁵) 2.5 min	Cultivo Puro (10 ⁻⁵)	Curva Crec. (10 ⁻⁹) 9.5 h	Ec. Med. w/mug 45°C 10 ⁻⁵ 12.0 min	Control Positivo	Control Positivo
F	Temp 45°C (10 ⁻⁵) 12.0 min	Temp 55°C (10 ⁻⁵) 1.0 min	Temp 55°C (10 ⁻⁵) 7.0 min	Temp 65°C (10 ⁻⁵) 2.5 min	Cultivo Puro (10 ⁻⁵)	Curva Crec. (10 ⁻⁹) 9.5 h	Ec. Med. w/mug 45°C 10 ⁻⁵ 12.0 min		
LEYENDA	INCONCLUSO	NEGATIVO	POSITIVO						

Tratamiento Térmico -columnas # 1, 2, 3, 4, 5 y 7

Control Negativo- columna #9

Cultivo Puro- columna inferior #5

Curva crecimiento-columna #6

Control positivo-columna inferior 8 y 9

Carga microbiana inicial- columna #8

APÉNDICE L. Análisis Estadístico

L1. Todas las variables todos los datos

C:\Users\AIMEE M. MONTERO\Desktop\Análisis de Datos\Datos Infostat Sept 7 2011.IDB2: 9/7/2011 - 5:31:48 PM

1. Brix

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Brix	108	0.60	0.56	5.53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		17.44	10	1.74	14.67 <0.0001
Variedad		6.12	8	0.76	6.43 <0.0001
Agente		2.20	1	2.20	18.47 <0.0001
Porcentaje		9.13	1	9.13	76.79 <0.0001
Error	11.53	97	0.12		
Total	28.97	107			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.44780

Error: 0.1189 gl: 97

Variedad	Medias	n	E.E.			
Kajang	5.87	12	0.10	A		
Kari	5.93	12	0.10	A		
B-16	6.08	12	0.10	A	B	
Arkin	6.10	12	0.10	A	B	
B-17	6.27	12	0.10	A	B	C
Thai Knight	6.38	12	0.10		B	C
Sri-Kembangan	6.40	12	0.10		B	C
Lara	6.42	12	0.10		B	C
B-10	6.63	12	0.10			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.13189

Error: 0.1189 gl: 97

Agente	Medias	n	E.E.	
Pectina	6.09	54	0.05	A
Xantan	6.37	54	0.05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.13189

Error: 0.1189 gl: 97

Porcentaje	Medias	n	E.E.	
2	5.94	54	0.05	A
3	6.52	54	0.05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

2. pH

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	108	0.89	0.88	2.75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		9.74	10	0.97	77.64 <0.0001
Variedad		0.46	8	0.06	4.54 0.0001
Agente		9.27	1	9.27	739.17 <0.0001
Porciento		0.01	1	0.01	0.96 0.3297
Error	1.22	97	0.01		
Total	10.95	107			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.14544

Error: 0.0125 gl: 97

Variedad	Medias	n	E.E.	
Sri-Kembangan	4.00	12	0.03	A
B-17	4.00	12	0.03	A
Kari	4.02	12	0.03	A
Thai Knight	4.02	12	0.03	A
Arkin	4.03	12	0.03	A
B-16	4.07	12	0.03	A B
Kajang	4.14	12	0.03	A B
B-10	4.15	12	0.03	A B
Lara	4.18	12	0.03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04284

Error: 0.0125 gl: 97

Agente	Medias	n	E.E.	
Pectina	3.77	54	0.02	A
Xantán	4.36	54	0.02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04284

Error: 0.0125 gl: 97

Porciento	Medias	n	E.E.	
2	4.06	54	0.02	A
3	4.08	54	0.02	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

3. Color L*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
*L	108	0.68	0.65	4.05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		931.95	10	93.20	20.46 <0.0001
Variedad		634.68	8	79.34	17.42 <0.0001
Agente		297.27	1	297.27	65.28 <0.0001
Porciento		9.3E-05	1	9.3E-05	2.0E-05 0.9964
Error	441.75	97	4.55		

Total 1373.70 107

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.77159

Error: 4.5541 gl: 97

Variedad	Medias	n	E.E.					
Lara	47.84	12	0.62	A				
B-16	50.67	12	0.62		B			
Arkin	51.69	12	0.62		B	C		
Sri-Kembangan	52.45	12	0.62		B	C		
B-10	52.87	12	0.62		B	C		
B-17	53.17	12	0.62		B	C	D	
Kajang	53.65	12	0.62			C	D	E
Thai Knight	55.79	12	0.62				D	E
Kari	56.35	12	0.62					E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.81633

Error: 4.5541 gl: 97

Agente	Medias	n	E.E.	
Pectina	51.06	54	0.29	A
Xantan	54.38	54	0.29	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.81633

Error: 4.5541 gl: 97

Porcentaje	Medias	n	E.E.	
3	52.72	54	0.29	A
2	52.72	54	0.29	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

4. Color a*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
*a	108	0.55	0.50	42.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	565.07	10	56.51	11.74	<0.0001
Variedad	400.41	8	50.05	10.40	<0.0001
Agente	144.21	1	144.21	29.96	<0.0001
Porcentaje	20.45	1	20.45	4.25	0.0420
Error	466.95	97	4.81		
Total	1032.02	107			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.84954

Error: 4.8139 gl: 97

Variedad	Medias	n	E.E.			
B-17	2.22	12	0.63	A		
B-10	3.86	12	0.63	A	B	
Sri-Kembangan	4.26	12	0.63	A	B	C
Kajang	4.48	12	0.63	A	B	C
Arkin	4.49	12	0.63	A	B	C
Kari	5.18	12	0.63		B	C
B-16	5.44	12	0.63		B	C
Thai Knight	6.86	12	0.63			C
Lara	9.44	12	0.63			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.83929**

Error: 4.8139 gl: 97

Agente	Medias	n	E.E.		
Xantan	3.98	54	0.30	A	
Pectina	6.29	54	0.30		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.83929**

Error: 4.8139 gl: 97

Porciento	Medias	n	E.E.		
2	4.70	54	0.30	A	
3	5.57	54	0.30		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)**5. Color b***

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
*b	108	0.76	0.74	6.75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1652.21	10	165.22	31.46	<0.0001
Variedad	927.35	8	115.92	22.07	<0.0001
Agente	724.84	1	724.84	138.02	<0.0001
Porciento	0.02	1	0.02	2.9E-03	0.9569
Error	509.41	97	5.25		
Total	2161.61	107			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.97627

Error: 5.2516 gl: 97

Variedad	Medias	n	E.E.				
Arkin	28.76	12	0.66	A			
Kajang	31.22	12	0.66	A	B		
B-16	31.87	12	0.66		B	C	
Lara	32.99	12	0.66		B	C	D
Thai Knight	34.81	12	0.66			C	D
Sri-Kembangan	35.14	12	0.66				D
B-10	35.45	12	0.66				D
B-17	35.77	12	0.66				D
Kari	39.42	12	0.66				E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.87662**

Error: 5.2516 gl: 97

Agente	Medias	n	E.E.	
Xantan	31.35	54	0.31	A
Pectina	36.53	54	0.31	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.87662**

Error: 5.2516 gl: 97

Porciento	Medias	n	E.E.	
2	33.92	54	0.31	A
3	33.95	54	0.31	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)**6. Color croma**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Croma	108	0.75	0.72	7.05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1710.24	10	171.02	29.02	<0.0001
Variedad	894.00	8	111.75	18.96	<0.0001
Agente	815.49	1	815.49	138.39	<0.0001
Porciento	0.76	1	0.76	0.13	0.7208
Error	571.59	97	5.89		
Total	2281.83	107			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.15269

Error: 5.8927 gl: 97

Variedad	Medias	n	E.E.			
Arkin	29.15	12	0.70	A		
Kajang	31.67	12	0.70	A	B	
B-16	32.36	12	0.70		B	
Lara	34.41	12	0.70		B	C
Sri-Kembangan	35.52	12	0.70			C
Thai Knight	35.59	12	0.70			C
B-10	35.67	12	0.70			C
B-17	35.86	12	0.70			C
Kari	39.78	12	0.70			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.92858**

Error: 5.8927 gl: 97

Agente	Medias	n	E.E.	
Xantan	31.70	54	0.33	A
Pectina	37.19	54	0.33	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.92858**

Error: 5.8927 gl: 97

Porciento	Medias	n	E.E.	
2	34.36	54	0.33	A
3	34.53	54	0.33	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)**7. Color Hue**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Hue	108	0.56	0.51	4.17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1407.61	10	140.76	12.20	<0.0001
Variedad	1167.16	8	145.90	12.65	<0.0001
Agente	191.46	1	191.46	16.60	0.0001
Porciento	48.98	1	48.98	4.25	0.0420
Error	1119.00	97	11.54		
Total	2526.61	107			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.41118*Error: 11.5361 gl: 97*

Variedad	Medias	n	E.E.				
Lara	74.51	12	0.98	A			
Thai Knight	78.59	12	0.98	A	B		
B-16	80.28	12	0.98		B	C	
Arkin	81.49	12	0.98		B	C	
Kari	82.46	12	0.98		B	C	D
Kajang	82.56	12	0.98		B	C	D
Sri-Kembangan	83.42	12	0.98			C	D
B-10	83.84	12	0.98			C	D
B-17	86.73	12	0.98				D

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0.05)***Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.29925***Error: 11.5361 gl: 97*

Agente	Medias	n	E.E.		
Pectina	80.21	54	0.46	A	
Xantan	82.87	54	0.46		B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0.05)***Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.29925***Error: 11.5361 gl: 97*

Porciento	Medias	n	E.E.		
3	80.87	54	0.46	A	
2	82.21	54	0.46		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0.05)

L2. Todas las variables con agente Xantán

C:\Users\AIMEE M. MONTERO\Desktop\Análisis de Datos\Datos Infostat Sept 7 2011.IDB2: 9/7/2011 - 5:41:59 PM

1. Brix

Análisis de la varianza

Agente	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Xantan	Brix	54	0.66	0.59	5.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		11.12	9	1.24	9.31 <0.0001
Variedad		5.77	8	0.72	5.43 0.0001
Porciento		5.35	1	5.35	40.31 <0.0001
Error	5.84	44	0.13		
Total	16.96	53			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.68693

Error: 0.1328 gl: 44

Variedad	Medias	n	E.E.		
Kajang	5.63	6	0.15	A	
B-17	6.20	6	0.15	A	B
B-16	6.27	6	0.15	A	B
Kari	6.33	6	0.15		B
Arkin	6.33	6	0.15		B
Thai Knight	6.57	6	0.15		B
Sri-Kembangan	6.57	6	0.15		B
Lara	6.60	6	0.15		B
B-10	6.87	6	0.15		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.19999

Error: 0.1328 gl: 44

Porciento	Medias	n	E.E.	
2	6.06	27	0.07	A
3	6.69	27	0.07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

2. pH

Agente	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Xantan	pH	54	0.91	0.89	0.63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		0.35	9	0.04	50.94 <0.0001
Variedad		0.16	8	0.02	25.62 <0.0001
Porciento		0.19	1	0.19	253.51 <0.0001
Error	0.03	44	7.6E-04		

Total 0.38 53

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.05189

Error: 0.0008 gl: 44

Variedad	Medias	n	E.E.					
B-17	4.28	6	0.01	A				
Arkin	4.31	6	0.01	A	B			
Sri-Kembangan	4.32	6	0.01	A	B	C		
Kajang	4.35	6	0.01		B	C		
Lara	4.36	6	0.01			C		
B-16	4.37	6	0.01			C		
B-10	4.37	6	0.01			C	D	
Kari	4.42	6	0.01				D	E
Thai Knight	4.47	6	0.01					E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01511

Error: 0.0008 gl: 44

Porciento	Medias	n	E.E.	
2	4.30	27	0.01	A
3	4.42	27	0.01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

3. Color L*

Agente	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Xantan	*L	54	0.87	0.85	1.62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	238.96	9	26.55	34.07	<0.0001
Variedad	219.22	8	27.40	35.16	<0.0001
Porciento	19.74	1	19.74	25.33	<0.0001
Error	34.29	44	0.78		
Total	273.25	53			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.66430

Error: 0.7793 gl: 44

Variedad	Medias	n	E.E.						
Lara	50.35	6	0.36	A					
B-16	52.49	6	0.36		B				
Arkin	52.87	6	0.36		B	C			
Thai Knight	54.17	6	0.36			C	D		
Sri-Kembangan	54.82	6	0.36				D	E	
B-17	55.51	6	0.36				D	E	F
B-10	55.78	6	0.36				D	E	F
Kari	56.48	6	0.36					E	F
Kajang	56.95	6	0.36						F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.48453

Error: 0.7793 gl: 44

Porciento	Medias	n	E.E.
-----------	--------	---	------

2	53.77	27	0.17	A
3	54.98	27	0.17	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)

4. Color a*

Agente	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Xantan	*a	54	0.99	0.98	8.40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		374.56	9	41.62	372.61 <0.0001
Variedad		374.56	8	46.82	419.18 <0.0001
Porciento		3.7E-03	1	3.7E-03	0.03 0.8555
Error	4.91	44	0.11		
Total	379.48	53			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.63007

Error: 0.1117 gl: 44

Variedad	Medias	n	E.E.			
B-17	0.74	6	0.14	A		
Kajang	1.13	6	0.14	A		
Sri-Kembangan	1.24	6	0.14	A		
B-10	3.34	6	0.14		B	
Arkin	3.51	6	0.14		B	
B-16	4.58	6	0.14			C
Lara	5.99	6	0.14			D
Kari	6.18	6	0.14			D
Thai Knight	9.12	6	0.14			E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.18343

Error: 0.1117 gl: 44

Porciento	Medias	n	E.E.	
3	3.97	27	0.06	A
2	3.99	27	0.06	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)

5. Color b*

Agente	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Xantan	*b	54	0.89	0.87	4.20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		630.70	9	70.08	40.43 <0.0001
Variedad		584.07	8	73.01	42.12 <0.0001
Porciento		46.63	1	46.63	26.90 <0.0001
Error	76.27	44	1.73		
Total	706.97	53			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.48213

Error: 1.7334 gl: 44

Variedad	Medias	n	E.E.							
Arkin	26.65	6	0.54	A						
Kajang	27.39	6	0.54	A	B					
Lara	29.80	6	0.54		B	C				
B-16	29.95	6	0.54			C	D			
B-17	31.32	6	0.54			C	D	E		
Thai Knight	32.31	6	0.54				D	E		
Sri-Kembangan	33.01	6	0.54					E		
B-10	33.49	6	0.54					E		
Kari	38.20	6	0.54							F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.72263**

Error: 1.7334 gl: 44

Porciento	Medias	n	E.E.		
3	30.42	27	0.25	A	
2	32.27	27	0.25		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)**6. Color Croma**

Agente	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Xantan	Croma	54	0.90	0.88	4.15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	667.58	9	74.18	42.88	<0.0001
Variedad	621.09	8	77.64	44.88	<0.0001
Porciento	46.49	1	46.49	26.88	<0.0001
Error	76.11	44	1.73		
Total	743.69	53			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.47949

Error: 1.7297 gl: 44

Variedad	Medias	n	E.E.							
Arkin	26.88	6	0.54	A						
Kajang	27.41	6	0.54	A						
B-16	30.30	6	0.54		B					
Lara	30.40	6	0.54		B					
B-17	31.33	6	0.54		B	C				
Sri-Kembangan	33.04	6	0.54				C			
Thai Knight	33.58	6	0.54				C			
B-10	33.65	6	0.54				C			
Kari	38.70	6	0.54							D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.72186

Error: 1.7297 gl: 44

Porciento	Medias	n	E.E.	
3	30.77	27	0.25	A
2	32.63	27	0.25	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)**7. Color Hue**

Agente	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Xantan	Hue	54	0.99	0.98	0.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		1097.00	9	121.89	370.18 <0.0001
Variedad		1095.66	8	136.96	415.94 <0.0001
Porciento		1.34	1	1.34	4.06 0.0500
Error	14.49	44	0.33		
Total	1111.49	53			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.08182

Error: 0.3293 gl: 44

Variedad	Medias	n	E.E.					
Thai Knight	74.19	6	0.23	A				
Lara	78.65	6	0.23		B			
Kari	80.81	6	0.23			C		
B-16	81.33	6	0.23			C		
Arkin	82.49	6	0.23				D	
B-10	84.29	6	0.23				E	
Kajang	87.62	6	0.23					F
Sri-Kembangan	87.84	6	0.23					F
B-17	88.64	6	0.23					F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.31495**

Error: 0.3293 gl: 44

Porciento	Medias	n	E.E.	
3	82.72	27	0.11	A
2	83.03	27	0.11	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)

L3. Todas las variables con agente Pectina

C:\Users\AIMEE M. MONTERO\Desktop\Análisis de Datos\Datos Infostat Sept 7 2011.IDB2: 9/7/2011 - 5:57:17 PM

1. Brix

Análisis de la varianza

Agente	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pectina	Brix	54	0.76	0.71	3.79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		7.47	9	0.83	15.56 <0.0001
Variedad		3.63	8	0.45	8.50 <0.0001
Porcentaje		3.84	1	3.84	72.00 <0.0001
Error	2.35	44	0.05		
Total	9.81	53			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.43539

Error: 0.0533 gl: 44

Variedad	Medias	n	E.E.				
Kari	5.53	6	0.09	A			
Arkin	5.87	6	0.09	A	B		
B-16	5.90	6	0.09	A	B	C	
Kajang	6.10	6	0.09		B	C	D
Thai Knight	6.20	6	0.09		B	C	D
Sri-Kembangan	6.23	6	0.09		B	C	D
Lara	6.23	6	0.09		B	C	D
B-17	6.33	6	0.09			C	D
B-10	6.40	6	0.09				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.12676

Error: 0.0533 gl: 44

Porcentaje	Medias	n	E.E.	
2	5.82	27	0.04	A
3	6.36	27	0.04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

2. pH

Agente	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pectina	pH	54	0.85	0.82	1.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		1.10	9	0.12	27.17 <0.0001
Variedad		1.02	8	0.13	28.35 <0.0001
Porcentaje		0.08	1	0.08	17.74 0.0001

Error	0.20	44	4.5E-03
Total	1.30	53	

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.12671

Error: 0.0045 gl: 44

Variedad	Medias	n	E.E.			
Thai Knight	3.57	6	0.03	A		
Kari	3.62	6	0.03	A	B	
Sri-Kembangan	3.69	6	0.03	A	B	C
B-17	3.73	6	0.03		B	C
Arkin	3.75	6	0.03			C
B-16	3.77	6	0.03			C
B-10	3.93	6	0.03			D
Kajang	3.93	6	0.03			D
Lara	4.00	6	0.03			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03689

Error: 0.0045 gl: 44

Porciento	Medias	n	E.E.	
3	3.74	27	0.01	A
2	3.81	27	0.01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

3. Color L*

Agente	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pectina	*L	54	0.83	0.80	3.44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	667.08	9	74.12	23.96	<0.0001
Variedad	647.22	8	80.90	26.15	<0.0001
Porciento	19.86	1	19.86	6.42	0.0149
Error	136.10	44	3.09		
Total	803.19	53			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.31576

Error: 3.0932 gl: 44

Variedad	Medias	n	E.E.		
Lara	45.32	6	0.72	A	
B-16	48.85	6	0.72		B
B-10	49.97	6	0.72		B
Sri-Kembangan	50.09	6	0.72		B
Kajang	50.35	6	0.72		B
Arkin	50.51	6	0.72		B
B-17	50.82	6	0.72		B
Kari	56.23	6	0.72		C
Thai Knight	57.41	6	0.72		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.96532

Error: 3.0932 gl: 44

Porcentaje	Medias	n	E.E.	
3	50.45	27	0.34	A
2	51.67	27	0.34	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)**4. Color a***

Agente	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pectina	*a	54	0.85	0.82	20.73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	433.48	9	48.16	28.31	<0.0001
Variedad	391.79	8	48.97	28.79	<0.0001
Porcentaje	41.69	1	41.69	24.51	<0.0001
Error	74.85	44	1.70		
Total	508.33	53			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.45902

Error: 1.7012 gl: 44

Variedad	Medias	n	E.E.			
B-17	3.69	6	0.53	A		
Kari	4.19	6	0.53	A	B	
B-10	4.37	6	0.53	A	B	
Thai Knight	4.60	6	0.53	A	B	
Arkin	5.46	6	0.53	A	B	C
B-16	6.31	6	0.53		B	C
Sri-Kembangan	7.29	6	0.53			C
Kajang	7.83	6	0.53			C
Lara	12.89	6	0.53			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.71590**

Error: 1.7012 gl: 44

Porcentaje	Medias	n	E.E.	
2	5.41	27	0.25	A
3	7.17	27	0.25	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)**5. Color b***

Agente	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pectina	*b	54	0.68	0.61	6.33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	494.78	9	54.98	10.29	<0.0001
Variedad	445.73	8	55.72	10.43	<0.0001
Porcentaje	49.06	1	49.06	9.18	0.0041

Error	235.03	44	5.34
Total	729.81	53	

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.35722

Error: 5.3415 gl: 44

Variedad	Medias	n	E.E.				
Arkin	30.87	6	0.94	A			
B-16	33.79	6	0.94	A	B		
Kajang	35.06	6	0.94	A	B		
Lara	36.19	6	0.94		B	C	
Sri-Kembangan	37.27	6	0.94		B	C	D
Thai Knight	37.31	6	0.94		B	C	D
B-10	37.41	6	0.94		B	C	D
B-17	40.22	6	0.94			C	D
Kari	40.64	6	0.94				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.26852

Error: 5.3415 gl: 44

Porciento	Medias	n	E.E.	
2	35.57	27	0.44	A
3	37.48	27	0.44	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

6. Color Cromo

Agente	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pectina	Croma	54	0.66	0.59	6.34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	478.02	9	53.11	9.55	<0.0001
Variedad	413.24	8	51.65	9.29	<0.0001
Porciento	64.78	1	64.78	11.65	0.0014
Error	244.63	44	5.56		
Total	722.66	53			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.44540

Error: 5.5599 gl: 44

Variedad	Medias	n	E.E.				
Arkin	31.41	6	0.96	A			
B-16	34.43	6	0.96	A	B		
Kajang	35.93	6	0.96		B		
Thai Knight	37.60	6	0.96		B	C	
B-10	37.68	6	0.96		B	C	
Sri-Kembangan	38.00	6	0.96		B	C	
Lara	38.42	6	0.96		B	C	
B-17	40.39	6	0.96			C	
Kari	40.86	6	0.96			C	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.29420

Error: 5.5599 gl: 44

Porciento	Medias	n	E.E.	
2	36.10	27	0.45	A
3	38.29	27	0.45	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)**7. Color Hue**

Agente	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pectina	Hue	54	0.85	0.82	2.54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1040.77	9	115.64	27.82	<0.0001
Variedad	964.36	8	120.55	29.00	<0.0001
Porciento	76.41	1	76.41	18.38	0.0001
Error	182.88	44	4.16		
Total	1223.66	53			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.84362

Error: 4.1565 gl: 44

Variedad	Medias	n	E.E.				
Lara	70.38	6	0.83	A			
Kajang	77.49	6	0.83		B		
Sri-Kembangan	78.99	6	0.83		B		
B-16	79.24	6	0.83		B	C	
Arkin	80.48	6	0.83		B	C	D
Thai Knight	82.99	6	0.83			C	D
B-10	83.38	6	0.83				D
Kari	84.11	6	0.83				D
B-17	84.82	6	0.83				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.11900**

Error: 4.1565 gl: 44

Porciento	Medias	n	E.E.	
3	79.02	27	0.39	A
2	81.40	27	0.39	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0.05$)

L4. Valores de color para los agentes plastificantes

1. Color L*

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
L*	12	1.00	1.00	0.14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	178.04	3	59.35	7179.03	<0.0001
Agente	178.04	3	59.35	7179.03	<0.0001
Error	0.07	8	0.01		
Total	178.11	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.23774

Error: 0.0083 gl: 8

Agente	Medias	n	E.E.	
Pectina 3	57.60	3	0.05	A
Pectina 2	62.57	3	0.05	B
Xantán 2	66.00	3	0.05	C
Xantán 3	67.68	3	0.05	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

2. Color a*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
a*	12	1.00	1.00	1.90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	72.05	3	24.02	75840.80	<0.0001
Agente	72.05	3	24.02	75840.80	<0.0001
Error	2.5E-03	8	3.2E-04		
Total	72.05	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04653

Error: 0.0003 gl: 8

Agente	Medias	n	E.E.	
Xantán 3	-1.48	3	0.01	A
Xantán 2	-1.17	3	0.01	B
Pectina 2	1.88	3	0.01	C
Pectina 3	4.52	3	0.01	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

3. Color b*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
b*	12	1.00	1.00	0.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1379.56	3	459.85	165217.09	<0.0001
Agente	1379.56	3	459.85	165217.09	<0.0001
Error	0.02	8	2.8E-03		
Total	1379.58	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.13795

Error: 0.0028 gl: 8

Agente	Medias	n	E.E.			
Xantán 2	8.15	3	0.03	A		
Xantán 3	8.68	3	0.03		B	
Pectina 2	24.97	3	0.03			C
Pectina 3	33.15	3	0.03			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)