

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PRESENTADO
A LA ESCUELA DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS:
Bajo la modalidad Proyecto para optar
por el grado de Licenciatura en Tecnología de Alimentos

**Desarrollo de una mermelada sin adición de azúcar empleando
gomas que produzcan geles similares a la pectina y evaluación
de los costos de materia prima**

Presentado por:

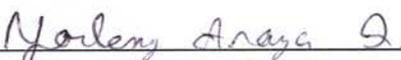
Ana Barrantes Salas

Carné: A10472

2009

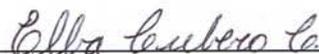
HOJA DE APROBACIÓN

Proyecto de graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Tecnología de Alimentos.



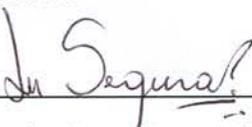
MGA. Yorlenny Araya Quesada

Directora del Proyecto



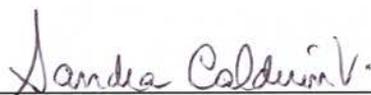
Ph. D. Elba Cubero Castillo

Asesora



Lic. Luciano Segura Visoná

Asesor



Licda. Sandra Calderón Villaplana

Presidente del tribunal



Ph.D. Patricia Esquivel Rodríguez

Profesora designada

DEDICATORIA

A mis padres por tomar por mí, la primera y más importante decisión de mi vida, venir al mundo; por enseñarme a ser una persona luchadora, optimista, tenaz; el esfuerzo de mis años de estudio y la culminación de este ciclo de mi vida es de dicada a mi familia.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a nuestro creador por cada amanecer que nos regala, y con él, la posibilidad de ser mejores.

A Yorleny y demás funcionarios de la escuela, por toda la ayuda brindada a lo largo del proyecto, así como a Alifruti S.A. por brindarme la oportunidad de realizar esta investigación.

En especial a mis compañeros y amigos Gaby, Esteban, Byron y Natalia, cada uno de ustedes tiene un lugar especial en mi corazón, gracias por todos los buenos momentos compartidos, el cariño, el apoyo, el aprendizaje, han sido invaluable.

A mis amigas Janneth y Yerlin, por ser cada una, más que amigas hermanas, que me apoyaron, trabajaron conmigo, no solo en este proyecto académico, sino además en muchos otros proyectos de vida.

Agradecer en general a todas las personas que han contribuido en mi crecimiento personal y profesional a lo largo de esta etapa de formación, tanto profesores como compañeros.

Y a vos Andrés, gracias por ser mi roble, mi sustento, la promesa de un futuro lleno de amor y tranquilidad.

INDICE

HOJA DE APROBACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
INDICE	V
INDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE CUADROS.....	XII
RESUMEN	XIII
JUSTIFICACIÓN	1
OBJETIVOS.....	7
2.1 OBJETIVO GENERAL	7
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
MARCO TEORICO.....	8
3.1 GENERALIDADES DE LA GUAYABA	8
3.2 ELABORACIÓN DE MERMELADA.....	9
3.3 AGENTES GELIFICANTES	10
3.4 EDULCORANTES	15
3.4.1 <i>Edulcorantes Artificiales.....</i>	<i>15</i>
3.4.1.1 Aspartame.....	15
3.4.1.2 Acesulfame-k.....	16
3.4.2 <i>Edulcorantes Naturales.....</i>	<i>16</i>

3.5	MEDICIÓN INSTRUMENTAL DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA	
	MERMELADA	17
3.5.1	Medición del color.....	17
3.5.2	Medición de la textura	20
3.6	ANÁLISIS SENSORIAL	21
3.6.1	Escalas Justo Correcto: Determinación de atributos óptimos.....	22
3.6.2	Prueba de Agrado General.....	24
3.6.2.1	Identificación de segmentos	24
	MATERIALES Y MÉTODOS	26
4.1	UBICACIÓN.....	26
4.2	MATERIAS PRIMAS	26
4.3	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA MERMELADA.....	26
4.4	PRUEBAS PRELIMINARES	28
4.4.1	Determinación de mezcla de gelificantes	28
4.4.2	Determinación de los edulcorantes a utilizar.....	29
4.4.3	Determinación de los lotes a realizar	29
4.5	DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE MEZCLA DE EDULCORANTES Y ÁCIDO A UTILIZAR	30
4.5.1	Análisis de datos.....	33
4.6	EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE EDULCORANTE, ÁCIDO Y LA MEZCLA GELIFICANTE SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA	
	MERMELADA	33
4.6.1	Análisis estadístico de los datos	35
4.7	DEFINICIÓN DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA DE LA MERMELADA BAJA EN	
	CALORÍAS	36

4.8	DETERMINACIÓN DE COSTOS DE MATERIA PRIMA	36
4.9	MÉTODOS DE ANÁLISIS SENSORIALES Y FISICOQUÍMICOS.....	37
4.9.1	<i>Pruebas sensoriales</i>	37
4.9.1.1	Prueba de agrado usando una escala justo correcto	37
4.9.1.2	Prueba de agrado general	37
4.9.2	<i>Determinaciones físicas:</i>	38
4.9.2.1	Medición de textura.....	38
4.9.2.2	Medición del color.	38
4.9.2.3	Medición de la sinéresis.....	39
4.9.3	<i>Determinaciones químicas:</i>	39
4.9.3.1	Determinación de sólidos totales.	39
4.9.3.2	Determinación de sólidos solubles.	39
4.9.3.3	Determinación de la acidez	39
4.9.3.4	Determinación de proteína	40
4.9.3.5	Determinación de grasa	40
4.9.3.6	Determinación de carbohidratos	40
4.9.3.7	Determinación del contenido energético	40
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
5.1	DEFINICIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE ÁCIDO Y EDULCORANTE....	41
	DETERMINACIONES DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	45
5.1.1	<i>Determinación del color</i>	45
5.1.2	<i>Determinación de la sinéresis</i>	54
5.1.3	<i>Determinación de la fuerza de corte, fuerza del gel, adhesividad y elasticidad en las mermeladas</i>	59
5.2	ESTUDIO DE CONSUMIDORES PARA LA EVALUACIÓN DEL AGRADO EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.....	67

5.3 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE LAS MATERIAS PRIMAS DE LAS DISTINTAS FORMULACIONES.....	73
5.4 SELECCIÓN DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA.....	74
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	80
REFERENCIAS CITADAS	81
APÉNDICES	91

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Formación de enlaces en goma Xantán.	13
FIGURA 2. Espacio del color en tres dimensiones (Coe, 2006).	18
Los parámetros de croma y tono se calculan a partir de a^* y b^* según las fórmulas 1 y 2 respectivamente:	18
FIGURA 3. Flujo de proceso para la elaboración de mermelada de guayaba sin azúcar	27
FIGURA 4. Distribución de resultados en la determinación del agrado del dulzor empleando la escala justo correcto para las 3 sensaciones evaluadas. Clúster 1 FIGURA a), clúster 2 Figura b)	42
FIGURA 5. Distribución de resultados en la determinación del agrado de la acidez empleando la escala justo correcto para las 3 sensaciones evaluadas. Clúster 1 Figura a), clúster 2 Figura b)	44
FIGURA 6. Efecto de la concentración de edulcorante en la determinación del L^* de las 2 concentraciones de ácido evaluadas y de edulcorante evaluadas. EA: edulcorante alto, EB: edulcorante bajo. AA: ácido alto, AB: ácido bajo. Mezcla de gommas GTA: sin CMC, baja polidextrosa, alta premezcla, GTB: sin CMC, alta polidextrosa, media baja premezcla, GTC: CMC, baja polidextrosa, media alta premezcla, GTD: CMC, alta polidextrosa, baja premezcla.	46
FIGURA 7. Efecto de la concentración de edulcorante en la determinación del h° de las 2 concentraciones de ácido evaluadas. EA: edulcorante alto, EB: edulcorante bajo. AA: ácido alto, AB: ácido bajo.....	47
FIGURA 8. Efecto de la concentración de edulcorante en la determinación del h° de las 4 mezclas de gelificantes evaluadas. EA: edulcorante alto, EB: edulcorante bajo. Mezcla de gommas GTA: sin CMC, baja polidextrosa, alta premezcla, GTB: sin CMC, alta polidextrosa, media baja premezcla, GTC: CMC, baja polidextrosa, media alta premezcla, GTD: CMC, alta polidextrosa, baja premezcla.	48
FIGURA 9. Efecto de la concentración de ácido e en la determinación del h° de las 4 mezclas de gelificantes evaluadas. AA: ácido alto, AB: ácido bajo. Mezcla de gommas GTA: sin CMC, baja polidextrosa, alta premezcla, GTB: sin CMC, alta polidextrosa, media baja premezcla, GTC: CMC, baja polidextrosa, media alta premezcla, GTD: CMC, alta polidextrosa, baja premezcla.	49
FIGURA 10, Efecto de la combinación de ácido y edulcorante en la determinación de C^* en las 4 mezclas de gomasevaluadas. EA: edulcorante alto, EB: edulcorante bajo, AA: ácido alto, AB: ácido bajo. Mezcla de gommas GTA: sin CMC, baja polidextrosa, alta premezcla, GTB: sin CMC, alta polidextrosa, media baja premezcla, GTC: CMC, baja polidextrosa, media alta premezcla, GTD: CMC, alta polidextrosa, baja premezcla.	50

FIGURA 11. Comparación del parámetro L^* de la mermelada control con los 16 tratamientos evaluados. Tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a un $p < 0,05$.	51
FIGURA 12. Comparación del parámetro h° de la mermelada control con los 16 tratamientos evaluados. Tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a un $p < 0,05$.	52
FIGURA 13. Comparación del parámetro C^* de la mermelada control con los 16 tratamientos evaluados. Tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a un $p < 0,05$.	52
FIGURA 14. Sinéresis medida a las 48 horas en los 16 tratamientos realizados	55
FIGURA 15. Efecto de la combinación de ácido y edulcorante en la sinéresis a las 48 h en las 4 mezclas de gomasevaluadas. EA: edulcorante alto, EB: edulcorante bajo, AA: ácido alto, AB: ácido bajo. Mezcla de gomas GTA: sin CMC, baja povidextrona, alta premezcla, GTB: sin CMC, alta povidextrona, media baja premezcla, GTC: CMC, baja povidextrona, media alta premezcla, GTD: CMC, alta povidextrona, baja premezcla.	57
FIGURA 16. Sinéresis de la mermelada control y de los 16 tratamientos evaluados. Tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a un $p < 0,0001$.	58
FIGURA 17. Efecto de la concentración de edulcorante en la fuerza de corte y en la fuerza del gel de las 4 mezclas gelificantes evaluadas EA: edulcorante alto, EB: edulcorante bajo. Mezcla de gomas GTA: sin CMC, baja povidextrona, alta premezcla, GTB: sin CMC, alta povidextrona, media baja premezcla, GTC: CMC, baja povidextrona, media alta premezcla, GTD: CMC, alta povidextrona, baja premezcla.	60
FIGURA 18. Efecto de la concentración de ácido en la fuerza de corte y en la fuerza del gel de las 4 mezclas gelificantes evaluadas. AA: ácido alto, AB: ácido bajo. Mezcla de gomas GTA: sin CMC, baja povidextrona, alta premezcla, GTB: sin CMC, alta povidextrona, media baja premezcla, GTC: CMC, baja povidextrona, media alta premezcla, GTD: CMC, alta povidextrona, baja premezcla.	61
FIGURA 19. Efecto de la concentración de ácido en la adhesividad de las 4 mezclas gelificantes evaluadas. AA: ácido alto, AB: ácido bajo. Mezcla de gomas GTA: sin CMC, baja povidextrona, alta premezcla, GTB: sin CMC, alta povidextrona, media baja premezcla, GTC: CMC, baja povidextrona, media alta premezcla, GTD: CMC, alta povidextrona, baja premezcla.	62
FIGURA 20. Efecto de la concentración de ácido ($p = 0,0302$) y de edulcorante ($p = 0,0519$) en la elasticidad de las 4 mezclas gelificantes evaluadas. AA: ácido alto, AB: ácido bajo, EA: edulcorante alto, EB: edulcorante bajo.	62
FIGURA 21. Comparación de la elasticidad en las 4 mezclas gelificantes evaluadas, . Tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a $p < 0,05$. Mezcla de gomas GTA: sin CMC, baja povidextrona, alta premezcla, GTB: sin CMC, alta povidextrona, media baja premezcla,	

GTC: CMC, baja povidexrosa, media alta premezcla, GTD: CMC, alta povidexrosa, baja premezcla.	63
FIGURA 22. Promedios de la fuerza de corte de la mermelada control y de los 16 tratamientos evaluados. Tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a $p < 0,05$..	64
FIGURA 23. Promedios de la fuerza del gel de la mermelada control y de los 16 tratamientos evaluados. Tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a $p < 0,05$..	64
FIGURA 24. Promedios de la adhesividad de la mermelada control y de los 16 tratamientos evaluados. Tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a $p < 0,05$..	65
FIGURA 25. Gráfico de la comparación de la elasticidad de la mermelada control con los 16 tratamientos evaluados. Tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a $p < 0,05$	66
FIGURA 26. Distribución del número de consumidores en conglomerados en la evaluación de agrado de las 15 muestras de mermelada de guayaba	67
FIGURA 27. Promedios de agrado en el grupo 1 de consumidores de las 15 muestras de mermelada de guayaba. Los tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a $p < 0,05$	68
FIGURA 28. Promedios de agrado en el grupo 2 de consumidores de las 15 muestras de mermelada de guayaba. Los tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a $p < 0,05$	69
FIGURA 29. Promedios de agrado en el grupo 3 de consumidores de las 15 muestras de mermelada de guayaba. Los tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a $p < 0,05$	70
FIGURA 30. Costos variables de las diferentes formulaciones de mermelada evaluadas, para una $p < 0,05$	74

INDICE DE CUADROS

CUADRO I. Características principales de las gomas xantán, tara y CMC	14
CUADRO II. Relación entre el juicio del observador y la diferencia de color DE medida por métodos objetivos según National Bureau of Standards.	20
CUADRO III. Preparación de las formulaciones para la prueba de agrado con la escala justo correcto para la determinación de la concentración de ácido y de mezcla edulcorante de una mermelada de guayaba sin azúcar.....	30
CUADRO IV. Intensidad percibida de la acidez en los tratamientos realizados para la prueba de agrado con la escala justo correcto.	32
CUADRO V. Intensidad percibida del dulzor en los tratamientos realizados para la prueba de agrado con la escala justo correcto.	32
CUADRO VI. Tratamientos del diseño factorial para el desarrollo de una mermelada de guayaba sin azúcar.....	34
CUADRO VII. Resultados obtenidos de la comparación entre el contenido de calórico de la formulación escogida y la mermelada control con azúcar.....	76

RESUMEN

Se determinó el efecto de la concentración del edulcorante, el ácido cítrico y la mezcla gelificante sobre la textura, el color, la sinéresis y la aceptación de una mermelada de guayaba sin azúcar, por medio de un diseño factorial. Posteriormente se realizó una comparación con la mermelada de guayaba con azúcar, utilizada como referencia en todas las variables evaluadas, por medio de un diseño irrestricto aleatorio evaluando todos los tratamientos realizados.

Se generaron 16 tratamientos a evaluar en la mermelada de guayaba sin azúcar, los cuales están conformados por las variaciones en: 2 niveles (0,10 % y 0,14 %) de la concentración de mezcla de edulcorantes artificiales no calóricos (aspartame y acesulfame-k), 4 niveles de mezcla gelificante resultantes al variar los componentes: carboximetilcelulosa (CMC) (0 % y 0,5 %), povidona (8,0 % y 10,0 %) y premezcla de gomas (tara-xantán-agaroide) (4,5 %, 5,0 %, 6,5 % y 7,0 %) y 2 niveles de la concentración de ácido cítrico (0,3 % y 0,5 %).

En la determinación del color en los tratamientos evaluados, se encontró que existen interacciones significativas entre todos los factores evaluados, sólo se logró obtener tratamientos que no fueron diferentes al control en el parámetro L^* , no así en los parámetros h° y C^* .

La determinación de sinéresis mostró una tendencia a aumentar la masa exudada en el tiempo. Hubo interacción ácido*edulcorante*mezcla gelificante, es decir, los tratamientos con CMC, baja povidona y premezcla de gelificantes baja, presentaron poca exudación con respecto a, los tratamientos: sin CMC, alta povidona y premezcla de gelificantes baja, que mostraron amplias diferencias en la masa exudada al variar los niveles de concentración de ácido y mezcla de edulcorantes. Las masas exudadas en los tratamientos sin CMC, baja povidona y premezcla de gelificantes baja y con CMC, alta povidona y premezcla de gelificantes baja, mostraron cantidades intermedias de exudado.

En relación con la textura se determinó que se presentan variaciones tanto en la fuerza de corte como en la fuerza del gel, cuando hay variaciones de manera conjunta en la mezcla de gelificantes con el edulcorante, así como cuando se varía simultáneamente la mezcla de gelificantes y el ácido, las mezclas GTA y GTC presentaron las mayores fuerzas, mientras que se mostraron comportamientos variados en presencia de distintos niveles de dulzor y acidez. Al evaluar la adhesividad también se observó como se generaban variaciones, al variar de forma conjunta la acidez y el tipo de gelificante, las muestras con CMC y más ácidas fueron las más adhesivas. Con respecto a la elasticidad se observó que el ácido, el edulcorante y la mezcla gelificante ejercen un efecto individual en este parámetro, las muestras más ácidas y con menos edulcorante fueron las más elásticas. No se logró simular la elasticidad de la mermelada con azúcar pues todos los tratamientos evaluados resultaron ser significativamente diferentes. Mientras que la fuerza de corte, la fuerza del gel y la adhesividad se logró simular solo en algunos de los tratamientos que emplearon la mezcla GTB (sin CMC, alta povidona y premezcla de gelificantes baja).

Existen diferencias significativas entre los tratamientos al evaluar los costos de materia prima. Con respecto a la prueba de agrado se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, la mermelada con azúcar control fue mejor valorada en 2 de los 3 conglomerados de consumidores, la muestra de la competencia en los 3 conglomerados tuvo calificaciones inferiores a varias de las formulaciones desarrolladas. La formulación con ácido bajo y edulcorante alto, fue uno de los tratamientos mejor valorados en aceptación en los 3 conglomerados, esto unido a que la sinéresis fue intermedia, permitió escoger esta mermelada como la más adecuada en cuando a los parámetros de calidad esperados en el producto, que según la norma nacional de etiquetado se puede considerar baja en calorías.

JUSTIFICACIÓN

Muchas son las razones para que una empresa sienta la necesidad de desarrollar nuevos productos alimenticios. Cada compañía debe replantear periódicamente su estrategia en función de los requerimientos actuales y la búsqueda de necesidades insatisfechas, las cuales son la principal noción para partir, no producir para luego esperar a que aparezcan los compradores, sin saber de antemano si realmente éstos quieren el producto (Galeas & Izquierdo, 1998).

Al principio los productos de pocas calorías fueron desarrollados para diabéticos o personas con problemas de salud muy específicos, por tanto, con precios poco accesibles. Hoy en día, la demanda de los consumidores por productos de bajo contenido calórico ha aumentado considerablemente en una tentativa de disminuir o prevenir los problemas de salud, perder o estabilizar su peso, y seguir una dieta más sana. La industria de alimentos ha sido enfrentada con un nuevo desafío para satisfacer a consumidores; el desarrollo de productos con contenido calórico reducido, características sensoriales aceptables y precio competitivo (Sandrou & Arvanitoyannis 2000). Cada vez más el consumidor tiene un mayor conocimiento del papel que juegan ciertos componentes dietéticos en la prevención de enfermedades, lo que lo hace buscar productos más sanos (Sedo, 2001).

En relación con el tema de salud, desde 1997 la Organización Mundial de la Salud (OMS), declaró a la obesidad una epidemia global, considerándola una seria amenaza para la salud pública porque aumenta el riesgo de padecer enfermedades tales como, diabetes tipo II, enfermedad cardiovascular, hipertensión, ataque cardíaco y ciertos tipos de cáncer; dentro de una serie de procesos que van acompañados del deterioro en la calidad de vida de las personas (Lizano, 2005). Las tendencias del mercado de alimentos naturales siguen un rumbo hacia el desarrollo de productos con bajo índice glicémico (Sloan, 2004).

El incremento de personas que sufren de la Diabetes Melitus tipo I y Diabetes Melitus tipo II es significativo, además el número de enfermos potenciales que está en permanente aumento (Saša *et al.*, 2003). Aproximadamente 18 millones de americanos sufren de diabetes (Sloan, 2004). Por eso, los productos con la cantidad reducida de azúcar se han hecho muy populares, y para satisfacer las necesidades de estas personas, la producción industrial de productos de pocas calorías con endulzantes artificiales se ha acrecentado (Acosta *et al.*, 2008).

A nivel nacional se estima que casi el 60 % de la población se encuentra con sobrepeso y obesidad; entre 40 y 65 % de la población mayor de 20 años es sedentaria o insuficientemente activa; cerca de 25 % de la población urbana es diabética o tiene glicemia alterada y 34 % de nuestros enfermos cardiovasculares tienen diabetes; alrededor del 50 % de la población urbana tiene problema con los lípidos sanguíneos (Pacheco, 2007) y como una de las principales limitantes para tratar estos padecimientos, es que tanto hombres como mujeres, no reconocen el exceso de peso como un problema de salud real (Padilla *et al.*, 2006).

Mientras que los problemas por déficit nutricional han disminuido en la población costarricense en los últimos 10 años, los problemas por exceso de peso han aumentado en todos los grupos de edad. Este resultado es obtenido por la combinación de una serie de factores relacionados con los cambios en el estilo de vida y hábitos alimentarios de las nuevas generaciones de nuestro país. Entre los más importantes se destacan, la influencia de los medios de comunicación, la producción masiva de alimentos industrializados con altos valores energéticos y la adopción de patrones de consumo foráneos (Padilla *et al.*, 2006).

Otros factores que inciden de forma indirecta en el estado de salud de los costarricenses son la inseguridad ciudadana, la reducción de espacios abiertos para juegos y la mayor cantidad de tiempo destinado a entretenimiento sedentario como la televisión y los juegos de video. Estas condiciones han disminuido el gasto energético, que provoca a mediano y largo plazo un aumento sostenido del tamaño corporal y del peso de los individuos en todos los grupos de edad (Ulate, 2006). La causa es dada

por el desequilibrio energético que favorece la acumulación de grasa y el desarrollo de obesidad (Castillo *et al.*, 2006).

La enfermedad cardiovascular en Costa Rica cobra en promedio 6 vidas por día, lo cual representa un aumento escalonado en los últimos años, debido en su mayoría a cambios en el estilo de vida. Además, llama la atención, que factores de riesgo para enfermedades cardiovasculares como son el fumado, obesidad infantil, alcoholismo, diabetes, dislipidemia e hipertensión han mostrado un incremento en su incidencia (Castillo *et al.*, 2006).

Otro efecto que ha sido estudiado es la relación entre el consumo frecuente de azúcar y el aumento en el riesgo de padecer cáncer pancreático por inducción de hiperglicemia, aumentando la demanda de insulina, y disminuyendo la sensibilidad de insulina. En estudios realizados se ha demostrado que el consumo de azúcar era el factor exógeno más fuerte y positivamente tuvo correlación con la mortalidad de cáncer pancreático en mujeres (Larsson *et al.*, 2006).

Dada la situación anterior, se propone el desarrollo de una mermelada sin azúcar, cuyos principales beneficiados serán las personas diabéticas, o bien, las personas con un alto interés en cuidar su salud por medio de una reducción en el consumo calórico en sus alimentos. En Costa Rica, la demanda de alimentos dentro de los cuales se incluyen: los productos livianos, sin grasa, sin azúcar, sin colesterol, sin sodio, sin carbohidratos, altos en fibra, productos orgánicos y naturales, entre otros, han experimentado un aumento en los últimos años. Esta tendencia de crecimiento convierte a los productos livianos en una opción muy atractiva de comercialización para las empresas de la industria alimentaria (Lizano, 2005).

El uso de materias primas novedosas y sus interacciones permiten alcanzar la mayor similitud en relación al producto en su versión original, es decir, el producto sin la sustitución de alguno de sus componentes. Esta condición antes era imposible de lograr cuando se carecía de elementos básicos en la formulación como lo es el azúcar. La evaluación de las interacciones en distintas matrices permite determinar el comportamiento de cada componente y definir el mejor balance para obtener el

producto deseado. El aporte generado a partir de este tipo de evaluaciones es predecir el comportamiento en otras matrices alimenticias en las cuales se pueda aplicar este tipo de combinaciones (Kuntz, 1999).

Actualmente, el estudio de varios hidrocoloides y sus combinaciones ha tomado considerable atención, por la incidencia en las modificaciones de textura y espesamiento, pues se ha determinado que las propiedades reológicas y funcionales de algunos componentes son complementarias. En muchos productos especialmente los endulzados por endulzantes artificiales, los hidrocoloides como las gomas han sustituido la propiedad estructural del azúcar, por el impacto que ejercen en las propiedades reológicas, que incide directamente en la calidad del producto terminado. La propiedad en común de las gomas es impartir viscosidad o espesamiento a las dispersiones acuosas, el grado de espesamiento depende del tipo de goma y el nivel de concentración (Pasquel, 2001 & Walker, 1984).

Dos de los hidrocoloides empleados en esta investigación fueron la goma xantán y la goma tara; son conocidos los efectos sinérgicos entre la goma xantán y los galactomananos, por ejemplo la goma tara, en donde se presentan interacciones de doble hélice que atrapan agua en los espacios cerrados, con lo cual el sistema es modificado provocando un aumento de la viscosidad o gelificación (Ruiz, 2007). Además se empleó carboximetilcelulosa (CMC) y povidona, cada una con efectos comprobados en las características estructurales y reológicas de los productos; en el caso de la povidona algunas propiedades funcionales conocidas son: aportar cuerpo, textura, favorecer las reacciones de Maillard y puede ser utilizada como sustituto de grasa o azúcar; mientras que la CMC es reconocida por su efecto ligador de agua, estabilizante de emulsiones, mejorador de viscosidad y textura, ampliamente utilizada en productos no calóricos (Valencia & Milán, 2008). Con estos agentes se empleó agarose que aporta propiedades de gelificación y también imparte a los productos una brillantez similar a los colores propios del alimento (Sorokin & Arkhipova, 2009).

Los edulcorantes, por su parte, adquieren importancia gracias a la preocupación existente por enfermedades como la diabetes y otras condiciones asociadas a la salud

y al cuidado del cuerpo, que obliga a una reducción de la ingesta de azúcar, y conduce al desarrollo de una nueva gama de productos que aporten dulzura al alimento sin perjudicar la salud, entre ellos se pueden mencionar el aspartame y el acesulfame que presentan una intensidad de dulzor similar, aprobados para el consumo humano y no generan aporte calórico (Sandrou & Arvanitoyannis, 2000). Los edulcorantes no calóricos poseen un perfil sensorial que impacta fuertemente en el sentido del gusto del consumidor, se ha encontrado que tales impactos pueden ser minimizados por un descenso en el pH y la presencia de otras percepciones de sabor más duraderas (Restrepo, 2009).

Con respecto a las variables a determinar se escogieron el color, la textura, la sinéresis y el agrado. El color y la textura fueron escogidos porque son considerados parte de los atributos más importante en los alimentos, los consumidores frecuentemente miran el alimento y toman una decisión basada en la apariencia total, incluyendo el color (Duxbury, 2005). Con respecto a la sinéresis es un parámetro de calidad fundamental en los geles pues genera un fenómeno de exclusión de agua que es catalogado como un defecto (Millan *et al.*, 2002).

Las investigaciones reológicas y el análisis de las propiedades de los hidrocoloides han significado un nuevo rol para la industria de alimentos en los procesos de desarrollo de productos, diseño y evaluación de las diferentes operaciones involucradas en la elaboración de los productos. Las mediciones reológicas han sido consideradas como herramientas científicas fundamentales para la determinación de las estructuras de los alimentos. El comportamiento reológico de los productos puede correlacionarse con las propiedades sensoriales y por esto, en la aceptabilidad de los productos (Pasquel, 2001; Walker, 1984).

La oferta de productos elaborados a partir de frutas, específicamente jaleas y mermeladas, en el mercado nacional es amplia, pero en su mayoría presenta el inconveniente de poseer un alto contenido de sacarosa que para ciertos nichos de mercado es un impedimento de consumo, tal es el caso de las personas diabéticas o con tendencia a la obesidad (Pacheco, 2007). Por otro lado, existen marcas nacionales y extranjeras de mermeladas y jaleas bajas en calorías, dentro de las cuales, algunas

utilizan para su formulación pectina y fructuosa, y en otros casos utilizan pectina de bajo metoxilo con edulcorantes artificiales. El principal problema tecnológico de reemplazar el azúcar en la mermelada es su función estructural, en el caso de las soluciones de pectinas de alto metoxilo gelifican en presencia de cantidades suficientes de ácido y azúcar, pero las soluciones de pectinas de bajo metoxilo gelifican sólo en presencia de cationes divalentes (únicamente calcio grado alimenticio) (Pasquel, 2001). Sin embargo, los resultados obtenidos con pectina de bajo metoxilo mostraron un gel de poca firmeza muy distinto al producto de referencia, por tanto, no se utilizó en la investigación.

La guayaba es una fruta de origen centroamericano fácil de producir en los trópicos y subtropicos y por sus características, es una fruta extensamente utilizada en una amplia variedad de productos, entre ellos, la mermelada. La fruta de guayaba puede ser consumida fresca, procesada en forma de puré, jugo clarificado, o jugo concentrado y congelado, néctar de guayaba, jarabe de guayaba, mermelada de guayaba, jalea de guayaba, barra de guayaba, queso de guayaba y polvo de guayaba, así como guayabas enlatadas (Barrett *et al.*, 2005).

Dada la versatilidad de la guayaba y por tratarse del sabor de mayores ventas dentro de la empresa interesada en el producto será la fruta empleada en el desarrollo de la mermelada libre de azúcar. La idea es brindar un producto de buena calidad sensorial, estabilidad, buen precio y apto para diabéticos o personas que deseen cuidar su salud.

Se consideró necesario realizar la evaluación de los costos puesto que todo proceso industrial debe ser técnica y económicamente factible, además para lograr una administración racional y el mejoramiento de la productividad de toda empresa, uno de los pilares fundamentales a contemplar es el control de costos (Schmidt-Hebbel, 1990).

OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

2.1.1 Desarrollar una mermelada de guayaba sin adición de azúcar empleando gomas que produzcan geles similares a la pectina y evaluar los costos de materia prima relacionados con el producto.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.2.1 Evaluar el efecto del tipo de goma, la concentración del ácido cítrico y de una mezcla de gomas y la concentración de una mezcla de edulcorantes sobre el agrado y las características físicas de la mermelada.

2.2.2 Definir la formulación óptima de la mermelada de guayaba con base en: el agrado, el comportamiento físico, los costos variables y determinar su contenido calórico.

2.2.3 Evaluar los costos de materia prima implicados en la elaboración de las distintas formulaciones de la mermelada y comparar con los costos de una mermelada control con azúcar.

MARCO TEORICO

3.1 GENERALIDADES DE LA GUAYABA

La guayaba (*Psidium guajava L.*) es un árbol de la familia de las Mirtáceas, natal del trópico y áreas de subtrópicos (Sanjinez-Argandoña *et al.*, 2002). Crece hasta los 6 m. de altura, de tronco torcido, ramoso, de corteza lisa y parda cuyas hojas son elípticas, ásperas y gruesas, de flores blancas con muchos pétalos redondeados; sus frutos son carnosos y con numerosas pequeñas semillas, con un elevado contenido de vitamina C (196 mg / 100 g de fruta), se utiliza como remineralizante, tonificante, antiescorbútico y en muchos casos de desnutrición, debilidad y agotamiento físico. El fruto también contiene mucílagos, pectinas, lípidos, minerales como Fe, P, Ca, K, vitamina A y del complejo B (Palomino, 2006).

Al ser una fruta rica en vitamina C presenta una serie extra de beneficios, entre ellos, el realce de la absorción de hierro, la participación en el metabolismo de grasa y colesterol, además de su actividad antioxidante. Pruebas científicas recientes indican que, un mayor consumo de vitamina C es asociado con la disminución en el riesgo de padecer enfermedades crónicas como el cáncer, la enfermedad cardiovascular y cataratas, probablemente por la activación de mecanismos antioxidantes (Jawaheer *et al.*, 2003).

Se puede decir que la guayaba y sus derivados (entre ellos las mermeladas), son una fuente económica de antioxidantes (polifenoles y flavonoides). Por esta razón, el consumo de estos alimentos puede jugar un papel importante en la prevención de enfermedades relacionadas con la generación de radicales libres; como por ejemplo, el síndrome metabólico (Marquina *et al.*, 2008).

La guayaba es una fruta sumamente perecedera. En algunos países como es el caso de Brasil, se presentan cifras importantes de mermas en sus plantaciones, donde se reportan pérdidas anuales del 30 % de la producción total, por tal razón se buscan procesos alternativos para su consumo (Sanjinez-Argandoña *et al.*, 2002).

Esta fruta tropical es muy popular en diversas presentaciones, tanto su consumo fresco como para procesamiento y obtención de diversos productos como: jugo, néctar, concentrados, jaleas, bocadillos, colados y rellenos para dulces, con el fin de ampliar la duración y hacer esta fruta disponible a lo largo del año. Esta gran aceptación se debe a su valor comercial, digestibilidad, palatabilidad, sabor agradable y valor nutritivo (Medina & Pagano, 2003, Sanjinez-Argandoña *et al.*, 2002).

Si las industrias procesadoras de frutas como la guayaba han de continuar compitiendo, en el cada vez más exigente mercado internacional, deberán estimular el crecimiento de fincas comerciales con variedades previamente seleccionadas, conforme a los requisitos industriales y agronómicos (árbol vigoroso, prolífico, resistente o tolerante a condiciones adversas y que produzcan regularmente fruto) (Bonilla, 2008).

3.2 ELABORACIÓN DE MERMELADA

La elaboración de mermeladas representa una alternativa para la agroindustria, debido a que son productos de larga vida útil, lo que facilita su comercialización y almacenamiento; además su elaboración no es compleja, y requiere de poca inversión; por lo tanto, es una opción válida para los pequeños empresarios (López *et al.*, 2000).

Las mermeladas se elaboran con pulpa de fruta, que se mezcla en cierta proporción con azúcar y posteriormente sufre un proceso de cocción. La Norma del CODEX (1981) para compotas (conservas de frutas) y jaleas CODEX STAN 79-1981 define compota o mermelada como el producto preparado con un ingrediente de fruta apropiado que puede ser fruta entera, trozos de fruta, pulpa o puré de fruta; con o sin zumo (jugo) de fruta o zumo (jugo) de fruta concentrado como ingrediente(s) facultativo(s); mezclado con un edulcorante carbohidrato, con o sin agua; y elaborado para adquirir una consistencia adecuada.

La producción de mermeladas y jaleas de frutas, forma parte de uno de los grupos de alimentos más antiguo de la humanidad: los alimentos conservados. La duración de

estos productos es obtenida por medio del aumento de sólidos solubles en el alimento, esta condición se puede obtener por la combinación de la cantidad de sólidos añadidos y el tratamiento térmico aplicado. La mermelada tradicional debe alcanzar un punto final de 65 a 68 % de sólidos solubles (López *et al.*, 2000).

En el caso los productos bajos en calorías, (con sólidos solubles que alcanzan menos del 38 %, y con un pH bajo (2,6-3,6)), entre ellos las mermeladas sin azúcar, se permite el uso de preservantes como el ácido sórbico y sus sales, así como el ácido benzoico (E 210) y sus sales. Además como reemplazantes del dulzor del azúcar está permitido el uso de edulcorantes como el sorbitol, manitol, fructosa, la sacarina, acesulfame-k y el aspartame (Saša *et al.*, 2003). Por lo tanto, es necesario realizar la determinación de los componentes químicos presentes en los productos alimenticios para asegurar que se está cumpliendo con las características que posteriormente serán reportadas en el etiquetado.

Para las mermeladas, existen ciertos parámetros indispensables de considerar en el desarrollo de un producto de alta calidad, entre los que se puede mencionar una consistencia semisólida o de gel, un aspecto semitransparente o no transparente, una adecuada relación entre dulzor y acidez en la mezcla, ya sea la propia o por la adición de un ácido, color y sabor normales para el tipo o clase de fruta que entra en la composición (López *et al.*, 2000). Además la presencia de sinéresis es vista como un defecto (Saša *et al.*, 2003).

3.3 AGENTES GELIFICANTES

El estado de gel se considera como intermedio entre el estado líquido (dado que ciertos geles pueden tener hasta 99,9 % de agua) y el estado sólido (ya que su organización estructural permite mantener su forma y resistir ciertas presiones). Por tanto, el gel es un sistema difásico constituido por una red macromolecular tridimensional sólida que retiene entre sus mallas una fase líquida. El estado gel no puede ser definido por un equilibrio, ya que evoluciona en el curso del tiempo (Barboza-Cánovas & Barboza-Cánovas, 1993).

Según Arriagada (1996) la formación de un gel se logra utilizando agentes gelificantes, cuya característica común es la capacidad de pasar de un estado de sol a gel, gracias a la unión de sus cadenas, formando una matriz tridimensional inmersa en un medio líquido. Sus propiedades en consecuencia, dependen fuertemente de la interacción entre la matriz y el líquido.

La pectina de alto metoxilo es el agente gelificante por excelencia en la elaboración de jaleas y mermeladas tradicionales. En estos productos el azúcar tiene un papel predominante en la gelificación, dado que los geles formados con este tipo de pectinas requieren que un cosoluto esté presente en el medio (típicamente sacarosa en una concentración mayor al 55 %) (Thakur *et al.*, 1997).

Uno de los principales retos para la industria alimentaria ha sido el reemplazo del azúcar en sistemas de alimentos. La sustitución presenta una serie de complicaciones técnicas, debido a las múltiples funciones que posee, entre ellas el soporte estructural y la acción conservante, además del desarrollo del sabor dulce (Sandrou & Arvanitoyannis, 2000).

En el caso de las pectinas de bajo metoxilo, el mecanismo de formación de geles es totalmente distinto, ya que la unión entre cadenas se produce a través de iones de calcio, que forman puentes entre las cargas negativas. Normalmente en la producción de las mermeladas sin sacarosa se emplean pectinas de bajo metoxilo en presencia de calcio como agentes de gelificación; sin embargo, presenta una serie de complicaciones de aplicación al ser utilizada; por ejemplo, la necesidad de disolver la pectina en caliente para formar el gel. Existen otras opciones, como algunas gomas que pueden cumplir la misma función, e incluso presentan ventaja por tener un menor costo y mayor facilidad para trabajar (Barboza-Cánovas & Barboza-Cánovas, 1993).

Las gomas, son aditivos alimentarios que permiten modificar la textura en el producto final, optimizando la cohesividad, consistencia, apariencia y retención de agua (Ruíz, 2007). Sin embargo, es más común la utilización del término goma para referirse a polisacáridos poco, mucho, o nada ramificados, o sus derivados, obtenidos de plantas

o por procesamiento microbiológico (Pasquel, 2001; Walker, 1984). Estos compuestos pueden tener características hidrofílicas o hidrofóbicas, que usualmente, tienen propiedades coloidales, algunas con capacidad de producir geles en el agua fría o caliente, o bien, producen soluciones o mezclas viscosas al combinarse con el solvente apropiado. Las gomas no deben impartir aroma ni sabor a los productos en los que se emplean, pero sí inciden en su aceptabilidad ya que mejoran la textura y/o consistencia; además, debido a su complejidad, el ser humano no los puede metabolizar, por lo cual no contribuyen al valor calórico del alimento (Glicksman, 1991; Dziezack, 1991).

Otros compuestos como la povidona (E 1200), polisacárido no calórico ideal para productos orientados a la población con problemas de diabetes, que además de mejorar las características de estos productos, aumenta la cantidad de sólidos presentes, posee un índice glicémico bajo, es hipocolesterolémico, y no genera consecuencias en la salud de las personas diabéticas (Pronczuk & Hayes, 2006).

Los mecanismos de formación del gel no en todos los casos están bien definidos. Un ejemplo que ha sido determinado es el que se observa en la Figura 1, donde se muestra como se da la conformación de los enlaces empleando como agente gelificante la goma xantán.

Por medio de la medición de la textura, se puede medir el efecto de diferentes gomas. Dentro de los principales parámetros empleados para determinar el comportamiento reológico de un alimento se emplea el Análisis del Perfil de Textura (TPA) que consiste en el registro de los datos de fuerza contra tiempo de una prueba de doble compresión, la cual simula la masticación. Las pruebas de compresión se emplean de manera frecuente en la evaluación de la textura de geles. Para la realización de estos análisis se utilizan cilindros de medidas conocidas (Konstance & Holsinger, 1992).

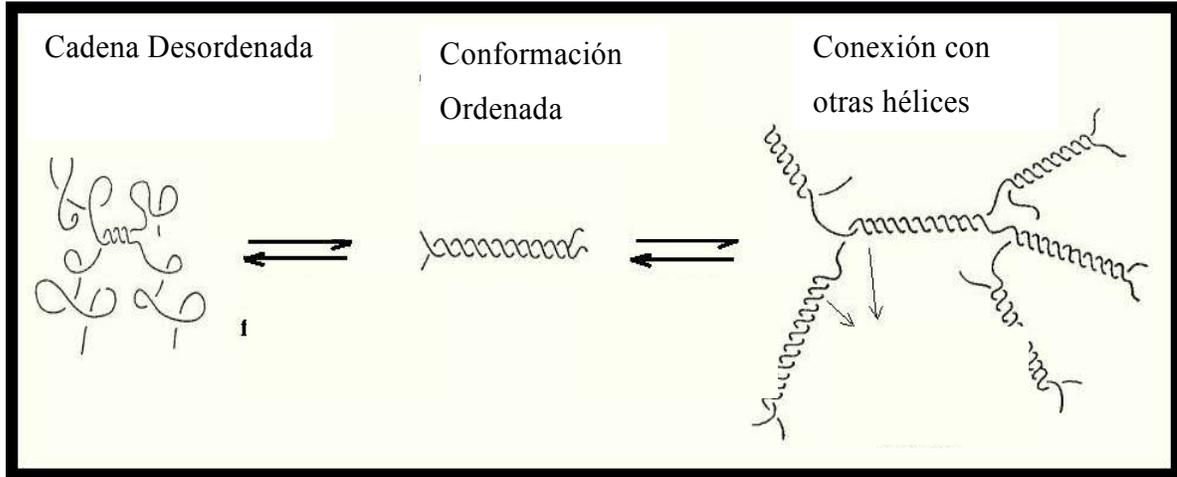


Figura 1. Formación de enlaces en goma Xantán (Ruiz, 2007).

El comportamiento que presenten las gomas en el producto final, va a depender en gran medida de las condiciones del medio. Algunas gomas presentan una alta dependencia a las condiciones de pH en la matriz alimenticia. Se puede observar mayor estabilidad de los geles formados por algunas gomas con la adición de ácidos como el ácido cítrico, ácido tartárico o ácido fosfórico. De la misma manera se puede presentar compatibilidad entre hidrocoloides que ayuda a optimizar procedimientos y desarrollar características texturizantes específicas, además generan la capacidad de controlar el agua en algunos alimentos (Mannie, 2007).

Un ejemplo concreto lo muestran la goma xantán en presencia de la goma locus bean. La goma xantán se utiliza principalmente como espesante, y la goma locus bean es utilizada para aumentar la viscosidad, ninguna por sí sola forma gel, pero en conjunto el poder de sinergia les permite gelificar (Hernández *et al.*, 2001). Al igual que la goma locus bean, la goma tara es un galactomanano que presenta el mismo comportamiento en presencia de la goma xantán, la diferencia radica en la relación D-Galactosa/ D-Manosa para la goma tara de 1:3 y para la goma locus bean de 1:4 (Williams & Phillips, 2006), con la ventaja de tener un precio menor al de la goma locus bean. En el Cuadro I se describen las principales características de las gomas empleadas en esta investigación.

CUADRO I. Características principales de las gomas xantán, tara y CMC

Goma	Composición	Fuente	Usos	Características
Xantán (E 415)	D-glucopiranososa, D-manopiranososa y ácido D-glucourónico en proporción de 2.8:3.0:2.0, Además contiene grupos acetílicos y residuos de ácido pirúvico	Producto de la fermentación de un sustrato conteniendo D-glucosa con <i>Xanthomonas campestris</i>	Estabilizante y espesante. Es muy utilizado para dar consistencia a los productos bajos en calorías empleados en dietética	Soluble en agua fría o agua caliente, poco afectada por pH y por la temperatura. Mezclada con otros polisacáridos, especialmente con la goma de algarrobo y tara, es capaz de formar geles elásticos. Comportamiento pseudoplástico. Estable en altas concentraciones de sales
Tara (E 417)	Cadena de manosas unidas entre sí por enlaces $\beta(1-4)$ con ramificaciones de unidades de galactosa unidas a las manosas por un enlace $\alpha(1-6)$ en relación 3:1	Se obtiene del endospermo de la semilla de la planta <i>Caesalpinia spinosa</i>	Sus principales usos son como espesante, estabilizante de emulsiones e inhibidor de la sinéresis en diversos productos alimenticios	Da soluciones muy viscosas con bajas concentraciones, especialmente si se mezcla con carrageninas o con la goma xantán. Dada la ausencia de grupos ionizables, su comportamiento no depende del pH, siendo estables entre pH 3,5 y 11 ya que por debajo de pH 3 pueden degradarse por hidrólisis. Soluble en agua fría.
CMC (E 466)	Polímero aniónico soluble en agua	Proveniente de la modificación química de la celulosa, sustituyendo algunos de los hidrógenos de los grupos hidroxilos, por grupos carboximetílicos	Evita la sinéresis, como fibra dietética, agente antigumoso y emulsificante	La viscosidad que puede aportar en una solución depende del grado de sustitución (número de grupos hidroxilos reactivos), grado de polimerización (largo de la cadena) y la uniformidad de sustitución a lo largo de la cadena. Estable a las variaciones de pH

(Ruiz, 2007; Barboza-Cánovas. & Barboza-Cánovas, 1993; Cándido & Campos, 1996).

3.4 EDULCORANTES

En la actualidad los consumidores prefieren alimentos bajos en calorías con sustitutos de azúcar que disminuyan el contenido calórico y permitan controlar, tanto el peso corporal como problemas de salud, por ejemplo, la diabetes o la hipoglicemia. Los sustitutos del azúcar tienen orígenes artificiales o naturales, pueden proveer una cantidad limitada o nula de calorías dependiendo de su metabolización en el cuerpo humano. Cuando se evalúa el dulzor relativo de estas sustancias se debe considerar factores como la temperatura, el valor de pH, la concentración del edulcorante, y la sensibilidad del sabor (Sandrou & Arvanitoyannis, 2000).

3.4.1 Edulcorantes Artificiales

Los edulcorantes artificiales más empleados en este tipo de productos son la sacarina, el aspartame, el acesulfame-k y los ciclamatos, estos pueden ser varias veces más dulces que la sacarosa (Kroger *et al.*, 2006).

3.4.1.1 *Aspartame*

El aspartame es un dipéptido que está conformado por el ácido aspártico y la fenilalanina (N-L-a-aspartil-L-fenilalanina-1-metil éster) (Bautista *et al.*, 2005).

El aspartame es 180 veces más dulce que la sacarosa, el valor energético es 4 kcal/g (Sandrou & Arvanitoyannis, 2000). Es utilizado en una amplia variedad de productos, como refrescos carbónicos, cereales fríos, refrescos pulverizados, gomas de mascar, sucedáneos de la leche, mezclas secas de budines y gelatinas, entre otros. El aspartame es un dulcificante de intensidad alta, usado en muy pequeñas cantidades, y puede perder su dulzor cuando es hidrolizado en altas temperaturas y condiciones de pH, fuera de su rango normal de uso (Sandrou & Arvanitoyannis, 2000).

Muy usado en distintos alimentos porque su sabor es muy similar al de la sacarosa, sin embargo se evidencia un problema de sabor residual, conocido como “after taste”,

que es descrito como un ligero sabor mentolado, provocado por la naturaleza misma de los aminoácidos constituyentes (Kroger *et al.*, 2006). Es importante que se declare en la etiqueta el contenido de aspartame debido a que puede causar problemas de salud en los individuos que sufren de fenilcetonuria (Sandrou & Arvanitoyannis, 2000).

3.4.1.2 *Acesulfame-k*

El acesulfame-k es la sal de potasio 6-metil-1,2,3-oxatiazina-4(3H)-1-2,2-dióxido, una sustancia blanca, cristalina de gusto aceptable y alta estabilidad (Bautista *et al.*, 2005). No es metabolizado por el cuerpo humano, por tanto, proporciona cero calorías. El acesulfame-k (E 950) es uno de los edulcorantes artificiales declarado como seguro por más de 500 estudios realizados en distintos productos alimenticios, tiene un poder edulcorante 200 veces mayor que el de la sacarosa y es estable al calor. Cuando el acesulfame-k es mezclado con otros edulcorantes como el aspartame (E 951), el sorbitol o la sacarina se presenta un efecto sinérgico y un perfil de dulzor más cercano al de la sacarosa (Cándido & Campos, 1996).

El Acesulfame-k en combinación con aspartame ha sido empleado satisfactoriamente en refrescos, bebidas de cacao, productos horneados, yogurt, y postres congelados (Sandrou & Arvanitoyannis, 2000).

3.4.2 Edulcorantes Naturales

Dentro de los edulcorantes naturales se encuentra la taumatina (E 957), que es una proteína extraída de una planta de África Occidental, en el organismo se metaboliza como las demás proteínas de la dieta (Serrano, 2008).

Para que tenga un sabor más próximo a la sacarosa debe mezclarse con otros edulcorantes intensos. Presenta un sinergismo con edulcorantes como glicirrizina, sacarina, acesulfame-K, algunos polioles y aminoácidos mas no con ciclamatos o aspartame (Cándido & Campos, 1996).

Se debe buscar el grado de sinergia óptimo de los edulcorantes con los acidulantes, teniendo en cuenta factores como la solubilidad en el agua, el pH, la durabilidad de la sensación ácida y dulce, la inhibición del sabor residual del edulcorante y el costo final del producto (Restrepo, 2009).

3.5 MEDICIÓN INSTRUMENTAL DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MERMELADA

Las propiedades reológicas de los alimentos tienen especial importancia para evaluar los parámetros de control de calidad en los productos finales (Álvarez *et al.*, 2006). Dentro de los aspectos más destacados de evaluar están la textura, el color o el tono dominante, y la homogeneidad de la distribución espacial del color (Roudot, 2004).

3.5.1 Medición del color

Los consumidores manifiestan una fuerte preferencia por aquellos productos de apariencia atractiva y, por supuesto, aquellos que “parecen mejores” son escogidos primero. De hecho, la apariencia y, dentro de ella, el atributo “color” es económicamente tan importante que ha dado origen a una ciencia y a toda una línea de equipamientos para lograr hacer mediciones objetivas. El uso de instrumentos son necesarios porque el ojo no puede hacer medidas cuantitativas que puedan ser reproducibles y apropiadas, con el fin de ser registradas (HunterLab, 2000).

El color es definido en el sentido físico como la distribución de energía de la luz reflejada o transmitida por un alimento en particular (Jiménez & Gutiérrez, 2001). Uno de los métodos de medición de color de más amplio uso en alimentos fue establecido por la “Comisión Internationale de L’Eclairage” (CIE), basándose en la determinación de valores triestímulo, a partir de los cuales se definía un espacio tridimensional llamado CIE Lab, que establece cada color a partir de coordenadas denominadas L^* (luminosidad), a^* y b^* , también conocidos como parámetros de color psicométricos (Manresa & Vicente, 2007).

Para la evaluación de un color la "Comisión Internationale de L'Eclairage" diseñó el círculo cromático con los colores alrededor de una circunferencia. Sobre el cual descansan dos ejes perpendicularmente entre sí a^* (coordenada cromática en el eje de las abscisas (rojo-verde), $a (+)$ = rojo, $a (-)$ = verde) y b^* (coordenada cromática en el eje de las ordenadas (amarillo-azul), $b (+)$ = amarillo, $b (-)$ = azul)). Perpendicular al plano a^*b^* y en su centro, se encuentra un eje L^* que representa la luminosidad desde el negro ($L^* = 0$, abajo) al blanco ($L^* = 100$, arriba) (Manresa & Vicente, 2007).

El C^* es el croma métrico o saturación, definido también como la pureza, mide la vivacidad del color que aumenta a medida que "a" y "b" aumentan, mientras que el punto se aleja del centro acromático y h° es la tonalidad o tono, que es la característica asociada con el nombre convencional del color (rojo, verde, amarillo, etc.), expresada como un ángulo, donde 0° es rojo, 90° es amarillo, 180° es verde y 270° es azul. En conjunto L^* , C^* y h° definen las coordenadas de un espacio cilíndrico (ver Figura 2) con los tres atributos el color luminosidad, saturación y tonalidad (Montesinos, 2003).

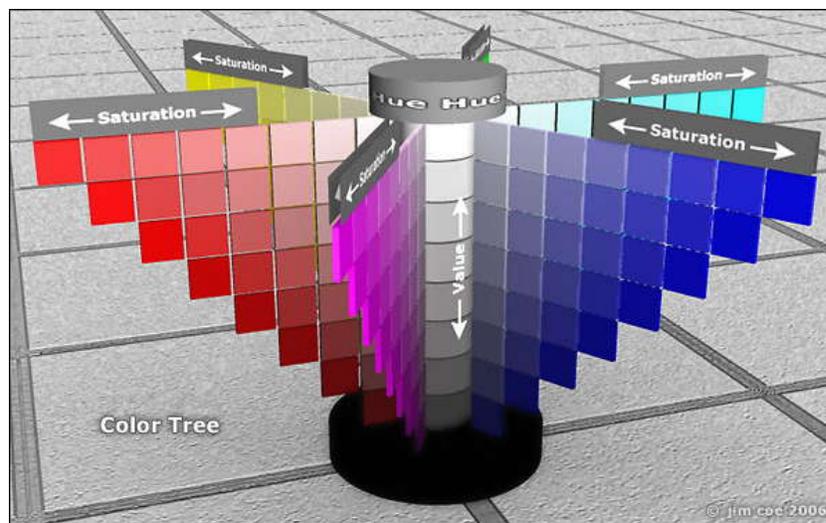


Figura 2. Espacio del color en tres dimensiones (Coe, 2006).

Los parámetros de croma y tono se calculan a partir de a^* y b^* según las fórmulas 1 y 2 respectivamente:

$$C^* = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (1)$$

$$h^\circ = \tan^{-1} (b/a) \quad (2)$$

Donde

h° : tono

b^* : valor en la coordenada "b"

a^* : valor en la coordenada "a"

C^* : Croma

Otro aspecto sobre el que se ha trabajado intensamente es en especificar la diferencia de color entre dos muestras por medio de un solo número. Resulta de extrema importancia denotar el color en forma de código o número, lo cual además de ser más preciso al eliminar gran parte de las influencias de la percepción humana, permite las comparaciones y el procesamiento estadístico (Montesinos, 2003).

Conociendo los valores CIE $L^*a^*b^*$ para dos muestras dadas se puede determinar la diferencia entre ambas y conocer cuán grande o pequeña es esa diferencia para un atributo en particular. El sistema Hunter Lab es el primero que utiliza el espacio euclidiano para determinar la diferencia de color total entre dos muestras a través del cálculo de Delta E. Sin embargo, el grado de diferencia del color (ΔE^*) en este sistema, no siempre responde al grado de diferencia de color percibida por los humanos. Por ejemplo, para un color con baja cromaticidad el ΔE^* calculado es, generalmente, menor que la diferencia de color percibida por los humanos. Las mayores diferencias se detectan en el tono y la saturación. El ojo humano detecta primero las diferencias de tono, luego las de saturación y por último las de claridad. Por tanto, el hombre acepta por lo general cambios más grandes en L que en C (matiz y saturación) (Manresa & Vicente, 2007).

El ΔE^* se calcula a partir de L^* , a^* y b^* según la fórmula 3:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3)$$

De todas formas, y comprobando siempre la aplicabilidad al caso se puede aplicar la escala de diferencias de color sensorial, hallando la diferencia de color (ΔE) mediante el método matemático de que se disponga y recurriendo a la tabla desarrollada por el National Bureau of Standards, ver Cuadro II (Manresa & Vicente, 2007).

CUADRO II. Relación entre el juicio del observador y la diferencia de color DE medida por métodos objetivos según National Bureau of Standards.

Diferencia percibida sensorialmente	Valor de ΔE (instrumentalmente)
Trazas	0 - 0.5
Ligera	0.5 - 1.5
Notable	1.5 - 3.0
Apreciable	3.0 - 6.0
Mucha	6.0 - 12.0
Extraordinaria	más de 12.0

(Manresa & Vicente, 2007).

3.5.2 Medición de la textura

La textura es una experiencia humana que surge de nuestra interacción con los alimentos, es un proceso dinámico que usualmente toma lugar en la boca, donde el alimento es masticado. La palabra textura es definida como el atributo de una sustancia resultante de la combinación de sus propiedades físicas, las cuales son percibidas por los diferentes sentidos, a pesar de que la mayoría de las respuestas texturales ocurren en la boca, los humanos perciben también por los sentidos de la visión, el tacto y el oído. Dentro de las propiedades físicas que intervienen en la percepción de la textura se incluyen el tamaño, la forma, el número, la naturaleza y la conformación estructural de los elementos constituyentes (Kälviäinen, 2002).

La realización de mediciones instrumentales es una opción que permite remplazar las mediciones sensoriales por ser un proceso más barato, eficiente y objetivo, con la ventaja de presentar una correlación significativa entre los dos tipos de mediciones. Dentro de las pruebas instrumentales se tiene las mediciones empíricas y las imitativas; las primeras determinan las propiedades físicas de los alimentos, mientras que las pruebas imitativa intentan imitar las condiciones de consumo de los alimentos.

Unas de las más conocidas pruebas imitativas en alimentos se realizan con el texturómetro, por medio de un Análisis de Perfil de Textura (TPA). Este método permite determinar las diversas propiedades texturales, entre ellas, la dureza, la cohesividad, la viscosidad, la elasticidad y la adhesividad de los alimentos (Kälviäinen, 2002).

Dentro de las propiedades texturales medidas en las mermeladas se destacan la fuerza de corte o ruptura, la fuerza del gel, la elasticidad y la adhesividad. La fuerza de corte es definida como la fuerza (en gramos fuerza, kilogramos fuerza o Newtons) necesaria para romper el gel, mientras que la fuerza del gel es la fuerza en la cual se detecta que una pequeña deformación ha ocurrido durante la penetración en el gel, la elasticidad es la distancia que se desplaza el émbolo después del contacto inicial hasta que se da la ruptura y la adhesividad es representada como el área negativa de la curva formada que da un dato de la resistencia que opone el cuerpo a la salida del émbolo (TA.XTPlus, 2006).

3.6 ANALISIS SENSORIAL

Para estimar el éxito de productos novedosos, es indispensable determinar el grado de satisfacción que pueden brindar y anticipar la aceptabilidad que tendrán por parte del consumidor (Gállinger, 1998). Las propiedades sensoriales de un producto alimenticio, determinan en gran medida el grado de aceptación que el consumidor final manifiesta hacia él. De hecho, más que el precio o el empaque, se suele recomendar un alimento por su buen sabor, apariencia o aroma (Restrepo, 2009). De aquí el valor de poder determinar las necesidades del consumidor, para poder desarrollar un producto que sea aceptado y comercializable (McDermott, 1990).

La evaluación sensorial es aquella área de la ciencia que mide, interpreta y analiza las características de los alimentos que son percibidas por medio de los sentidos: vista, gusto, olfato, tacto y oído (Gállinger, 1998).

3.6.1 Escalas Justo Correcto: Determinación de atributos óptimos

Las escalas justo correcto (“just about right”) son utilizadas para identificar si los atributos de un producto son percibidos en niveles que son demasiado altos, demasiado bajos, o más o menos lo esperado para el producto evaluado y permiten optimizar los productos por medio de mejoras en los atributos claves, al encontrar el valor ideal para los parámetros evaluados, con la ventaja de que elimina los efectos de sesgo al centrar los ámbitos de las concentraciones evaluadas (Rothman, 2009; Vickers, 1988). La percepción humana es relativa y no absoluta, es por esta razón que cuando se realiza una investigación sensorial, cada estímulo no es evaluado en aislamiento, el valor asignado a la intensidad del estímulo está determinado por la magnitud relativa de las otras intensidades del rango en el que sea presentado (McBride, 1982).

Muchas propiedades sensoriales son importantes pues resultan determinantes para que el producto sea o no atractivo para el consumidor. Una de las maneras más simples y directas para obtener retroalimentación del consumidor es preguntarles si el producto evaluado es “justo correcto” con respecto a determinada característica, o si considera tiene demasiado o muy poco de esa característica evaluada. La escala justo correcto o JAR por sus siglas en inglés (just-about-right), puede ser una herramienta efectiva en análisis de alimentos y bebidas, en donde los consumidores, además de valorar su agrado por el producto, están suministrando su evaluación con respecto a la intensidad de un atributo en cuestión (Popper & Kroll, 2007).

Al ser estas escalas empleadas usualmente con consumidores es indispensable que el atributo evaluado sea sencillo, con un referente claro y conocido.

Al realizar pruebas sensoriales existen algunos sesgos que se pueden presentar y generar resultados erróneos. En el caso específico de las pruebas justo correcto, el sesgo de mayor importancia detectado, es el sesgo de centrado. Este sesgo podría llevar a una falsa conclusión de precisar que, el punto medio del estímulo es el punto

justo correcto, cuando en realidad el valor óptimo podría ser más alto o más bajo del central (Lawless & Heymann, 1999).

El sesgo de centrado se presenta cuando los sujetos tienden a marcar el punto medio del rango de estímulo en el punto medio de la escala. Se distinguen 2 tipos de sesgo de centrado, el sesgo de estímulo centrado y el de respuesta centrada. En el primero se observa como, al presentar estímulos de diferente rango de intensidad, utilizando una misma escala, existe una tendencia a seleccionar en ambos casos, el punto medio de la escala como punto medio del estímulo. Mientras que, en el sesgo de respuesta centrada se evidencia como al presentar el mismo estímulo con diferentes escalas (por ejemplo, una de las escalas tiene un ámbito de alto a bajo, mientras que la otra va de leve a moderado, sin llegar a alto), se muestra una tendencia a marcar el punto medio de la escala como el punto medio del estímulo, sin tomar en consideración las palabras de anclaje, empleadas en el instrumento de respuesta como etiquetas verbales para guiar al panelista en el uso de la escala (Lawless & Heymann, 1999).

Además se ha encontrado que la escala ideal sufre sesgos debido al contexto, por un efecto de contraste simple, en donde la apreciación de la intensidad de una determinada muestra, varía dependiendo del patrón de referencia; de esta manera, si la muestra es comparada con otras de mayor intensidad estará por debajo del punto medio del rango de estímulo, mientras que, si la misma muestra es comparada con muestras de menor intensidad, estará posicionada arriba del punto medio del rango de estímulo Este es el efecto del ámbito de concentraciones de las muestras que se presentan de manera conjunta, que se debe a que el ser humano percibe en forma relativa, no absoluta.

Obviar estos efectos lleva a respuestas erróneas cuando se quiere establecer un valor o nivel de un ingrediente en una formulación, ya que cuando se escoge un ámbito de concentraciones a probar ya se introdujo el efecto de centrado y será improbable encontrar el “verdadero” nivel óptimo. Para evitar este efecto se desarrolló un método para calcular la concentración que corresponde al centro de la escala ideal (Lawless & Heymann, 1999).

Para eliminar esta condición se diseñó un método que emplea una evaluación de diferentes rangos de intensidad y mediante interpolación de los resultados de las medias obtenidos en las series de estímulos evaluados, al utilizar la misma escala de justo correcto, los valores son cruzados y se obtiene el nivel justo correcto real o imparcial (McBride, 1982).

El análisis de las escalas justo correcto puede presentar algunos problemas. El más importante es el no examinar las distribuciones de respuesta para ver si son simétricas y presentan las mayores frecuencias. Es deseable que los sets de respuestas sean centrados en el óptimo y además sean simétricos, además con bajas frecuencias en los extremos de la serie. Se podría generar fácilmente una interpretación errónea de los resultados solo con tomar en cuenta la media, generándose una falsa impresión de que el producto estuvo cerca o lejos del óptimo (Lawless & Heymann, 1999).

3.6.2 Prueba de Agrado General

El análisis sensorial suple la demanda insatisfecha de los fabricantes de alimentos a la hora de determinar cuáles son las necesidades del consumidor. Por medio de pruebas de agrado y aceptación se logra conocer la percepción del consumidor ante el producto (Sebriano, 2009).

La evaluación sensorial con paneles de consumidores generalmente se realiza sobre el final del ciclo de desarrollo o re-formulación de un producto. Un elevado número de consumidores prueba el producto y responde si le gusta o si lo prefiere sobre otro(s), basándose siempre en las propiedades sensoriales (DESA, 2007).

3.6.2.1 Identificación de segmentos

Para evitar analizar en un solo grupo los datos de consumidores con distintas preferencias, es recomendable realizar una comparación de frecuencias, para identificar

segmentaciones se emplea el análisis de “clusters” o grupos. La base de esta técnica es determinar similitudes entre las observaciones realizadas por parte de los consumidores. Para realizar las mediciones de los datos obtenidos se emplea la distancia Euclídeana. La distancia Euclídeana entre dos puntos es la distancia en línea recta y se puede calcular a partir del teorema de Pitágoras. La distancia Euclídeana entre los datos de dos vectores mide la similitud entre ellos, en el sentido de que entre más pequeño es el valor del coeficiente, más similares se asume que son los vectores. Por tanto, la idea es agrupar en clusters datos similares de vectores (McEwan *et al.*, 1998).

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 UBICACIÓN

El proyecto se realizó en los laboratorios de química y análisis sensorial de alimentos de la Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica, Sede Rodrigo Facio.

4.2 MATERIAS PRIMAS

Para la elaboración de la mermelada se empleó:

- Pulpa de guayaba (*Psidium guajava*)
- Premezcla (goma tara, goma xantán y un agaroide)
- Polidextrosa
- Carboximetilcelulosa (CMC)
- Mezcla aspartame-acesulfame (A-A) en partes iguales
- Ácido cítrico y ácido benzoico, colorantes rojo 40 y caramelo

4.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA MERMELADA

En la Figura 3 se muestra el flujo de proceso para la elaboración de mermelada, mediante una formulación base propuesta por los proveedores de las materias primas. Se procede inicialmente a mezclar en frío los agentes gelificantes, adicionar lentamente el agua y posteriormente la fruta.

Se mantiene la agitación hasta que los ingredientes estén totalmente dispersos. Se pasteuriza la mezcla a una temperatura de 85° C durante 5 minutos. Luego se adiciona el benzoato de sodio como preservante (0,1 %), la mezcla de edulcorantes, se agita y después se agrega el ácido cítrico en una disolución acuosa al 50 % (m/m).

El producto se empaca en caliente en cremeras de poliestireno de 300 o 100 gramos de capacidad, se almacena a temperatura ambiente, se refrigera después de abierto.

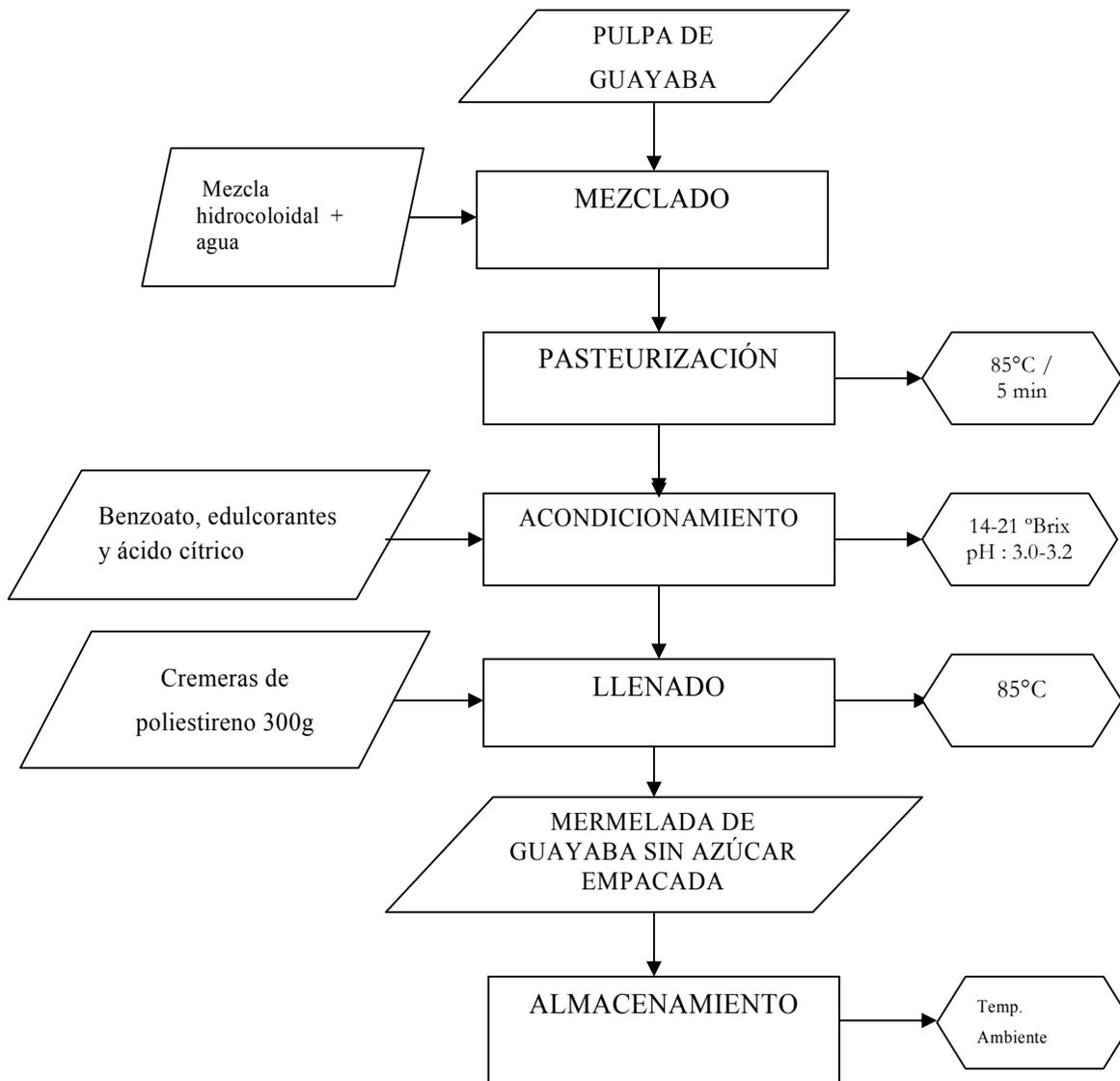


Figura 3. Flujo de proceso para la elaboración de mermelada de guayaba sin azúcar

4.4 PRUEBAS PRELIMINARES

4.4.1 Determinación de mezcla de gelificantes

Se realizaron pruebas para determinar cuáles agentes gelificantes o espesantes se emplearían para elaborar las mermeladas, manteniendo constantes, el nivel de pulpa de guayaba, edulcorantes artificiales y ácido. Se utilizó como gelificante almidón de maíz modificado con maltodextrinas. Con este gelificante se obtenía un producto con coloración blanquizca, falta de brillo, firmeza y consistencia similar a un atol.

Nuevamente se elaboraron mermeladas, en esta ocasión se utilizó una premezcla de gomas: xantán, tara y un agaroides, preparada por un proveedor, la cual dio buenos resultados, sin embargo, aún carecía de brillo y mayor fuerza. Por tal razón, posteriormente se evaluó la utilización de povidona y CMC, se observaron diferencias en el brillo, el grado de gelificación y la consistencia, al utilizar o no, cada uno de estos 2 componentes. En total se evaluaron 3 componentes, es decir la premezcla, la povidona y el CMC, los cuales se combinaron en diferentes proporciones, por el método de prueba y error. De aquí se obtuvieron los niveles de mezcla gelificante, de CMC y de povidona para la siguiente prueba.

Con los agentes gelificantes definidos (premezcla de gomas xantán-tara-agaroides, povidona y CMC), la concentración de edulcorante 0,14 % y ácido 0,5 %, se realizaron pruebas variando la cantidad de fruta para determinar diferencias en la intensidad del sabor a fruta (manteniendo como mínimo 45 % fruta, según lo estipula la Norma del CODEX (1981) para compotas (conservas de frutas) y jaleas CODEX STAN 79-1981. A nivel de un panel informal con 10 panelistas no se encontraron mayores diferencias en la percepción del sabor a fruta, por lo que se decidió utilizar una única concentración de 45 % pulpa de fruta.

4.4.2 Determinación de los edulcorantes a utilizar

En relación con los edulcorantes, la propuesta inicial era realizar una comparación entre edulcorantes no calóricos naturales y artificiales; la taumatina como edulcorante natural y una mezcla de aspartame y acelsulfame-k como artificiales (no se consideró la sucralosa por razones de precio). Las pruebas preliminares realizadas mostraron resultados poco favorables para la taumatina, debido a que el dulzor percibido en las mermeladas era muy poco intenso. Estas pruebas se llevaron a cabo por medio de una prueba afectiva con 10 personas donde, junto con la evaluación del agrado, los participantes emitían su opinión de los productos, en aspectos como sabor, color y apariencia. En general, se percibió muy poco el sabor dulce y fue de poco agrado, por lo que se decidió emplear únicamente la mezcla de aspartame y acesulfame-k, en dos concentraciones distintas. Además se encontró que la acidez de la mermelada en relación con la concentración de los edulcorantes influía directamente sobre el agrado general, según los comentarios recibidos del grupo de personas que probaron las muestras. Por esta razón, se incluyó la acidez de la mermelada dentro de las variables a evaluar en los tratamientos, expresada como ácido cítrico en dos concentraciones.

4.4.3 Determinación de los lotes a realizar

Para determinar el número de lotes requeridos en las pruebas físicas, se realizaron ensayos preliminares empleando 15 lotes distintos de mermelada de guayaba tradicional (con azúcar) para las mediciones de color, y 10 lotes para la prueba de sinéresis. Se determinó la variación mínima para analizar los resultados, utilizando el valor menor y mayor (Δ), se calculó la desviación estándar (σ) para sinéresis y color. Se obtuvo respectivamente los siguientes resultados ($\sigma= 0,95$ y $1,96$) y ($\Delta=3$ y $6,35$). Por medio de la relación Δ/σ y haciendo uso de la tabla de Netter *et al.* (1990), se obtuvo en ambos casos el mismo número de repeticiones, que corresponde a 4 lotes, para un α de 5 % y una potencia del 80 %.

4.5 DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE MEZCLA DE EDULCORANTES Y ÁCIDO A UTILIZAR

Se utilizó como base para la mermelada los siguientes ingredientes: 45 % pulpa de guayaba, 3 % premezcla de gomas, 0,5 % CMC, 11,5 % polidextrosa y 39 % agua, esta última varió según las proporciones de edulcorante y ácido, los cuales en conjunto no sobrepasaron el 1 %. Para la determinación de las concentraciones de edulcorante y ácido se emplearon pruebas de agrado aplicando una escala justo correcto (J.A.R. por sus siglas en inglés) con 5 categorías (Apéndice G.1). Esta escala se transformó a números de la siguiente forma: un valor de 1 en extremadamente poco dulce o extremadamente poco ácido, hasta un valor de 5 en extremadamente dulce o extremadamente ácido, designándose 3 como el punto justo correcto de ambos factores.

En el Cuadro III se presentan las combinaciones que se presentaron para hacer el estudio. Las concentraciones se definieron en el caso del edulcorante por recomendación de la casa fabricante de 0,07 % a 0,14 % de edulcorante en relación con el total de producto. Mientras que el ácido se empleó en un rango de 0,25 % a 0,75 %, según concentraciones utilizadas en productos similares, utilizando como referente un máximo de 1,0 % (Comisión Venezolana de Normas Industriales, 1989).

CUADRO III. Preparación de las formulaciones para la prueba de agrado con la escala justo correcto para la determinación de la concentración de ácido y de mezcla edulcorante de una mermelada de guayaba sin azúcar.

Tratamiento	Código	Concentración de mezcla edulcorante (%)	Concentración de ácido cítrico (%)
1	EE1-AC1	0,07	0,25
2	EE1-AC2	0,07	0,50
3	EE1-AC3	0,07	0,75
4	EE2-AC1	0,10	0,25
5	EE2-AC2	0,10	0,50
6	EE2-AC3	0,10	0,75
7	EE3-AC1	0,14	0,25
8	EE3-AC2	0,14	0,50
9	EE3-AC3	0,14	0,75

*EE: Edulcorante, AC: ácido

Estas muestras se organizaron en 2 grupos diferentes, uno para evaluar dulzor y otro para evaluar acidez; se evaluaron 3 sets de 3 muestras para el sabor ácido (Cuadro IV) y luego 3 sets de 3 muestras para el sabor dulce (Cuadro V).

Normalmente, en las escalas JAR se trabaja con distintas concentraciones para evitar los sesgos de centrado y ámbitos de concentraciones, sin embargo, en este caso al presentarse el efecto de enmascaramiento entre el sabor ácido y el dulce, la prueba se efectuó con base en la intensidad de percepción de ambos sabores. Para definir las intensidades altas de dulzor se empleó la concentración más baja de ácido (ya que el enmascaramiento del dulzor por el ácido a baja concentración es bajo) y se varió la concentración de edulcorante en 3 niveles; luego para definir las intensidades medias de dulzor, se subió la concentración de ácido (enmascaramiento medio) y se usaron las mismas 3 concentraciones de edulcorante. Finalmente, se empleó la concentración de ácido más alta (enmascaramiento alto) y las mismas 3 concentraciones de edulcorante, generando las intensidades de dulzor bajas. Para la acidez se hizo lo mismo, manteniendo una concentración de edulcorante fija y variando la concentración de ácido, en cada grupo de intensidades.

Las muestras se presentaron en 3 sets de forma aleatoria, conformado cada uno por las 3 intensidades evaluadas en cada parámetro para acidez y luego para dulzor. Entre cada set se les dio un descanso de 5 minutos.

CUADRO IV. Intensidad percibida de la acidez en los tratamientos realizados para la prueba de agrado con la escala justo correcto.

PERCEPCIÓN DE LA ACIDEZ		
SET 1: Ámbito alto	SET 2: Ámbito medio	SET 3: Ámbito bajo
Acido Bajo=0,25 % Edulcorante Bajo=0,07 %	Acido Bajo=0,25 % Edulcorante Medio=0,10 %	Acido Bajo=0,25 % Edulcorante Alto=0,14 %
Acido Medio=0,50 % Edulcorante Bajo= 0,07 %	Acido Medio=0,50 % Edulcorante Medio=0,10 %	Acido Medio=0,50 % Edulcorante Alto=0,14 %
Acido Alto=0,75 % Edulcorante Bajo=0,07 %	Acido Alto=0,75 % Edulcorante Medio=0,10 %	Acido Alto=0,75 % Edulcorante Alto=0,14 %

CUADRO V. Intensidad percibida del dulzor en los tratamientos realizados para la prueba de agrado con la escala justo correcto.

PERCEPCIÓN DEL DULZOR		
SET 1: Ámbito alto	SET 2: Ámbito medio	SET 3: Ámbito bajo
Acido Bajo=0,25 % Edulcorante Bajo=0,07 %	Acido Medio=0,50 % Edulcorante Bajo=0,07 %	Acido Alto=0,75 % Edulcorante Bajo=0,07 %
Acido Bajo=0,25 % Edulcorante Medio=0,10 %	Acido Medio=0,50 % Edulcorante Medio=0,10 %	Acido Alto=0,75 % Edulcorante Medio=0,10 %
Acido Bajo=0,25 % Edulcorante Alto=0,14 %	Acido Medio=0,50 % Edulcorante Alto=0,14 %	Acido Alto=0,75 % Edulcorante Alto=0,14 %

4.5.1 Análisis de datos

Se empleó un análisis de conglomerados utilizando el método de distancias Euclidianas de Wart, posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) a cada uno de los conglomerados encontrados en la prueba de agrado con la escala justo correcto, para determinar si existían diferencias significativas entre las 9 intensidades para la acidez y el dulzor dentro de cada conglomerado.

Para la determinación de las concentraciones de ácido y edulcorante ideales no se pudo utilizar el método de graficación empleado usualmente con las escalas de justo correcto o método de Poulton (Mc Bride, 1982), que define al punto de intercepción entre la curva ideal y la real, como la concentración ideal corregida para los errores de centrado y ámbito de concentraciones. Esto debido a que por el efecto de enmascaramiento entre el dulzor y la acidez se usaron las mismas concentraciones de edulcorante o de ácido para los 3 niveles de intensidades de dulzor o acidez por lo que al hacer la gráfica no se logró obtener el intercepto entre las 2 curvas.

Para cada conglomerado se hizo un análisis de frecuencias de las categorías de la escala para los 9 productos evaluados agrupados en cada set de intensidades de cada atributo (Lawless & Heymann, 1999).

4.6 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE EDULCORANTE, ÁCIDO Y LA MEZCLA GELIFICANTE SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA MERMELADA

Para determinar el efecto de la concentración del edulcorante, del ácido y la composición de la mezcla de agentes gelificantes se empleó un diseño factorial de 3 factores (concentración de edulcorante, concentración del ácido, concentración y composición de la mezcla de gomas), como se muestra en el Cuadro VI. En el caso del edulcorante, compuesto por una mezcla a partes iguales de aspartame y acesulfame-k, se evaluaron 2 concentraciones distintas que representan los 2 niveles

(0,1 % y 0,14 %). La concentración de ácido se evaluó en 2 niveles (0,3 % y 0,5 %). Los niveles de ácido y edulcorante se escogieron con base en la sección anterior. La concentración de premezcla de gomas compuesta por tara-xantán-agaroide (7,0 %, 6,5 %, 5,0 % y 4,5 %) en conjunto con la variación de la CMC (0 y 0,5 %) y povidexrosa (8 % y 10 %) representaron los 4 niveles a evaluar en la mezcla gelificante, manteniendo siempre un 15 % de la formulación. En total el modelo generó 16 tratamientos a evaluar.

CUADRO VI. Tratamientos del diseño factorial para el desarrollo de una mermelada de guayaba sin azúcar.

Tratamiento	Código	Agentes Gelificantes (Factor GT)			Concentración Edulcorante	Concentración Ácido
		Concentración CMC	Concentración Povidexrosa	Concentración Premezcla		
1	GTA-EB-AA	0	8	7,5	0,10	0,5
2	GTB-EB-AA	0	10	5,0	0,10	0,5
3	GTC-EB-AA	0,5	8	6,5	0,10	0,5
4	GTD-EB-AA	0,5	10	4,5	0,10	0,5
5	GTA-EA-AA	0	8	7,0	0,14	0,5
6	GTB-EA-AA	0	10	5,0	0,14	0,5
7	GTC-EA-AA	0,5	8	6,5	0,14	0,5
8	GTD-EA-AA	0,5	10	4,5	0,14	0,5
9	GTA-EB-AB	0	8	7,0	0,10	0,3
10	GTB-EB-AB	0	10	5,0	0,10	0,3
11	GTC-EB-AB	0,5	8	6,5	0,10	0,3
12	GTD-EB-AB	0,5	10	4,5	0,10	0,3
13	GTA-EA-AB	0	8	7,0	0,14	0,3
14	GTB-EA-AB	0	10	5,0	0,14	0,3
15	GTC-EA-AB	0,5	8	6,5	0,14	0,3
16	GTD-EA-AB	0,5	10	4,5	0,14	0,3

Considerando los resultados que se obtuvieron en las pruebas preliminares (sección 4.4.1), se observó que la povidexrosa tenía un impacto sobre la apariencia y que la concentración de CMC tenía impacto sobre la sinéresis. Luego de definir la concentración ideal de edulcorante y ácido (sección 4.5) se elaboraron muestras con estos niveles, variando povidexrosa y CMC. Se utilizó 8 % y 10 % de povidexrosa y 0 y 0,5 % de CMC en un diseño factorial. Con un panel informal se evaluaron estas muestras y se encontró que se sentían poco dulces y muy ácidas, por lo que fue

necesario incluir de nuevo variaciones en estos factores. Se escogió 0,3 % y 0,5 % debido a que para sensaciones altas de acidez en el justo correcto se encontró valores de ácido cítrico 0,25 - 0,50 % y como ideales y se dejaron los niveles de dulzor, que eran los más altos que se escogieron como ideales.

El número de lotes, 4 en total, requeridos para realizar las pruebas físico-químicas fue definido en las pruebas preliminares (ver sección 4.4.3).

Las variables respuesta fueron: grado de sinéresis, los parámetros L^* , h° y C^* para el color, los parámetros fuerza de corte, fuerza del gel, adhesividad y elasticidad para la textura, y por último el agrado general.

También se evaluó en la mermelada de guayaba con azúcar (referencia o control) que actualmente es comercializada por la empresa interesada en el desarrollo, los parámetros de textura, color, sinéresis y agrado general; para esta última evaluación también se incluyó una mermelada de guayaba sin azúcar que se comercializa en el mercado, para ser utilizada como otro punto de comparación, dentro de la categoría de mermeladas que se quisieron elaborar, es decir, baja en calorías.

Para la realización de la prueba de agrado general se decidió eliminar los tratamientos 6, 10 y 14, debido a que en la determinación del grado de sinéresis se encontró que estos tratamientos mostraban alta sinéresis, es decir, presentaron poca estabilidad con respecto a los demás tratamientos.

4.6.1 Análisis estadístico de los datos

Para el análisis de los resultados obtenidos en las pruebas instrumentales se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para el diseño factorial, con el fin de medir el efecto de los agentes evaluados sobre la sinéresis, el color y la textura. La evolución de la sinéresis a lo largo del tiempo se analizó por medio de un análisis de regresión.

Para poder comparar los tratamientos contra la mermelada control con azúcar se utilizó un diseño irrestricto aleatorio (con 17 tratamientos) y se aplicó un ANDEVA a los parámetros de textura, color y sinéresis. En los análisis de varianza donde se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) se aplicó la prueba tukey para comparación de medias.

Para la prueba de agrado general se empleó un diseño irrestricto aleatorio (con 15 muestras, 13 de los 16 tratamientos evaluados, la mermelada control con azúcar y la mermelada de la competencia sin azúcar) al que se le hizo un análisis de conglomerados utilizando el método de Wart de distancias Euclidianas. También se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) a cada uno de los conglomerados, para determinar si existían diferencias significativas en las respuestas sobre el valor de agrado, dado por los consumidores a las distintas muestras evaluadas.

4.7 DEFINICIÓN DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA DE LA MERMELADA BAJA EN CALORÍAS

Se escogió la formulación que presentó la mejor relación entre los factores evaluados, aceptación, grado de sinéresis, color y textura.

4.8 DETERMINACIÓN DE COSTOS DE MATERIA PRIMA

En todos los lotes de cada uno de los tratamientos de mermeladas elaborados (Cuadro VI) y la mermelada de referencia con azúcar se determinó los rendimientos, así como se estimó los costos en términos de materias primas, con el fin de compararlos. La información referente a los costos directos de la materia prima se solicitó mediante cotización a los distintos proveedores.

De la misma manera se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar si existían diferencias significativas entre los costos de las formulaciones elaboradas y la mermelada control.

4.9 MÉTODOS DE ANÁLISIS SENSORIALES Y FÍSICOQUÍMICOS

4.9.1 Pruebas sensoriales

Para las pruebas sensoriales realizadas los panelistas se reclutaron en los alrededores de la Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica, Sede Rodrigo Facio.

4.9.1.1 *Prueba de agrado usando una escala justo correcto*

La evaluación fue realizada por 60 consumidores regulares de productos con sustitutos de azúcar, 37 mujeres y 23 hombres, quienes probaron las formulaciones con diferentes concentraciones de edulcorantes artificiales y de ácido definidas por medio de las pruebas preliminares.

Para cada prueba se presentaron 3 sets de muestras, cada set constó de 3 muestras con 3 concentraciones distintas. Un set fue de intensidades bajas, otro de intensidades medias y el tercero de intensidades altas de acidez o de dulzor. Se realizó este tratamiento para determinar las concentraciones de mezcla de edulcorantes y las concentraciones de ácido. Se empleó luz blanca. Se les preguntó en cada prueba cuánto les gustaba el factor evaluado en cada caso (acidez o dulzor) de las muestras y las evaluaron con la escala justo correcto (Apéndice G.1).

4.9.1.2 *Prueba de agrado general*

Para determinar la formulación óptima se realizó una prueba de agrado general, el criterio de escogencia de los consumidores fue el consumo regular de mermeladas. Las muestras se presentaron en forma aleatoria y balanceada, empleando luz blanca, se utilizó una escala hedónica híbrida de diez centímetros (Apéndice G.2). Participaron 100 consumidores de mermeladas, entre ellos estudiantes y funcionarios reclutados en los alrededores de la Universidad, en total 64 mujeres y 36 hombres.

Cada persona evaluó 13 de las 16 las formulaciones desarrolladas, además la mermelada tradicional presente en el mercado (utilizada como el control con azúcar) y una mermelada de guayaba sin azúcar que se comercializa en el mercado. Las muestras se presentaron solas, sin ningún acompañamiento. Se sirvieron en 5 sets de muestras, las 13 formulaciones desarrolladas, se presentaron en los 3 primeros sets, repartidas en dos sets de 4 muestras y un set de 5 muestras, posteriormente se presentó individualmente la muestra de mermelada con azúcar, y por último la muestra de la competencia. Se enjuagaron entre muestras con agua que fue expectorada.

4.9.2 Determinaciones físicas:

4.9.2.1 Medición de textura.

La medición de la textura se hizo por medio de 4 variables que se emplean tradicionalmente para caracterizar a los geles, como son: la fuerza de corte, la fuerza del gel, la elasticidad y la adhesividad de la mermelada, para lo cual se empleó el texturómetro TA-XTPlus. Se utilizó como modelo base el macro para medición de textura en mermeladas, haciendo uso del modo de medición de fuerza por compresión empleando el cilindro de radio (P/1R) de 2 cm de diámetro, con una velocidad de 3mm/s antes de la prueba, una velocidad de prueba de 2 mm/s y una velocidad después de la prueba de 10mm/s, con una distancia de penetración de 15 mm, una fuerza de carga de 50 Kg.

4.9.2.2 Medición del color.

El color de las mermeladas (parámetros L^* , a^* y b^*) se midió empleando el colorímetro ColorFlex, en la escala de CIELAB, colocando en la cubeta 50 gramos de muestra. A partir de estos valores se calcularon los valores de h° y C^* .

4.9.2.3 Medición de la sinéresis.

Para realizar las mediciones de sinéresis en las distintas formulaciones, se empleó una adaptación del método de determinación de sinéresis expuesto por Cpkelco y utilizado por Acosta (2004). Se midió, por triplicado, a los 4 lotes de las 16 formulaciones desarrolladas, el porcentaje de masa exudado para cada muestra, en 5 tiempos distintos: 0, 12, 24, 36 y 48 horas después de colocada la muestra en un embudo con una combinación de malla metálica con un tamaño de apertura de 5 mm como soporte rígido y una malla de jardinería polimérica suave con un tamaño de apertura de 1mm, con el fin de ver la evolución de la sinéresis después de haberse roto el gel. Preliminarmente, se realizaron ensayos para definir el grosor y tipo de la malla a utilizar como medio de separación. Las muestras fueron almacenadas por un tiempo máximo de 3 semanas.

4.9.3 Determinaciones químicas:

Se realizó un análisis químico proximal de un lote de la formulación óptima del producto para estimar el contenido presente de los principales componentes y calcular el contenido calórico del producto.

4.9.3.1 *Determinación de sólidos totales.*

Se determinó el contenido de sólidos totales según el método 920,151 de la AOAC (1990).

4.9.3.2 *Determinación de sólidos solubles.*

Se determinó el contenido de sólidos solubles (grados Brix) según el método 932.12 de la AOAC (1990).

4.9.3.3 *Determinación de la acidez*

Se determinó la acidez expresada como ácido cítrico según el método 953.08 de la AOAC (1990).

4.9.3.4 Determinación de proteína

Se determinó la proteína presente en la mermelada según el método 920,152 de la AOAC (1990).

4.9.3.5 Determinación de grasa

Se determinó la grasa presente en la mermelada según el método de la 941.26 AOAC (1990).

4.9.3.6 Determinación de carbohidratos

Se determinó los carbohidratos presentes en la mermelada por diferencia de los demás análisis a realizar.

4.9.3.7 Determinación del contenido energético

Se determinó por sumatoria el contenido energético presente en la mermelada. Los factores de conversión establecidos para cada macrocomponente (carbohidratos: 4 kcal/g; grasa: 9 kcal/g; proteína: 6 kcal/g) fueron tomados de las Directrices sobre el Etiquetado Nutricional: CAC/GL 2-1985 del CODEX ALIMENTARIUS (1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 DEFINICIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE ÁCIDO Y EDULCORANTE

En la determinación de la concentración de ácido y de mezcla edulcorante a emplear en la mermelada, por medio de la medición del agrado, utilizando una escala justo correcto, se encontró que, tanto para la acidez como para el dulzor, se formaron 2 grupos o conglomerados de consumidores que evaluaron las formulaciones en forma diferente (ver Apéndice A.1 y A.2).

En la evaluación del dulzor, el grupo mayoritario estaba conformado por 45 personas, mientras que el segundo grupo constó de 15 personas (Ver Apéndice A.3).

En el conglomerado 1 (45 personas) se encontró que las formulaciones más cercanas al punto ideal del agrado fueron 0,14 % para los 3 sets de dulzor (ver Figura 4a) Se escoge la distribución centrada en el óptimo y simétrica (Lawless & Heymann, 1999) . Estas combinaciones de ácido y concentración de edulcorante, demostraron efecto de enmascaramiento del dulzor por la acidez, ya que siempre se escogió la mayor concentración de edulcorante sin importar la acidez. Para definir las concentraciones que corresponden a los valores evaluados en el punto justo correcto, además de tomar la barra de mayor altura, se requiere que las gráficas sean simétricas, es decir, que las barras muestren un comportamiento Gaussiano.

Con respecto al conglomerado 2 (15 personas) se mostró que en general percibió todas las formulaciones como poco dulces y, por tanto, para este grupo no hubo una combinación ideal de edulcorante y ácido (ver Figura 4b). Es decir, que se confirma que la proporción edulcorante/ácido debe de tomarse en cuenta, ya que este grupo encontró el dulzor de las muestras demasiado bajo para que les guste .

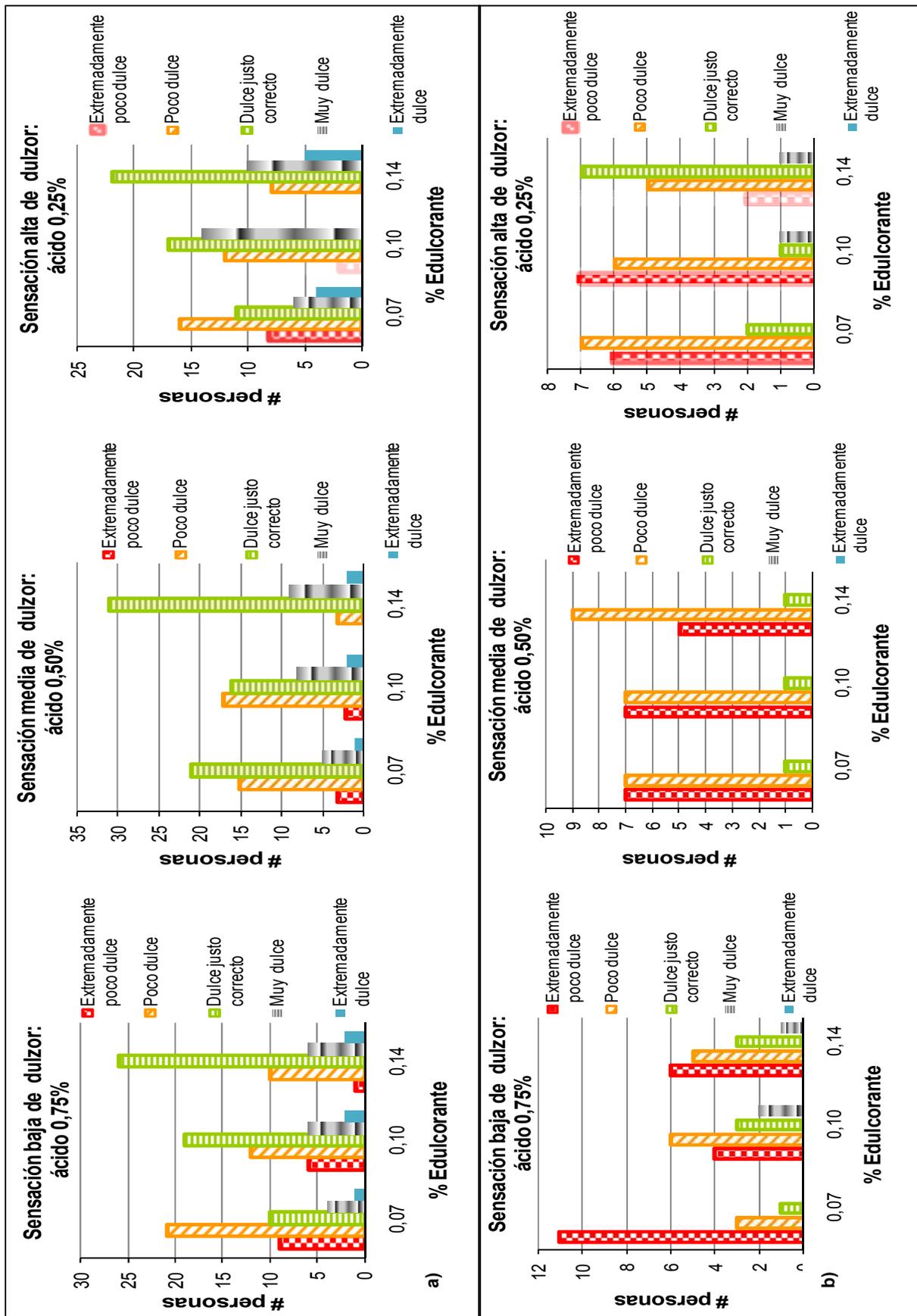


Figura 4. Distribución de resultados en la determinación del agrado del dulzor empleando la escala justo-correcto para las 3 sensaciones evaluadas.

Clúster 1 Figura a), clúster 2 Figura b)

En la evaluación de la acidez mediante la escala de justo correcto o ideal, también se demostró la existencia de dos grupos claramente definidos. El primer grupo estaba conformado por 32 personas y el otro por 28 personas (ver Apéndice A.4).

En la Figura 5a se observa como en el conglomerado 1 de acidez (32 personas) la concentración de ácido cítrico alta, 0,75 % para los sets de sensación media y alta de ácido, fue el ideal. Mientras que en la Figura 5b se muestra que, el conglomerado 2 de acidez (28 personas) valoró el punto ideal de acidez en 0,50 %, para los sets de sensación baja y alta de acidez, y 0,25 % para el set de sensación media. Este grupo de consumidores buscó un balance entre el dulzor y la acidez donde se percibió la acidez no muy fuerte, ya que en las concentraciones bajas de edulcorante el enmascaramiento de la acidez fue menor.

Se observó como se preferían las concentraciones de ácido altas, pero con un aumento en la concentración del edulcorante, de manera que la percepción ácida disminuía, demostrando que existe una proporción ácido/edulcorante que genera un balance entre acidez y dulzor, que fueron los de mayor agrado en este grupo de consumidores. En investigaciones anteriores se ha encontrado este efecto, por ejemplo Sousa *et al.*, (1997) realizaron un estudio en jaleas, en donde se encontró que a niveles altos de acidez el dulzor percibido era menor. De la misma manera Restrepo (2009) evidenció que el gusto generado por los edulcorantes puede ser minimizado por un descenso en el pH.

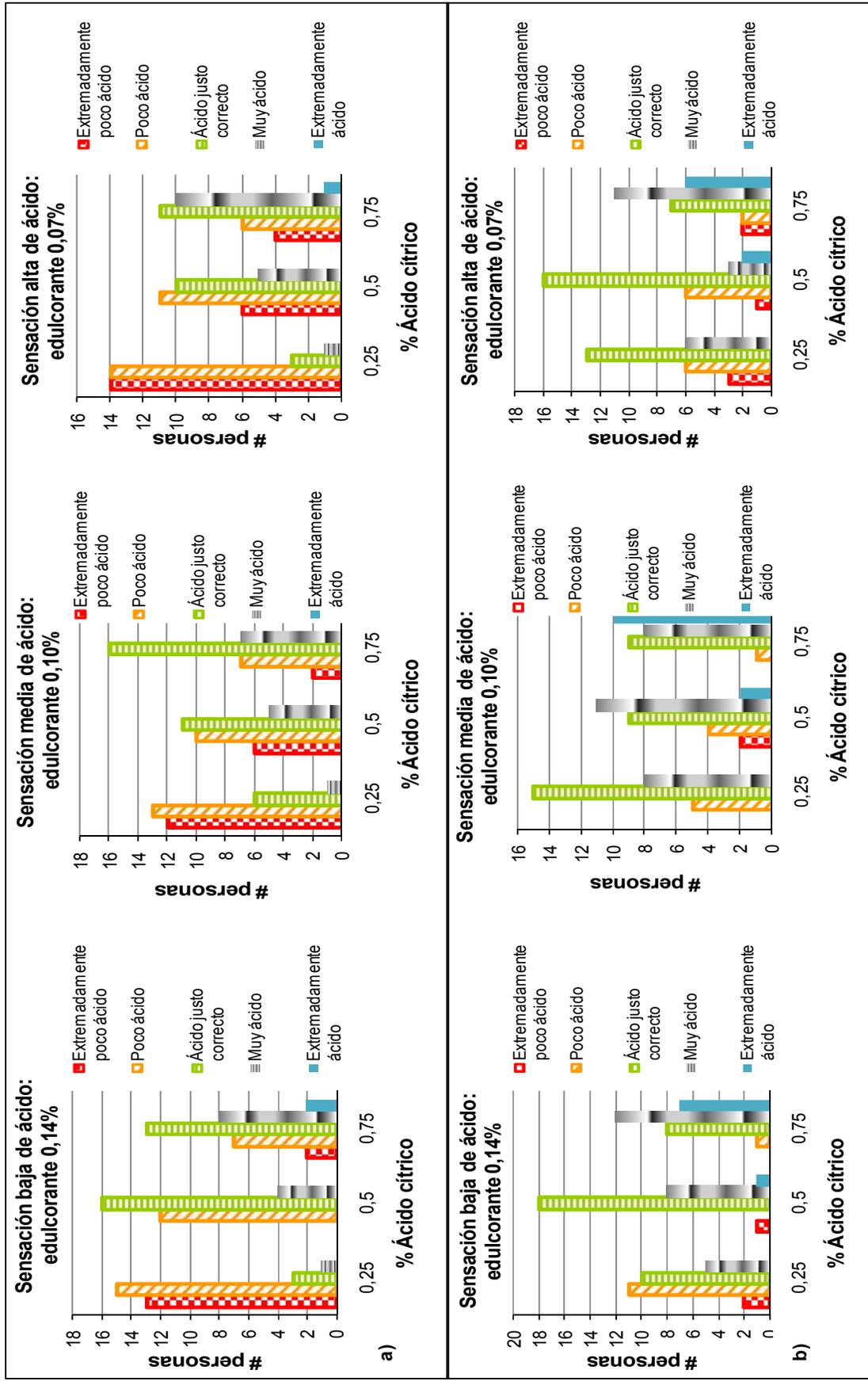


Figura 5. Distribución de resultados en la determinación del agrado de la acidez empleando la escala justo-correcto para las 3 sensaciones evaluadas. Clúster 1 (Figura a), clúster 2 (Figura b)

DETERMINACIONES DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

5.1.1 Determinación del color

En la medición de color se encontró que todos los parámetros evaluados generan diferencias significativas entre los tratamientos. Se logró estandarizar el color entre lotes, sin embargo, el ácido, el edulcorante y la mezcla gelificante produjeron diferencias significativas en cuanto a L^* , C^* y h° .

El valor L^* o luminosidad presentó interacción triple ácido*edulcorante*mezcla gelificante (ver Figura 6 y Apéndice B.1). Se observa como al emplear la concentración de ácido más baja, en presencia de cualquier mezcla gelificante y con ambas concentraciones de edulcorante, se obtiene la menor luminosidad. Con respecto al pH, es conocido que tiene un efecto significativo en la reacción de Maillard. En general, el valor y la extensión del oscurecimiento incrementa con el incremento de pH (Davies & Labuza, 2008). Es por esta razón, que en presencia de bajas concentraciones de ácido, la reacción se ve potenciada, lo que origina un incremento en la tonalidad y con ello una disminución en la luminosidad.

Además se muestra como la combinación de edulcorante bajo y ácido alto da en todas las mezclas gelificantes los valores más altos de L^* , esto se explica por la disminución de compuestos reactantes y un medio menos propicio en cuanto a la acidez para la reacción de Maillard. Es conocido que los edulcorantes como el azúcar de caña y el azúcar de remolacha (sacarosa), los azúcares líquidos, varios siropes de maíz, dextrosa, fructosa, lactosa, miel, sirope de Maple, sorbitol y endulzantes no nutritivos tienen participación en las reacciones de Maillard; además en el caso del aspartame por su N- terminal también participa en la reacción de Maillard (Davies & Labuza, 2008).

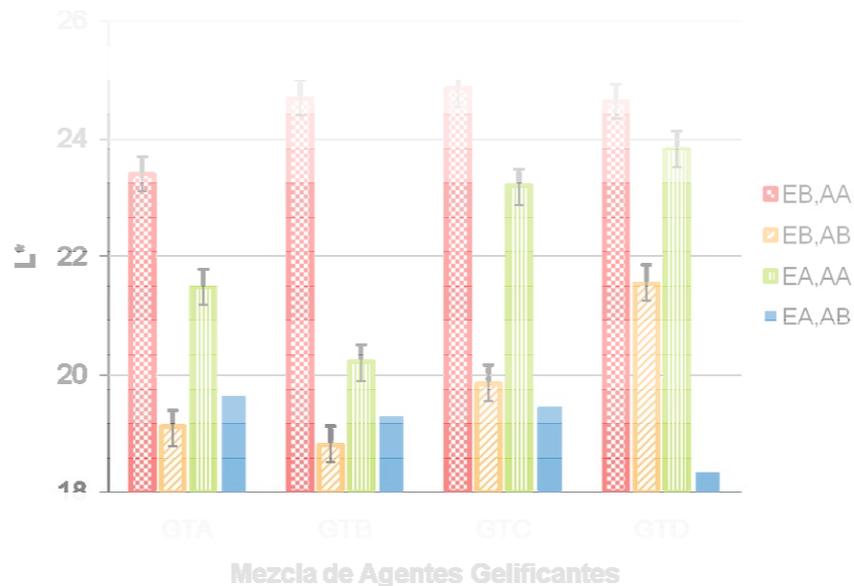


Figura 6. Efecto de la concentración de edulcorante en la determinación del L^* de las 2 concentraciones de ácido evaluadas y de edulcorante evaluadas. EA: edulcorante alto, EB: edulcorante bajo. AA: ácido alto, AB: ácido bajo. Mezcla de gomas GTA: sin CMC, baja povidexrosa, alta premezcla, GTB: sin CMC, alta povidexrosa, media baja premezcla, GTC: CMC, baja povidexrosa, media alta premezcla, GTD: CMC, alta povidexrosa, baja premezcla.

El valor de h° se define como la sensación visual según la cual una región se asemeja a un color (tono), que corresponde al ángulo de giro con respecto a los valores a^* y b^* (Montesinos, 2003). El h° mostró interacciones dobles edulcorante*ácido y edulcorante* mezcla gelificante, por lo que el efecto del edulcorante va a depender de la concentración de ácido o de la mezcla gelificante (Ver Figuras 7 y 8, y Apéndice B.2). Cuando se empleó alta concentración de edulcorante en ambas concentraciones de ácido, el h° fue mayor, más cercano a los amarillos y el impacto en la magnitud de h° al variar el ácido fue mayor, mientras que, con la concentración de edulcorante baja, en ambas concentraciones de ácido, el tono fue menor, más cercano a los rojos y con poca variación. Este comportamiento era esperado pues al aumentar el edulcorante, la reacción de Maillard se incrementa, dando un aumento en el tono.

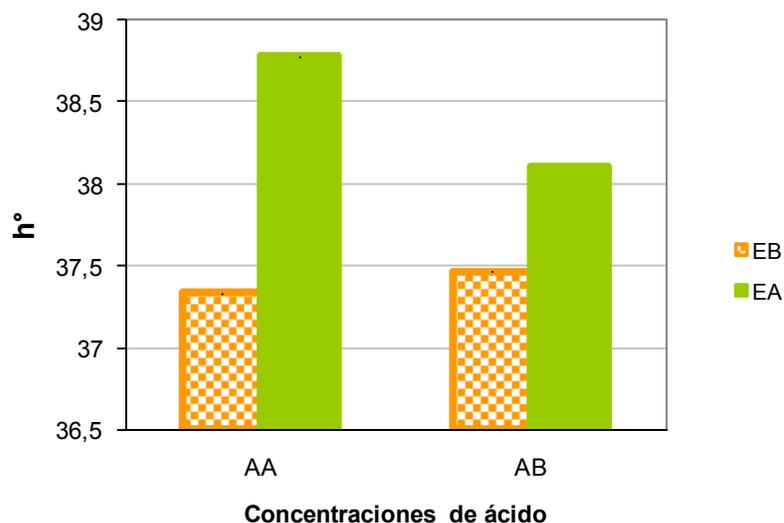


Figura 7. Efecto de la concentración de edulcorante en la determinación del h° de las 2 concentraciones de ácido evaluadas. EA: edulcorante alto, EB: edulcorante bajo. AA: ácido alto, AB: ácido bajo.

El efecto de la interacción edulcorante*mezcla gelificante mostró como, en todas las mezclas gelificantes evaluadas el h° fue mayor, en presencia de mayor concentración de edulcorante (ver Figura 8), siendo las formulaciones con GTC y GTD (ambas con CMC) las que mostraron mayores diferencias en cuanto al valor de h° al variar el edulcorante, mientras que en las formulaciones GTA y GTB (ambas sin CMC) las diferencias fueron menores. Además se observa como las mezclas con mayor contenido de povidexrosa son las que presentaron mayores valores de h° . Los resultados obtenidos concuerdan con otros estudios realizados por Valencia & Milán (2008) en donde se mostró como el uso de povidexrosa y CMC presentó coloraciones más doradas, que las del grupo control sin povidexrosa y CMC, posiblemente debido al aporte de azúcares reductores por la povidexrosa que favorecen las reacciones de Maillard.

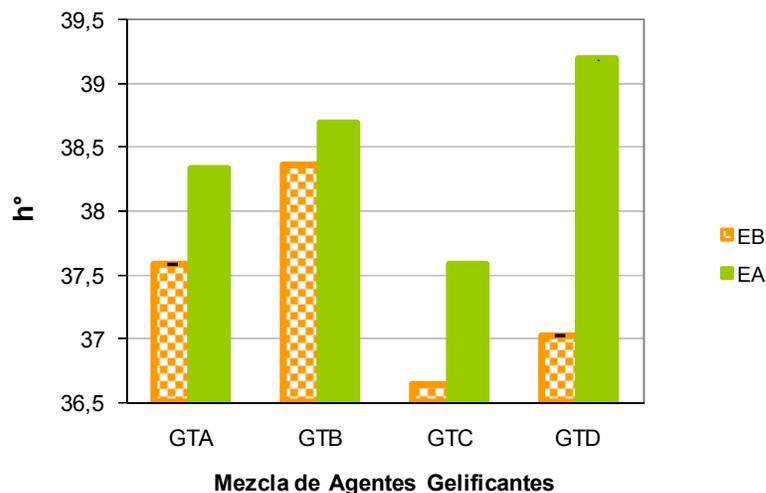


Figura 8. Efecto de la concentración de edulcorante en la determinación del h° de las 4 mezclas de gelificantes evaluadas. EA: edulcorante alto, EB: edulcorante bajo. Mezcla de gomas GTA: sin CMC, baja povidexrosa, alta premezcla, GTB: sin CMC, alta povidexrosa, media baja premezcla, GTC: CMC, baja povidexrosa, media alta premezcla, GTD: CMC, alta povidexrosa, baja premezcla.

Además se presentó interacción ácido* mezcla gelificante, por tanto, el efecto del ácido sobre el h° va a depender del tipo de mezcla gelificante (Ver Figura 9 y Apéndice B.3). Se observa como en 3 de las 4 mezclas gelificantes evaluadas (GTA-GTB-GTC) la concentración alta de ácido dio los mayores valores de h° , es decir los tonos más cercanos a los amarillos, mientras que en la mezcla GTD es inverso el comportamiento, en presencia de povidexrosa en conjunto con CMC (mezcla GTD) la reacción de Maillard se vea potenciada en presencia de bajas concentraciones de ácido, mientras que para las demás mezclas este efecto no fue evidente. Se debe tener en cuenta los efectos del pH, principalmente en los alimentos que tienen componentes ionizables, especialmente por el oscurecimiento propio de las reacciones de Maillard y la pérdida del color inicial (MacDougall, 2000).

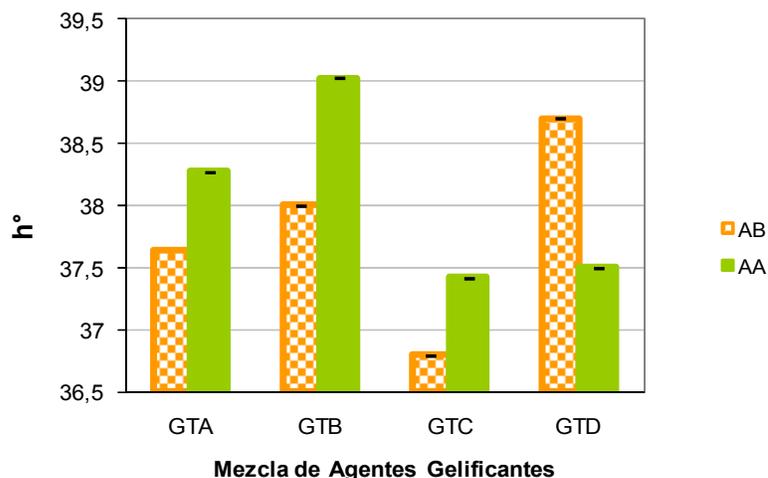


Figura 9. Efecto de la concentración de ácido e en la determinación del h° de las 4 mezclas de gelificantes evaluadas. AA: ácido alto, AB: ácido bajo. Mezcla de gomas GTA: sin CMC, baja povidextrosa, alta premezcla, GTB: sin CMC, alta povidextrosa, media baja premezcla, GTC: CMC, baja povidextrosa, media alta premezcla, GTD: CMC, alta povidextrosa, baja premezcla.

En el caso de croma, C^* , que es el atributo correspondiente a la sensación visual “claro-oscuro” de un color, o saturación (Montesinos, 2003), este presentó interacción triple edulcorante*ácido*tipo gelificante, por lo que el efecto del edulcorante, depende de la concentración de ácido y de la mezcla gelificante (Ver Figura 10 y Apéndice B.4). Las mezclas gelificantes GTA y GTB (ambas sin CMC) presentaron menores valores de C^* , mientras que en las mezclas GTC y GTD (ambas con CMC) obtuvieron los valores más altos de C^* , en general el comportamiento muestra como en todas las mezclas, la combinación edulcorante alto / ácido alto presentó los valores más bajos de C^* . Según MacDougall (2000) al incrementar el h° y disminuir el C^* se percibe un color más café, propio de las reacciones de Maillard. Además la combinación de edulcorante bajo y ácido alto en todas las mezclas evaluadas muestra como la reacción de Maillard se ve altamente inhibida, tanto por la falta de reactantes como por el medio de alta acidez que impide la reacción.

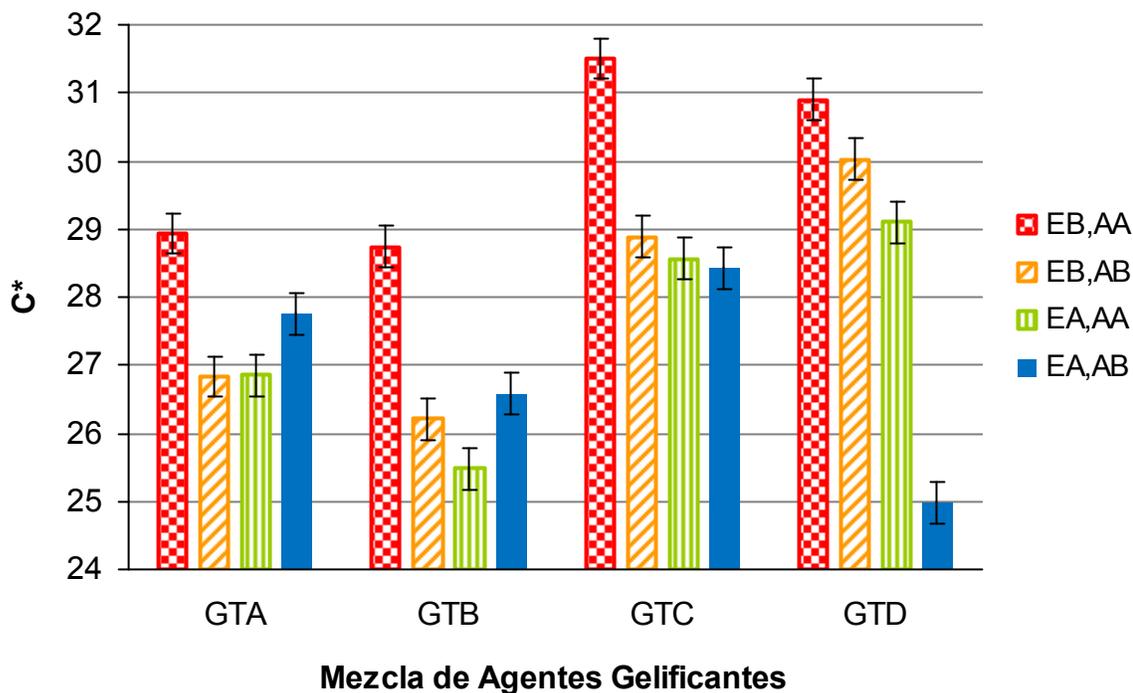


Figura 10, Efecto de la combinación de ácido y edulcorante en la determinación de C* en las 4 mezclas de gomasevaluadas. EA: edulcorante alto, EB: edulcorante bajo, AA: ácido alto, AB: ácido bajo. Mezcla de gomas GTA: sin CMC, baja polidextrosa, alta premezcla, GTB: sin CMC, alta polidextrosa, media baja premezcla, GTC: CMC, baja polidextrosa, media alta premezcla, GTD: CMC, alta polidextrosa, baja premezcla.

Cuando se comparan los tratamientos con la mermelada control con azúcar (Figura 11) se observa como la mermelada control con azúcar presentó una baja luminosidad (bajos valores de *L) y las formulaciones T11, T13, T15, T14, T9, T10 y T16 no presentaron diferencias significativas con respecto al control (ver Apéndice B.5), es decir, fueron mermeladas más oscuras (ver composición de tratamientos en apartado 4.6, Cuadro VI). Todas estas formulaciones, al igual que la mermelada control con azúcar contienen 0,3 % de ácido cítrico en su formulación, esta condición hace que el pH del medio sea más apto para que se genere la reacción de Maillard en relación con las formulaciones de 0,5 %, y por tanto, se generen colores más oscuros.

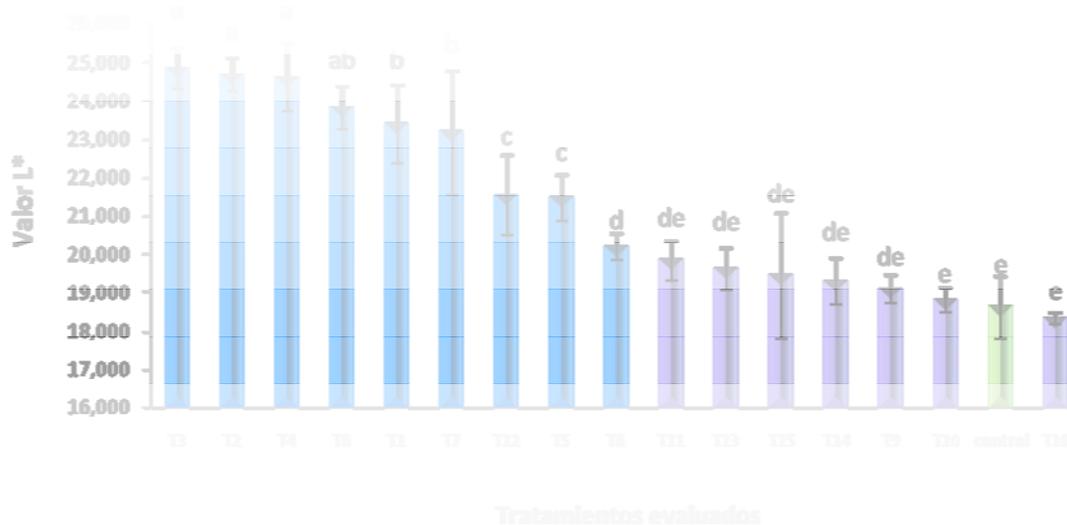


Figura 11. Comparación del parámetro L* de la mermelada control con los 16 tratamientos evaluados. Tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a un $p < 0,05$.

En particular para las mermeladas evaluadas el valor de h° estuvo entre los colores rojos y se encontraron diferencias significativas con respecto al control (mermelada con azúcar) en todos los tratamientos (Figura 12 y Apéndice B.6), donde el control muestra un valor angular mayor a las formulaciones evaluadas, es decir el tono de la muestra control con azúcar fue más cercano a los tonos amarillos.

En el caso del C^* (Figura 13 y Apéndice B.7), todos los tratamientos fueron diferentes al control. Para la mermelada control con azúcar, el valor de C^* fue menor que para el resto de formulaciones evaluadas, es decir, menos saturado. En conjunto los resultados obtenidos para C^* y h° de la muestra control con azúcar demuestran que la reacción de Maillard fue más intensa y por tanto, el color de esta mermelada fue menos puro (más grisáceo).

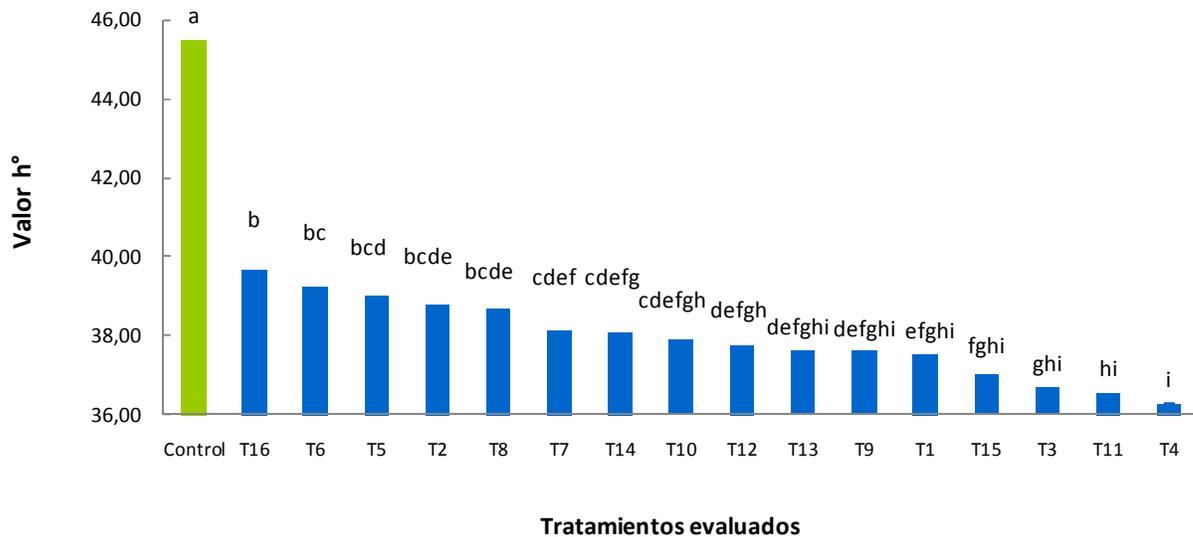


Figura 12. Comparación del parámetro h° de la mermelada control con los 16 tratamientos evaluados. Tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a un $p < 0,05$.

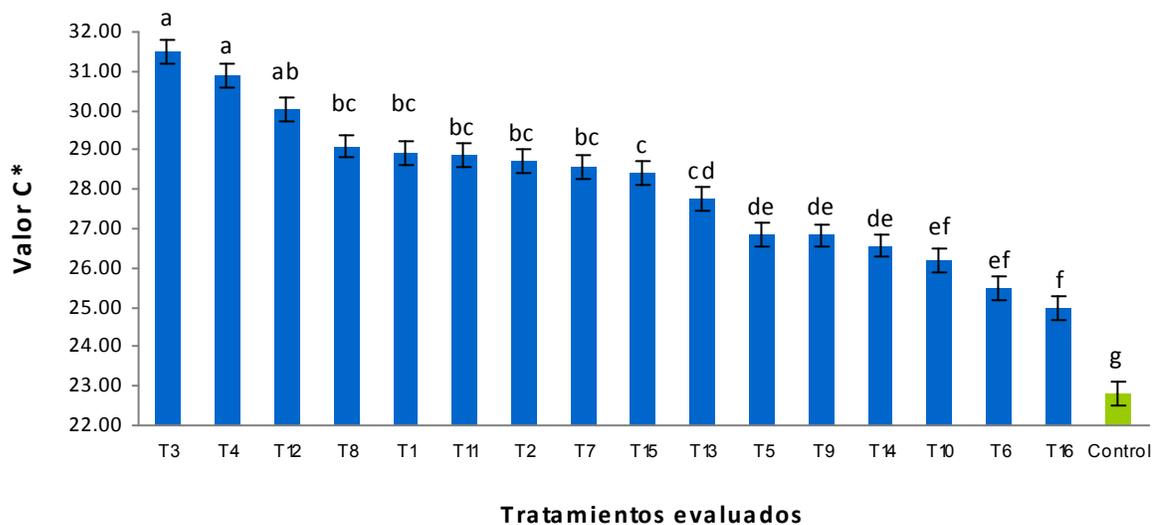


Figura 13. Comparación del parámetro C^* de la mermelada control con los 16 tratamientos evaluados. Tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a un $p < 0,05$.

Por los resultados obtenidos en la determinación del color en donde se observa como, tanto en el tono como en la saturación, los tratamientos evaluados fueron distintos al control, se puede afirmar que no se logró simular el color de la mermelada con azúcar empleada como referencia.

Según Manresa & Vicente (2007) el ΔE^* corresponde al grado de diferencia de color, para el cual se puede utilizar una escala de referencia que incluye: trazas, diferencia ligera, diferencia notable, diferencia apreciable, mucha diferencia y diferencia extraordinaria (según la tabla de referencia en apartado 3.6.1). En la determinación de las diferencias de color entre la mermelada control con azúcar y los tratamientos (Apéndice B.8), se encontró que las mayores diferencias se presentaron entre el control y los tratamientos T1, T2, T3, T4, T7, T8, T11 y T12, (ver composición de tratamientos en apartado 4.6, Cuadro VI) de diferencias apreciables con valores entre 3,06 y 4,25, estos valores pueden ser vistos como intermedios; mientras que el resto de los tratamientos presentaron menores diferencias, que están en la clasificación de diferencia notable, lo que es positivo pues muestra una diferencia notable en magnitud, que no alcanza los niveles de mucha diferencia y de diferencia extraordinaria.

La variación del color puede ser atribuida en parte a la adición del colorante como tal, al ser los lotes de tamaño muy pequeño, el impacto en la diferencia tiende a maximizarse. Además es conocido el papel que juega el azúcar y otros carbohidratos en condiciones controladas, en la formación del color caramelo al exponerse a calentamiento (Duxbury, 2005), lo que hace que en ausencia de azúcar el color caramelo de la mermelada sea difícil de alcanzar. En la literatura se ha reportado que al desarrollar una mermelada de naranja con gomas xantán, gelana y locus bean, al disminuir la cantidad de azúcar en el medio, disminuye la intensidad del color, por la ausencia de las reacciones de caramelización de la sacarosa (Damasio *et al.*, 1997). Todos estos factores ocasionan una mayor dificultad para estandarizar el color.

5.1.2 Determinación de la sinéresis

La sinéresis se genera a causa de una contracción del gel con pérdida de líquido y se ve potenciada al tener una cantidad muy baja de sólidos solubles totales, en comparación con una mermelada tradicional. La sinéresis puede incrementar a causa de la presencia de gomas, pero en algunos casos se puede generar el efecto contrario, pues la función de algunas gomas es prevenir la sinéresis, actuando como estabilizantes (Ruiz, 2007).

En la Figura 14 se puede observar el comportamiento que presentaron las diferentes formulaciones evaluadas, donde algunas de las mermeladas presentaron una tendencia a aumentar la masa exudada en el tiempo, mientras que otras se mantuvieron constantes.

Por medio de un análisis de regresión lineal (Apéndice C.1) se determinó que para los tratamientos T4, T6, T8, T9, T10, T12, T13, T14 y T16 (ver composición de tratamientos en apartado 4.6, Cuadro VI), la cantidad de exudado tendía a aumentar significativamente con el tiempo ($p < 0,05$). Los tratamientos T6, T10 y T14 mostraron la mayor cantidad de sinéresis a lo largo del tiempo de medición del parámetro, por tal razón, se decidió eliminarlos del experimento para la etapa posterior de análisis sensorial, ya que una mermelada con sinéresis no será un producto comercialmente exitoso.

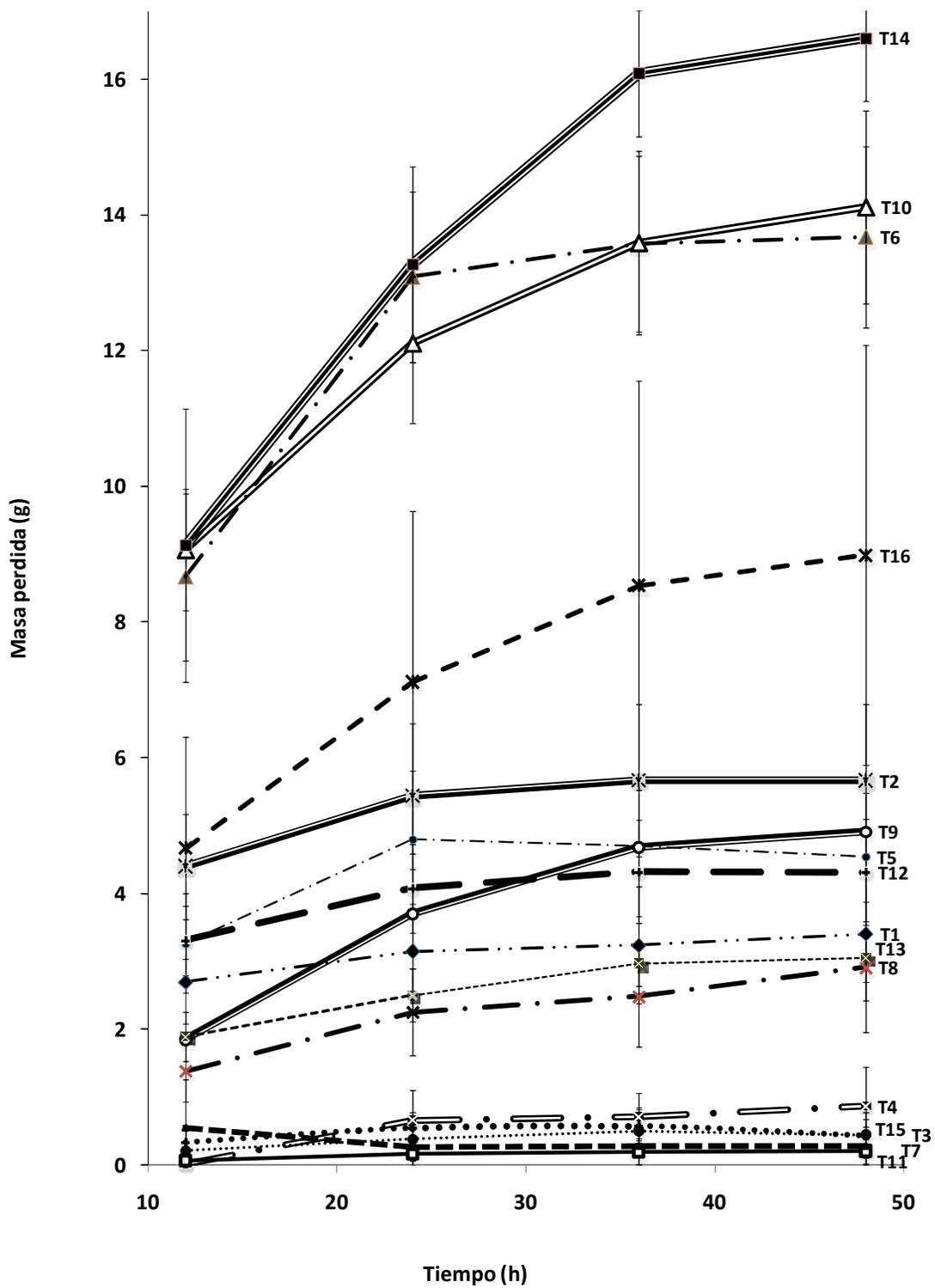


Figura 14. Sinéresis medida durante 48 horas en los 16 tratamientos realizados

Dado que a lo largo del tiempo de recolección del exudado, se mantuvo una tendencia de aumento en la masa perdida de varias formulaciones, se escogió la medición obtenida luego de 48 horas, con el fin de evaluar el efecto de los ingredientes sobre la sinéresis, ya que simula el comportamiento del producto luego de que el consumidor lo usa por primera vez y lo almacena hasta su consumo total.

Al realizar el análisis de varianza de la sinéresis se encontró interacción significativa edulcorante*ácido*mezcla gelificante ($p < 0,0001$) (ver Figura 15 y Apéndice C.3); es decir, el efecto de las variaciones en la mezcla gelificante va a depender de la concentración de ácido y de edulcorante.

Se observa como la mezcla GTC (con CMC, concentración de premezcla intermedia y baja povidexrosa) fue la mezcla con mayor estabilidad pues mostró la menor sinéresis a cualquier concentración de edulcorante y ácido cítrico (Ver Figura 15). Esta condición se debe en gran medida al efecto protector con el que actúa la goma xantán (presente en la premezcla), protegiendo los sistemas generados en presencia de CMC de las variaciones del pH, que en condiciones de elevada acidez presenta inestabilidad (Kuntz, 1999).

En las 3 mezclas restantes GTA, GTB y GTD se presentaron pérdidas variables de líquido. En el caso de las GTB y GTD (ambas con povidexrosa alta) se mostraron mayores diferencias en la masa exudada al variar la concentración de ácido, ya que en presencia de mayor cantidad de ácido sufrieron más sinéresis. Mientras que para la mezcla GTA (povidexrosa baja) se obtuvo menores variaciones en la cantidad exudada, al variar, tanto, la cantidad de edulcorante como de ácido.

En estudios realizados se ha determinado que la influencia de la concentración del hidrocoloide va a depender del tipo de hidrocoloide empleado en la elaboración de los geles (Bayarri *et al.*, 2005). Esta condición se observa claramente al comparar las mezclas elaboradas con la mezcla GTA y GTB (ambas sin CMC), en donde, las diferencias entre ellas en relación con la sinéresis fueron importantes y el factor que varió fue la cantidad de povidexrosa adicionada, siendo la sinéresis más alta en la

mezcla GTB que presentaba la concentración de povidexrosa más alta, y la cantidad de premezcla (tara-xantán-agaroide) intermedia.

En general, la sinéresis más alta de todos los tratamientos evaluados se observó en la mezcla GTB que presentaba la concentración de povidexrosa más alta, ausencia de CMC y la cantidad de premezcla (tara-xantán-agaroide) intermedia.

Es interesante resaltar como las mezclas GTA y GTD mostraron una cantidad de exudado similar, a pesar de la ausencia de CMC en el primer tratamiento. Al analizarse su composición se observa que a pesar de no tener CMC, la mezcla GTA tenía alta concentración de gomas, que pudo ayudar a dar estabilidad al gel. Con base en los ingredientes estudiados se mostró que se pudo controlar la sinéresis utilizando CMC, altas concentraciones de premezcla de gomas y además bajas concentraciones de povidexrosa, que fue altamente sensible a las variaciones tanto de ácido como de edulcorante.

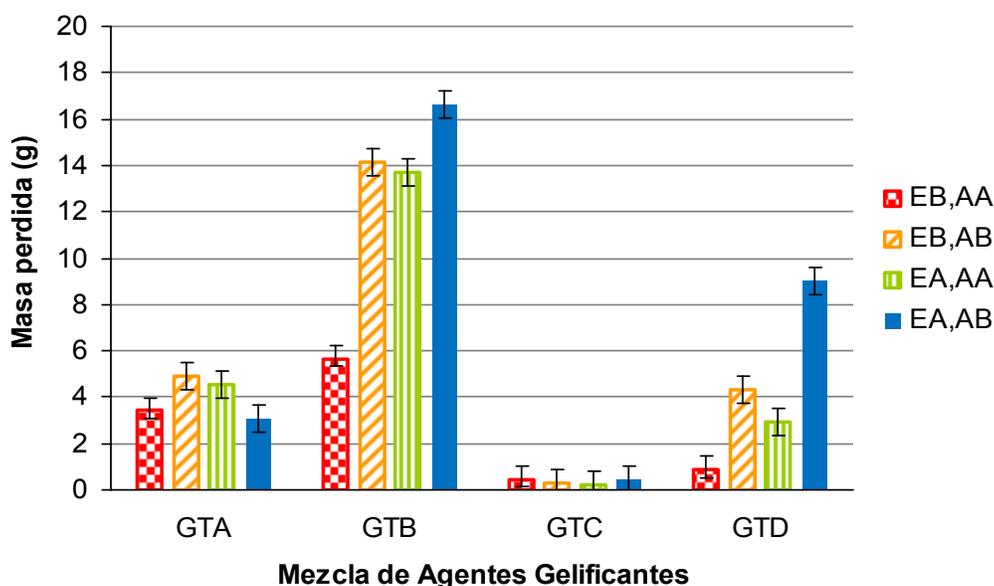


Figura 15. Efecto de la combinación de ácido y edulcorante en la sinéresis a las 48 h en las 4 mezclas de gomasevaluadas. EA: edulcorante alto, EB: edulcorante bajo, AA: ácido alto, AB: ácido bajo. Mezcla de gomas GTA: sin CMC, baja povidexrosa, alta premezcla, GTB: sin CMC, alta povidexrosa, media baja premezcla, GTC: CMC, baja povidexrosa, media alta premezcla, GTD: CMC, alta povidexrosa, baja premezcla.

El contenido de ácido afectó la sinéresis. Para cualquier tipo de goma la combinación de concentración alta de ácido y baja de edulcorante produjo baja sinéresis.

Al comparar la sinéresis de los tratamientos elaborados con el control (ver Figura 16 y Apéndice C.4) se observó como solo los tratamientos T6, T10, T14 y T16 presentaron diferencias significativas ($p < 0,0001$) con respecto al control, de los cuales los 3 primeros estaban formulados con la mezcla de gomas GTB, que fue un resultado esperado si se toma en cuenta que éstos fueron los tratamientos con mayor cantidad de exudado y por tanto, se consideraron formulaciones no comercializables (ver composición de tratamientos en apartado 4.6, Cuadro VI).

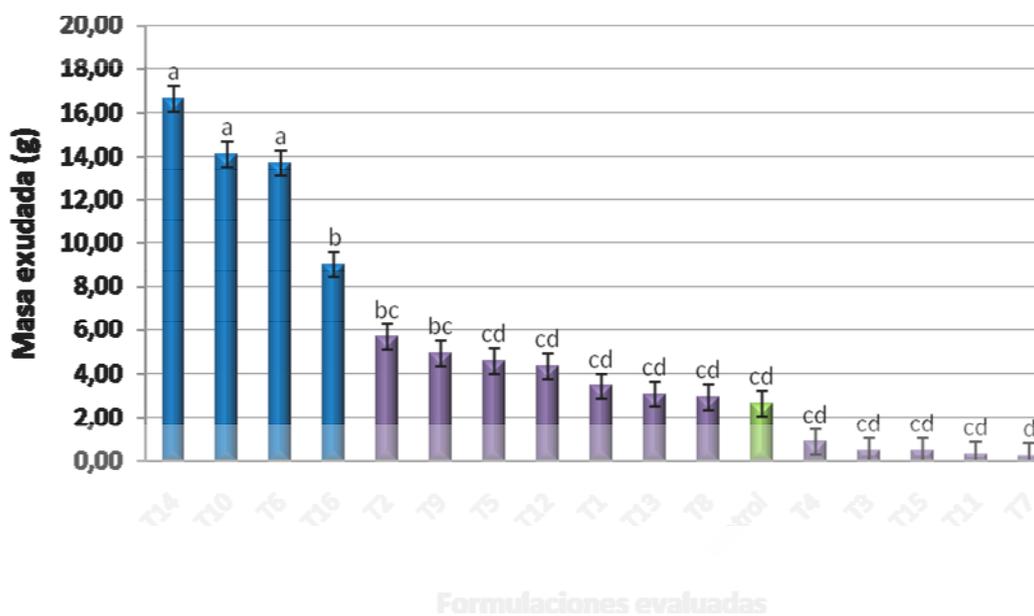


Figura 16. Sinéresis de la mermelada control y de los 16 tratamientos evaluados. Tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre sí, a un $p < 0,0001$.

5.1.3 Determinación de la fuerza de corte, fuerza del gel, adhesividad y elasticidad en las mermeladas

En el caso de la fuerza de corte y de la fuerza de gel se encontró una interacción significativa ($p < 0,05$) edulcorante* mezcla gelificante (ver Figura 17 y Apéndice D.1) y entre ácido*mezcla gelificante (ver Figura 18 y Apéndice D.2). Por lo que el efecto del edulcorante y del ácido va a depender de la mezcla gelificante.

En la Figura 17 se observa como los tratamientos que muestran una mayor fuerza de corte y fuerza del gel fueron los que tenían un mayor porcentaje de la premezcla de gomas tara-xantán-agaroide, es decir, los tratamientos GTA y GTC (ver composición de tratamientos en apartado 4.6, Cuadro VI); y entre estas formulaciones la que presentó las mayores fuerzas fue la GTC, siendo este resultado concordante con la evaluación de sinéresis vista en el apartado anterior, en el cual se observó que las formulaciones que utilizaron esta misma mezcla fueron las más estables en el tiempo. Mientras que en las formulaciones con las mezclas GTB y GTD (alta povidona y baja concentración de premezcla) se encontró una menor fuerza de corte y fuerza del gel. Para las mermeladas elaboradas con las mezclas GTA y GTD se obtuvo una fuerza de corte y de gel mayor al disminuir la concentración de edulcorante, mientras que las mezclas GTB y GTC tendieron a aumentar la fuerza de corte y del gel al aumentar la concentración de edulcorante.

Dada la importancia que juega el azúcar dentro de las propiedades texturales de los alimentos, se han realizado diferentes estudios que han buscado la existencia de efectos generados por los edulcorantes artificiales en la textura. En el caso del aspartame se encontró que su uso no mostraba efectos en las mediciones de los parámetros mecánicos de deformación de geles elaborados con κ -carragenatos o goma gelana (Bayarri, 2003). Mientras que para otros edulcorantes artificiales como la sucralosa, se ha reportado que pueden inducir variaciones en las medidas texturales de soluciones espesas (Fizman & Duran, 1992).

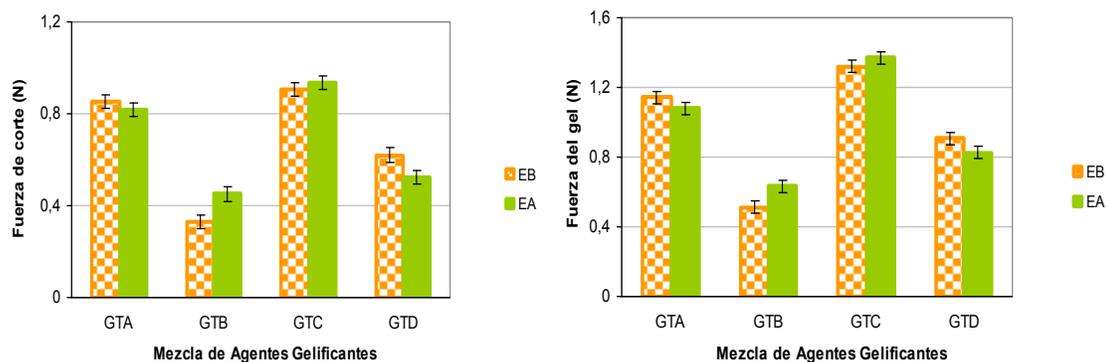


Figura 17. Efecto de la concentración de edulcorante en la fuerza de corte y en la fuerza del gel de las 4 mezclas gelificantes evaluadas EA: edulcorante alto, EB: edulcorante bajo. Mezcla de gomas GTA: sin CMC, baja povidexrosa, alta premezcla, GTB: sin CMC, alta povidexrosa, media baja premezcla, GTC: CMC, baja povidexrosa, media alta premezcla, GTD: CMC, alta povidexrosa, baja premezcla.

Una condición similar se presentó en la interacción significativa ($p < 0,05$) entre el ácido y las mezclas de gomas. En la Figura 18 se muestra como los tratamientos que tenían las mezclas GTA y GTC (baja concentración povidexrosa y alta concentración de mezcla de gomas) presentaron una mayor fuerza de corte y fuerza del gel, corroborando lo que se mostró en la figura anterior.

Sin embargo, el comportamiento de la fuerza de corte y el gel en relación con la acidez mostró que para las mezclas GTA y GTB (sin CMC), la fuerza disminuyó al aumentar la acidez, mientras que se dio el comportamiento contrario para las mezclas GTC y GTD. Este hecho se puede explicar por la ausencia del sistema de protección formado con la goma xantán y CMC (Kuntz, 1999).

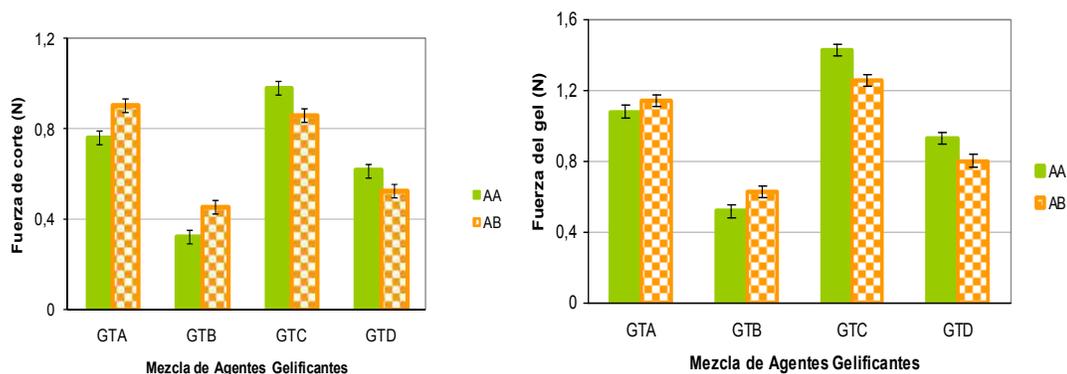


Figura 18. Efecto de la concentración de ácido en la fuerza de corte y en la fuerza del gel de las 4 mezclas gelificantes evaluadas. AA: ácido alto, AB: ácido bajo. Mezcla de gomas GTA: sin CMC, baja povidextrona, alta premezcla, GTB: sin CMC, alta povidextrona, media baja premezcla, GTC: CMC, baja povidextrona, media alta premezcla, GTD: CMC, alta povidextrona, baja premezcla.

La adhesividad es la energía necesaria para superar las fuerzas atractivas entre la superficie del alimento y la superficie del material con la que está en contacto. Al evaluar la adhesividad (Figura 19 y Apéndice D.3), se presentó interacción significativa ($p < 0,0001$) ácido*agente gelificante.

En la Figura 19 se observa la adhesividad para cada una de las mezclas gelificantes en relación con la concentración de ácido empleada, la formulación con una mayor adhesividad (en magnitud) fue la GTC, mientras que la GTB presentó la menor medida. Al comparar la adhesividad con las fuerzas de corte y fuerza del gel se observa que las muestras con mayores fuerzas de corte y de gel fueron las menos adhesivas y viceversa. La variación en el ácido de las mezclas GTA y GTB no presentó variación en la adhesividad, mientras que en el formulaciones GTC y GTD si provocó una variación. Al aumentar la concentración de ácido se observó una mayor adhesividad en ambas mezclas, que eran las que contenían CMC.

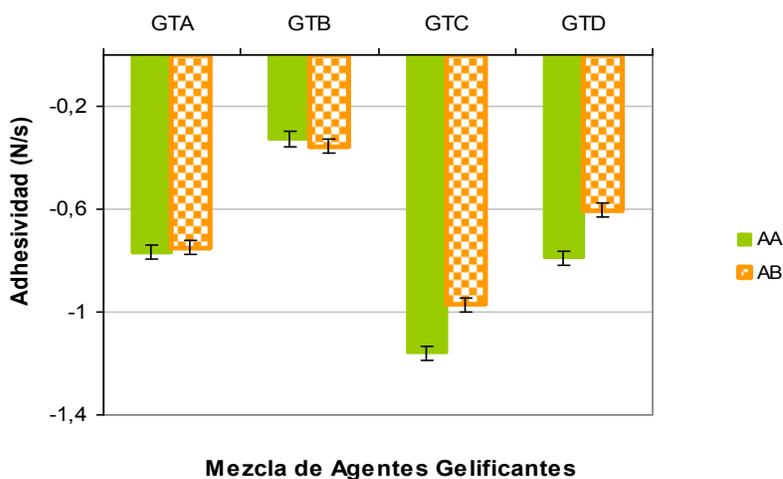


Figura 19. Efecto de la concentración de ácido en la adhesividad de las 4 mezclas gelificantes evaluadas. AA: ácido alto, AB: ácido bajo. Mezcla de gomas GTA: sin CMC, baja povidextrona, alta premezcla, GTB: sin CMC, alta povidextrona, media baja premezcla, GTC: CMC, baja povidextrona, media alta premezcla, GTD: CMC, alta povidextrona, baja premezcla.

Con respecto a la elasticidad no se presentaron interacciones, pero si hubo efectos significativos en la variación del ácido ($p= 0,0302$), el edulcorante ($p= 0,0519$) y la mezcla gelificante ($p= 0,0196$) para todos los tratamientos evaluados. Las mezclas más ácidas y con menos edulcorante fueron las más elásticas (ver Figura 20 y Apéndice D.4).

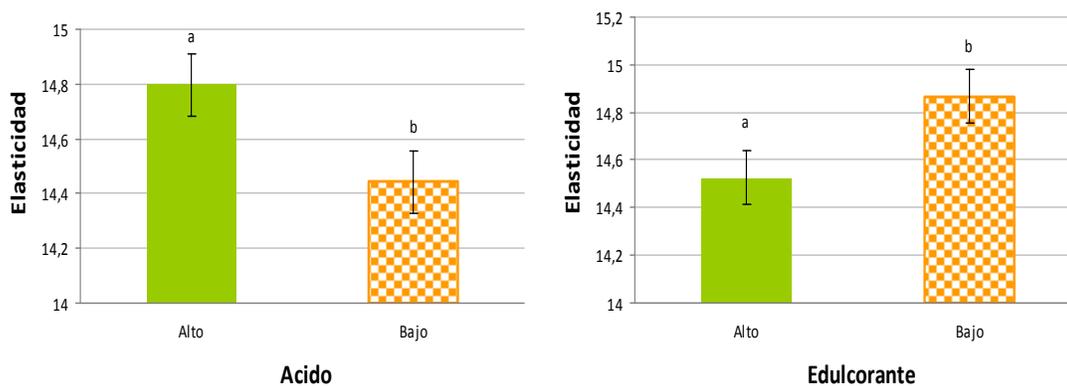


Figura 20. Efecto de la concentración de ácido ($p= 0,0302$) y de edulcorante ($p= 0,0519$) en la elasticidad de las 4 mezclas gelificantes evaluadas. AA: ácido alto, AB: ácido bajo, EA: edulcorante alto, EB: edulcorante bajo.

Finalmente, se encontró que sólo hubo diferencias significativas en elasticidad entre las mezclas GTC y GTB, donde la primera fue la más elástica y la segunda la menos elástica (ver Figura 21 y Apéndice D.5). Las mezclas de gomas con CMC (GTC y GTD) y una alta concentración de gomas (GTA) presentaron aumento en la elasticidad. Este resultado estaba íntimamente relacionado con la determinación de la sinéresis, en donde se ve como los tratamientos con menos masa exudada fueron los elaborados con la mezcla GTC, mientras que los menos estables fueron los que contenían la mezcla GTB, es decir, la estabilidad del gel formado muestra una clara relación con la elasticidad y entre más elástico es un gel, más estable será en cuanto a la sinéresis.

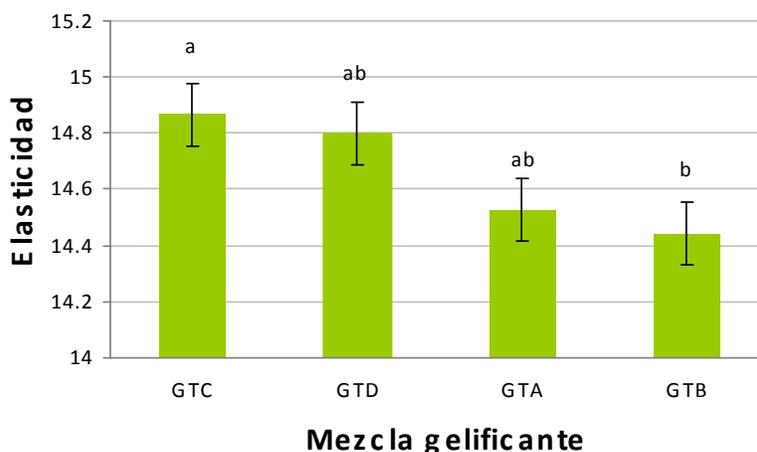


Figura 21. Comparación de la elasticidad en las 4 mezclas gelificantes evaluadas, . Tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a $p < 0,05$. Mezcla de gomas GTA: sin CMC, baja povidexrosa, alta premezcla, GTB: sin CMC, alta povidexrosa, media baja premezcla, GTC: CMC, baja povidexrosa, media alta premezcla, GTD: CMC, alta povidexrosa, baja premezcla.

El ANDEVA realizado sobre el diseño irrestricto aleatorio, para comparar los tratamientos contra la mermelada control con azúcar mostró que, para todas las variables de textura medidas había diferencias significativas entre los tratamientos. Al comparar el promedio de la fuerza de corte requerida para cortar el gel inicialmente (Figura 22 y Apéndice D.6), se obtuvo que solo los tratamientos T10, T2 y T6 (todos elaborados con la mezcla de agentes gelificantes GTB) no eran diferentes

significativamente de la muestra control y eran los que menos fuerza requirieron para cortar el gel (ver composición de tratamientos en apartado 4.6, Cuadro VI).

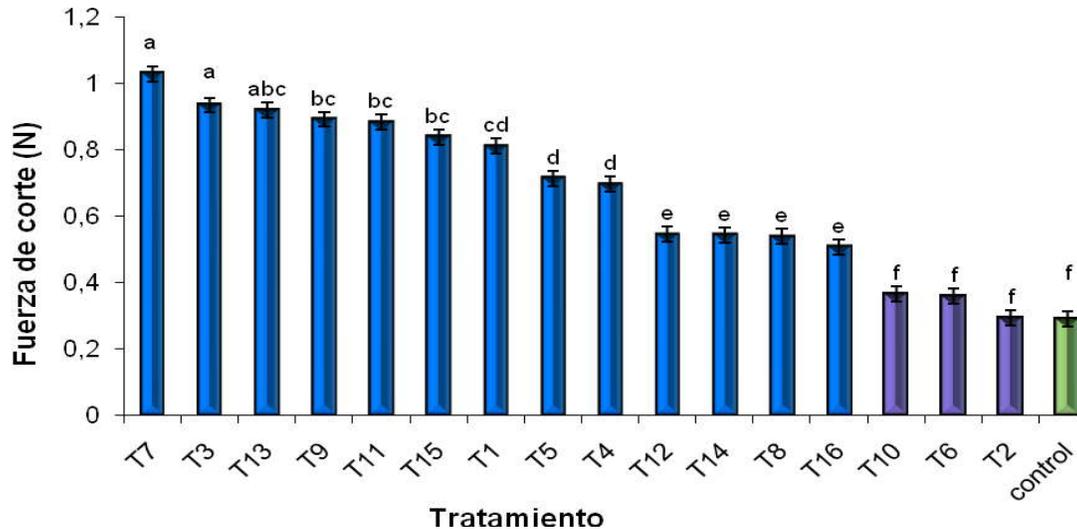


Figura 22. Promedios de la fuerza de corte de la mermelada control y de los 16 tratamientos evaluados. Tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a $p < 0,05$.

De la misma forma, en las mediciones de la fuerza del gel se encontró que el control no fue diferente significativamente del tratamiento T2 (Ver Figura 23 y Apéndice D.7).

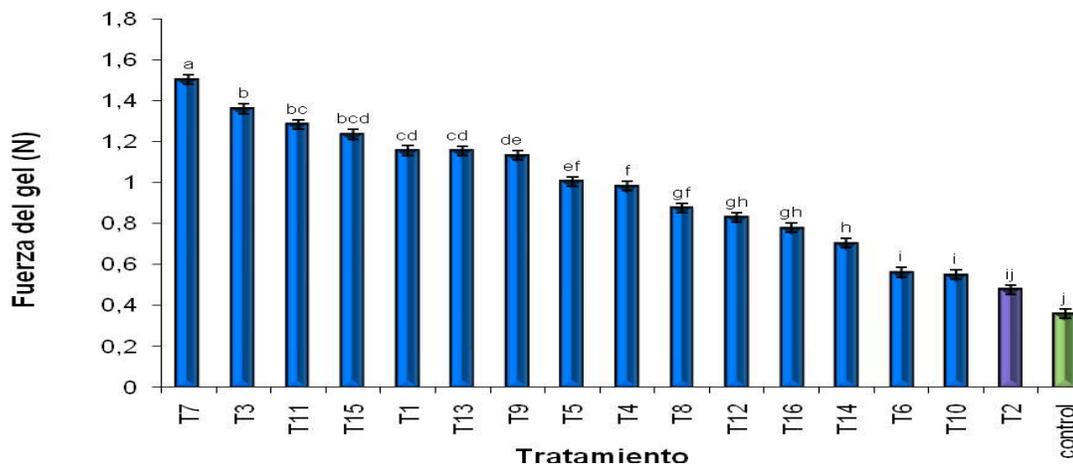


Figura 23. Promedios de la fuerza del gel de la mermelada control y de los 16 tratamientos evaluados. Tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a $p < 0,05$.

En el caso de la adhesividad se detectó que el control no fue diferente significativamente el tratamiento T2 (ver Figura 24 y Apéndice D.8).

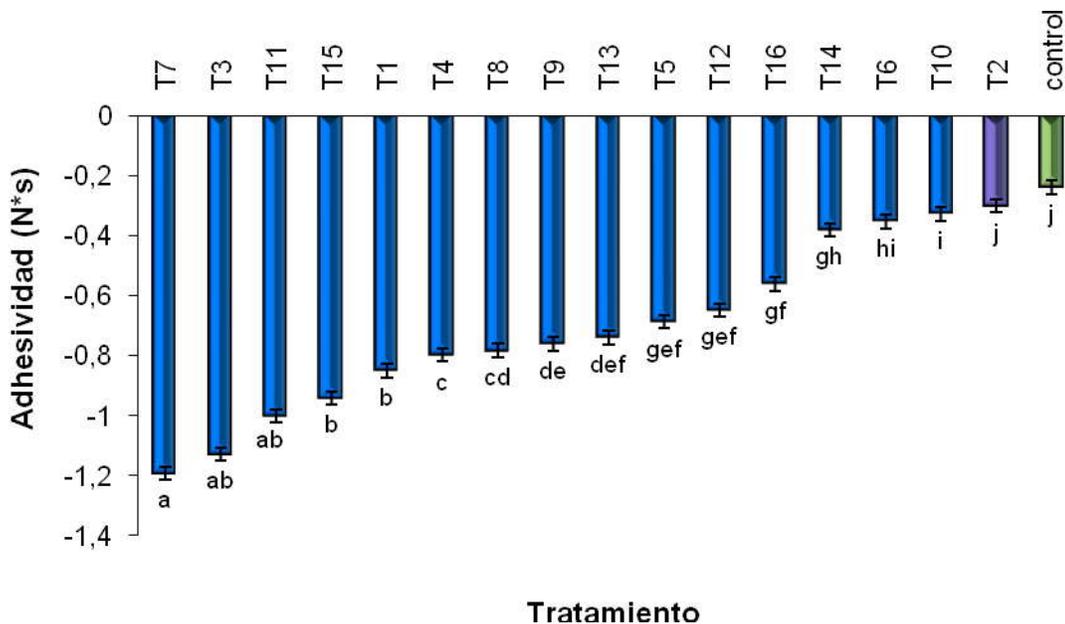


Figura 24. Promedios de la adhesividad de la mermelada control y de los 16 tratamientos evaluados. Tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a $p < 0,05$.

En la determinación de la elasticidad se encontró que todos los tratamientos fueron diferentes significativamente de la muestra control (ver Figura 25 y Apéndice D.9). Es decir, la elasticidad que alcanzó un gel formado con pectina y azúcar fue difícil de simular con los agentes empleados en este estudio para gelificar y fue mucho mayor la elasticidad obtenida en las formulaciones que la elasticidad de la mermelada regular. Este comportamiento se debe a las diferencias en los geles que forman los agentes gelificantes. En un estudio realizado por Smewing (1999) se encontró que los geles elaborados con pectinas son más suaves, inelásticos y con menos textura. Mientras que los geles elaborados con otros agentes como la gelatina u otras gomas son elásticos, vibrantes y con una excelente sensación bucal, debido a que las pectinas son menos cohesivas, menos gomosas, comparada con los geles de gelatina. Este resultado es positivo pues se lograron geles mucho más elásticos, condición que le da al producto mayor estabilidad en el tiempo y menor probabilidad de sufrir sinéresis.

Los tratamientos T2, T6 y T10, que contenían la mezcla GTB (sin CMC, con alta povidexrosa y baja de premezcla), en la fuerza de corte no presentaron diferencias significativas con respecto al control, y el tratamiento T2 además no presentó diferencias en los parámetros de fuerza del gel y adhesividad. Mientras que los valores más diferentes en los parámetros evaluados con respecto al control correspondían a las muestras T3, T7, T11 y T15 que contenían la mezcla GTC (con CMC, la concentración más baja de povidexrosa y concentración alta de premezcla de gomas). Se puede decir que al aumentar la povidexrosa, eliminar la CMC y disminuir la concentración de gomas se logra simular mejor las características de textura de la mermelada control.

A pesar de que los tratamientos T2, T6 y T10 no presentaron diferencia en alguno de los parámetros de textura con la mermelada con azúcar, los tratamientos T6, T10 y T14, fueron excluidos de la prueba con consumidores por el grado de sinéresis que presentaron, aspecto que se discutió en la sección 5.2.2.

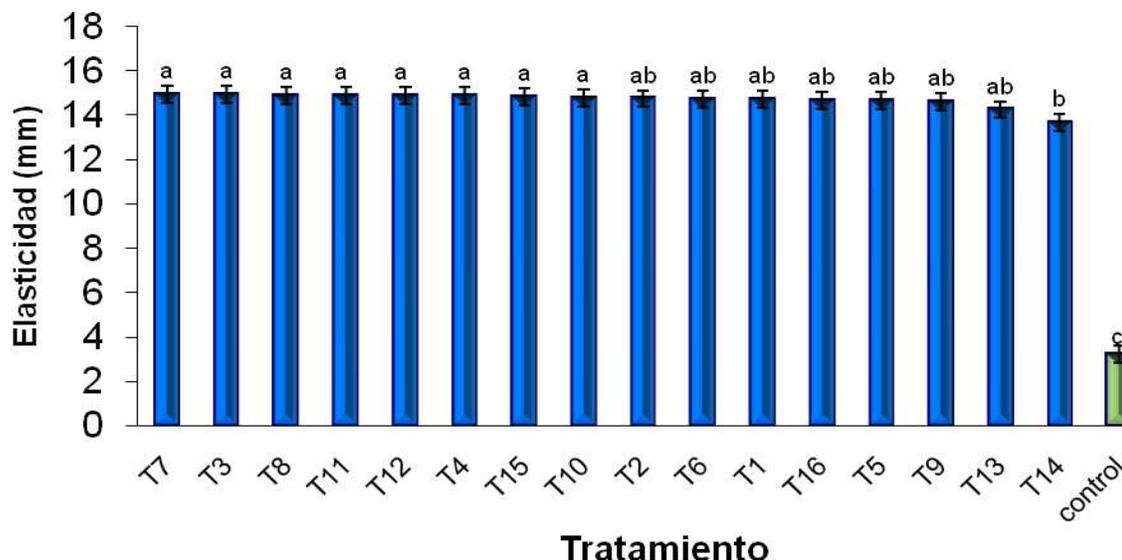


Figura 25. Gráfico de la comparación de la elasticidad de la mermelada control con los 16 tratamientos evaluados. Tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a $p < 0,05$.

5.2 ESTUDIO DE CONSUMIDORES PARA LA EVALUACIÓN DEL AGRADO EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

Al evaluar el agrado de 15 mermeladas, conformadas por 13 de las 16 formulaciones iniciales, la muestra control con azúcar y una muestra de mermelada sin azúcar de la competencia presente en el mercado, se encontraron 4 conglomerados de consumidores con gustos diferentes (ver Figura 26). El grupo mayoritario estaba conformado por 50 personas, luego otros grupos de 26, 16 y 8 personas, este último por tratarse de un grupo muy reducido se descartó (Apéndice E.1).

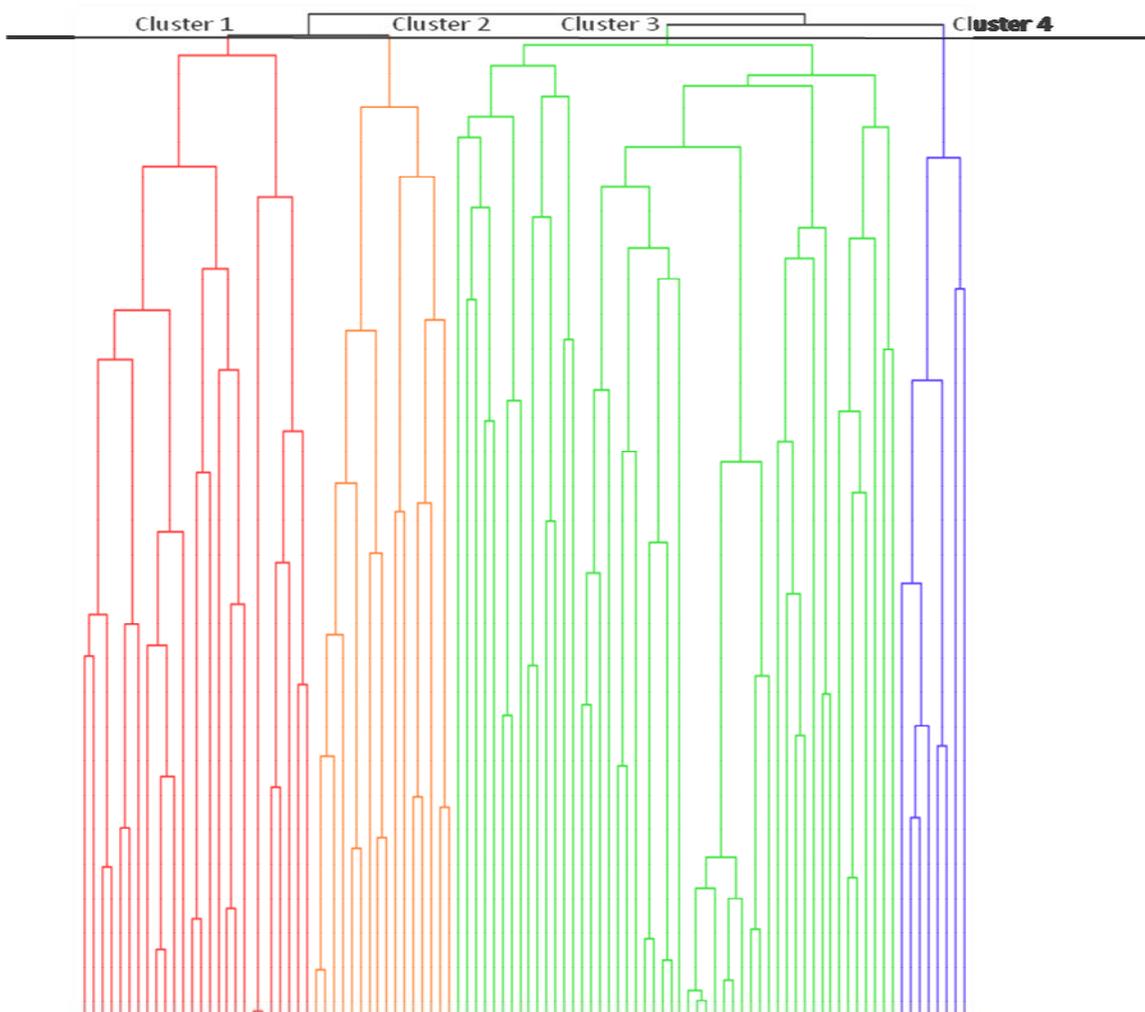


Figura 26. Distribución del número de consumidores en conglomerados en la evaluación de agrado de las 15 muestras de mermelada de guayaba

En el caso del grupo 1 (26 personas) se observa en la Figura 27 como valoraron la mermelada control con el puntaje en promedio más alto de agrado 7,83, diferente significativamente del resto. Las siguientes mermeladas con mayor aceptación fueron las formulaciones T13 y T5, con puntajes de 6,39 y 6,27 respectivamente, que no presentan diferencias significativas con las formulaciones T4, T9, T8, T3 y T12, (ver composición de tratamientos en apartado 4.6, Cuadro VI). La mermelada sin azúcar de la competencia presentó diferencias significativas con respecto a las formulaciones T4, T5, T13 y el control con azúcar, con un puntaje de 4,65, fue considerada poco agradable, junto con las formulaciones restantes. Estos resultados permiten ver cómo este grupo mostró mayor agrado por la mermelada con azúcar; seguido de varias de las formulaciones desarrolladas y la mermelada de la competencia reflejó poco agrado en los consumidores de este conglomerado.

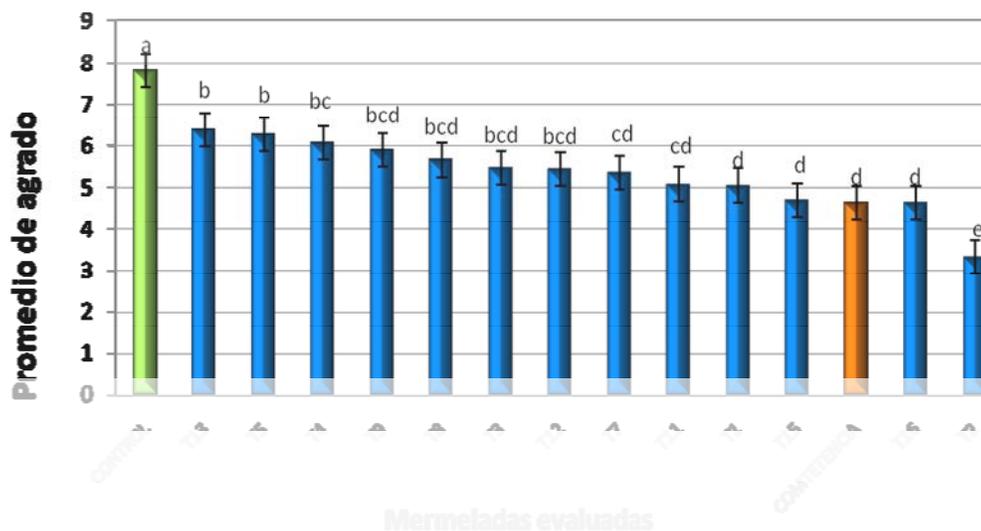


Figura 27. Promedios de agrado en el grupo 1 de consumidores de las 15 muestras de mermelada de guayaba. Los tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a $p < 0,05$.

En la Figura 28 se observa el agrado promedio para las muestras en el segundo grupo de consumidores (16 personas), donde no hubo diferencias significativas en el agrado de la muestra control (regular), la competencia y 10 de los tratamientos evaluados. Las mermeladas de los tratamientos T1, T2 y T3 fueron los que recibieron

las evaluaciones más bajas, significativamente diferentes de las muestras T5, T13 y del control con azúcar, (ver composición de tratamientos en apartado 4.6, Cuadro VI).

En general este grupo dio valoraciones intermedias a las mermeladas. Es positivo resaltar que cualquiera de las muestras excepto el tratamiento T1, podría ser una mermelada que compita en el mercado, ya que la mermelada de la competencia evaluada no presentó diferencia significativa con los otros 12 tratamientos.

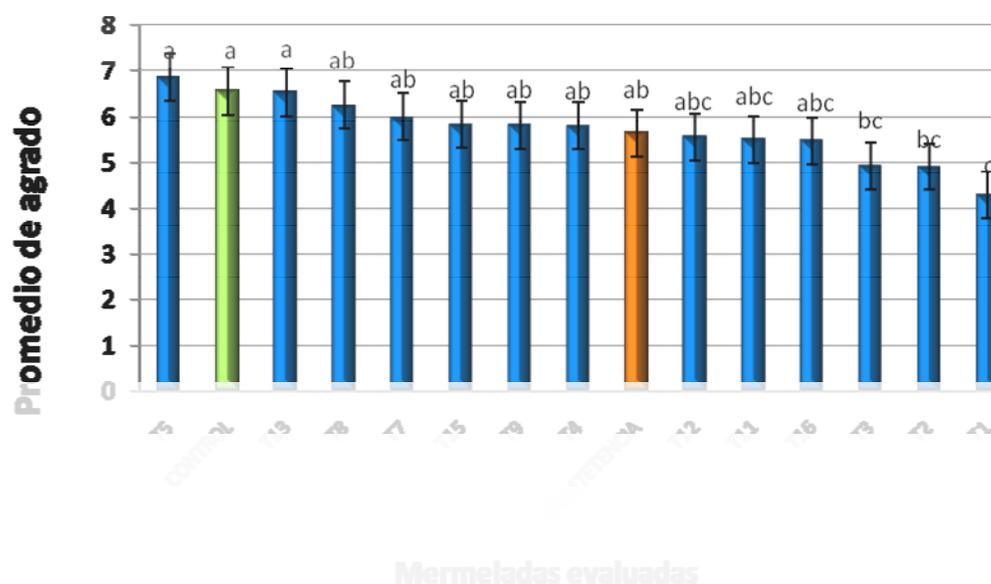


Figura 28. Promedios de agrado en el grupo 2 de consumidores de las 15 muestras de mermelada de guayaba. Los tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a $p < 0,05$.

El grupo 3 (50 personas) calificó al control con azúcar como la muestra de mayor agrado, con un valor de 7,43 diferente significativamente del resto (ver Figura 29). La muestra T2 fue la que tuvo menor agrado.

Es interesante denotar que la muestra de la competencia no fue diferente de todos los tratamientos evaluados, con excepción del control y la muestra T2, lo cual puede ser positivo si se toma en cuenta que una de estas formulaciones va a competir en el

mercado con esta mermelada ya comercializada, (ver composición de tratamientos en apartado 4.6, Cuadro VI).

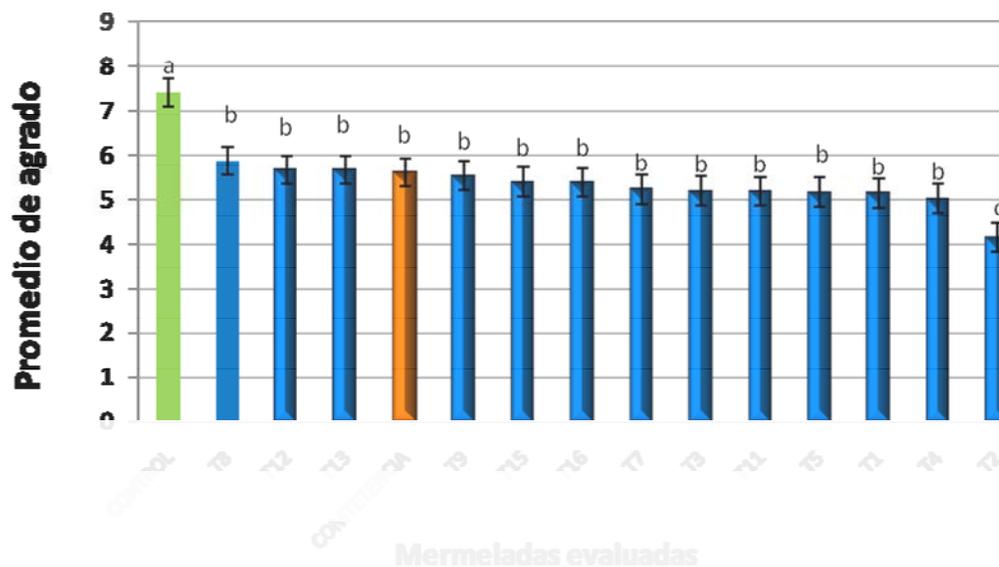


Figura 29. Promedios de agrado en el grupo 3 de consumidores de las 15 muestras de mermelada de guayaba. Los tratamientos con letras iguales no tienen diferencias significativas entre si, a $p < 0,05$.

En general se observa como las muestras T13 y T5 se mantienen en las ponderaciones más altas (aunque no significativamente diferentes de otras con valores más bajos), fueron formuladas con la mezcla GTA (sin CMC, alta proporción de premezcla de gomas (tara-xantán-agaroides), baja de povidona), concentración alta de edulcorante y baja de ácido para el tratamiento T13, y para el tratamiento T5, concentración alta edulcorante y alta de ácido, esto evidenció el agrado por la sensación más dulce en las mermeladas, y que el balance ácido/dulce tuvo efecto en el agrado.

En la literatura se han reportado investigaciones con geles formulados a partir de una amplia variedad de hidrocoloides, pero con la misma base de sabor, color, dulzor y acidez, en los cuales se encontraron diferencias en la intensidad del sabor, que fueron explicadas por las variaciones introducidas por los diferentes agentes gelificantes evaluados (Bayarri *et al.*, 2005). En este estudio, el efecto mayor se dio por la

presencia de CMC, pero no fue claro. Se debe recordar que 3 tratamientos fueron eliminados del estudio de consumidores, ninguno de los cuales contenía CMC, por lo que al desbalancearse el diseño se hace más difícil ver el efecto de la CMC sobre la aceptación.

Como norma general se reporta que, la adición de agentes texturizantes a soluciones modelo acuosas produce un descenso de la intensidad del dulzor, además se ha observado que la naturaleza del hidrocoloide afecta la liberación de sacarosa y de aspartame, por ende, la percepción del gusto dulce (Gliemmo *et al.*, 2007; Tournier *et al.*, 2009). Además cuanto mayor sea la dureza de un gel, menor es la percepción del sabor durante la masticación (Costell *et al.*, 2000). Es importante mencionar que otros autores han evaluado sistemas gelificados con diferentes hidrocoloides en donde esta dependencia de la dureza con la percepción del sabor no queda clara, porque se perciben diferencias de dulzor entre diferentes geles hidrocoloidales con dureza similar. Algunos autores han concluido que la respuesta sensorial también depende de la naturaleza del agente gelificante (Bayarri *et al.*, 2003).

Se observó como el efecto más pronunciado sobre el agrado lo produjo la percepción del dulzor, ya que para los 3 grupos de consumidores las formulaciones con menor concentración de edulcorante y mayor concentración de ácido fueron de baja aceptación. Estudios han demostrado como al incrementar la consistencia de las muestras con el uso de CMC y gelatina se reduce la percepción de la intensidad, tanto del sabor dulce, como el amargo. Se ha encontrado además que en el caso del dulzor, la reducción del sabor se incrementa al aumentar la viscosidad, debido al factor fisiológico de difusión del sabor en la superficie. El radio de difusión depende de la movilidad del sabor en la matriz y así depende de la concentración del saborizante y las propiedades reológicas del espesante utilizado (Kälviäinen, 2002). Lo anterior contradice el hecho de que las muestras con mayor aceptación (aunque sin diferencias significativas con otras) estaban entre las muestras con mayor fuerza de corte, fuerza del gel y adhesividad. Sin embargo, el no tener CMC puede ayudar a que los sabores se perciban mejor y no dependió de la consistencia.

Otro factor que puede incidir en el agrado fue la textura del producto al paladar. En el estudio realizado por Valencia & Milán (2008) al emplear CMC y aumentar su concentración se observó como el producto presenta una estructura poco regular debido al incremento de las burbujas de aire ocluido, que afecta la percepción y el aspecto del producto final, además se observó como a medida que aumenta el contenido de CMC, disminuye la calificación del sabor y de la suavidad por parte de los consumidores. Mientras que en otros estudios se encontró que al comparar la aceptación en geles con diferente firmeza, no se presentó influencia en la aceptación de los jueces evaluados (Acosta *et al.*, 2006). Las formulaciones con CMC y poca povidona tendieron a estar dentro del grupo de las muestras con más baja aceptación, es decir los tratamientos (T3, T7, T11 y T15).

A pesar de que la mezcla de agentes gelificantes GTB, (sin CMC, y la concentración alta de povidona) no reportó diferencias con el control en 3 de los 4 parámetros de textura (sección 5.2.3), la muestra T2 fue una de las formulaciones de menor aceptación y debe recordarse que las otras 3 formulaciones que empleaban esta mezcla de gomas fueron descartadas por su poca estabilidad en la prueba de sinéresis. La muestra T2 tenía una concentración baja de edulcorante y alta de ácido, lo que pudo provocar un sabor poco dulce y muy ácido que fue rechazado. Por otro lado, las muestras con mejor aceptación (T5 y T13) fueron preparadas con GTA (sin CMC, baja povidona y alta concentración de gomas) que fue mucho más dura y adhesiva que la mermelada control, estas formulaciones presentaron una cantidad media de sinéresis, no excesiva. Estas mermeladas fueron preparadas ambas con la concentración alta de edulcorante, una con concentración alta de ácido y la otra con concentración baja. Se puede deducir que lo más importante fue el sabor, que depende en gran medida en el balance dulce/ácido de la mermelada.

Otros factores que pudieron influir en los resultados de aceptación, que han sido comprobados en la literatura anteriormente, explican que existe una afectación entre las percepciones de sabor y textura con las preferencias. La edad, el género, las condiciones socioeconómicas y otros factores pueden influenciar las preferencias en cuanto a la textura y el sabor de los alimentos. En el caso especial de la edad se encontró que en los geles las personas de mayor edad prefieren texturas con alta fracturabilidad, no

adhesivas, no elásticas (Kälviäinen, 2002), lo cual no se pudo demostrar en el presente estudio.

5.3 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE LAS MATERIAS PRIMAS DE LAS DISTINTAS FORMULACIONES

Uno de los aspectos primordiales al realizar un desarrollo de un producto es determinar si económicamente es sustentable. Por esta razón, uno de los factores a tomar en cuenta para decidir cuál formulación se va a desarrollar, fue el costo de las materias primas de las formulaciones. En la Figura 30 se observa los diferentes costos de las formulaciones, tomando en cuenta sus rendimientos.

Existen diferencias significativas entre las 16 mermeladas y la muestra con azúcar, que fue significativamente más barata que las mermeladas de los tratamientos evaluados. Se observa como los tratamientos con las mezclas GTA y GTC (formulaciones T1, T3, T5, T7, T9, T12, T13, T15) fueron los más caros, (ver composición de tratamientos en apartado 4.6, Cuadro VI). El precio se aumentó en 3,2 veces con respecto a la mermelada con azúcar. Las diferencias en costos de las mermeladas sin azúcar en relación con la mermelada control fueron muy importantes dado que como agente texturizante y saborizante, el azúcar con su bajo costo, fue prácticamente imposible de igualar, aparte de que el precio y cantidad de pectina no fueron equiparables a los agentes texturizantes empleados.

Además con el fin de conocer la posibilidad real de competir en el mercado se realizó una estimación de los costos (ver Apéndice F.1), donde se definió como precio de venta de la formulación escogida (apartado 5.5), el precio de venta de la competencia. Asumiendo un 45 % de margen de canal de distribución, que estaría constituido por un mayorista y un minorista, además partiendo de que la materia prima representa un 25 % del precio, quedaría solo un 30 % para cubrir los otros costos directos e indirectos, lo que resulta ser bastante poco. Por lo que la estrategia de fijar el precio, igual a la competencia parece no ser rentable, sin embargo, existe la posibilidad de fijar un precio mayor y diferenciar el producto, pues tiene características diferentes a la competencia existente en el mercado.

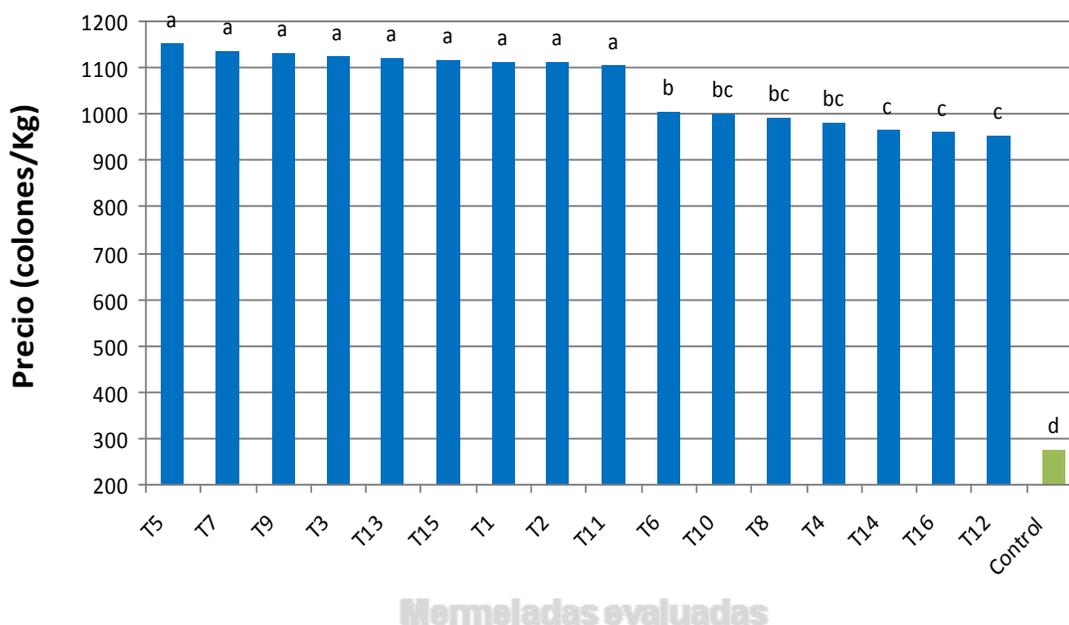


Figura 30, Costos variables de las diferentes formulaciones de mermelada evaluadas, para una $p < 0,05$.

5.4 SELECCIÓN DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA

Para seleccionar la mejor formulación se tomaron en cuenta los resultados de aceptación y de características físicas similares al control (mermelada regular con azúcar y pectina). Según Furst *et al.* (1996) los principales factores determinantes de la compra de alimentos son la percepción sensorial, factores económicos, conveniencia, salud, nutrición, relaciones familiares y calidad. Por tal razón, en primera instancia, se tomó en cuenta los resultados de las pruebas sensoriales para la escogencia de la formulación óptima. En los 3 grupos de consumidores se observó como las muestras T13 y T5 se encontraron posicionadas entre las formulaciones con los valores de aceptación más altos, sin embargo, en 2 de los 3 grupos de consumidores se encontró mejor posicionada la formulación T13.

Con respecto a la sinéresis la formulación T13 presentó a las 48 horas una masa exudada de 3,05g y la formulación T5 una masa de 4,54g que corresponden a una buena estabilidad en ambos casos, comparadas con otras muestras, además no

fueron diferentes significativamente del control. Ambas mermeladas están formuladas con la mezcla GTA, que presentó un comportamiento intermedio de sinéresis.

Con respecto al color en el caso de la luminosidad la formulación T13 no presentó diferencia significativa con respecto al control, mientras que la formulación T5 presentó diferencias significativas, el tono h° y la saturación C^* fueron diferentes significativamente de todos los tratamientos. En cuanto a la diferencia de color ΔE obtenido en ambas formulaciones con respecto al control fue menor a 3, es decir, que en el caso de la formulación T13 fue de 2,77 y ligeramente más alto el de la formulación T5 de 2,89.

En lo referente a la textura las formulaciones T13 y T5, a pesar de tener diferencias significativas con respecto al control, fueron formulaciones que mostraron valores intermedios con respecto a los demás tratamientos evaluados.

El costo de las formulaciones T5 y T13 se ubicó entre los precios más altos de los tratamientos evaluados, diferentes significativamente del control, que fue el más barato. En el caso de la formulación T5 el costo fue de $\text{¢ } 1151$ colones por kilogramo, mientras que la formulación T13 presentó un costo de $\text{¢ } 1120$ colones, en comparación con el control que presenta un costo en materias primas de $\text{¢ } 275$ colones, debido al bajo precio del azúcar en comparación con los agentes gelificantes y texturizantes empleados.

En conclusión la formulación escogida fue la que corresponde al tratamiento T13, pues fue la que mostró la mejor combinación de resultados entre las pruebas de agrado, color, sinéresis y textura.

Al no contener azúcar en la formulación, la mermelada desarrollada puede ser etiquetada como mermelada sin azúcar, según lo establece el decreto 30256 MEIC-S RTCR 135:2002 Etiquetado Nutricional de los Alimentos Preenvasados. En los análisis químicos realizados a la mermelada (Apéndice G.1) se observan los resultados obtenidos en cada determinación. Además se observa en el Cuadro VII como la formulación escogida mostró una considerable disminución del 67 % en el contenido calórico presente en el

producto final con respecto al control, pudiendo ser etiquetado como un producto reducido en energía, pues la legislación dice que se puede etiquetar como producto liviano, reducido o ligero si contiene al menos un 25 % menos de energía por porción o por 100 g o 100 mL, con respecto al alimento de referencia (COSTA RICA. MINISTERIO DE ECONOMÍA. INDUSTRIA Y COMERCIO, 2002). El contenido calórico de la mermelada fue de 92,9 Kcal por porción y la porción fue de 100 gramos.

CUADRO VII. Resultados obtenidos de la comparación entre el contenido de calórico de la formulación escogida y la mermelada control con azúcar

Calorías provenientes de:	Contenido calórico mermelada sin azúcar en 100 g (Kcal)	Contenido calórico mermelada de referencia con azúcar en 100 g (Kcal)
Carbohidratos totales	70,4	280,0
Proteínas totales	21,6	0,6
Grasa total	0,9	0,9
Contenido energético total	92,9	281,5
Porcentaje de reducción en el contenido energético de la formulación escogida con respecto al control	67 %	-

CONCLUSIONES

- Al aumentar la concentración de edulcorante, disminuir la de ácido y omitir CMC se observan los menores valores de L^* , es decir, son las mermeladas más oscuras.
- Al aumentar la concentración de edulcorante, en presencia de mayores cantidades de ácido se observan los mayores valores de h° , con estas combinaciones se alcanzan las mermeladas con tonos más cercanos a los amarillos.
- Al utilizar la combinación de CMC y povidona se obtienen los valores más bajos de h^* , estas son las mermeladas más cercanas a los tonos rojos.
- Al aumentar la concentración de edulcorante, disminuir la de ácido y omitir CMC, se disminuye el C^* en todas las formulaciones, es decir, se obtienen las mermeladas con menor saturación del color.
- No se logró simular, tanto la saturación (C^*) como el tono (h°). La luminosidad L^* se logró simular en los tratamientos con la misma acidez de la mermelada control con azúcar.
- Las formulaciones que no contenían CMC presentan diferencias significativas con respecto a la mermelada con azúcar en la medición de la sinéresis siendo mayor la cantidad exudada en estos tratamientos; es decir, la CMC ayuda a disminuir la sinéresis en mermeladas sin azúcar y sin pectina.

- Las mermeladas sin CMC, bajas concentraciones de ácido cítrico, altas concentraciones de edulcorante y de polidextrosa, fueron las que sufrieron mayores pérdidas por sinéresis.
- Se alcanzó un comportamiento intermedio en términos de la cantidad de masa exudada, tanto para los tratamientos que contenían menor cantidad de polidextrosa, sin CMC, así como para los que contenían CMC y alta concentración de polidextrosa.
- Las muestras con CMC y baja polidextrosa, así como las muestras sin CMC y alta polidextrosa, aumentaron la fuerza de corte y del gel, al disminuir el edulcorante.
- Las muestras con mayor acidez y con CMC presentaron mayores fuerzas de corte y fuerzas del gel, mientras que en ausencia de CMC las mermeladas disminuyeron la fuerza al aumentar la acidez.
- A menor contenido de polidextrosa se presentaron mayores fuerzas de corte y del gel, sin importar el contenido de edulcorante.
- El ácido y la mezcla de agentes gelificantes mostraron efecto significativo sobre la adhesividad. En ausencia de CMC no se presentó diferencia notoria al variar la concentración del ácido, mientras que en presencia de CMC al aumentar la concentración de ácido, aumenta la adhesividad, es decir mejora la adhesión al aplicarla en un producto.
- Se encontró que a mayor concentración de ácido, menor cantidad de edulcorante y la presencia de CMC se obtuvo mayor elasticidad en las mermeladas sin azúcar, sin embargo, no se logró una elasticidad tan baja como la mermelada con azúcar en ningún tratamiento sin azúcar.

- Los consumidores evaluaron la mermelada regular (con azúcar y pectina) como la de mayor aceptación en dos de los 3 segmentos o conglomerados encontrados, mientras que la muestra sin azúcar de la competencia tuvo calificaciones inferiores a varias de las formulaciones desarrolladas.
- La muestra que fue formulada con baja concentración de ácido, alta concentración de edulcorante, baja concentración de premezcla gelificante, sin CMC y con baja concentración de povidexrosa (formulación 13) fue valorada como una de las muestras con mayor agrado.
- Las formulaciones más caras fueron las que contienen las mayores concentraciones de premezcla de gomas, oscilando los precios entre ₡ 951,35 colones y ₡ 1151,65 colones por kilogramo.
- Se escogió la formulación 13 como óptima porque en la prueba de agrado se encontró entre los tratamientos mejor evaluados. Mostró baja sinéresis, que indica alta estabilidad del gel en el tiempo. Presentó diferencias en la textura de valores intermedios en relación con los demás tratamientos evaluados, al ser comparados con el control. No mostró diferencias significativas en cuanto a L, además de mostrar un ΔE de 2.77, ubicado dentro de los valores más bajos de diferencia de color percibido.
- La mermelada escogida cumple con los requisitos de la Norma sobre etiquetado nutricional de Costa Rica para ser calificada como “baja en calorías”.

RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de almacenamiento, incluyendo la evaluación de varios materiales de empaque, para determinar la estabilidad de la mermelada sin azúcar.
- Valorar el uso de otros edulcorantes como la sucralosa en el proceso con el fin de que no exista la limitante para los posibles consumidores que padezcan de fenilcetonuria.
- Realizar más pruebas para lograr la estandarización del color con diferentes colorantes, además evaluar con consumidores la necesidad real de aplicar colorante a la mermelada.
- Probar mezcla gelificante GTA (sin CMC) con menor contenido de gomas para tratar de disminuir la elasticidad y conservar la fuerza corte, de gel y adhesividad similares a la mermelada regular.

REFERENCIAS CITADAS

- ACOSTA, O. 2004. Elaboración de jaleas sin adición de sacarosa empleando pectina de bajo metoxilo. Tesis Lic. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.
- ACOSTA, O., VIQUEZ, F., CUBERO, E. & MORALES, I. 2006 Ingredient Levels Optimization and Nutritional Evaluation of a Low-calorie Blackberry (*Rubus irasuensis* Liebm.) Jelly. *Journal of Food Science* 71(5):S390-S394.
- ACOSTA, O., VIQUEZ, F. & CUBERO, E. 2008. Optimization of low calorie mixed fruit jelly by response surface methodology. *Food Quality and Preference* 19: 79–85.
- ÁLVAREZ, E., CANCELA, A. & MACEIRAS, R. 2006. Effect of temperature on rheological Properties of different jams. *International Journal of Food Properties* 9: 135–146.
- AOAC, 1990, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15 ed. Maryland.
- ARRIAGADA, S. 1996. Formulación y caracterización de geles de tuna (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). Tesis Ing. en Agronomía. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago.
- BARBOZA-CÁNOVAS, L. & BARBOZA-CÁNOVAS, G. 1993. Review: Rheological properties of food gums and food gum mixture. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 33(2): 133-163.
- BARRETT, D., SOMOGYI, P. & RAMASWAMY, H. 2005. Processing Fruits Science and Technology. 2 ed. CRC Press. Boca Raton, FL.
- BAUTISTA, M., BARBOZA, J., GAMIÑO, Z. & ALANIS, M. 2005. Alimentos bajos en Energía: ¿Qué es lo que debemos saber de ellos? *Acta Universitaria* 15(3): 25-33.

- BAYARRI, S., DURAN, L. & COSTELL, E. 2003. Compression resistance, sweetener's diffusion and sweetness of hydrocolloids gels. *International Dairy Journal* 13: 643–653.
- BAYARRI, S., IZQUIERDO, L. & COSTELL, E. 2005. Effect of substitution of aspartame for sucrose on instrumental texture profile of hydrocolloids gelled systems. *European Food Research Technology* 220:25–30,
- BONILLA, L. Consultado el 20 de junio de 2008. Cultivo de guayaba: Boletín Técnico 8. Santo Domingo, Fundación de Desarrollo Agropecuario INC. INTERNET.
- CÁNDIDO, L. & CAMPOS A. 1996. Alimentos para fins especiais: Dietéticos. Varela, Sao Paulo.
- CASTILLO, L., ALVARADO, A. & SÁNCHEZ, M. 2006. Enfermedad cardiovascular en Costa Rica. *Revista Costarricense de Salud Pública* 15(28):3-16.
- CODEX ALIMENTARIUS. 1981. Norma del CODEX para compotas (conservas de frutas) y jaleas: STAN 79-1981. INTERNET.
<http://www.codexalimentarius.net/search/advancedsearch.do>
- CODEX ALIMENTARIUS. 1985. Directrices sobre el Etiquetado Nutricional: CAC/GL 2-1985. INTERNET.
<http://www.codexalimentarius.net/search/advancedsearch.do>
- COE, E. 2006 My Art Head Start art skills ebook. Quick Color Facts INTERNET.
<http://www.art-head-start.com/color-wheel.html>
- COSTA RICA. MINISTERIO DE ECONOMÍA. INDUSTRIA Y COMERCIO. 2002. Decreto MEIC RTCR N° 30256 Etiquetado Nutricional de los Alimentos Preenvasados. San José.

- COSTELL, E., DURÁN, L. & PERYROLÓN, M. 2000, Influence of texture and type of hydrocolloid on perception of basic tastes in carrageenan and gellan gels. *Food Science Technology International* 6(6):495-499.
- COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. 1989. Norma de jaleas y Mermeladas. Caracas.
- DAMASIO, H., COSTELL, E. & DURAN, L. 1997. Sensory quality of low-sugar orange and locust bean gums. *Zeitschrift für Lebensmittel unter suchung und -Forschung A* 204(3): 183—188.
- DAVIES, C & LABUZA, T. 2008. *The Maillard Reaction: Application to Confectionery Products*. University of Minnesota, St. Paul, Minnesota.
- DESA, 2007. Ensayos de Aceptabilidad. INTERNET.
<http://www.desa.edu.ar/aceptabilidad.htm>
- DUXBURY, D. 2005. Measuring Food Color. *Food Technology* 59(1): 68–70,
- DZIEZACK, J, 1991. A focus on gums. *Food Tecnology* 45(3):116-132.
- FISZMAN, S. & DURAN, L. (1992). Effects of fruit pulp and sucrose on the compression response of different polysaccharides gel systems. *Carbohydrate Polymers* (17): 11–17.
- FOOD RESEARCH AND ACTION CENTER CACFP. 2009. Child & Adult Care Food Program: Participation Trends 2009 www.frac.org. INTERNET.
. http://www.frac.org/pdf/cacfp_09_participationtrends.pdf
- FURST, T., CONNORS, M., BISOGNI, A., SOBAL, J. & WINTER, L. 1996. Food Choice: A Conceptual Model of the Process. *Apetite* 26(3)247-266.
- GALEAS, M. & IZQUIERDO, E. 1998. Mercadeo Agroindustrial. INFOP, Tegucigalpa.

- GÁLLINGER, M. 1998. Análisis sensorial y descriptivo: ¿Para qué sirve? La Alimentación Latinoamericana 223: 33-35.
- GLICKSMAN, M. 1991. Hydrocolloids and the search for "Oily Grail". Food Technology 45 (10): 94-103.
- GLIEMMO, F., CAMPOS, C., GERSCHENSON, L., TAMASI, O. & CALVIÑO, M. 2007. Efecto de hidrocoloides sobre el dulzor de formulaciones de bajo tenor glucídico. Mundo Alimentario enero-febrero:22-25. INTERNET.
http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MA016_GOMASDULZOR_F.pdf
- HERNÁNDEZ, M., DOLZ, J., DOLZ, M., DELEGIDO, J. & PELLICER, J. 2001. Viscous Synergism in Carrageenans (λ and κ) and Locust Bean Gum Mixtures: Influence of Adding Sodium Carboxymethylcellulose. Food Science and Technology 7(5): 383-391.
- HUNTERLAB 2000, Evaluation of Appearance. Applications notes 12:(6).
- JAWAHEER, B., GOBURDHUN, D. & RUGGOO, A. 2003. Effect of processing and storage of guava into jam and juice on the ascorbic acid content. Plant Foods for Human Nutrition (58): 1–12.
- JIMENEZ, A; GUTIERREZ, G. 2001. Color: Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos. Acribia, Zaragoza.
- KÄLVIÄINEN, N. 2002. Texture modifications in semisolid and solid foods: Sensory characterization and acceptance in different age groups. Academic Disertation. Helsingin y liopisto Elintarviketeknologian laitos. Helsinki. EKT-sarja 1313 series 1313

- KONSTANCE, P. & HOLSINGER, V. 1992. Development of rheological test methods for cheese. *Food technology* 46(1):105-109.
- KROGER, M., MEISTER, K. & KAVA R. 2006. Low-calorie Sweeteners and Other Sugar Substitutes: A Review of the Safety Issues. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 5:35-47.
- KUNTZ, L. 1999. Formulating by Gum, Pectin and Gelatin. *Food Product Design*, Northbrook, IL. INTERNET.
<http://www.foodproductdesign.com/articles/1999/12/special-effects-with-gums.aspx>
- LARSSON, S., BERGKVIST, L. & WOLK, A. 2006. Consumption of sugar and sugar-sweetened foods and the risk of pancreatic cancer in a prospective study. *The American Journal of Clinical Nutrition* (84):1171– 6.
- LAWLESS, H. & HEYMANN, H.1999. *Sensory evaluation of food: Principles and Practices*. Aspen, Gaithersburg.
- LIZANO, G. 2005. La oferta de alimentos livianos como una opción para el consumidor con sobrepeso y obesidad. Tesis Mr. en Administración de Negocios con Énfasis en Mercadeo. Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias de la Administración. San José.
- LÓPEZ, R., RAMÍREZ, A., LUCÍA, M. & FARIÑAS, G. DE 2000, Evaluación fisicoquímica y microbiológica de tres mermeladas comerciales de guayaba (*Psidium guajava* L.) *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 50 (3):291-295.
- MACDOUGALL, D. 2000, *Colour in food: Improving quality*. CRC Press LLC, Boca Raton.
- MANNIE, E. 2007. Texture-enhancement Tactics. *Prepared Foods*. INTERNET.
http://www.preparedfoods.com/Articles/Feature_Article/BNP_GUID_9-5-2006_A_1000000000000138473

- MANRESA A. & VICENTE, I. 2007. El color en la industria de los alimentos. Editorial Universitaria, Ciudad de La Habana.
- MARQUINA, V., ARAUJO, L., RUÍZ J., RODRÍGUEZ, A. & VIT, P. 2008. Composición química y capacidad antioxidante en fruta, pulpa y mermelada de guayaba (*Psidium guajava L.*). Archivos Latinoamericanos de Nutrición 58(1):98-102.
- McBRIDE, R. 1982. Range bias sensory evaluation. Journal of Food Technology (17):405-410.
- McDERMOTT, B. 1990, Identifying Consumers and Consumers Test Subjects. Food Technology 44(11):154-158.
- McEWAN, J., EARTHY, P. & DUCHER, C. 1998. Preference Mapping: A Review. Campden & Chorleywood. Food Research Association. Project No. 29742 (5): 1-32.
- MEDINA, M. L. & PAGANO, F. 2003. Caracterización de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava L.*) tipo "Criolla Roja". Revista de la Facultad de Agronomía LUZ 20:72-86.
- MILLAN, A., MORENO, R., NIETO, M. 2002. Thermogelling polysaccharides for aqueous gel casting part I: a comparative study of gelling additives. Journal of the European Ceramic Society (22) 2209–2215.
- NETTER, J., KUTNER, M., NACHTSHEIM, C. & WASSERMAN, W. 1990, Applied linear statistical models. 4 ed. Irwin, Chicago.
- MONTESINOS; R. 2003. Especificación cromática de gama de colores usados en la industria del calzado. Universidad de Alicante. Alicante, España.
- PACHECO, L. 2007. Enfermedades cardiovasculares: Primera causa de muerte en Costa Rica. Medicina: Vida y Salud (9):4-7.

- PADILLA, G., ROSELLÓ, M., GUZMÁN, M. & ARÁUZ, A. 2006. Percepción de la obesidad en adultos costarricenses. *Acta Médica Costarricense* 48(3):129-130,
- PALOMINO, P. 2006. Propiedades antioxidantes y pro oxidantes de *Psidium guajava* L. Tesis Mr en Bromatología. Universidad de Lima, Facultad de Farmacia y Bioquímica. Lima.
- PASQUEL, A. 2001. Gomas: Una aproximación a la industrias alimentaria. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria* 1:1 – 8.
- POPPER, R. & KROLL, E. 2007 Goldilocks would Approve quantitative research Quirk's Marketing Research Review (www.quirks.com). 1:60-63.
- PRONCZUK, A. & HAYES, K. 2006. Hypocholesterolemic effect of dietary polydextrose in gerbils and humans. *Nutrition Research* 26: 27– 31.
- RESTREPO, M. 2009. Sinergia entre edulcorantes no calóricos y el ácido fumárico. *Revista Lasallista de Investigación* 1(2):46-52.
- ROBERTFROID, M. 1996. Functional effects of food components and the gastrointestinal system: chicory fructooligosaccharides. *Nutrition Review* (54):38–42.
- ROBERTFROID, M. 2000, Prebiotics and probiotics: are they functional foods? *American Journal of Clinical Nutrition* 71(6):1682-1687.
- ROUDOT, A. 2004. Reología y análisis de la textura de los alimentos. Acribia, Zaragoza.
- ROTHMAN, L. 2009. Structure and Use of Just-About-Right Scales. *Food Perspectives*, Jan 2009:13.
- INTERNET. http://www.astm.org/DIGITAL_LIBRARY/MNL/PAGES/MNL11481M.htm

- RUIZ, A. 2007. Aplicación de Hidrocoloides en Queso Procesado Untable. Tesis Lic. en Ciencia de los Alimentos. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia.
- SANDROU, D. K. & ARVANITOYANNIS, I. S. 2000, Low-Fat/Calorie Foods: Current State and Perspectives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 40(5):427–447.
- SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J., HUBINGER, M. D. & MENEGALLI, F.C. 2002. Effect of osmotic dehydration on color and mechanical properties of dried guavas. *Drying'-Proceedings of the 13th International Drying Symposium*. Beijing B:968-977.
- SAŠA, R., ALEKSANDRA, N. & BISERKA, L. 2003. Low-Calorie Marmalades. *Acta Periódica Tecnológica* 34: 23–30.
- SCHMIDT-HEBBEL, H. 1990, Aditivos alimentarios y la reglamentación de los alimentos: Aplicaciones y comentarios de orden químico y tecnológico. Universitaria, Santiago.
- SEBRIANO, E. Consultado el 25 de abril de 2009. Utilización del Análisis Sensorial para el desarrollo de productos según la preferencia del consumidor en el mercado de Alimentos y bebidas. Nestlé Argentina. INTERNET.
http://www.emagister.com/uploads_courses/Comunidad_Emagister_29581_Analisis_Sensorial.pdf
- SEDO, P. 2001. Alimentos funcionales: análisis general acerca de las características químico-nutricionales, desarrollo industrial y legislación alimentaria. *Revista Costarricense de Salud Pública* 10(18-19):34-39.
- SERRANO, C. Consultado el 19 de marzo de 2008. Aditivos Alimentarios. Entidad Nacional de Acreditación (ENAC). INTERNET:
<http://bioaplicaciones.galeon.com/ENAC/ENAC.html>
- SILVEIRA, M., MONEREO, S. & MOLINA, B. 2003. Alimentos funcionales y nutrición óptima. ¿Cerca o lejos? *Revista Española de Salud Pública* 77(3):317-331.

- SLOAN, E. 2004. The top 10 functional food trends 2004. *Food Technology* 58(4): 28-58.
- SMEWING, J. 1999. Hydrocolloids. In: *Food Texture: Measurement and Perception*. Aspen Publication, Gaithersburg.
- SOROKIN, A. & ARKHIPOVA, L. 2009. Physico-mechanical properties of agaroid. *Journal language unavailable* (9):62-5.
- SOUSA, I., Matias, E., Laureano, O. 1997. The texture of low calorie grape juice jelly. *Lebensm Unters Forsch A* 205: 140–142.
- TA.XTPlus. 2006. Measure force in compression. Internal manual of the TA.XTPlus
- THAKUR, B., SINGH, R. & HANDA, A. 1997. Chemistry and uses of pectin— a review. *Critical Review Food Science and Nutrition* 37(1):47–73.
- TOURNIER, C., SULMONT-ROSSÉ, C., SÉMON, E., VIGNON, A., ISSANCHOU, S. & GUICHARD, E. 2009. A study on texture, taste, aroma interactions: physico-chemical and cognitive mechanisms. *International Dairy Journal* 19(8):450-458.
- ULATE, D. 2006. Duodécimo informe estado de la nación en desarrollo humano sostenible principales tendencias de la situación nutricional de la población de Costa Rica y su atención en el período 1996-2006. *Estado de la Nación*. San José.
- VALENCIA, F. & MILLÁN, M. 2008. Efecto de la sustitución con polydextrosa y CMC en la calidad sensorial de tortas con bajo contenido de sacarosa. *Revista Lasallista De Investigación* 5(2):63-67.
- VICKERS, Z. 1988. Sensory specific satiety in lemonade using a just right scale for sweeteners. *Journal of Sensory Studies* (3):1-8.

WALKER B. 1984. Gums and stabilizers in food formulations: Gums and Stabilizers for the Food Industry. Pergamon Press, Oxford.

WILLIAMS, P. & PHILLIPS, G. 2006. Gums and Stabilizers for the Food Industry. RSC Publishing.

APÉNDICES

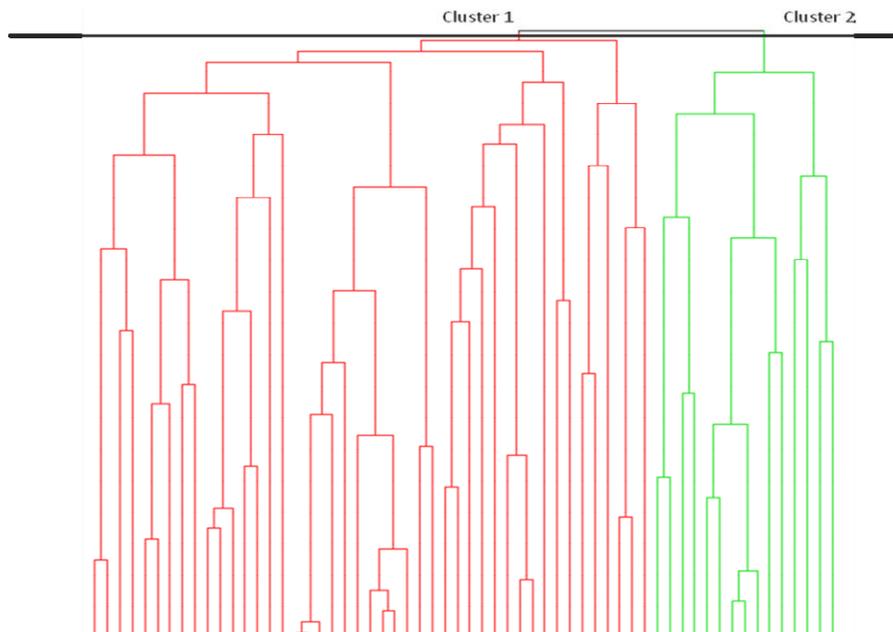
APÉNDICE A.1 Análisis de varianza obtenido de la prueba de agrado con la escala justo correcto para determinar la acidez y el dulzor a emplear en las mermeladas. Se reporta únicamente la fuente de variación muestras para cada conglomerado y cada ingrediente.

CONGLOMERADO	Número de Panelistas	Grados de libertad	Fuente de variación: muestra	
			Valor F	Prob > F
Conglomerado 1 Acidez	32	8	11,1382	<.0001
Conglomerado 2 Acidez	28	8	7,5111	<.0001
Conglomerado 1 Dulzor	45	8	5,2406	<.0001
Conglomerado 2 Dulzor	15	8	2,88	0,0056

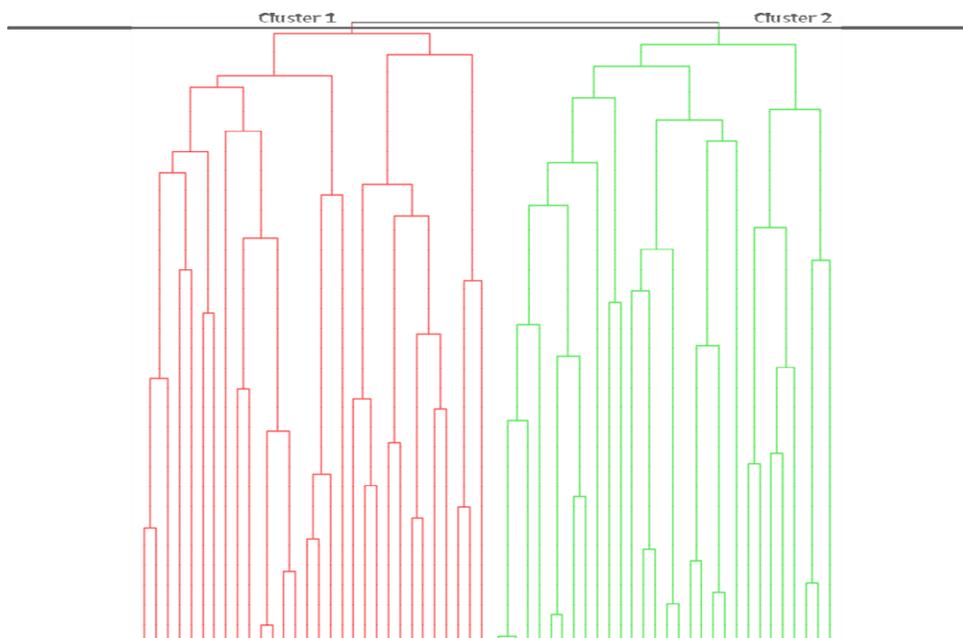
APÉNDICE A.2 Promedios obtenidos en la prueba justo correcto para determinar la acidez y el dulzor.

Grupo	Concentración de edulcorante (%)	Concentración de ácido (%)	Promedio Escala Agrado	Std Error	Limite Inferior 95 %	Limite superior 95 %
Grupo 1 Dulzor	EE1	AC1	1,72	0,15703	1,4096	2,0279
	EE2	AC1	1,75	0,15703	1,4409	2,0591
	EE3	AC1	1,88	0,15703	1,5659	2,1841
	EE1	AC2	2,44	0,15703	2,1284	2,7466
	EE2	AC2	2,47	0,15703	2,1596	2,7779
	EE3	AC2	2,75	0,15703	2,4409	3,0591
	EE2	AC3	2,88	0,15703	2,5659	3,1841
	EE1	AC3	2,94	0,15703	2,6284	3,2466
Grupo 2 Dulzor	EE3	AC3	3,03*	0,15703	2,7221	3,3404
	EE2	AC1	2,64	0,16976	2,3085	2,9772
	EE1	AC1	2,79	0,16976	2,4513	3,1201
	EE1	AC2	2,96*	0,16976	2,6299	3,2987
	EE3	AC1	3,11	0,16976	2,7728	3,4415
	EE2	AC2	3,25	0,16976	2,9156	3,5844
	EE3	AC2	3,29	0,16976	2,9513	3,6201
	EE1	AC3	3,61	0,16976	3,2728	3,9415
	EE3	AC3	3,89	0,16976	3,5585	4,2272
	EE2	AC3	3,96	0,16976	3,6299	4,2987
Grupo 1 Acidez	EE1	AC3	2,27	0,13701	1,9973	2,536
	EE1	AC1	2,60	0,13701	2,3307	2,8693
	EE2	AC3	2,69	0,13701	2,4195	2,9582
	EE1	AC2	2,69	0,13701	2,4195	2,9582
	EE2	AC2	2,8	0,13701	2,5307	3,0693
	EE3	AC3	2,96*	0,13701	2,6862	3,2249
	EE2	AC1	2,96*	0,13701	2,6862	3,2249
	EE3	AC2	3,22	0,13701	2,9529	3,4916
	EE3	AC1	3,27	0,13701	2,9973	3,536
Grupo 2 Acidez	EE1	AC3	1,33	0,20106	0,9355	1,7312
	EE1	AC2	1,60	0,20106	1,2021	1,9979
	EE2	AC2	1,60	0,20106	1,2021	1,9979
	EE3	AC2	1,73	0,20106	1,3355	2,1312
	EE1	AC1	1,73	0,20106	1,3355	2,1312
	EE2	AC1	1,73	0,20106	1,3355	2,1312
	EE3	AC3	1,93	0,20106	1,5355	2,3312
	EE2	AC3	2,20	0,20106	1,8021	2,5979
	EE3	AC1	2,47*	0,20106	2,0688	2,8645

Promedios escogidos para ser evaluados en la investigación por ser los más cercanos al 3 (justo correcto)
 EE1: Concentración baja edulcorante, EE2: Concentración media edulcorante, EE3: Concentración alta edulcorante, AC1: Concentración baja ácido, AC 2: Concentración media ácido, AC3: Concentración alta ácido



APÉNDICE A.3 Distribución de consumidores en conglomerado en la evaluación del dulzor



APÉNDICE A.4 Distribución de consumidores en conglomerado en la evaluación de la acidez

APÉNDICE B.1 Fuentes de variación significativas en el análisis de varianza obtenido de la medición de color (L*) en las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar evaluadas.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Valor F	Prob > F
LOTE	3	0,8353	0,4762
EDULCORANTE	1	148,1204	<.0001
ACIDO	1	1028,695	<.0001
EDULCORANTE*ACIDO	1	44,1424	<.0001
TIPO GELIFICANTE	3	32,0599	<.0001
EDULCORANTE*TIPO GELIFICANTE	3	8,1061	<.0001
ACIDO*TIPO GELIFICANTE	3	7,3924	0,0001
EDULCORANTE*ACIDO*TIPO GELIFICANTE	3	42,2211	<.0001

APÉNDICE B.2 Fuentes de variación significativas en el análisis de varianza obtenido de la determinación de (h°) en las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar evaluadas.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Valor F	Prob > F
EDULCORANTE	1	55,8589	<.0001
ACIDO	1	3,7469	0,0545
EDULCORANTE*ACIDO	1	8,3808	0,0043
TIPO GELIFICANTE	3	17,9411	<.0001
EDULCORANTE*TIPO GELIFICANTE	3	7,9463	<.0001
ACIDO*TIPO GELIFICANTE	3	12,8354	<.0001
EDULCORANTE*ACIDO*TIPO GELIFICANTE	3	0,932	0,4266
LOTE	3	4,5029	0,0045

APÉNDICE B.3 Fuentes de variación significativas en el análisis de varianza obtenido de la determinación de (C*) en las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar evaluadas.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Valor F	Prob > F
EDULCORANTE	1	140,3266	<.0001
ACIDO	1	73,4996	<.0001
EDULCORANTE*ACIDO	1	23,5366	<.0001
TIPO GELIFICANTE	3	59,1977	<.0001
EDULCORANTE*TIPO GELIFICANTE	3	15,5185	<.0001
ACIDO*TIPO GELIFICANTE	3	8,229	<.0001
EDULCORANTE*ACIDO*TIPO GELIFICANTE	3	27,5876	<.0001
LOTE	3	1,4327	0,2349

APÉNDICE B.4 Promedios obtenidos en los parámetros de medición de color (L*, a* y b*) en las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar evaluadas.

Tratamiento	L*	a*	b*
T1	23,40	22,94	17,63
T2	24,69	22,39	18,00
T3	24,85	25,27	18,81
T4	24,63	24,90	18,29
T5	21,48	20,86	16,90
T6	20,20	19,73	16,12
T7	23,19	22,46	17,64
T8	23,83	22,70	18,19
T9	19,09	21,25	16,38
T10	18,80	20,68	16,10
T11	19,85	23,20	17,21
T12	21,55	23,74	18,38
T13	19,61	21,98	16,95
T14	19,28	20,91	16,40
T15	19,45	22,68	17,13
T16	18,33	19,23	15,95
Control	15,99	18,63	16,25

APÉNDICE B.5 Análisis de varianza del diseño irrestricto aleatorio para la medición de color (I*) de las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar evaluadas y la mermelada con azúcar empleada como referencia.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Valor F	Prob > F
Tratamiento	16	18,7364	<.0001
Lote	3	1,5398	0,2057

APÉNDICE B.6 Análisis de varianza del diseño irrestricto aleatorio para la medición de color (h°) de las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar evaluadas y la mermelada con azúcar empleada como referencia.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Valor F	Prob > F
Tratamiento	16	54,1077	<.0001
Lote	3	4,1994	0,0067

APÉNDICE B.7 Análisis de varianza del diseño irrestricto aleatorio para la medición de color (C*) de las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar evaluadas y la mermelada con azúcar empleada como referencia.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Valor F	Prob > F
Tratamiento	16	52,3711	<.0001
lote	3	0,6769	0,5672

APÉNDICE B.8 Valores de (ΔE) de las comparaciones de las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar evaluadas entre sí y con el control de mermelada regular con azúcar.

DELTA E																
T	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
T1	0,00															
T2	1,48	0,00														
T3	2,23	1,96	0,00													
T4	1,96	1,69	1,05	0,00												
T5	2,18	2,42	3,11	2,93	0,00											
T6	2,81	3,00	3,59	3,43	1,78	0,00										
T7	0,84	1,39	2,38	2,13	2,01	2,69	0,00									
T8	1,11	1,17	2,05	1,76	2,34	2,95	1,20	0,00								
T9	2,69	2,89	3,50	3,33	1,82	1,70	2,56	2,83	0,00							
T10	2,90	3,08	3,65	3,50	1,91	1,54	2,78	3,02	1,06	0,00						
T11	2,06	2,54	2,95	2,75	2,07	2,22	2,12	2,34	1,88	2,16	0,00					
T12	1,85	2,21	2,29	2,08	2,11	2,76	1,92	1,87	2,64	2,84	1,85	0,00				
T13	2,33	2,56	3,22	3,05	1,74	1,91	2,18	2,49	1,35	1,72	1,31	2,27	0,00			
T14	2,72	2,91	3,51	3,35	1,66	1,54	2,59	2,85	0,74	1,00	1,91	2,66	1,39	0,00		
T15	2,17	2,53	3,11	2,93	2,02	2,17	2,11	2,34	1,59	1,92	1,00	2,10	1,03	1,63	0,00	
T16	3,23	3,40	3,93	3,78	2,39	1,59	3,13	3,35	1,79	1,44	2,60	3,19	2,24	1,75	2,40	0,00
Control	3,62	3,77	4,25	4,12	2,89	2,33	3,52	3,72	2,42	2,24	3,06	3,58	2,77	2,39	2,90	1,96

APÉNDICE C.1 Regresión lineal de la medición de sinéresis de las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar.

Tratamiento	Pendiente	Intercepto	Prob > F
1	0,0184722	2,5720833	0,2250
2	0,0336042	4,285	0,0917
3	0,0067917	0,1833333	0,2642
4	0,0216181	0,082083	0,0071
5	0,0310764	3,395	0,0939
6	0,1293333	8,3708333	<.0001
7	0,0034931	0,0579167	0,2707
8	0,0401458	1,0570833	0,0047
9	0,084875	1,2466667	<.0001
10	0,1384722	8,065	<.0001
11	0,0064514	0,5408333	0,4255
12	0,0271736	3,19375	0,0409
13	0,0329306	1,6175	<.0001
14	0,2103611	7,46375	<.0001
15	0,0026389	0,3970833	0,5482
16	0,1197639	3,7345833	0,0189

APÉNDICE C.2 Datos de los promedios obtenidos de la medición de sinéresis de las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar y la mermelada control.

Tratamiento	Promedio de masa exudada (g)	Error estándar
T14	16,61	0,83786987
T10	14,12	0,83786987
T6	13,68	0,83786987
T16	8,99	0,83786987
T2	5,66	0,83786987
T9	4,92	0,83786987
T5	4,54	0,83786987
T12	4,32	0,83786987
T1	3,41	0,83786987
T13	3,06	0,83786987
T8	2,92	0,83786987
Control	2,63	0,83786987
T4	0,87	0,83786987
T3	0,45	0,83786987
T15	0,44	0,83786987
T11	0,29	0,83786987
T7	0,20	0,83786987

APÉNDICE C.3 Análisis de varianza sobre el diseño factorial obtenido de la medición de sinéresis* en las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar evaluadas.

FACTOR	Grados de libertad	Valor F	Prob > F
EDULCORANTE	1	49,9993	<.0001
ACIDO	1	81,9982	<.0001
EDULCORANTE*ACIDO	1	5,6087	0,0190
TIPO GELIFICANTE	3	314,7625	<.0001
EDULCORANTE*TIPO GELIFICANTE	3	21,9885	<.0001
ACIDO*TIPO GELIFICANTE	3	27,2370	<.0001
EDULCORANTE*ACIDO*TIPO GELIFICANTE	3	9,6339	<.0001

* Sinéresis medida con el exudado producido durante 48 horas.

APÉNDICE C.4 Análisis de varianza del diseño irrestricto aleatorio para la medición de la sinéresis de las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar evaluadas y la mermelada con azúcar empleada como referencia.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Valor F	Prob > F
Tratamiento	16	38,278	<.0001
lote	3	0,7099	0,5508

APÉNDICE D.1 Análisis de varianza obtenido de la medición de la fuerza de corte de las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar evaluadas.

FACTOR	Grados de libertad	Valor F	Prob > F
Edulcorante	1	0,0285	0,8661
Acido	1	0,5143	0,4742
Edulcorante*Acido	1	1,6441	0,2015
Agente gelificante	3	132,3319	<.0001
Edulcorante*Agente gelificante	3	4,8382	0,0029
Acido*Agente gelificante	3	11,0002	<.0001
Edulcorante*Acido*Agente gelificante	3	2,3189	0,0772
Lote	3	0,6206	0,6025

APÉNDICE D.2 Análisis de varianza obtenido de la medición de la fuerza del gel de las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar evaluadas.

FACTOR	Grados de libertad	Valor F	Prob > F
Edulcorante	1	0,0561	0,8130
Acido	1	1,6681	0,1982
Edulcorante*Acido	1	0,2932	0,5889
Agente gelificante	3	186,3145	<.0001
Edulcorante*Agente gelificante	3	3,7909	0,0115
Acido*Agente gelificante	3	8,0244	<.0001
Edulcorante*Acido*Agente gelificante	3	2,5031	0,0609

APÉNDICE D.3 Análisis de varianza obtenido de la medición de la adhesividad de las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar evaluadas.

FACTOR	Grados de libertad	Valor F	Prob > F
Edulcorante	1	1,3210	0,2520
Acido	1	22,0726	<.0001
Edulcorante*Acido	1	0,1234	0,7258
Agente gelificante	3	233,5928	<.0001
Edulcorante*Agente gelificante	3	2,6297	0,0518
Acido*Agente gelificante	3	8,2679	<.0001
Edulcorante*Acido*Agente gelificante	3	2,1656	0,0939

APÉNDICE D.4 Análisis de varianza obtenido de la medición de la elasticidad de las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar evaluadas.

FACTOR	Grados de libertad	Valor F	Prob > F
Lote	3	0,8601	0,4630
Edulcorante	1	3,8322	0,0519
Acido	1	4,7735	0,0302
Edulcorante*Acido	1	3,3660	0,0683
Agente gelificante	3	3,3784	0,0196
Edulcorante*Agente gelificante	3	1,2068	0,3089
Acido*Agente gelificante	3	0,7995	0,4957
Edulcorante*Acido*Agente gelificante	3	0,9830	0,4022

APÉNDICE D.5 Resultados de prueba de tukey obtenido de la medición de la elasticidad de las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar evaluadas.

Mezcla Gelificante	Elasticidad	Datos significativamente distintos
GTC	14,866167	a
GTD	14,796583	ab
GTA	14,525333	ab
GTB	14,442021	b

APÉNDICE D.6 Análisis de varianza del diseño irrestricto aleatorio de la medición de la fuerza del gel de las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar evaluadas y la mermelada con azúcar empleada como referencia.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Valor F	Prob > F
Tratamiento	16	114,0946	<.0001
Lote	3	2,1359	0,0986
Trat*Lote	48	10,0860	<.0001

APÉNDICE D.7 Análisis de varianza del diseño irrestricto aleatorio de medición de la fuerza de corte de las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar evaluadas y la mermelada con azúcar empleada como referencia.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Valor F	Prob > F
Tratamiento	16	201,649	<.0001
Lote	3	2,9226	0,0363
Trat*Lote	48	13,3889	<.0001

APÉNDICE D.8 Análisis de varianza del diseño irrestricto aleatorio para la medición de la adhesividad de las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar evaluadas y la mermelada con azúcar empleada como referencia.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Valor F	Prob > F
Tratamiento	16	168,5324	<.0001
Lote	3	3,0635	0,0303
Trat*Lote	48	8,1769	<.0001

APÉNDICE D.9 Análisis de varianza del diseño irrestricto aleatorio para la medición de la elasticidad de las 16 formulaciones de mermelada de guayaba sin azúcar evaluadas y la mermelada con azúcar empleada como referencia.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Valor F	Prob > F
Tratamiento	16	43,3045	<.0001
Lote	3	1,7484	0,1601
Trat*lote	48	1,2516	0,1595

APÉNDICE E.1 Análisis de varianza obtenido de los conglomerados* formados en la prueba de agrado.

CONGLOMERADOS	Número de Panelistas	Grados de libertad	Valor F	Prob > F
Conglomerado 1	26	14	6,3111	<.0001
Conglomerado 2	16	14	1,7713	0,0446
Conglomerado 3	50	14	4,5039	<.0001

*No se considera el conglomerado 4 en el ANDEVA por su tamaño reducido.

APÉNDICE F.1 Estimación de la diferencia de precio de la formulación óptima con respecto a la mermelada con azúcar de referencia y de la factibilidad de comercialización con respecto a la mermelada de la competencia, empleada como segunda referencia

Mermeladas	Costos de MP (kg)	Costos de MP para 310 g*	Precio de venta	Costo final en MP	Costos indirectos, MO, empaque	Margen de ganancia	Diferencia de precios
Mermelada sin azúcar escogida como formulación óptima	1120	347,2	1430**	25 %	50 %	25 %	1
Mermelada competencia sin azúcar	-	-	1430	-	-	-	1

* Se emplea esta cantidad para hacer la equivalencia con la presentación de la mermelada de la competencia.

** Se utilizó el precio real de la competencia, como precio de venta de la formulación óptima para calcular los posibles costos indirectos y el margen de ganancia.

APÉNDICE G.1 Resultados obtenidos de los análisis químicos realizados en la formulación escogida

Análisis químico	Resultado Obtenido (%)
Carbohidratos totales	17,6
Proteínas totales	3,6
Grasa total	0,1
Sólidos Solubles	12,5
Sólidos Totales	22,0
Acidez (expresa como ácido cítrico)	0,75

APÉNDICE G1. Hoja de respuestas prueba justo correcto

INFORMACIÓN GENERAL

Set 1A

Marque con una X donde corresponda:

Hombre ↑

Edad _____

Mujer ↑

Es diabético Sí ____ No ____

Indique cuánto le gusta el sabor ácido de las siguientes muestras, marque con una X si el sabor es extremadamente ácido, muy ácido, el ácido justo correcto, poco ácido o extremadamente poco ácido para que le guste.

Muestra	Extremadamente ácido	Muy ácido	Ácido justo correcto	Poco ácido	Extremadamente poco ácido
501					

Muestra	Extremadamente ácido	Muy ácido	Ácido justo correcto	Poco ácido	Extremadamente poco ácido
496					

Muestra	Extremadamente ácido	Muy ácido	Ácido justo correcto	Poco ácido	Extremadamente poco ácido
168					

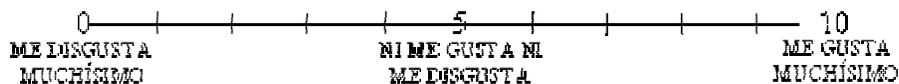
APÉNDICE G2. Hoja de respuestas prueba de agrado

Nombre _____

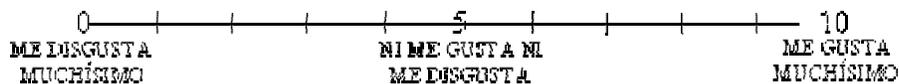
Fecha _____

Pruebe cada una de las muestras siguiendo el orden en el que aparece antes de cada escala y marque con una línea dentro de la escala cuánto le gusta la muestra, una vez concluida su evaluación proceda a la siguiente muestra.

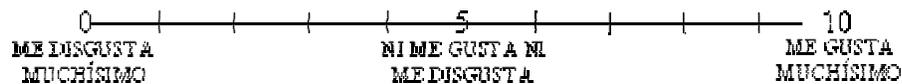
Muestra _____



Muestra _____



Muestra _____



Muestra _____

