



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD

ÁREA ACADÉMICA DE NUTRICIÓN

“ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL DE GOMITAS ADICIONADAS
CON EXTRACTO CONCENTRADO DE PENCA DE MAGUEY (*Agave salmiana*)”

TESIS.

Que para obtener el título de

Licenciados en Nutrición

P R E S E N T A N :

Ayala Niño Alexis

Sánchez Franco José Antonio

Bajo la Dirección de:

Dr. Ernesto Alanís García

Pachuca, Hidalgo.



ÍNDICE.

ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	iii
ABREVIATURAS.....	iv
1 RESUMEN.....	1
2 MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 <i>Agave salmiana</i>	3
2.1.1 Características botánicas.....	4
2.1.2 Usos y aprovechamiento del agave.....	5
2.2 Alimentos funcionales.....	6
2.3 Fibra dietética.....	8
2.3.1 Efectos fisiológicos de la fibra dietética.....	10
2.3.2 Requerimientos de fibra dietética.....	11
2.3.3 Fibra dietética en agave.....	11
2.4 Antioxidantes.....	12
2.4.1 Vitamina C (Ácido ascórbico).....	14
2.4.2 Flavonoides.....	14
2.4.3 Fuentes y beneficios de los antioxidantes.....	15
2.4.4 Antioxidantes del agave.....	16
3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	17
4 JUSTIFICACIÓN.....	18
5 OBJETIVOS.....	19
5.1 General.....	19
5.2 Específicos.....	19
6 METODOLOGÍA.....	20
6.1 Lista de equipo y reactivos.....	20
6.1.1 Equipo.....	20
6.1.2 Reactivos.....	20
6.2 Desarrollo metodológico.....	22

6.3 Determinación de grados Brix.....	26
6.4 Determinación de acidez titulable.....	26
6.5 Determinación de pH.....	27
6.6 Análisis químico proximal.....	27
6.6.1 Determinación de humedad.....	27
6.6.2 Determinación de cenizas.....	27
6.6.3 Determinación de proteína.....	28
6.7 Determinación de fibra dietética.....	28
6.8 Capacidad de conservación.....	29
6.8.1 Microbiológico.....	30
6.8.2 Pérdida de peso durante el almacenamiento de la gomita.....	30
6.9 Actividad antioxidante.....	31
6.9.1 Determinación de ácido ascórbico.....	31
6.9.2 Compuestos fenólicos totales.....	32
6.9.3 Determinación de la actividad antirradical por el método DPPH.....	33
6.9.4 Actividad quelante.....	34
6.9.5 Azúcares reductores.....	35
6.10 Evaluación sensorial.....	36
6.11 Pruebas reológicas (Texturómetro TAHDI).....	36
6.12 Análisis estadístico.....	37
7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
7.1 Jugo pasteurizado y concentrados de penca de maguey.....	38
7.1.1 Análisis químico del JP y del CPM.....	38
7.1.2 Elaboración y almacenamiento del CPM.....	42
7.1.2.1 Fenoles totales.....	43
7.1.2.2 Ácido ascórbico.....	45
7.1.2.3 DPPH.....	47
7.1.2.4 Actividad quelante.....	49
7.1.2.5 Azúcares reductores.....	51
7.1.3 Vida de anaquel del CPM.....	54
7.1.3.1 pH y Acidez titulable.....	54

7.1.3.2 Análisis microbiológico.	56
7.2 caracterización y almacenamiento de gomitas.	58
7.2.1 Análisis químico de las gomitas.	58
7.2.2 Antioxidantes en gomitas.	60
7.2.2.1 Fenoles totales.	60
7.2.2.2 Ácido ascórbico.	61
7.2.2.3 Actividad antioxidante (DPPH).	62
7.2.2.4 Actividad quelante.	63
7.2.2.5 Azúcares Reductores.	64
7.2.3 Vida de anaquel.	65
7.2.3.1 Pérdida de peso durante el almacenamiento.	65
7.2.3.2 pH y microbiológico.	66
7.2.3.3 Análisis sensorial.	67
7.2.3.4 Análisis reológico.	70
8 CONCLUSIONES.	72
9 RECOMENDACIONES	74
10 BIBLIOGRAFÍA.	75
ANEXOS.	85

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Agave salmiana.....	3
Figura 2. Clasificación de la fibra dietética (García-Peris, 2001).....	9
Figura 3: Imágenes del maguey <i>Agave salmiana</i> en sus estadios: 1) SR; 2) RM; y 3) RT.....	23
Figura 4. Gomitas adicionadas con CPM: 1) 25%; 2) 50%; y 3) 75%.	24
Figura 5. Diseño metodológico.....	25
Figura 6. Curva estándar de ácido ascórbico.....	31
Figura 7. Curva estándar de ácido gálico.....	32
Figura 8. Curva estándar de Trolox.....	33
Figura 9. Curva patrón de glucosa.	35
Figura 10. Jugo pasteurizado (JP) y concentrados (CPM).....	42
Figura 11. Contenido de CFT (mg EAG/L) durante la elaboración de JP y CPM.....	43
Figura 12. Compuestos fenólicos totales durante el almacenamiento del JP y CPM.....	44
Figura 13. Contenido de AA (mg/L) durante la elaboración de JP y CPM.....	45
Figura 14. Contenido de AA durante el almacenamiento de JP y CPM.....	46
Figura 15. Actividad antioxidante por DPPH durante la elaboración de JP y CPM.....	47
Figura 16. Actividad antioxidante por DPPH durante el almacenamiento de JP y CPM.	48
Figura 17. Actividad quelante (% de Actividad quelante) durante la elaboración del JP y CPM.	49
Figura 18. Actividad quelante durante el almacenamiento de JP y CPM.....	50

Figura 19. Contenido de azúcares reductores durante la elaboración de JP y CPM.....	52
Figura 20. Azúcares reductores en CPM.	53
Figura 21. Recuento total en CPM en 0, 15 y 30 días.....	57
Figura 22. Esporas en CPM en 0, 15 y 30 días.....	57
Figura 23. CFT en gomitas a los 0, 15 y 30 días.....	60
Figura 24. AA en gomitas a los 0, 15 y 30 días.....	61
Figura 25. Actividad antioxidante por DPPH en gomitas a los 0, 15 y 30 días.	62
Figura 26. Actividad quelante en gomitas a los 0, 15 y 30 días.....	63
Figura 27. Azúcares reductores en gomitas a los 0, 15 y 30 días.....	64
Figura 28. Porcentaje de pérdida de peso de gomitas con diferentes concentraciones de CPM.....	65
Figura 29. Análisis sensorial de gomitas adicionadas con CPM a diferentes concentraciones (<i>a, b y c</i>) y días (<i>d y e</i>).	68
Figura 30. Resumen de determinación de fibra dietética total por el Kit de Fibra Dietética SIGMA.....	87
Figura 31. Gráfica para determinar variables reológicas.....	89

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Composición química de hojas secas del <i>Agave salmiana</i>	4
Tabla 2. Recomendaciones de consumo de fibra dietética para la población mexicana.....	11
Tabla 3. Contenido de fibra en diferentes fracciones del <i>Agave tequilana</i> en base seca.....	12
Tabla 4. Abreviaturas utilizadas en la metodología.....	22
Tabla 5. Volúmenes resultantes en el proceso de extracción de JP y CPM a partir de 1 kg de penca.....	38
Tabla 6. Composición del JP y de los CPM en los diferentes estadios del maguey y tratamientos térmicos.....	40
Tabla 7. Cambios de pH durante el almacenamiento.....	54
Tabla 8. Cambios del % de acidez titulable durante el almacenamiento.....	55
Tabla 9. Composición química de gomitas con CPM y gomita comercial.....	58
Tabla 10. Cambios de pH en gomitas a los 0, 15 y 30 días de almacenamiento.....	66
Tabla 11. Análisis reológico de las gomitas con distintas concentraciones de CPM y a los 0, 60 y 180 días de almacenamiento.....	70
Tabla 12. Tiempos de digestión para la determinación de proteína.....	85

ABREVIATURAS.

Abs: Absorbancia.

AA: Ácido ascórbico.

AQP: Análisis químico proximal.

AR: Azúcares reductores.

CAT: Concentrado a alta temperatura.

CBT: Concentrado a baja temperatura.

CFT: Compuestos fenólicos totales.

CPM: Concentrado de penca de maguey.

DCPI: 2,6 diclorofenolindofenol.

DPPH: 2,2-difenil-1-picrilhidracilo.

EAA: Equivalentes de ácido ascórbico.

EAG: Equivalentes de ácido gálico.

EDTA: Ácido etilendiaminotetracético.

ET: Equivalentes de Trolox.

FD: Fibra dietética

FOS: Fructooligosacáridos.

JP: Jugo pasteurizado.

RM: Raspado medio.

ROS: Especies reactivas de oxígeno.

RT: Raspado terminal.

SR: Sin raspar.

UFC: Unidad formadora de colonias.

1 RESUMEN.

El *Agave salmiana* es una planta de origen americano con mayor distribución y producción en México. Sin embargo no se ha reportado a la penca del *Agave salmiana* como objeto de estudio para la elaboración de un alimento funcional.

El objetivo general del presente estudio fue el de elaborar y caracterizar un extracto concentrado de penca de maguey (CPM) y su adición en gomitas.

Se trabajó con tres pencas de maguey en distintas etapas de raspado: sin raspar (SR), raspado medio (RM) y raspado terminal (RT), a las cuales se les realizaron tres tratamientos térmicos: pasteurizado (JP): 72 °C/2 min y dos CPM: 67.5±2.5 °C/105 min (CBT) y 87.5±2.5 °C/75 min (CAT). Posteriormente el CPM a CAT del maguey en RT se agregó a gomitas en 3 diferentes adiciones (25%, 50% y 75%). Se realizó análisis químico proximal (AQP) y fibra dietética (FD) a los CPM y gomitas, se determinó ácido ascórbico (AA), fenoles totales, actividad antioxidante (DPPH y actividad quelante) y azúcares reductores (AR) durante la obtención y almacenamiento de los CPM. Se evaluó la vida de anaquel del CPM y gomitas con pruebas microbiológicas. Por último se realizaron pruebas sensoriales y reológicas en gomitas adicionadas con CPM.

Los CPM presentaron mayor porcentaje de proteína (1.48% en CAT y 0.86% en CBT) y FD (3.9% en CAT y 1.85% en CBT), al mismo tiempo, mayor actividad antioxidante y vida de anaquel que los JP. Las gomitas con 75% de CPM mostraron mayor actividad antioxidante, así como una mayor cantidad de FD, observándose una mejor preservación de características reológicas (dureza, masticabilidad, etc.) sin modificar significativamente el sabor de la gomita.

En conclusión el CPM contiene mayor cantidad de antioxidantes y FD que el JP, así como una aceptable capacidad de conservación, características que lo hace un posible candidato para su adición en gomitas como alimento funcional.

Palabras clave: *Agave salmiana*, fibra dietética, actividad antioxidante, alimento funcional.

ABSTRACT.

The *Agave salmiana* is an American plant with greater distribution and production in Mexico. However, *Agave salmiana*'s leave has not been reported as center of study for the development of functional food.

The aim of this study was to develop and characterize a maguey leaf extract concentrate (CPM) for addition in gumdrops.

In this study we worked with three maguey leaves in various stages of scraping: without scraping (SR), scraping medium (RM) and scraping terminal (RT), to which underwent three heat treatments: pasteurization (JP) 72 °C/2 min, and two CPM: 67.5±2.5 °C/105 min (CBT) and 87.5±2.5 °C/75 min (CAT). After CPM of maguey CAT in RT, was added to gumdrops in 3 different concentrations (25%, 50% and 75%). Proximal chemical analysis (AQP) and total dietary fiber (FD) were performed to CPM and gumdrops, ascorbic acid (AA), total phenols, antioxidant activity (DPPH and chelating activity), and reducing sugars (AR) were determined during the elaboration and storage of CPM and gumdrops. It was also assessed storage capacity with microbiological testing in CPM and gumdrops. Finally, sensory and rheological tests were performed in gumdrops with CPM.

The CPM possessed higher amount of protein (1.48% in CAT and 0.86% in CBT), and FD (3.9% in CAT and 1.85% in CBT), at the same time, they presented higher antioxidant activity and shelf life than the JP. The gumdrops with 75% of CPM contained higher antioxidant activity, as well as FD, also these samples showed a better preservation of rheological characteristics (hardness, chewiness, etc.), without significantly altering the gumdrop taste.

In conclusion, CPM had more antioxidants and FD than JP, and also an acceptable storage capacity, these features a possible candidate for addition in gumdrops as a functional food.

Key words: *Agave salmiana*, soluble fiber, antioxidant activity, functional food.

2 MARCO TEÓRICO.

2.1 *Agave salmiana*.

La mayor concentración de especies nativas de agaves y cactus se da en el tercio meridional de América del Norte, América Central e Islas del Caribe y en la mitad Septentrional de América del Sur (Nobel, 1998). Sin embargo, la mayor riqueza y diversidad de agaváceas se encuentran en México, ya que 75% de sus taxabotánicos representan a nuestro país. (CANABIO, 2005).

El grupo *Salmianae* es nativo de las zonas montañosas del centro de México y se localizan en los estados de Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla, Oaxaca y Estado de México (Palma, 1991), así, en áreas áridas y semiáridas, el agave es una importante fuente de nutrientes, especialmente de agua para humanos y animales. El *Agave salmiana* (Figura 1), es una planta no cultivable, es decir, no existen áreas de cultivo específicas de esta planta, siendo la principal fuente de azúcar para la producción de mezcal. Esta planta tarda 16 años en madurar, edad en la que está lista para ser cosechada (Verduzco-Martínez y col., 2008).



Figura 1. *Agave salmiana*.

2.1.1 Características botánicas.

El *Agave salmiana* conocido comúnmente como “maguey pulquero”, es una planta de tamaño mediana a grande con un tallo pequeño y grueso, forma rosetas macizas de hasta 2 m de alto con el doble de ancho. Presentan hojas de 1.5–2 m de largo por 20–40 cm de ancho, linear-lanceoladas, acuminadas, verde brillante con ápice sigmoidalmente ondulado, conduplicado; dientes de 6–11 mm de longitud, café oscuros, separados por espacios de 35–55 mm y una espina (púa) de 4.5–9 cm de longitud. La inflorescencia es paniculada de 6–8 m de altura, con 15–20 umbelas robustas que ocupan la mitad del eje floral; flores de 7.2–8.6 cm de longitud (Gentry, 1982).

Durante la temporada de sequías, de octubre a marzo, las hojas del agave o pencas, son usadas para alimentar el ganado ya que contiene agua y proteína. En la tabla 1 se muestra la composición del *Agave salmiana* en la cual resalta su alto contenido de carbohidratos solubles (Pinos-Rodríguez y col., 2008), se puede observar que la cantidad de dichos carbohidratos y de materia orgánica es mayor mientras más cerca del corazón este, por otro lado, la proteína y cenizas son mayores mientras más lejos del corazón se encuentren.

Tabla 1. Composición química de hojas secas del *Agave salmiana*.

	Hoja o Penca	
	Parte baja	Parte más alta
Cenizas (g/kg)	99	106
Materia orgánica (g/kg)	901	894
Proteína (g/kg)	35	51
Carbohidratos solubles (g/kg)	278	252
Saponinas (g/kg)	8.2	10.1
pH	5	4.9

Fuente: Pinos-Rodríguez y col., 2008.

2.1.2 Usos y aprovechamiento del agave.

El agave tiene una relación milenaria con la historia de México, ya que ha sido usado como alimento, con propósitos médicos, religiosos, textiles, ornamentales y para la construcción. El maguey se prepara o capa (quitar el corazón para evitar que continúen creciendo pencas) justo antes de que brote el escapo floral para la extracción del aguamiel, esta planta produce dicho líquido durante 6-9 meses, según el cuidado o trato que se le dé al maguey en el proceso de raspado. Las bebidas que se extraen de plantas del género *Agave* gozan de fama internacional. La bebida de mayor tradición en México, consumida desde tiempos prehispánicos es el “pulque”; obtenido de la fermentación del aguamiel y puede ser empleado para preparar salsas y como levadura para elaborar pan (Cortés y Basurto, 2007).

Las especies más comunes para la extracción de aguamiel son: maguey manso o pulquero (*Agave salmiana*) y el maguey manos largas o mexicano, *Agave mapisaga*. Sin embargo, en la actualidad tienen un mayor consumo las bebidas destiladas como el tequila, el mezcal y el sotol (García-Mendoza, 1992).

En los meses de abril y mayo, se recolecta el gusano de maguey que se encuentra refugiado entre el tejido de las pencas, para lo cual la planta debe ser destruida o cortada, por ello, se recomienda hacerlo después de que el maguey haya florecido, sin embargo, no siempre se hace de esta forma debido a la gran demanda de los productos (SEMARNAT, 2011).

También las flores llamadas “quiotes” se consumen cocidas como golosina y son fuente importante de almidón y azúcares (Parson, 2012), se recolectan de plantas silvestres y con ellas se preparan diversos guisos que se consumen durante la época de floración de las especies. Las hojas o pencas se emplean como saborizantes al cocer la barbacoa y la epidermis de ellas llamada “mixiote” se extrae para envolver diversos platillos, sin embargo, la práctica indiscriminada de extracción del mixiote representa un peligro para la planta pues le puede causar la muerte (García-Mendoza, 1992). El aguamiel se puede hervir para obtener un concentrado y formar la miel de maguey, sustancia rica en azúcares, aminoácidos, vitaminas y

minerales (García-Aguirre y col., 2009).

La parte fibrosa del agave puede ser usada para hacer papel y fertilizantes, así como ayudar en la fermentación para la producción de bebidas alcohólicas. La penca de maguey también es usada para obtener saponinas, las cuales poseen propiedades antibacterial, fungicida, anticancerígeno, antiolesterolémico y actividad hemolítica (Nerváez-Zapata y col., 2009). Debido a estos beneficios, la penca del maguey podría ser una buena candidata para la adición e innovación de alimentos funcionales.

2.2 Alimentos funcionales.

La Academia Nacional de Ciencia de los Estados Unidos, ha definido a los alimentos funcionales como: “cualquier alimento o ingrediente alimenticio modificado, que pueda proporcionar un beneficio a la salud superior al de los nutrientes tradicionales que contiene” (Thomas y Eart, 1994).

El sistema regulatorio japonés, FOSHU (Alimentos de uso exclusivo para la salud), describe 11 categorías de ingredientes con actividad fisiológica (Mazza, 2000):

- Fibras alimentarias.
- Oligosacáridos.
- Alcoholes derivados de azúcares.
- Ácidos grasos poliinsaturados.
- Péptidos y proteínas.
- Glucósidos, isoprenoides y vitaminas.
- Alcoholes y fenoles.
- Colinas (lecitina).
- Bacterias del ácido láctico.
- Minerales.
- Otros.

El éxito actual de la industria alimentaria depende de la capacidad de adaptación e innovación de productos de calidad que satisfagan las expectativas y además respondan a las necesidades sociales de los consumidores. Uno de los factores más importantes para el éxito de cualquier programa de incorporación de nutrientes a los alimentos constituye la elección del alimento portador. En primer lugar es necesario conocer los gustos y necesidades nutricionales de la población a la que van destinados. Se espera con su consumo mejorar el estado alimenticio y de salud de la población en su conjunto, por lo que las características sensoriales del alimento fortificado deberán ser del agrado y aceptación del consumidor. Esto hace que no cualquier alimento pueda ser fortificado, aunque técnicamente sea posible. Además, no todos los nutrientes pueden ser adicionados, puesto que su estabilidad dentro de la matriz del alimento, así como sus efectos sobre la naturaleza y la calidad del mismo, tienen la última palabra en la viabilidad del proceso y en la aceptación por el consumidor.

Finalmente, la selección del alimento deberá garantizar las siguientes consideraciones: control de calidad, estabilidad y biodisponibilidad de los nutrientes bajo condiciones de uso y almacenamiento, las características sensoriales y organolépticas no deben sufrir cambios significativos, ser económicamente viables, no presentar toxicidad debido a un exceso de la dosis empleada o por interacciones con otros componentes originales del alimento, por último, el alimento seleccionado debe ser consumido regularmente y en cantidades predecibles por la población (Cortés y col., 2005).

Tomando en cuenta las características antes descritas, los principales alimentos usados con este fin, son las bebidas gaseosas, mermeladas, harinas, mayonesas, patés, margarinas, lácteos, golosinas, etc.

Considerando el último rubro, en México el Grupo Bimbo, siendo el mayor productor de golosinas a través de Ricolino, Coronado, Dulces Vero, etc., acumuló un crecimiento de 10.1% en sus ventas de enero a septiembre de 2011, gracias a un mayor volumen de mercancías colocadas y por aumentos en los precios de sus

artículos. Al mismo tiempo, según Euromonitor International, se anticipa que golosinas como chicles, gomitas gelatinosas y caramelos masticables, registren tasas de crecimiento anual compuestas del 2% y 3% en términos de volumen de ventas y valor constante a lo largo del período proyectado para alcanzar ventas por 38 mil millones de pesos mexicanos en 2013 y por último según la Agencia de Investigación de Mercados Nielsen, en noviembre de 2011 la demanda de estos productos se ubicó incluso por encima de otras categorías como alimentos y artículos de higiene, belleza y cuidado del hogar (Maldonado, 2012).

Por las predicciones y consumo anual de golosinas, las gomitas adicionadas podrían ser un buen vehículo para la innovación y formación de productos o alimentos con propiedades funcionales.

Las gomitas son caramelos masticables de textura blanda y sabor dulce, elaborados a partir de gretina a la que se les añaden edulcorantes, saborizantes y colorantes alimentarios. Por lo que estas se encuentran clasificadas en pastillas de goma según EROSKI consumer, 2010.

Existen varias versiones respecto al origen de este caramelo. Una de estas es que la gomita en su principio fue elaborada a partir de vino fermentado con algún agente espesante, razón por la que se llaman winegum en inglés, esto ocurrió a principios del siglo pasado.

Dado que la materia prima de estudio fue la penca de maguey *Agave salmiana*, dentro de sus propiedades es el contenido de antioxidantes y fibra dietética se le dio el valor de alimento funcional al haberlo adicionado a gomitas como vehículo.

2.3 Fibra dietética.

La fibra dietética (FD) es el componente no digerible de los alimentos de origen vegetal. Las enzimas del sistema digestivo no degradan este componente, por lo que viajan casi intacta a través del sistema digestivo, lo que contribuye a una buena salud (IFIC, 2008).

Como ya se mencionó en el apartado de alimentos funcionales y por la división realizada por los japoneses en su sistema regulatorio FOSHU, la FD y los oligosacáridos son ingredientes con función fisiológica importante (Mazza, 2001).

Dependiendo de sus propiedades físicas y sus diferentes efectos, la FD se clasifica en soluble e insoluble. La fibra insoluble comprende a la celulosa, hemicelulosa y lignina. Este tipo de FD, aunque no se disuelve en agua si la absorbe, lo que le permite aumentar el volumen de las heces fecales y acelerar el tránsito intestinal. Por otro lado, la fibra soluble que incluye a las pectinas, gomas y mucílagos, al mezclarse con agua en el intestino, forma sustancias viscosas que captan grasas y azúcares simples, al mismo tiempo se caracterizan por ser rápidamente degradadas por la microbiota anaerobia del colon dando lugar a los ácidos grasos de cadena corta (Ayala-Garza, 2004; García-Peris, 2001).

En la actualidad, además de la FD tradicional, debemos considerar otras sustancias, que se comportan fisiológicamente como una FD, dado que no son hidrolizadas por las enzimas digestivas, pero son degradadas a nivel del colon. De esta forma la clasificación de FD se vería ampliada (Figura 2), fundamentalmente, con dos sustratos, los almidones resistentes y los oligosacáridos no digeribles que incluirían los fructooligosacáridos (FOS) y la inulina (García-Peris, 2001).

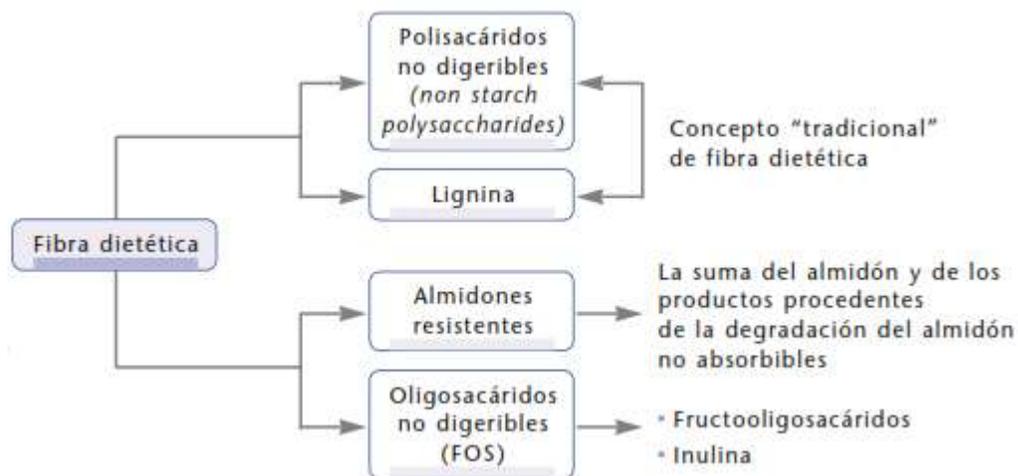


Figura 2. Clasificación de la fibra dietética (García-Peris, 2001).

2.3.1 Efectos fisiológicos de la fibra dietética.

La FD, juega un papel importante en todas las funciones del sistema digestivo, desde la masticación hasta la evacuación de las heces. En el intestino delgado la fibra soluble por la formación de soluciones viscosas enlentece el tiempo de tránsito. También aumenta el espesor de la capa de agua que han de traspasar los solutos para alcanzar la membrana del enterocito, lo que provoca una disminución en la absorción de glucosa, lípidos y aminoácidos. La absorción de determinados minerales como el calcio, hierro, cobre y zinc pueden disminuir si se ingieren dietas muy ricas en FD (Escudero-Álvarez y González-Sánchez, 2006).

Aunque la absorción de los minerales es más lenta en el colon que en el intestino delgado, se pueden llegar a absorber cantidades importantes. La absorción de calcio ha sido ampliamente estudiada, se ha reportado que el calcio atrapado y transportado hasta el colon se libera al hidrolizarse la FD por efecto de las bacterias colónicas (Van den Heuvel y col., 1998).

Se han realizado estudios tanto en hombres adolescentes como en mujeres próximas a la menarquia y se ha visto que al enriquecer su dieta con FOS, en un caso y con inulina y FOS en el otro se incrementaba la absorción de calcio. (Van den Heuvel y col., 1999; Griffin y col., 2002).

Los efectos fisiológicos de la FD a nivel del colon están estrechamente relacionados con su propiedad de fermentabilidad y efecto prebiótico. En este órgano tiene lugar la fermentación bacteriana. Como resultado de la fermentación colónica se producen ácidos grasos de cadena corta (acético, propiónico y butírico), los efectos fisiológicos más importantes de los ácidos grasos de cadena corta consisten en disminuir el pH intraluminal, estimular la reabsorción de agua y sodio, fundamentalmente en el colon ascendente, y potenciar la absorción en el colon de cationes divalentes (Rombeau, 2004) y a nivel sistémico (metabolismo lipídico, glucémico, etc.). No más importante que éstos son los efectos que a nivel de proliferación bacteriana produce ese mismo metabolismo colónico de la FD y que le confiere a ésta efectos prebióticos (García-

Peris y col., 2002).

2.3.2 Requerimientos de fibra dietética.

La mayoría de los organismos de salud pública mundiales, recomiendan para adultos, un consumo diario de 25 a 35 g de FD. Sin embargo, expertos en nutrición de México publicaron las recomendaciones de consumo de FD por grupo de edad (Bourges y col., 2009), lo cual se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Recomendaciones de consumo de fibra dietética para la población mexicana.

Grupo de edad	Hombres (g/día)	Mujeres (g/día)
Niños 2-4 años	14	14
Niños 5-8 años	18	18
Niños 9-13 años	22	22
Adolescentes 14-18 años	30	26
Adultos 19-50 años	35	30
Adultos mayores de 50 años	30	26

Fuente: Bourges y col., 2009.

2.3.3 Fibra dietética en agave.

En la actualidad existen numerosas investigaciones respecto a la obtención de FD, especialmente FOS e inulina, a partir del corazón o cabeza del maguey, siendo más amplia esta investigación en el *Agave tequilana weber var. Azul* (López-Pérez, y col., 2003; Ávila-Fernández y col., 2011).

Montañez-Soto y colaboradores (2011), realizaron la extracción y cuantificación de fructanos en la cabeza y hojas del *Agave tequilana*, en esta investigación se observó que el contenido de fructanos es mayor en el corazón, sin embargo, las hojas también poseen un contenido importante de estos, siendo más abundantes la fibra soluble en el corazón que en la punta como se puede observar en la tabla 3.

Tabla 3. Contenido de fibra en diferentes fracciones del *Agave tequilana* en base seca.

Sección	Contenido de fibra dietética (%)				Total
	Fibra cruda	Carbohidratos	Insoluble	Soluble	
Punta de hoja	9.86	5.11	51.65	28.15	78.8
Base de hoja	6.24	11.83	30.13	57.62	87.75
Cabeza	4	23.02	13.65	78.8	92.45

Fuente: Montañez-Soto y col., 2011.

Por otro lado Pinos-Rodríguez y colaboradores (2008), no encontraron diferencia entre los carbohidratos solubles en las distintas partes de la hoja del *Agave salmiana*. Sin embargo, realizaron el estudio en distintas etapas de madurez, donde encontraron que la fibra insoluble (celulosa, hemicelulosa y lignina) es mayor en las hojas de agaves jóvenes, seguidas por las hojas de agave viejos y por último las hojas de agave en edad intermedia, siendo su comportamiento diferente al de otras plantas en las que la fibra insoluble aumenta con la madurez. González-Cruz y colaboradores (2011) encontraron que estos cambios estructurales se deben a la acción de enzimas como la 1-kestosa y la 1,2- β - Fructano 1-Fructotransferasa, las cuales aumentan su actividad cuando la planta cuenta con una edad de 6 años.

2.4 Antioxidantes.

Los efectos dañinos de las especies reactivas del oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés) son balanceados por la acción de antioxidantes, los cuales son moléculas que neutralizan a los radicales libres aceptando o donando electrones para eliminar su condición impar. Los antioxidantes actúan directamente con los radicales reactivos y los inhibe, con lo que estos se convierten en nuevos radicales menos activos, con vida más larga y menos dañinos que aquellos radicales que neutralizaron. Estos al mismo tiempo serán inhibidos por otros antioxidantes u otros mecanismos para terminar con su estado radical (Lü y col., 2010).

Los radicales libres son moléculas o fragmentos de moléculas con uno o más electrones no apareados en las órbitas de valencia (Jenkins, 1988; Rimbach y col., 1999), estas son moléculas muy inestables y muy reactivas, ya que tienden a capturar un electrón de otras moléculas generando así su oxidación (Sen, 2001; Prior y Cao, 1999). Cuando se hace reaccionar con otros radicales o moléculas, un radical libre puede formar nuevos radicales. Los ROS contienen radicales libres y formas reactivas de oxígeno. Los radicales libres son producidos por una transferencia de electrones que requiere un alto consumo de energía (Cheeseman y Slater, 1993).

El estrés oxidativo ha sido implicado en el desarrollo de enfermedades crónicas degenerativas (Halliwell y col., 1992), así, el exceso de producción de ROS y otros radicales se relacionan como inductores de daño tisular en condiciones patológicas severas (Govindarajan y col., 2005).

De la misma forma que los radicales libres, los antioxidantes pueden ser endógenos o exógenos (Rahman, 2007). Siendo los antioxidantes exógenos los que podemos obtener a través de la dieta, lo cual indicaría que una dieta saludable ayudaría a contrarrestar los efectos dañinos de los radicales libres (Janicki-Deverts y col., 2009). Algunos de los compuestos que se encuentran en la dieta no neutralizan los radicales libres, sin embargo mejoran la actividad de antioxidantes endógenos, clasificándolos de la misma forma como antioxidantes exógenos.

Existe un interés creciente en el estudio de la composición química de las plantas, debido precisamente a las propiedades de algunos componentes que pueden inhibir, interrumpir o frenar los procesos oxidativos y contrarrestar la actividad de los radicales libres (Cieslik y col., 2006).

Los compuestos con actividad antioxidante que se han encontrado en variedades de maguey (González-Ávila y col., 2003), se desarrollan a continuación.

2.4.1 Vitamina C (Ácido ascórbico).

La vitamina C, es una vitamina hidrosoluble y es probablemente el antioxidante más importante en los fluidos extracelulares, pero también es eficaz en el citosol (Bigard, 2001; Palmer y col., 2003). Esta es más abundante en tejidos como pulmones, cerebro y ojos, en los que la producción de ROS es más importante. Este fenómeno se define como una adaptación contra el estrés oxidativo (Palmer y col., 2003) En los fluidos, la vitamina C tiene la capacidad de neutralizar ROS dentro de las células, refuerza la acción de la vitamina E por regenerar su forma activa después de que han reaccionado con los ROS, también tiene la capacidad de atrapar los iones de cobre, que tienen una acción oxidante potente (Ma y col., 1994; Evans, 2000; Ashton y col., 1999).

Hasta la fecha no se han desarrollado estudios para determinar la composición de AA en la penca del maguey, sin embargo, Moreno y colaboradores (2004), identificaron que el aguamiel proveniente del maguey pulquero contiene AA, por lo que se puede suponer que la planta posee este antioxidante dentro de sus propiedades.

2.4.2 Flavonoides.

Los flavonoides son sustancias fenólicas formadas en las plantas como el maguey *Roheo discolor* (Domínguez-Ortiz, 2003), a partir de aminoácidos como tirosina, fenilalanina y malonato (Willcox y col., 2002; Wedworth y Lynch, 1995). En estudios *in vitro*, han señalado los efectos antioxidantes de los flavonoides que tienen la capacidad de inhibir enzimas pro-oxidantes o para formar complejos con iones pro-oxidantes tales como Fe^{2+} , Fe^{3+} protector de Cu^{2+} . Los flavonoides tienen una acción directa sobre la captura de ROS por donación directa de un átomo de hidrógeno. A pesar de la creciente evidencia de los efectos antioxidantes *in vitro* de los flavonoides, no se ha reportado el conocimiento de sus acciones *in vivo* (Pietta, 2000; Wedworth y Lynn, 1995; Depeint y col., 2002).

Sin embargo, algunos estudios tienden a confirmar las propiedades antioxidantes *in vivo* de los flavonoides (Morand y col., 1998). Los efectos *in vivo* de los flavonoides son discutidos porque algunos de ellos pueden tener efectos pro-oxidantes y porque los flavonoides están presentes en el cuerpo como formas de metabolitos que poseen efectos antioxidantes pobres (Depeint y col., 2002; Cotelle, 2001; Arts y col., 2002).

2.4.3 Fuentes y beneficios de los antioxidantes.

Las frutas y verduras son los alimentos que contienen en mayor cantidad antioxidantes y el consumo de dichos alimentos trae consigo muchos beneficios, como pueden ser la estimulación del sistema inmune, la estabilidad en las concentraciones hormonales, la reducción de la presión arterial así como su actividad antibacterial y antiviral (Lampe, 1999).

Los beneficios de estos antioxidantes en la salud se miden por medio de la actividad celular antioxidante, la capacidad de absorción de radicales del oxígeno así como de su capacidad quelante (Wolfe y col., 2008). Esto gracias a los antioxidantes como son flavonoides, polifenoles y vitaminas. Los compuestos fenólicos (en su mayoría flavonoides) exhiben además otras actividades biológicas: inhiben el crecimiento de células cancerosas (Soleas y col., 2002); reducen el estrés oxidativo que es un aspecto fundamental en la enfermedad de Alzheimer y pueden además prevenir la aterosclerosis, que se inicia por procesos de oxidación de proteínas de baja densidad (Noguchi y Niki, 2000).

Recientemente materiales de diferentes plantas han ganado un mayor interés en la investigación científica, como resultado de su contenido de antioxidantes naturales, que pueden proteger los componentes celulares contra el daño oxidativo y, por lo tanto, limitar el riesgo de diversas enfermedades degenerativas asociadas con el estrés oxidativo (Shahidi y Wanasundara, 1992).

2.4.4 Antioxidantes del agave.

En la actualidad no existen estudios determinantes respecto al contenido de antioxidantes del *Agave salmiana*, sin embargo se han realizado investigaciones en sus derivados, tal es el caso de Phillips y colaboradores (2009) que compararon la cantidad de antioxidantes en distintos edulcorantes, resultando la miel del aguamiel, junto con el azúcar de mesa los de menor contenido antioxidante, comparados con azúcar morena, maple, azúcar de caña, miel y fructosa.

Ozsoy y colaboradores (2009), demostraron la actividad antioxidante de las especies de *Aloe vera*, en donde se realiza la comparación entre la corteza y la pulpa del aloe, encontrando similitud entre ambas partes de la planta en su actividad antioxidante. Otros estudios establecen una relación sinérgica entre los elementos antioxidantes (Saada y col., 2003) y el efecto antitumoral (Kametani y col., 2007).

En un estudio realizado por González-Ávila y colaboradores (2003) atribuyeron al maguey morado (*Rhoeo discolor*) propiedades antioxidantes, antígenotóxicas y antimutagénicas, encontraron que el *Rhoeo discolor* contiene AA, carotenos, polifenoles de tipo flavonoide y compuestos cumarínicos, en este trabajo se estudió el contenido de fenoles totales, la intensidad de color y la capacidad antioxidante en un extracto acuoso fresco, extracto acuoso pasteurizado y en extracto acuoso a partir de hojas frescas y deshidratadas, de ello, también se estudió el efecto de distintos tiempos de almacenamiento sobre las propiedades antioxidantes. Los compuestos fenólicos totales del extracto de las hojas frescas y deshidratadas del maguey morado fueron comparados con el té verde y negro, en donde las hojas frescas obtuvieron 2100 mg equivalentes de ácido gálico sobre litro (EAG/L) y las hojas deshidratadas 3010 mg EAG/L, mientras que el té verde y negro obtuvieron 953.8 mg EAG/L y 801.2 mg EAG/L respectivamente (Manzocco y col., 1998), comprobando así que los extractos obtenidos de las hojas del maguey morado poseen cantidades importantes de compuestos fenólicos, por lo que es de importancia el conocer dichos compuestos en el *Agave salmiana*, ya que ambas plantas pertenecen a la misma familia.

3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

En investigaciones anteriores, se ha demostrado que el maguey es una planta rica en carbohidratos complejos, lo que la confiere como una fuente importante de FD soluble, misma que puede ser adicionada en alimentos. Estos, han sido obtenidos principalmente del corazón del maguey, mediante su extracción. Sin embargo, no se han reportado investigaciones respecto a la obtención de carbohidratos complejos y antioxidantes partir de la penca u hoja del *Agave salmiana*, en los que se haya utilizado a la penca como materia prima en su adición en alimentos.

El campo de los alimentos funcionales es vasto y en continua innovación, esto debido a las enfermedades crónicas no transmisibles que aquejan a la población, por lo que la industria alimentaria y el sector salud trabajan en conjunto para desarrollar productos que proporcionen beneficios a la salud ya sea como tratamiento o como medida de prevención.

La presente investigación buscó la obtención de un extracto como fuente de FD y compuestos antioxidantes a partir de la penca, siendo un probable aditivo para alimentos en beneficio de la salud de la población.

4 JUSTIFICACIÓN.

Actualmente, la población mexicana se ha visto afectada por un conjunto de problemas de salud, principalmente originados por los nuevos estilos de vida, aunados a una mala alimentación, por lo que la industria alimentaria y el sector salud se han visto obligados a innovar y elaborar productos funcionales que ofrezcan una opción de consumo que beneficie o disminuya dichos problemas de salud.

El maguey es una planta mexicana la cual es usada para elaborar bebidas fermentadas y productos de uso cotidiano. Estudios recientes han demostrado que la obtención de edulcorante a partir del aguamiel es una opción viable para el consumo en personas con cierta patología (diabetes, obesidad y enfermedades cardiovasculares) debido a su bajo contenido en azúcares simples, sin embargo, la extracción de la mayoría de estos productos trae consigo la muerte de la planta.

Por lo que en el presente trabajo se propuso elaborar y caracterizar gomitas funcionales como vehículo adicionadas con un extracto CPM.

5 OBJETIVOS.

5.1 General.

- Elaborar y caracterizar gomitas adicionadas con extracto concentrado de penca de maguey *Agave Salmiana* para proporcionar sus propiedades funcionales (fibra dietética y capacidad antioxidante).

5.2 Específicos.

- Obtener concentrados de penca de maguey mediante tratamientos térmicos a diferentes temperaturas, su análisis químico, contenido de fibra dietética y capacidad antioxidante, así como valorar la vida de anaquel de los extractos.
- Producir gomitas con diferentes adiciones de CPM elegido (25, 50 y 75%) y determinar su AQP, contenido de fibra dietética y capacidad antioxidante, así como valorar la vida de anaquel de las gomitas.
- Realizar una prueba sensorial de agrado mediante un cuestionario con escala hedónica a escolares y pruebas reológicas por análisis de perfil de textura (TPA) de las gomitas.

6 METODOLOGÍA.

6.1 Lista de equipo y reactivos

6.1.1 Equipo

Autoclave vertical Isolab GmbH Mod. FP (Korea), Balanza analítica Adventurer, OHAUS (China), Baño de agitación recíproca, Lab Tech Daihan (Korea), Congelador Bosch vertical, Intelligent Freezer 32 Duplex 26 FT (Alemania), Estufa industrial con horno, Coriat (México), Horno eléctrico de secado Scorpion scientific (México), Incubadora Felisa 37 °C, Mod. F3133D (México), Incubadora Precision Innovents 30 °C, Thelco Laboratory (U.S.A.), Lector de microplacas Biotek Power Wave XS (U.S.A.), Microcentrífuga refrigerada Hettich, MIKRO22R (Alemania), Mufla Furnace 1500 Mod. FDI535M Thermolyne (U.S.A.), Potenciómetro Hanna pH 210 (México), Refractómetro Portatil FG-113 Brix/ATC 0~32% The scientific (U.S.A.), Refrigerador de laboratorio, Thermo forma, Mod. 3775 (U. S. A.), Sistema de Destilación Vapodest, Vap 50, Gerhardt Bonn (Alemania), Sistema de Digestión Gerhardt, Mod. TR, Sistema de Digestión Kjeldatherm (digestor) (Alemania) Unidad de destilación Gerhardt Mod. Tur, Turbosog (Alemania) y Texturómetro TA-HDI (Stable Micro Systems, UK).

6.1.2 Reactivos

Titulación: Fenofaleina (Q. Meyer), hidróxido de sodio 0.1 N (JT Baker).

Determinación de proteína: Ácido sulfúrico 97% (Fermont), Kjeltabs CX (Gerhardt), ácido bórico (Q. Meyer), ácido clorhídrico 37% (Mallinckrodt), hidróxido de sodio (JT Baker).

Fibra dietética: Alcohol etílico al 96 ° (Karal), acetona (Q. Meyer), celita (Sigma-Aldrich), proteasa de *Bacillus licheniformis* (Sigma-Aldrich), amilogucosidasa de *Aspergillus niger* (Sigma-Aldrich), α -amilasa termoestable (Sigma-Aldrich).

Microbiológico: Agua peptonada (DIBICO), agar para métodos estándar (DIBICO), agar de bilis y rojo violeta con glucosa y lactosa (DIBICO).

Ácido ascórbico: 2,6-dicloroindofenol de sodio (DCPI) (Sigma-Aldrich), acetato de sodio anhidro (Q. Meyer), ácido acético glacial (Q. Meyer), ácido oxálico (Q. Meyer), ácido ascórbico (Q. Meyer).

Fenoles totales: Carbonato de sodio anhidro (Q. Meyer), ácido gálico (Q. Meyer), reactivo Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, 2 N).

Actividad antirradical por método DPPH: 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) (Sigma-Aldrich), Trolox 97% (Sigma-Aldrich), etanol absoluto (Q. Meyer).

Actividad Quelante: Cloruro férrico tetrahidratado II \geq 99.9% (RT) (Sigma-Aldrich), ferrozina (Sigma-Aldrich), sal disódica de ácido etilendinitrilotetracético (EDTA) (JT Baker), metanol (Q. Meyer).

Azúcares reductores: Glucosa stock (MP Biomedicals), ácido 3, 5-dinitrosalisílico 98% (DNS) (Aldrich),

Todos los reactivos utilizados en el estudio fueron de grado analítico.

6.2 Desarrollo metodológico.

Para el desarrollo metodológico se elaboró un cuadro (Tabla 4), en donde se describieron las abreviaturas utilizadas en la metodología.

Tabla 4. Abreviaturas utilizadas en la metodología.

Extracto	CPM: Concentrado de Penca de Maguey		
Tratamiento térmico	JP: Jugo Pasteurizado	CBT: Concentrado a Baja Temperatura	CAT: Concentrado a Alta Temperatura
Estadio del maguey	SR: Sin Raspar	RM: Raspado Medio	RT: Raspado Terminal

Se obtuvo un extracto concentrado de penca de maguey (CPM) en tres diferentes estadios de raspado (sin raspar: RT; raspado medio: RM; raspado terminal: RT). Las pencas fueron recolectadas, dentro de la misma área de cultivo para evitar diferencias entre los magueyes en sus diferentes estadios, en el municipio de Otumba, Estado de México (Figura 3), las cuales fueron cortadas con un cuchillo liso a las 7:00 horas, se depositaron en bolsas de plástico limpias y fueron almacenadas en refrigeración (4 °C) hasta su uso. Se extrajo por compresión el líquido de la penca, el cual fue utilizado como jugo pasteurizado (JP) a 72 °C/2 min en baño María con agitación continua. Se utilizaron ollas de acero inoxidable para el proceso de extracción y concentración.

Las pencas obtenidas en sus diferentes estadios fueron lavadas, mondadas y cortadas en trozos pequeños, los cuales fueron licuados con licuadora convencional y sometidos a un pre tratamiento térmico en una olla durante 10 min (se vertió agua y penca de maguey en relación 1:1), dicho pre tratamiento tuvo el objetivo de incrementar la extracción de sólidos totales y se aplicaron temperaturas en agua a 67.5±2.5 °C y 87.5±2.5 °C. Después del pre tratamiento, se extrajo con una cuchara de acero inoxidable la fibra resultante de la penca, se atemperó, se exprimó y coló con manta de cielo estéril. Posteriormente, se llevó a concentración mediante dos

tratamientos térmicos controlados con termómetro y en una estufa industrial, 67.5 ± 2.5 °C (concentrado a baja temperatura: CBT) y 87.5 ± 2.5 °C (concentrado a alta temperatura: CAT), hasta obtener los °Brix permitidos (15 ± 2 °Brix en CBT y 33 ± 1 °Brix en CAT), dichos parámetros se manejaron debido al aumento de la viscosidad del CPM, ya que al alcanzar dichos valores, la concentración de °Brix aumentó significativamente de un momento a otro, a pesar de manejar temperaturas controladas y una agitación constante, se presentó el peligro de caramelizar la muestra. El JP y los CPM fueron almacenados en frascos de 500 mL (previamente esterilizados) y posteriormente conservados en refrigeración a 4 °C durante 30 días.



Figura 3: Imágenes del maguey *Agave salmiana* en sus estadios: 1) SR; 2) RM; y 3) RT.

Para medir los cambios durante la elaboración del CPM, se tomaron alícuotas de 1 mL en tubos Eppendorf ámbar de 1.5 mL, durante diferentes tiempos, CBT a los 15, 45, 75 y 105 min, y CAT a los 15, 30 y 45 min, dichas muestras fueron sometidas a choque térmico en una hielera con agua helada para evitar que continuaran con el proceso térmico. Posteriormente, fueron almacenadas en refrigeración y por último en congelación a -24 °C. A éstas alícuotas se les realizaron las determinaciones de capacidad antioxidante (DPPH y actividad quelante), ácido ascórbico (AA), compuestos fenólicos totales y azúcares reductores (AR).

Al igual, a las muestras almacenadas en frascos de 500 mL, se les realizó AQP (humedad, cenizas y proteína), se les determinó pH, % acidez titulable, °Brix, fibra dietética (FD), actividad antioxidante (método por DPPH y actividad quelante) determinación de AA y CFT y vida de anaquel a los 0, 7, 15 y 30 días de almacenamiento en refrigeración a 4 °C. Posterior a las pruebas antes mencionadas, se eligió el CPM con mejores características para su adición en gomitas, siendo éste el extracto obtenido a CAT del maguey RT, debido a que contó con una buena cantidad de antioxidantes y la mayor cantidad de FD, al igual su crecimiento microbiológico fue nulo.

Las gomitas se elaboraron a partir de la receta convencional (Anexo 1) y se le agregaron 3 distintas adiciones de CPM (25%, 50% y 75%) (Figura 4). Al igual que al CPM, a las gomitas se les realizaron AQP, FD, actividad antioxidante (DPPH y actividad quelante), determinación de AA y CFT, vida de anaquel (0, 15 y 30 días), pérdida de peso (del mes 1 al mes 4) pruebas reológicas y sensoriales. En las pruebas antes mencionadas, se utilizó una gomita comercial (Gomiloca Hamburguesa de Ricolino), para compararla con las gomitas adicionadas con CPM y sin CPM.



Figura 4. Gomitas adicionadas con CPM: 1) 25%; 2) 50%; y 3) 75%.

El diseño metodológico se describe en la figura 5.

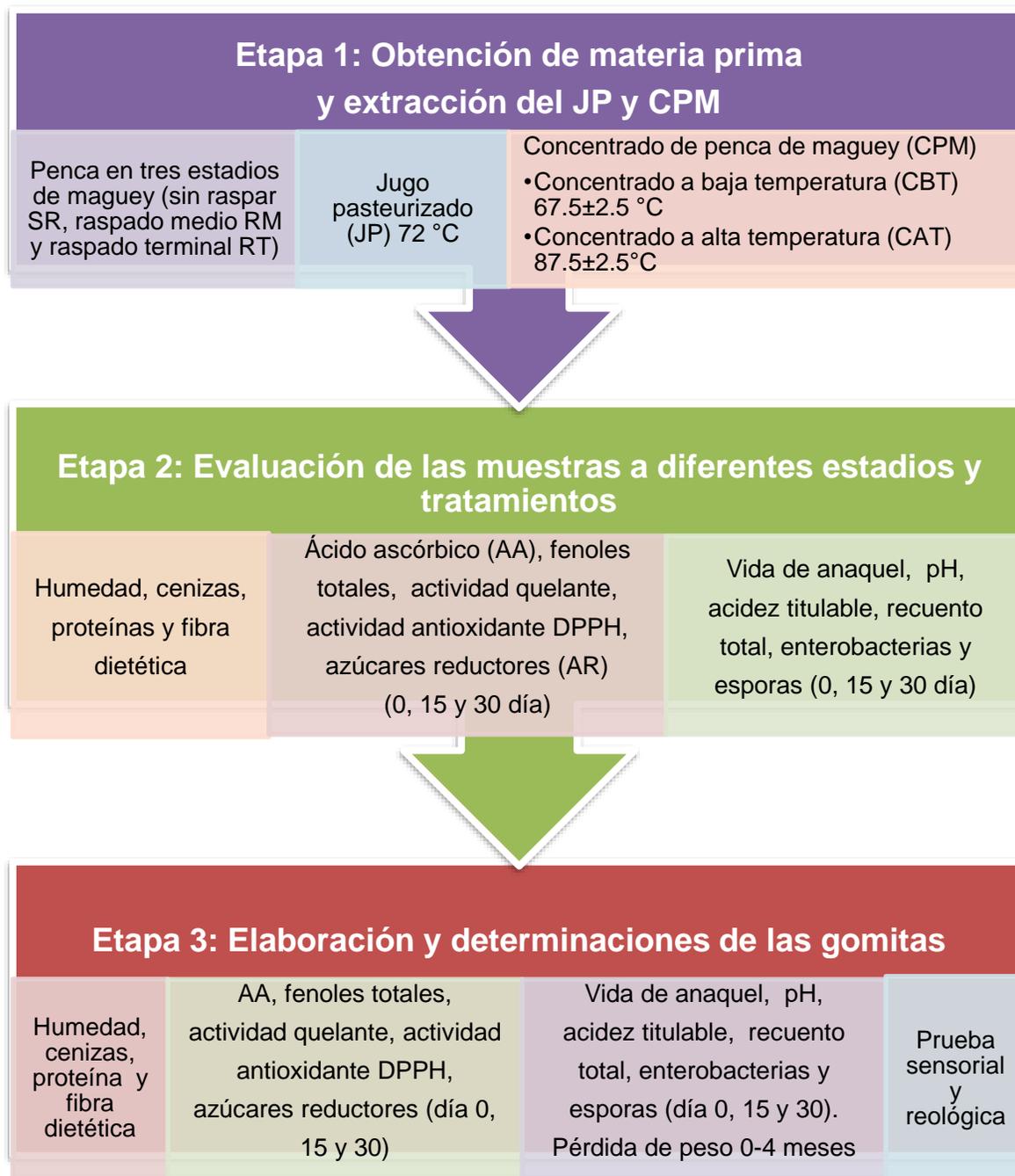


Figura 5. Diseño metodológico.

A continuación se describen las técnicas que se utilizaron en la metodología:

6.3 Determinación de grados Brix.

La determinación de grados Brix (°Brix) se realizó mediante un refractómetro, el cual determina el porcentaje de sólidos totales contenidos en una muestra. Se tomaron un par de gotas de la muestra con una pipeta Pasteur desechable y se vertieron en la celda del refractómetro anteriormente calibrado y enjuagado con agua desionizada y se hizo la lectura reportándose en grados Brix (°Brix).

6.4 Determinación de acidez titulable.

La acidez se midió por titulación descrita por la AOAC (Association of Analytical Communities, por sus siglas en inglés) (Método 939.05), este método se basó en determinar el porcentaje de ácido contenido en la alícuota que se tituló, determinando el punto final por medio del cambio de color que se produjo por la presencia del indicador ácido-base. Los reactivos que se utilizaron fueron hidróxido de sodio 0.1 N y fenolftaleína al 1% en alcohol al 50% como indicador. Se llenó la bureta con NaOH la cual se abrió para verter un goteo constante en los matraces Erlenmeyer con agitación constante, que contenían la muestra diluida en agua destilada 1:9 (50 mL en total) y 5 gotas de fenolftaleína, hasta que se obtuvo un viraje a rosada persistente, se anotó el volumen de hidróxido de sodio utilizado. El resultado se reportó como porcentaje de acidez titulable (factor de dilución).

La fórmula para obtener el porcentaje de acidez titulable fue:

$$\%AT = \frac{(V_{NaOH} * N_{NaOH} * 0.09)}{M} * 100$$

Donde:

%AT = Porcentaje de acidez titulable.

V = Volumen.

NaOH = Hidróxido de sodio.

N = Normalidad.

M = Mililitros de muestra utilizada.

6.5 Determinación de pH.

El pH se determinó por medio de un potenciómetro que es un instrumento que mide la diferencia de potencial entre dos electrodos. La determinación se inició calibrando el potenciómetro, utilizando buffer 4 y 7 respectivamente, después, se vertió muestra necesaria en un vaso de precipitado hasta cubrir el bulbo del potenciómetro y se realizó la toma de valores. Las gomitas fueron diluidas y licuadas con agua desionizada 1:9 (50 mL en total) hasta que se obtuvo una solución líquida y se tomaron los valores.

6.6 Análisis químico proximal.

6.6.1 Determinación de humedad.

El porcentaje de humedad se determinó mediante el método por secado en estufa (Método Oficial de la AOAC 920.151). Se tararon los crisoles en los que se pesó una alícuota de la muestra (5 g de CPM o 1 g de gomita) y el cual fue posteriormente introducido al horno de secado (115 °C) por 3 horas hasta que se obtuvo su peso constante. Por último, se pesó el crisol con la muestra y se realizó la diferencia, se obtuvo el porcentaje de agua contenida por medio de la fórmula descrita a continuación. Los resultados se reportaron en porcentaje de humedad.

$$\%H = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

Donde:

%H = Porcentaje de humedad

P_i = Peso inicial

P_f = Peso final

6.6.2 Determinación de cenizas.

El método que se utilizó fue el gravimétrico por incineración de la muestra (Método Oficial de la AOAC 940.26). Se tararon los crisoles en los que se pesaron las muestras (5 g de CPM o 1 g de gomita) las cuales fueron deshidratadas y posteriormente calcinadas a fuego directo con mechero en campana de extracción.

Después de ser calcinadas, se introdujeron a la mufla (550 °C) por 5 horas para ser incineradas. Por último, se enfriaron en desecador durante 15 min, y se pesó el residuo. Se reportó en porcentaje de cenizas, el cual se obtiene con la fórmula que a continuación se describe:

$$\%C = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

Donde:

%C = Porcentaje de cenizas.

P_i = Peso inicial.

P_f = Peso final.

6.6.3 Determinación de proteína.

El porcentaje de proteína se evaluó por el método Kjeldahl (Método Oficial de la AOAC 920.152) con el equipo automático Kjeldahl, el cual determinó la concentración de nitrógeno presente en la muestra y se multiplicó por el factor de conversión (6.25) y se obtuvo porcentaje de proteína. El método se basó en la digestión de 1 g de muestra (CPM o gomita) la cual fue preparada con 15 mL de ácido sulfúrico concentrado, 1 tableta catalizadora Kjeltabs CX y 2 mL de agua desionizada. Durante la digestión se formó sulfato de amonio que en presencia de un exceso de hidróxido de sodio al 32% liberó amoníaco, el cual fue destilado al recibir ácido bórico al 3% que formó borato de amonio el cual posteriormente fue valorado con ácido clorhídrico al 0.98 N. En anexo 2 se describen las recomendaciones para la preparación de los reactivos así como los detalles de la digestión realizada.

No se determinó el porcentaje de grasa en los JP, CPM y gomitas, ya que el contenido de ésta es despreciable en las muestras.

6.7 Determinación de fibra dietética.

La determinación de fibra dietética (FD) se realizó por medio del método enzimático gravimétrico utilizando el kit de FD total marca SIGMA (Total Dietary Fiber Assay Kit, SIGMA, TDF100), bajo las especificaciones del fabricante (en Anexo 3). Se prepararon las alícuotas por cuadruplicado para someterlas a un proceso de

digestión enzimática, esta consistió en la degradación de las proteínas (proteasa) y el almidón (α -amilasa, amiloglucosidasa). Posteriormente se realizó una precipitación con etanol al 78%, seguido de etanol al 95% y por último acetona al 99.7%, en crisoles Gooch (F 40-60 micras). Al residuo se le determinó proteína y cenizas como se describió anteriormente.

La fórmula que se utilizó para calcular el porcentaje de FD es la siguiente:

$$\%FDT = \frac{(R \text{ muestra} - P \text{ muestra} - A \text{ muestra} - B)}{PM} * 100$$

Donde:

%FDT = Porcentaje de fibra dietética total.

R = Promedio del peso residual (mg).

P = Promedio del peso proteínico (mg).

A = Promedio del peso de las cenizas (mg).

B = Blanco

PM = Promedio del peso de las muestras (mg).

6.8 Capacidad de conservación.

La capacidad de conservación fue evaluada por vida de anaquel, proceso que consistió en sellar y almacenar la materia prima. En caso del extracto, en frascos blancos de 15 mL con tapa; las gomitas en bolsas de papel celofán selladas herméticamente durante un tiempo determinado (30 días), al concluir dicho tiempo se supervisó si existió algún cambio en su pH o acidez titulable (métodos antes descritos), los cuales indican si el producto presentó alguna alteración. El estudio se realizó a los días 1, 7, 15 y 30 después del almacenamiento en refrigeración (4 °C).

6.8.1 Microbiológico.

Se realizó recuento de mesófilos aerobios en medio Agar Métodos Estándar, incubado a 30 °C durante 48 horas (Richardson, 1985). Recuento de *Enterobacteriaceae* en agar bilis rojo violeta glucosado (VRBG), incubado a 37 °C durante 24 horas (Westhoff, 1981) en los días 1, 15 y 30 de almacenamiento.

Los resultados se reportaron en Unidades Formadoras de Colonias por mililitro (UFC/mL).

6.8.2 Pérdida de peso durante el almacenamiento de la gomita.

Las gomitas fueron almacenadas y selladas en bolsas de papel celofán y refrigeradas a 4 °C durante un tiempo determinado (4 meses), así, cada mes se sometieron a pesado en balanza analítica. Con los valores obtenidos y la siguiente ecuación se determinó el porcentaje de pérdida de peso.

$$\%PP = 100 - \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

Donde:

%PP = Porcentaje de pérdida de peso.

P_i = Peso inicial.

P_f = Peso final.

6.9 Actividad antioxidante.

6.9.1 Determinación de ácido ascórbico.

Para la determinación de ácido ascórbico (AA), se empleó el método colorimétrico descrito por Dürüst y colaboradores (1997) empleando el reactivo DCPI que tiene una coloración azul-violeta y al reaccionar con el AA ocurre una decoloración a rosa tenue o incoloro. Inicialmente se realizó una dilución 1:100 de la muestra en agua desionizada y se prepararon las siguientes soluciones: DCPI, amortiguador de acetatos al 1 M con pH de 6 y solución de AA (las preparaciones se describen en Anexo 2). Se realizó la curva estándar (Figura 6), para esto se efectuaron concentraciones a partir de la solución de AA: 0, 10, 20, 30, 40, y 50 mg/L, se tomaron 100 µL de cada concentración para la obtención de la curva.

La técnica para la curva y la muestra de estudio se realizó vertiendo 100 µL de la muestra previamente diluida, 100 µL de amortiguador de acetatos y 800 µL de DCPI, se determinó la absorbancia (Abs) a 520 nm y se utilizó ácido oxálico como blanco al 0.4%. Los resultados se expresaron como miligramos de ácido ascórbico por litro (mg AA/L).

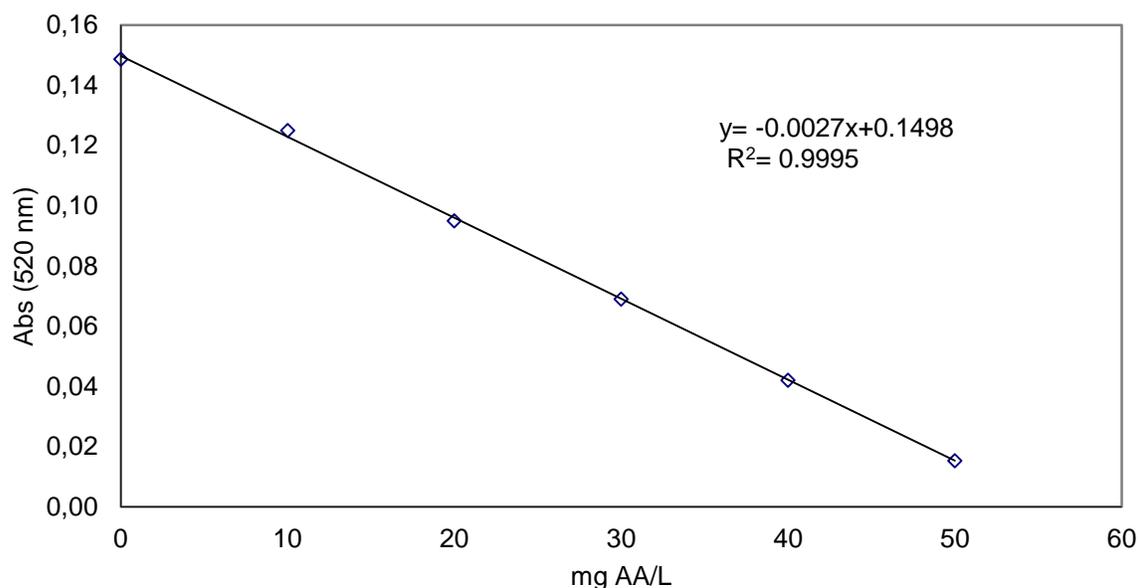


Figura 6. Curva estándar de ácido ascórbico.

6.9.2 Compuestos fenólicos totales.

Para la determinación de compuestos fenólicos totales (CFT) se realizó por medio del método Folin-Ciocalteu descrito por Georgé y colaboradores (2005). El Folin-Ciocalteu es una mezcla de los ácidos fosfotúngstico y fosfomolibdico, la cual es reducido a óxidos azules de tungsteno y molibdeno durante la oxidación fenólica, esta reducción ocurre bajo condiciones alcalinas mediante la presencia de carbonato de sodio.

Las muestras utilizadas fueron diluidas 1:50 en agua desionizada. Al igual, se realizó una curva estándar de la concentración de compuestos fenólicos (Figura 7), para esto se preparó una solución con 400 mg de ácido gálico por litro de agua desionizada. A partir de esta solución se prepararon las siguientes concentraciones: 0, 100, 200 y 300 mg/L, se tomaron 100 μ L de cada concentración para la obtención de la curva.

La técnica para la curva y la muestra de estudio consistió en verter 100 μ L de solución de Folin-Ciocalteu (1:10 en agua desionizada) y 400 μ L de solución de carbonato de sodio al 7.5%. Las muestras se agitaron en vortex y se reposaron a temperatura ambiente durante 30 min, se realizó la lectura de Abs a 765 nm al finalizar dicho tiempo. Los resultados se reportaron como miligramos equivalentes de ácido gálico por litro (mg EAG/L).

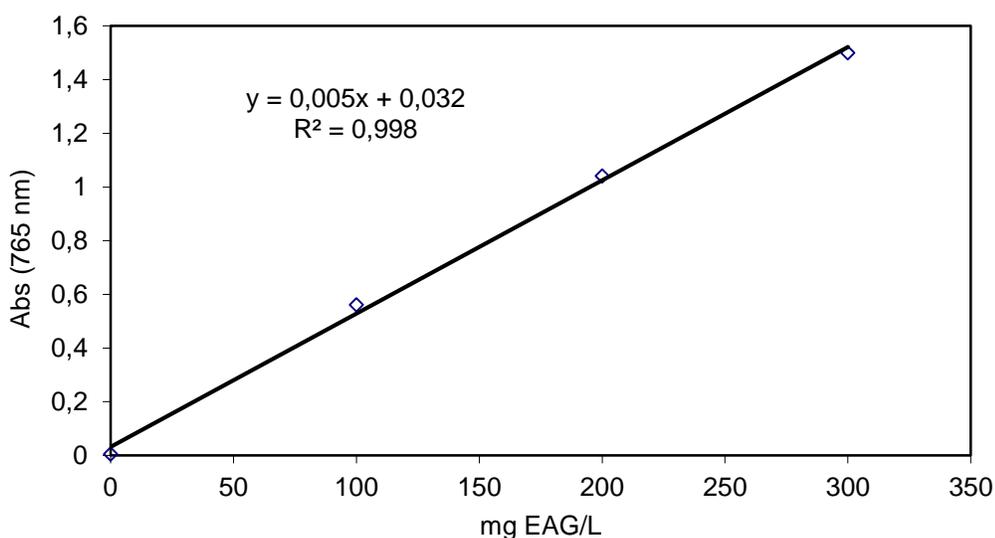


Figura 7. Curva estándar de ácido gálico.

6.9.3 Determinación de la actividad antirradical por el método DPPH.

Para la determinación de actividad antirradical se empleó el método DPPH (Morales y Jiménez-Pérez, 2001), el cual es un radical libre estable que en una solución etanólica presenta una coloración violeta intenso, sí a ésta solución se le agrega una sustancia susceptible de atrapar radicales libres (Trolox), el electrón no apareado del DPPH se aparea e inmediatamente presenta una decoloración que puede ir hasta un tono amarillo.

Las muestras se diluyeron 1:9 y se realizó la solución de DPPH al 0.07% en metanol. Se realizó una curva estándar de Trolox, la cual es la molécula de referencia (Figura 8) con las siguientes concentraciones en etanol: 0, 50, 100, 200 y 300 μmol Trolox/L, para la obtención de la curva.

Para realizar la técnica para la curva y la muestra de estudio, se vertieron 100 μL de la muestra diluida y 500 μL de la solución de DPPH, se agitaron en vortex y se reposaron a temperatura ambiente durante 60 min, transcurrido el tiempo se centrifugaron a 10,000 rpm/5 min, a 4 °C y se midió la Abs del sobrenadante a 520 nm. La actividad antioxidante por DPPH se reportó en μmol equivalente de Trolox por litro (μmol ET/L).

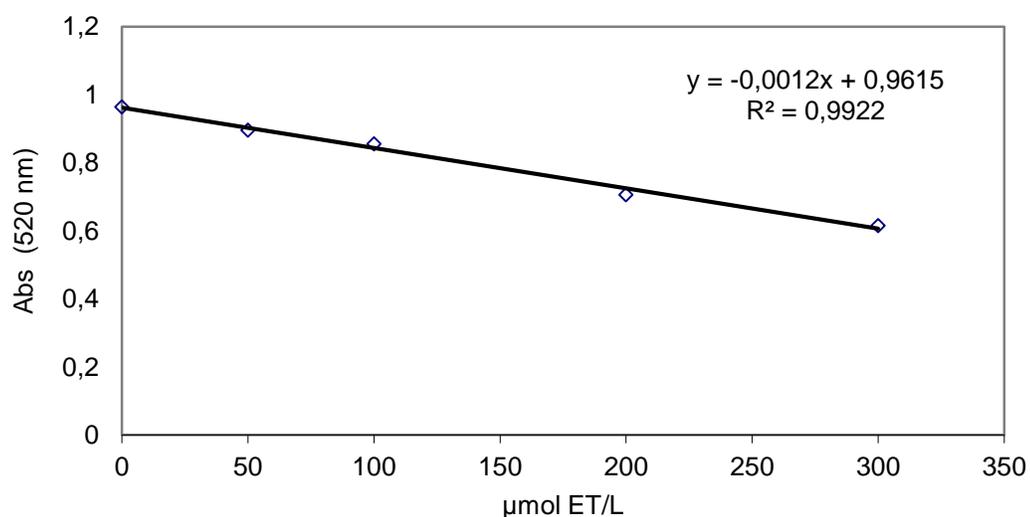


Figura 8. Curva estándar de Trolox.

6.9.4 Actividad quelante.

Para determinar la actividad quelante se utilizó el método reportado por Gulcin y colaboradores (2003), el cual se basó en la reacción de la capacidad quelante de la molécula de referencia EDTA sobre el ion ferroso (Fe^{2+}), posteriormente se mezcló con ferrozina, con lo que el ion ferroso que no fue secuestrado por primera vez reaccionó generando color, esta coloración fue medida espectrofotométricamente a una longitud de onda de 562 nm. Los resultados se reportaron en porcentaje de actividad quelante.

La técnica consistió en verter 100 μL de muestra en viales Eppendorf ambar, se le adicionó 50 μL de solución de cloruro férrico y 450 μL de metanol, se agitaron en vortex y se reposaron durante 5 min, a temperatura ambiente, después se le agregaron 400 μL de ferrozina y se reposaron de nuevo a temperatura ambiente por 10 min, transcurrido el tiempo se realizó la lectura de Abs (562 nm). Como agente quelante de referencia se utilizó al EDTA a 0.1 M y como muestra control se empleó agua desionizada en las mismas condiciones.

La actividad quelante fue calculada con la siguiente ecuación:

$$\%AQ = \frac{AC - AM}{AC} * 100$$

Donde:

%AQ = Porcentaje de actividad quelante.

AC = Absorbancia de la muestra control.

AM = Absorbancia de la muestra.

6.9.5 Azúcares reductores.

Los azúcares reductores (AR) se determinaron de acuerdo al método reportado por García (2008), el cual se basó en la utilización de ácido 3, 5-dinitrosalisílico (DNS) para provocar la oxidación de los AR y al mismo tiempo su propia reducción dando lugar a una reacción colorimétrica. El DNS es de color amarillo, mientras que la formación de ácido 3-amino, 5-nitrosalicílico se tornó de color marrón cuya intensidad fue proporcional a la cantidad de AR contenidos en la alícuota. Los factores de dilución utilizados fueron 1:100. La técnica se inició con la preparación de la solución de DNS (elaboración en Anexo 2). En la técnica para la curva y la muestra de estudio se vertieron 30 μL de muestra y 180 μL de DNS, se incubaron en agua en ebullición durante 15 min, posteriormente se les agregó 1230 μL de agua desionizada para atemperar la muestra y se realizó la lectura de Abs a 540 nm en el lector de microplacas. Los resultados se reportaron como equivalentes de azúcares reductores por litro (EAR/L), los cuales se calcularon a partir de una curva patrón de glucosa (Figura 9). A partir de la solución stock de glucosa 10 mg/mL, se obtuvieron las siguientes concentraciones: 0, 1, 2, 3, 4 y 5 mg/mL, posteriormente se tomaron 30 μL de cada concentración y se les aplicó el método antes descrito.

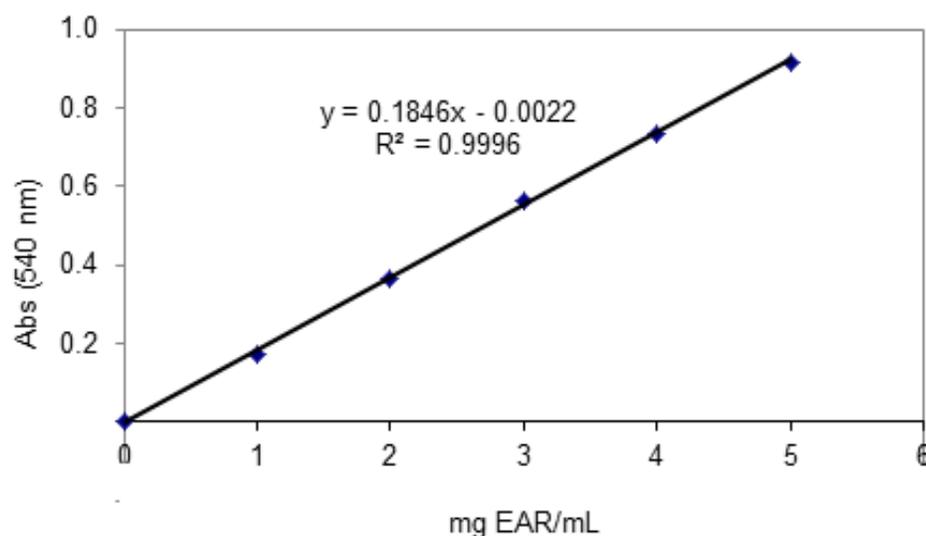


Figura 9. Curva patrón de glucosa.

6.10 Evaluación sensorial.

La evaluación sensorial se realizó por medio de la aplicación de una prueba de nivel de agrado (en Anexo 4). Dicha prueba determinó el nivel de agrado o desagrado de los atributos: color, olor, sabor, dulzura, aceptabilidad y textura del producto, mismos que fueron cuantificados por medio de una escala hedónica basándose en Pedrero y Pangborn (1997).

La prueba fue aplicada a 60 niños y niñas (9 ± 1.2 años de edad) de cuarto y quinto grado de primaria (Instituto Hidalguense, Pachuca Hidalgo), en dos fechas distintas, la primera a un día de la elaboración de la gomita y la segunda intervención a 30 días de almacenamiento en refrigeración a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ para conocer si existieron cambios sensoriales durante el tiempo de almacenamiento.

6.11 Pruebas reológicas (Texturómetro TAHDI).

Para las pruebas de análisis de textura (TPA) se utilizó el texturómetro TAHDI (Stable Micro Systems, UK) equipado con una celda de carga de 5 kg y una sonda cilíndrica de 36 mm de diámetro. Las gomitas (muestras en cubos de $10 \times 10 \times 10$ mm) se sometieron a dos ciclos de compresión axial con una velocidad de prueba de 5 mm/s hasta una deformación del 50%. A temperatura de $16\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los resultados se obtuvieron del promedio de tres corridas en cada unidad experimental.

Las variables que se evaluaron fueron; 1) dureza (fuerza necesaria para comprimir un material por una cantidad determinada), 2) cohesividad (fuerza de los enlaces internos en la muestra), 3) gomosidad (energía requerida para romper o desintegrar un alimento semisólido hasta estar en condiciones de ser deglutido), 4) masticabilidad (energía necesaria para masticar un alimento sólido hasta estar en condiciones de ser deglutido) y 5) adhesividad (energía necesaria para superar las fuerzas atractivas entre la superficie del alimento y la superficie del material con la que está en contacto) (Ramírez-Navas, 2006), las cuales fueron calculadas del gráfico de prueba como se muestra en el anexo 5.

6.12 Análisis estadístico.

Para los CPM se propuso un factorial de 3 niveles de temperatura de tratamiento (1 jugo pasteurizado y 2 de concentración controlada), 3 estadios de penca y 4 tiempos de almacenamiento, obteniendo un total de 36 combinaciones, se asumieron como variables independientes: estadio de la penca, temperatura y tratamiento; variables dependientes: °Brix, acidez titulable, pH, humedad, cenizas, FD, proteína, compuestos fenólicos totales, actividad quelante, DPPH, AA, recuento total, enterobacterias y esporas.

Para las gomitas se probaron 3 niveles de adición de CPM. Se realizó un análisis de varianza por combinación, se adquirieron como variables independientes las concentraciones de CPM y como variables dependientes para AQP: humedad, cenizas, proteínas, pH y acidez titulable; determinaciones de antioxidantes: AA, fenoles, DPPH y actividad quelante; vida de anaquel: recuento total, enterobacterias y esporas; pruebas reológicas: cohesividad, adhesividad, masticabilidad, elasticidad y gomosidad; y prueba sensorial: color, olor, sabor, dulzura, aceptabilidad y textura.

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y una comparación de medias para determinar diferencias entre tratamientos térmicos.

Todas las pruebas fueron realizadas por triplicado, se obtuvo la media de los resultados y se realizó un análisis del modelo lineal general multivariante asumiendo varianzas iguales por Tukey ($p \leq 0.05$) con el Software SPSS V-15.0

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

7.1 Jugo pasteurizado y concentrados de penca de maguey.

En la tabla 5, se describen los volúmenes resultantes referentes al JP y extracto CPM. De un kilogramo de penca se obtuvieron en promedio 600 mL de líquido o jugo, el cual fue posteriormente pasteurizado. Por otro lado, de un kilogramo de penca con 1 L de agua (relación 1:1), se obtuvieron 400 mL como volumen total en el proceso de CBT y sólo 250 mL en CAT. Referente al tiempo de concentración, la elaboración del CBT utilizó un tiempo promedio de 105 min, mientras que el CAT ocupó 75 min en las pencas de maguey en los tres estadios.

Tabla 5. Volúmenes resultantes en el proceso de extracción de JP y CPM a partir de 1 kg de penca.

Tratamiento	JP (1-2 min)	CBT (105 min)	CAT (75 min)
Estadios maguey	SR, RM y RT	SR, RM y RT	SR, RM y RT
Volumen total (mL)	600±50 ^a	400±50 ^b	250±50 ^c

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos térmicos (*a, b, c*).

Existieron diferencias en el volumen del extracto total, ya que el maguey en proceso de RT presentó una disminución de líquidos totales, aunque este volumen no presentó diferencia significativa en comparación con las pencas de maguey SR y en RM, esto debido a que la materia prima recolectada provino de la misma área de cultivo.

7.1.1 Análisis químico del JP y del CPM.

Hasta el momento no se ha reportado el desarrollado de un concentrado a partir de la penca de maguey *Agave salmiana*, sin embargo, existen investigaciones en la que se describe la composición general de la penca y los cambios que sufre según su grado de madurez (Pinos-Rodríguez y col., 2008).

Debido al tratamiento térmico al que se sometió el CPM, se determina que en las variables como humedad, proteína, cenizas, °Brix y acidez titulable, se observó un aumento debido a que existió una disminución de agua total, resultando en un aumento en la concentración de sólidos totales principalmente en el tratamiento CAT y en menor grado el CBT comparándolos con el JP (Tabla 6).

La humedad presente en las muestras fue diferente, ya que el JP presentó un alto porcentaje de humedad ($94\pm 1\%$), mientras que el CPM CAT presentó notable disminución en el porcentaje de humedad, llegando a ser de $65\pm 5\%$, esto es debido a la concentración incrementando los °Brix presentes en la muestra final.

Se observó un aumento en el porcentaje de proteína, esto debido a la concentración a la que fue sometido el CPM siendo más significativo el tratamiento CAT, ya que mostró un aumento mayor en los 3 diferentes estadios del maguey en comparación con el JP y el tratamiento CBT, disminuyendo así la cantidad de agua total y aumentando los sólidos totales presentes en la muestra.

La penca de maguey cuenta con hasta 27% de fibra insoluble compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina (Van-Soest y col., 1991), el cual a diferencia de otras plantas, disminuye con la madurez debido a la alta acumulación de carbohidratos solubles (Pinos-Rodríguez, 2008). En el CPM se observó un comportamiento similar al reportado por Pinos-Rodríguez y colaboradores (2008), donde el extracto del maguey RT cuenta con la mayor cantidad de fibra dietética (FD) total, seguida por el maguey SR y por último el maguey RM. Las determinaciones de FD total y fibra insoluble son similares, la diferencia entre uno y otro es que en la determinación de fibra insoluble el almidón se cuenta como fibra no dietética, debido a que el almidón permanece insoluble en el detergente caliente de la determinación, siendo que al almidón hoy en día se le han encontrado importantes propiedades fisiológicas similares al de otros tipos de fibras, por lo que la determinación de FD total es la determinación más exacta para cuantificar la FD funcional para el humano (FAO/OMS, 1999).

Tabla 6. Composición del JP y de los CPM en los diferentes estadios del maguey y tratamientos térmicos.

	JP			CBT			CAT		
	SR	RM	RT	SR	RM	RT	SR	RM	RT
Humedad %	94.8±0.02 ^{a,z}	94.9±0.0 ^{a,y}	95.3±0.01 ^{a,x}	80.8±0.02 ^{b,y}	83.4±0.10 ^{b,x}	77.8±0.20 ^{b,x}	60.4±0.20 ^{c,z}	70.4±0.06 ^{c,y}	58.6±0.20 ^{c,z}
Proteína %	0.08±0.0 ^{c,z}	0.11±0.0 ^{c,y}	0.18±0.0 ^{c,x}	0.34±0.01 ^{b,y}	0.35±0.0 ^{b,y}	0.86±0.0 ^{b,x}	0.82±0.02 ^{a,y}	0.60±0.0 ^{a,z}	1.48±0.03 ^{a,x}
Cenizas %	0.24±0.0 ^{c,y}	0.18±0.02 ^{c,z}	0.28±0.0 ^{c,x}	1.46±0.19 ^{b,x}	0.78±0.01 ^{b,y}	1.39±0.0 ^{b,x}	2.77±0.0 ^{a,x}	1.85±0.04 ^{a,z}	2.61±0.0 ^{a,y}
Fibra %	0.70±0.01 ^{c,x}	0.11±0.03 ^{c,y}	0.79±0.03 ^{c,x}	1.4±0.02 ^{b,y}	0.99±0.0 ^{b,z}	1.85±0.01 ^{b,x}	3.9±0.02 ^{a,y}	3.0±0.0 ^{a,x}	3.9±0.01 ^{a,y}
pH	5.06±0.01	5.15±0.01	5.08±0.01	4.9±0.01	5.21±0.01	5.02±0.01	5.12±0.01	5.01±0.01	5.05±0.01
° Brix	5.50±0.50 ^{c,y}	6.0±0.40 ^{c,x}	5.0±0.30 ^{c,z}	15±0.40 ^{b,y}	17±0.50 ^{b,x}	15±0.40 ^{b,y}	36±0.40 ^{a,x}	35±0.30 ^{a,y}	30±0.30 ^{a,z}
Acidez Titulable %	0.13±0.01 ^{c,z}	0.31±0.01 ^{c,y}	0.94±0.01 ^{c,x}	0.27±0.01 ^{b,z}	3.15±0.02 ^{b,y}	4.11±0.02 ^{b,x}	0.9±0.03 ^{a,z}	6.4±0.01 ^{a,y}	6.62±0.05 ^{a,x}

SR=Sin Raspar, **RM**=Raspado Medio, **RT**= Raspado Terminal.

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre el mismo estadio diferente tratamiento (*a, b, c*) y mismo tratamiento diferente estadio (*x, y, z*).

Pinos-Rodríguez y colaboradores (2008), reportaron un pH de 4.9 en las pencas del maguey en las distintas etapas de madurez de la planta, del mismo modo se obtuvo un pH muy similar en los extractos, donde el JP tiene un pH de 5 ± 0.1 y en CPM 5.1 ± 0.1 sin presentar diferencias significativas entre ellas.

Para la norma (NOM-173-SCFI-2009, para jugos de frutas preenvasados), un jugo de fruta posee aproximadamente entre 10 y 16 °Brix dependiendo de su procedencia. El JP de la penca de maguey se encuentra muy por debajo de este porcentaje obteniendo sólo 6 ± 1 °Brix, sin embargo, al concentrarlo a alta temperatura en SR y RM se obtuvo hasta 33 ± 3 °Brix, porcentaje mayor al que se especifica en la misma norma respecto a jugos concentrados, es decir una concentración del 50% mayor que la inicial.

Los valores correspondientes a la acidez titulable indican que el porcentaje varía según la muestra, siendo menos ácida la serie del JP que el CPM en los tres estadios del maguey, oscilando entre 0.135 y 0.94% de acidez, mientras que el extracto CAT en los mismos tres estadios presentó un porcentaje mayor, llegando a valores de 6.4 y 6.64% de acidez. Éste fenómeno se puede relacionar al contenido de ácidos orgánicos (p ej., ácido málico y AA) presentes en el agave (Pimienta-Barrios y col., 2000), por otro lado, la concentración y la temperatura a la que se sometió el CPM tratado a CAT generó una mayor concentración de sólidos totales y por consecuencia tuvo un aumento de acidez debido a una mayor evaporación de agua.

Al comparar los resultados de pH y acidez titulable, se puede observar que el CPM desarrolla cierta capacidad amortiguadora, esto debido a que existe un aumento importante en los valores de acidez titulable, el cual no afecta al pH del CPM, siendo mayor dicho efecto en las muestra CAT del maguey RT, donde se encuentra la acidez titulable más alta y un pH de sólo 5.05.

7.1.2 Elaboración y almacenamiento del CPM.

Durante la elaboración y concentración del CPM, se observaron cambios importantes, se notó un incremento de color (Figura 10) y cambios en sus propiedades químicas, dichos cambios se debieron a que fue sometido a un tratamiento térmico, mismo que es responsable de la formación de productos de la reacción de Maillard, los cuales pudieran proporcionar una mayor capacidad antioxidante al extracto (Mesa y col., 2008).



Figura 10. Jugo pasteurizado (JP) y concentrados (CPM).

1.- JP, 2.- CBT, 3.- CAT.

7.1.2.1 Fenoles totales.

Lo que a compuestos fenólicos totales (CFT) durante la elaboración respecta (Figura 11), se observó un incremento significativo ($p \leq 0.05$) durante el tratamiento térmico, siendo mayor el CAT a 45 min, con un aumento mayor de 10 veces su valor inicial (de 230 a 2770 mg EAG/L). Reyes-Munguía y colaboradores (2009), hallaron que al someter un extracto de maguey morado (*Roheo discolor*) a pasteurización, aumentaba considerablemente la cantidad de fenoles, debido a la formación de compuestos oscuros. De igual forma, los compuestos fenólicos tienen una alta estabilidad molecular y soportan temperaturas de hasta 300 °C (Martínez-Flórez y col., 2002) y son más estables en condiciones ácidas, debido a la elevada resonancia conferida por los anillos bencénicos presentes en su estructura química (Hid-Cadena y col., 2010).

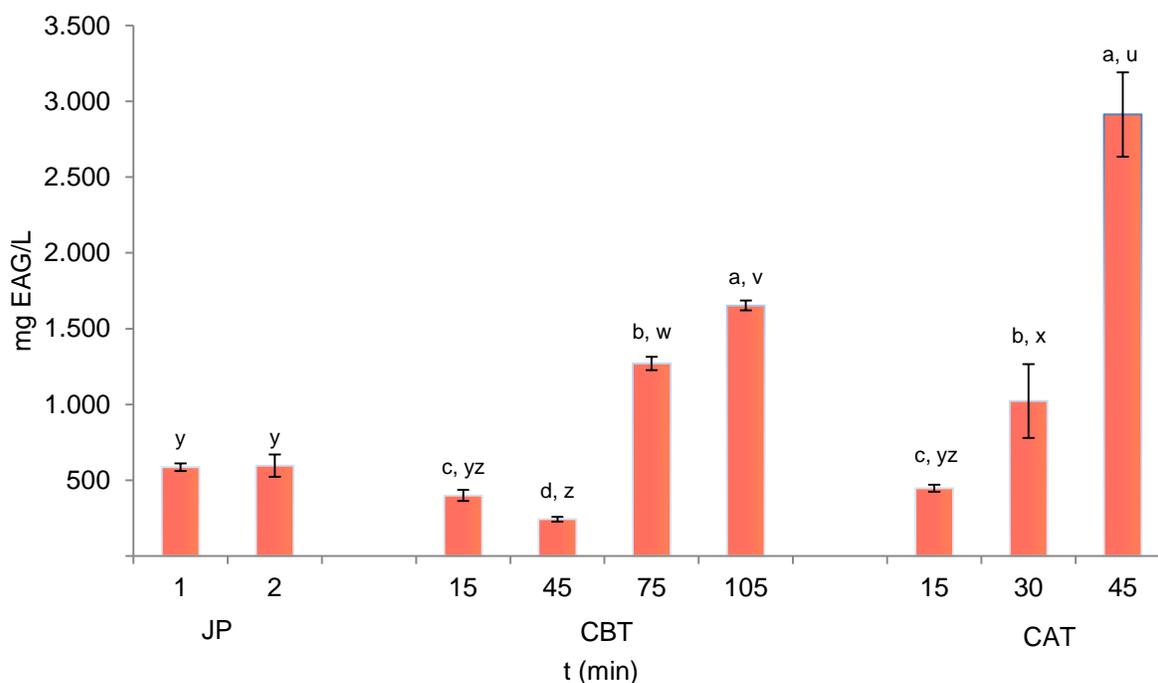


Figura 11. Contenido de CFT (mg EAG/L) durante la elaboración de JP y CPM.

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tiempos del mismo tratamiento (a, b, c) y entre tiempos de diferentes tratamientos (u, v, w, x, y, z).

Durante el almacenamiento se presentaron cambios (Figura 12). Se pudo observar que en el tratamiento de pasteurizado, los fenoles tienden a ser más inestables por lo que se presenta una disminución de los mismos después del día 15. Esta disminución se debe a la inestabilidad de los pigmentos naturales que pueden degradarse por un gran número de posibles mecanismos a compuestos incoloros solubles y/o productos oscuros insolubles (Jackman y Smith, 1996).

Por otro lado, en el tratamiento CAT, se notó un incremento progresivo especialmente en el maguey RT, en el que aumentó 1000 mg EAG/L en un mes de almacenamiento, la mayor cantidad de fenoles y la disminución del contenido de agua, pudo haber retrasado la degradación de los compuestos fenólicos, haciéndolo más estable durante el tiempo de almacenamiento.

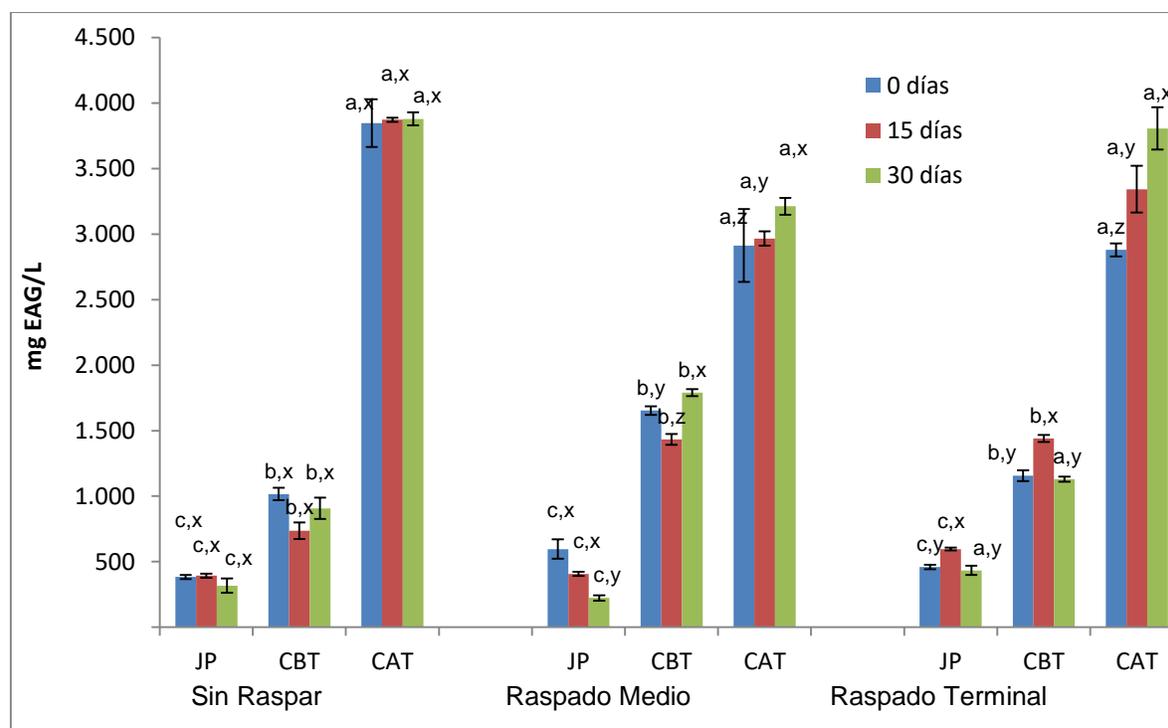


Figura 12. Compuestos fenólicos totales durante el almacenamiento del JP y CPM.

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Comparación en diferentes tiempos y tratamientos del mismo maguey (a, b, c); y entre los tiempos del mismo maguey y tratamiento (x, y, z).

7.1.2.2 Ácido ascórbico.

En la determinación de AA durante la elaboración (Figura 13), se observó una disminución seguida por un aumento en sus valores, siendo más evidente en el tratamiento CBT, dicho comportamiento no se observa en el JP, debido a que solo tiene 2 puntos de corte. Este comportamiento quizá se debió a que el AA es termolábil, por lo que ocurrió una disminución, sin embargo al someterse a concentración, los compuestos fenólicos que se formaron o concentraron durante la elaboración del CPM ejercieron un efecto protector sobre el AA conservando su actividad antioxidante, debido a que la reacción de oxidación del AA puede ser reversible (Miller y Rice-Evans, 1997). En la pasteurización se nota una disminución de los valores aunque no es significativa. En el tratamiento de CBT el valor final llega a rebasar el valor inicial aumentándose en un 50% y por último, a temperaturas más elevadas, se nota una disminución con un ligero aumento el cual llega a igualar el valor inicial.

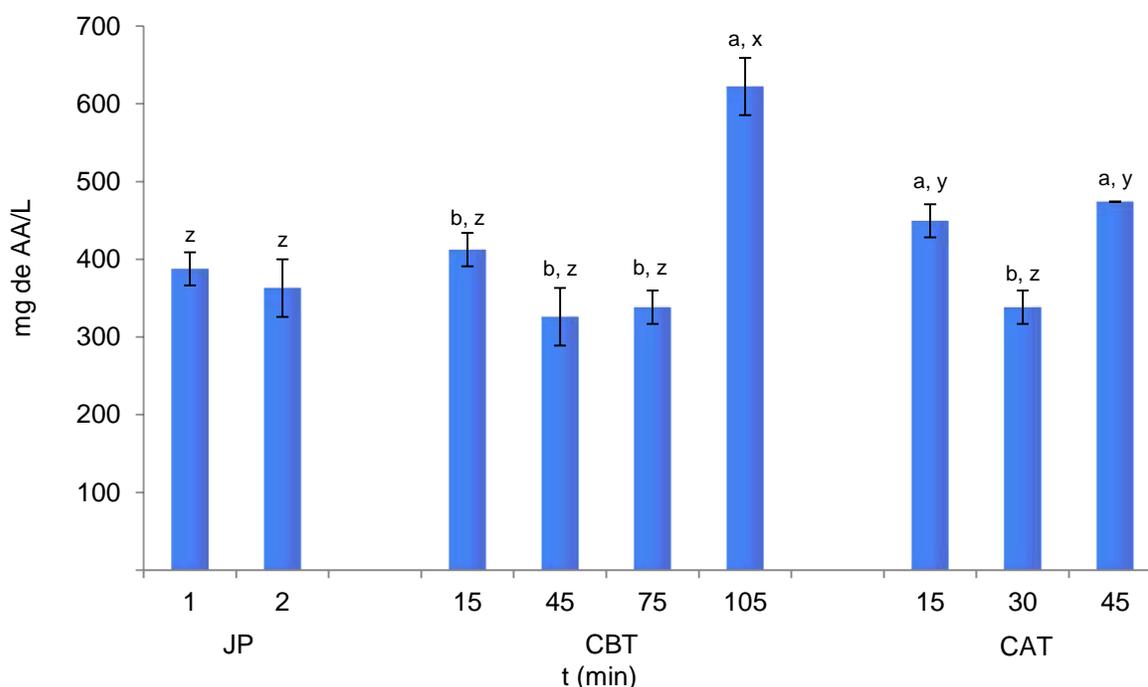


Figura 13. Contenido de AA (mg/L) durante la elaboración de JP y CPM.

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tiempos del mismo tratamiento (a, b, c) y entre tiempos de diferentes tratamientos (x, y, z).

Durante el almacenamiento del CPM, se pudo apreciar una disminución progresiva del contenido de AA siendo más evidente en las muestras pasteurizadas, en cambio, las muestras de maguey raspado terminal y las muestras tratadas a CAT (Figura 14) presentaron mayor estabilidad.

Esto podría deberse a la acción de enzimas como la citocromo oxidasa y la ácido ascórbico oxidasa, las cuales oxidan al AA durante el almacenamiento (Sánchez-Mata y col., 2003; Kasetstart, 2010). Dichas enzimas se inactivan a temperaturas mayores de 60 °C, explicando así la estabilidad de los concentrados, sin embargo a 80 °C no debería ocurrir disminución por oxidación, pese a ello, se trata de una vitamina termolábil (Pokorny, 2001; Cahapaza-Condprí y Matos-Chamorro, 2011), por lo que se puede pensar que la temperatura elevada afectó negativamente la estabilidad en las muestra de CPM.

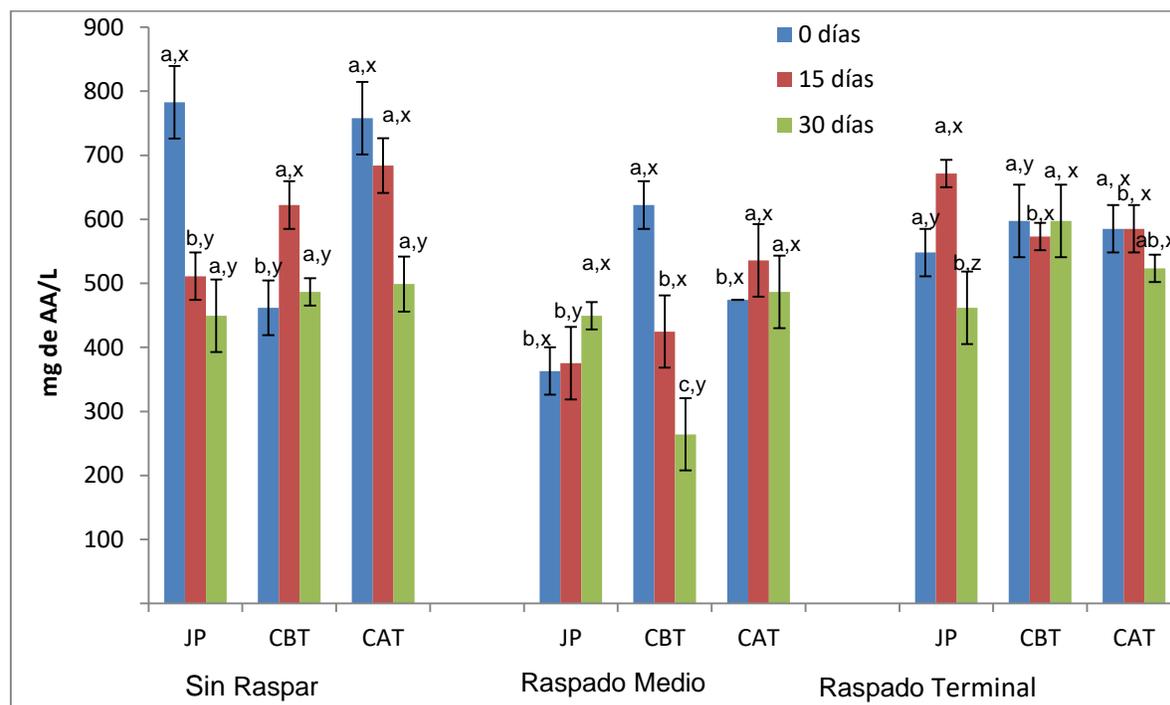


Figura 14. Contenido de AA durante el almacenamiento de JP y CPM.

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Comparación en diferentes tiempos y tratamientos del mismo maguey (a, b, c); y entre los tiempos del mismo maguey y tratamiento (x, y, z).

7.1.2.3 DPPH.

En actividad antioxidante determinada por DPPH durante la elaboración, los comportamientos fueron diferentes en los tres tratamientos térmicos, en donde se observó una disminución seguida por un aumento en CBT y un incremento progresivo en CAT de 10 veces su valor inicial (Figura 15). Dicho comportamiento es similar al que se presentó en los compuestos fenólicos, esto quizá debido a que la principal actividad antioxidante en el CPM es debido a la presencia de estos compuestos. Al mismo tiempo, la oxidación de compuestos fenólicos conduce a la formación de compuestos de color café marrón estables que presentan una fuerte actividad antioxidante, como los productos de la reacción de Maillard (Nicoli y col., 2004).

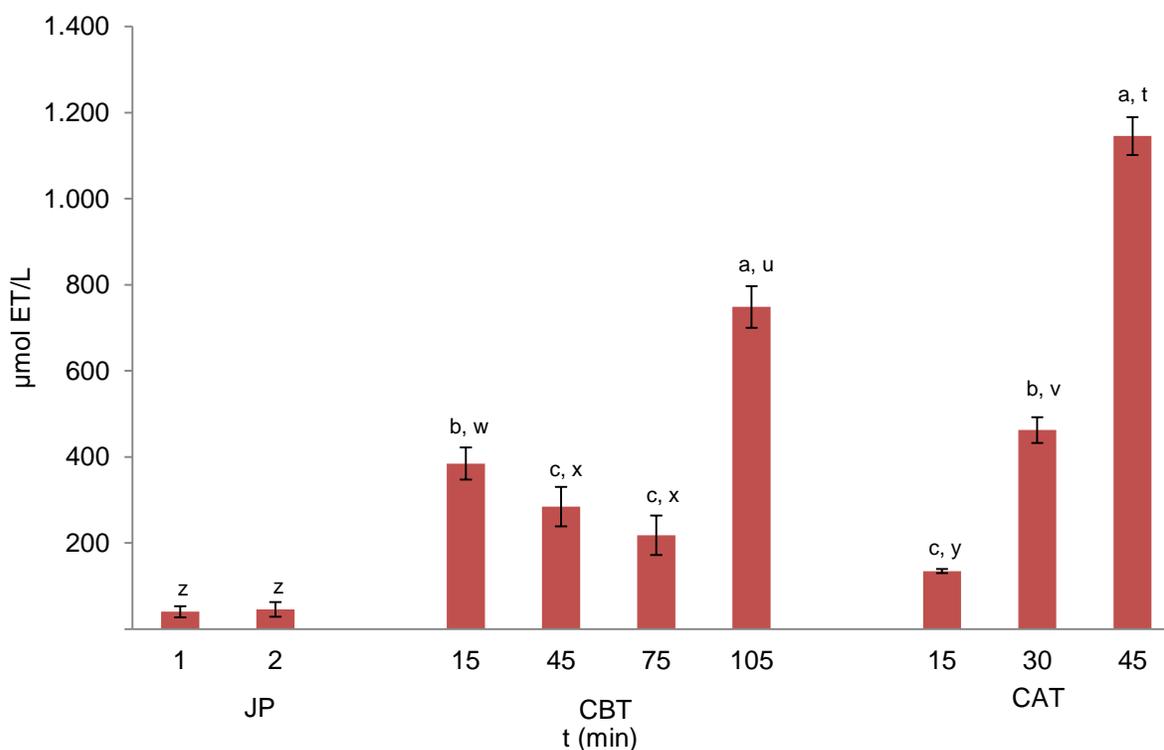


Figura 15. Actividad antioxidante por DPPH durante la elaboración de JP y CPM.

Diferentes letras indica diferencia *significativa* ($p \leq 0.05$) entre los tiempos del mismo tratamiento (a b, c) y entre tiempos de diferentes tratamientos (t, u, v, w, x, y z).

Durante el tiempo de almacenamiento se observaron diferentes comportamientos (Figura 16). La mayoría de las muestras, mostraron un aumento progresivo durante los 30 días de almacenamiento, otras (CAT SR y JP RT) aumentaron hasta el día 15 y disminuyendo sus valores al día 30 y por último las dos muestras, CBT RM y CAT RT, presentaron un incremento al final del almacenamiento con una previa disminución.

El procesamiento y almacenamiento no siempre son responsables de una reducción en las propiedades antioxidantes de los alimentos. En algunos casos, estos factores pueden inducir a la formación de compuestos con nuevas propiedades antioxidantes, que pueden mantener la actividad antioxidante de los alimentos (Lerici y col., 1997; Somoza, 2005), de esta forma, se justifican los diversos comportamientos observados en los CPM.

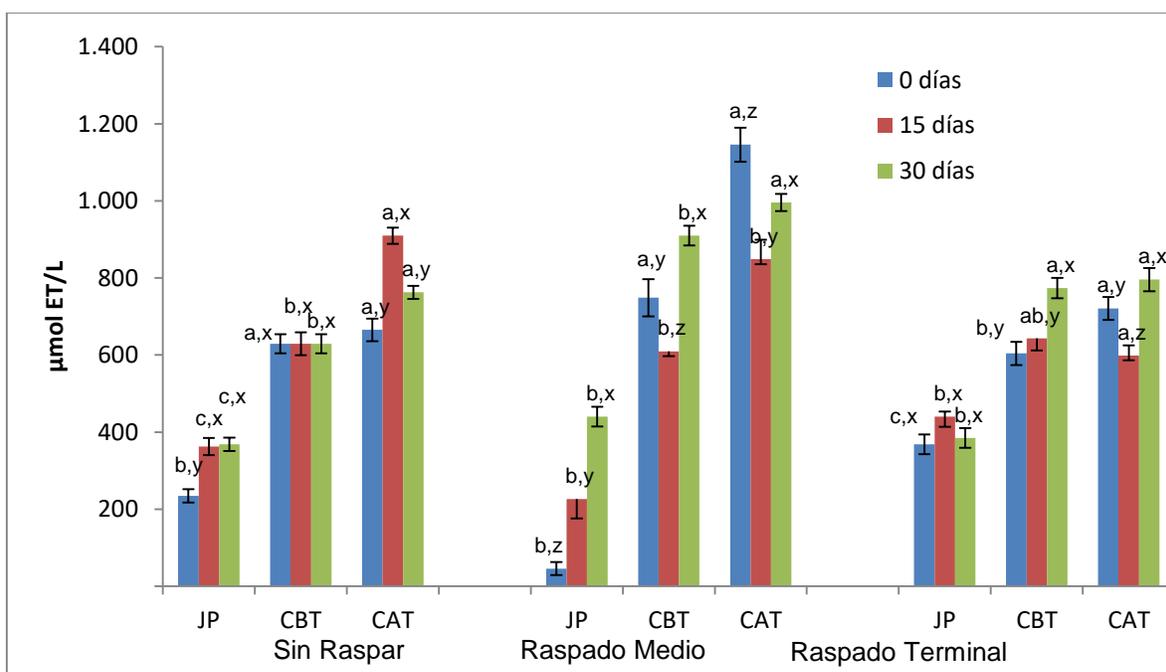


Figura 16. Actividad antioxidante por DPPH durante el almacenamiento de JP y CPM.

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Comparación en diferentes tiempos y tratamientos del mismo maguey (a, b, c); y entre los tiempos del mismo maguey y *tratamiento* (x, y, z).

7.1.2.4 Actividad quelante.

Referente a la actividad quelante durante su elaboración (Figura 17), se apreció en ambos concentrados un aumento seguido de una disminución de sus valores, esto sin llegar a ser igual o menor a sus valores iniciales, siendo el tratamiento de CAT el que presentó menor cambio ($p \leq 0.059$). La actividad quelante del CPM es el resultado de la suma de su contenido de AA, compuestos fenólicos y productos de la reacción de Maillard, a los cuales se les atribuye la capacidad de quelar el ion hierro (Pokorny y col., 2001). Por otro lado, Wijewickreme y colaboradores (1997), determinaron que la actividad quelante no se ve influenciada por el tiempo ni por la temperatura a la que se somete una muestra, sino más bien, a los compuestos por los que está conformada, se puede percibir cuando ambas muestras tienen el mismo comportamiento a pesar de que fueron tratadas a diferente temperatura.

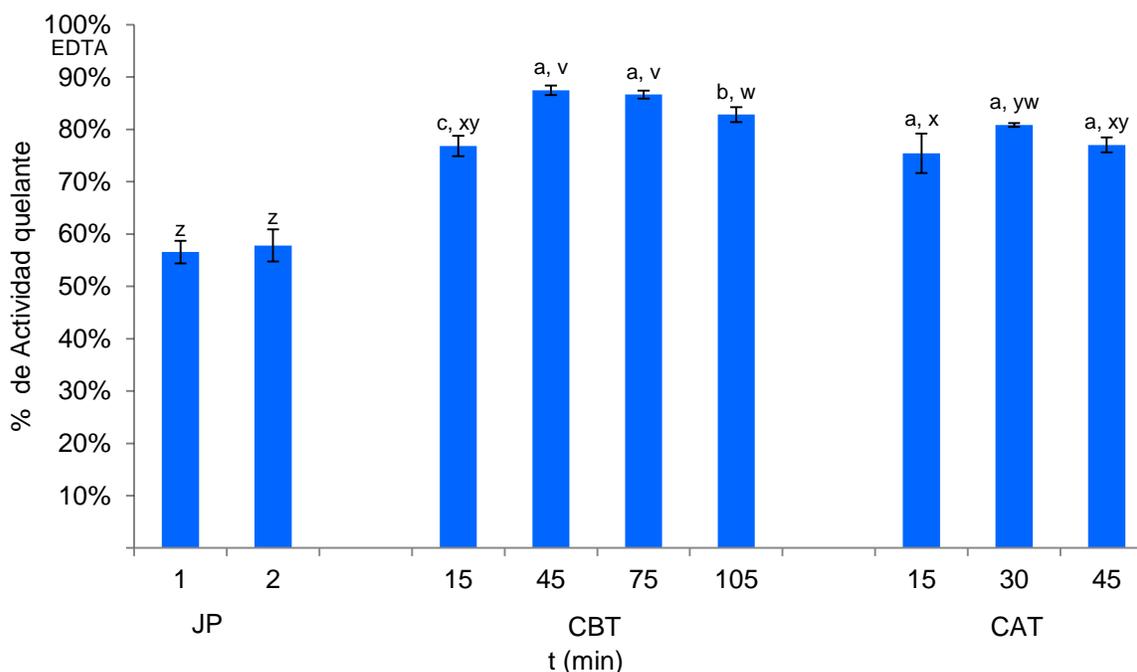


Figura 17. Actividad quelante (% de Actividad quelante) durante la elaboración del JP y CPM.

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tiempos del mismo tratamiento (a, b, c) y entre tiempos de diferentes tratamientos (v, w, x, y, z).

Durante el almacenamiento del CPM (Figura 18), se percibió un aumento de los valores iniciales del porcentaje de actividad quelante, seguido de una disminución al concluir los 30 días, esto principalmente en las muestras con tratamiento JP y CAT, mientras que en la muestra CBT sucedió algo desigual, ya que en ésta existió una disminución de los valores conforme pasaban los días 15 y 30, esto pudo deberse a que los compuestos de la actividad quelante hayan interactuado entre si y a la vez hayan inhibido parte de su función quelante (Miliauskas y col., 2003).

La disminución de los valores iniciales hasta el final del periodo de almacenamiento puede explicarse debido a su capacidad de secuestrar minerales, estos presentes en el maguey y por ende en el extracto concentrado, se pudo llevar a cabo un secuestro que originó la pérdida en el porcentaje de la propia actividad quelante (O'Brien y Morrissey, 1997).

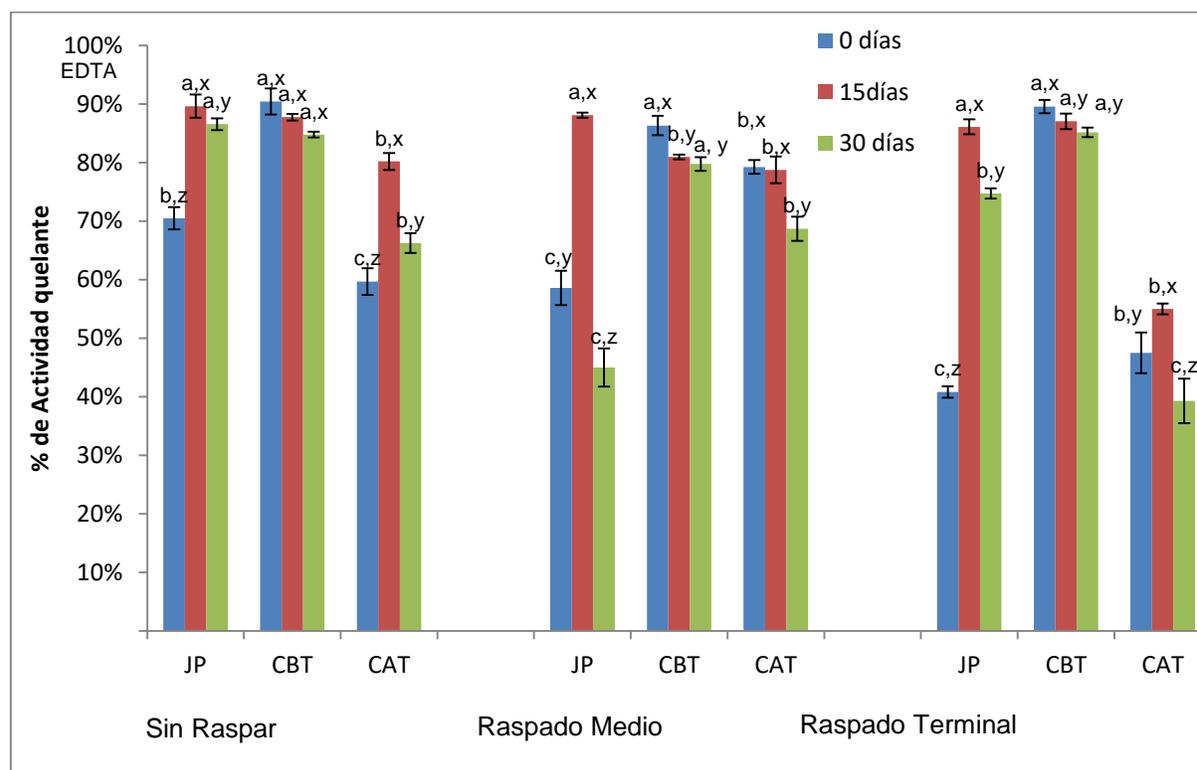


Figura 18. Actividad quelante durante el almacenamiento de JP y CPM.

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Comparación en diferentes tiempos y tratamientos del mismo maguey (a, b, c); y entre los tiempos del mismo maguey y tratamiento (x, y, z).

7.1.2.5 Azúcares reductores.

En la figura 19 se exhiben los resultados referentes al CPM durante su elaboración, en donde las tres muestras presentan diferentes patrones de comportamiento, de esta forma en el JP existió un incremento de más del doble de sus resultados respecto del minuto 1 al 2 de pasteurización.

La muestra tratada con CBT tuvo al inicio un descenso con relación del minuto 15 al 45, después, existió un incremento significativo al minuto 75, en donde se obtuvo un ascenso de más del triple de sus valores aunque al minuto 105 este aumento no fue mayor, así, este tratamiento fue la que obtuvo el mayor resultado en comparación con los otros dos tratamientos.

Por último, la muestra de CPM tratada con CAT mostró un incremento del triple de su valor del minuto 15 al 30, sin embargo, al llegar al minuto 45 se presentó un descenso final de los valores propios.

Este comportamiento podría deberse a que el contenido de sacarosa a las temperaturas de los tratamientos pueden hidrolizarse en fructosa y glucosa, por tanto, aumenta el contenido de AR, los cuales pueden intervenir en la reacción de Maillard, mismos a los que se les ha atribuido una capacidad antioxidante importante (Babsky y col., 1986; López-Pérez y Mancilla-Margalli, 2000; Murakami y col., 2002).

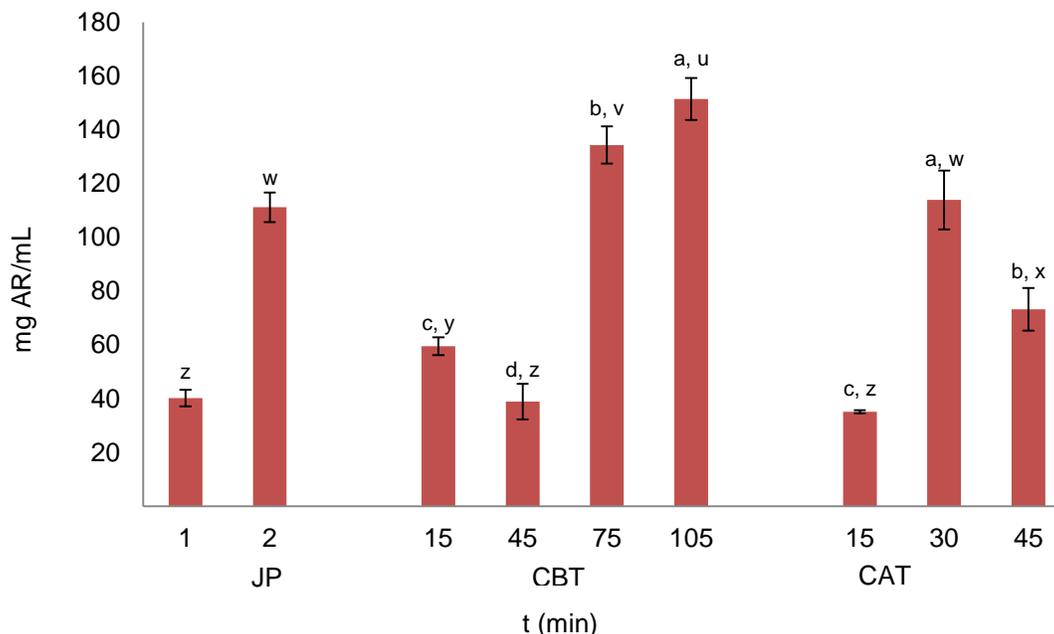


Figura 19. Contenido de azúcares reductores durante la elaboración de JP y CPM.

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tiempos del mismo tratamiento (a, b, c) y entre tiempos de diferentes tratamientos (u, v, w, x, y, z).

En la figura 20 se presentan los AR referentes a los extractos en los diferentes estadios de la penca de maguey en relación con los tratamientos térmicos y los días de almacenamiento. Estas características fueron fundamentales para que los resultados fuesen variados, o bien, las muestras expresaran comportamientos diferentes.

Los cambios que se observan y representan mayor significancia son los pertenecientes a las muestras tratadas a CBT y CAT, en las que muestran una disminución en sus valores, seguida de un incremento o viceversa dependiendo de la muestra, existieron CPM en los que sólo presentó un incremento final, como es el caso del maguey SR y RM en los que el tratamiento de CAT fue determinante. En cambio, los tres estadios del maguey en relación al tratamiento con CAT tuvieron los valores más altos al inicio, sin embargo, los mismos estadios tuvieron una caída en el valor final, siendo más significativo en la muestra del maguey SR.

Durante el almacenamiento, los diferentes comportamientos se pueden deber a la reacción de Maillard, en la que los AR junto con un compuesto aminado son utilizados para la producción de melanoidinas (Lee y Nagy, 2006). De esta forma, los tratamientos térmicos, las condiciones de almacenamiento, los estadios propios de la penca y la posible formación de compuestos pardos, pudieron influir en la cantidad de AR presentes en las muestras CPM.

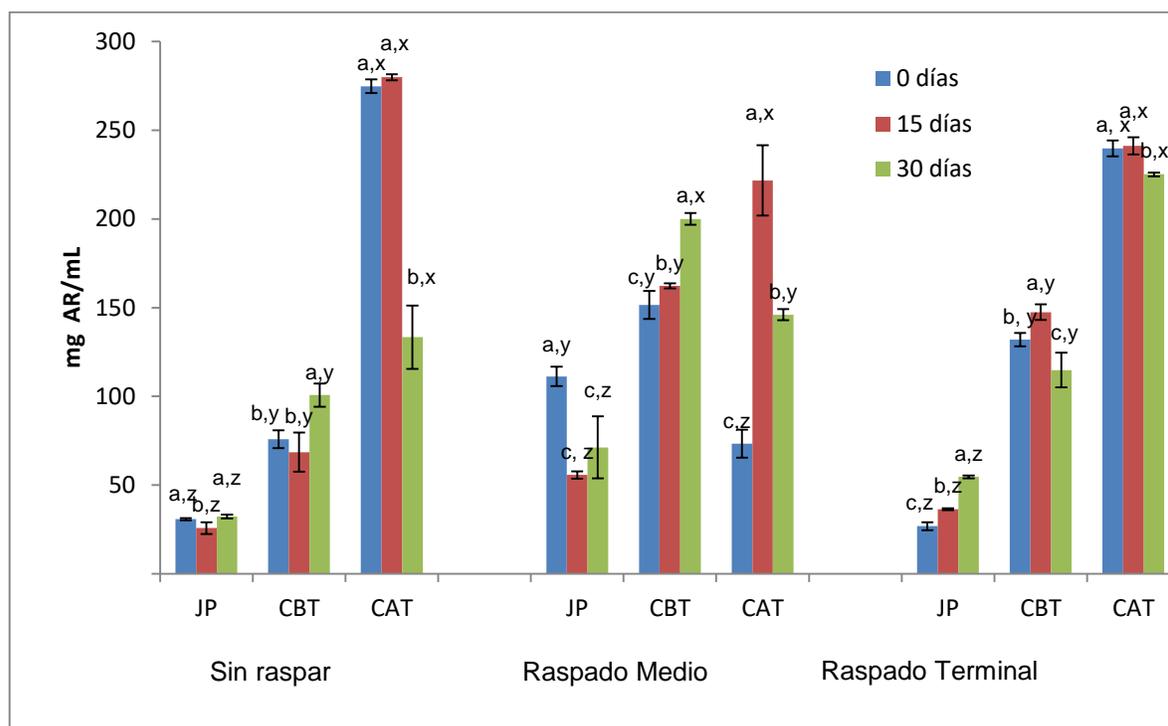


Figura 20. Azúcares reductores en CPM.

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Comparación en diferentes tiempos y tratamientos del mismo maguey (a, b, c); y entre los tiempos del mismo maguey y tratamiento (x, y, z).

7.1.3 Vida de anaquel del CPM.

7.1.3.1 pH y Acidez titulable.

En todas las muestras se reportó un pH ácido inicial ligeramente por arriba de 5 (Tabla 7), lo que permite una mejor conservación y buenas propiedades organolépticas de productos envasados (Lenomín-Fernández y col., 2007). Durante el almacenamiento, el pH disminuyó en todas las muestras hasta el día 30. El bajo pH y la naturaleza del ácido orgánico *per se* permiten el crecimiento de microorganismos tolerantes a ácido, tales como hongos y levaduras (predominantemente hongos) y bacterias lácticas (Alzamora y col., 1995).

Tabla 7. Cambios de pH durante el almacenamiento.

		Tiempo (días)			
		0	7	15	30
SR	JP	5.06±0.01 ^{z,a}	4.91±0.02 ^{z,b}	4.84±0.01 ^{y,c}	4.70±0.03 ^{y,d}
	CBT	5.09±0.01 ^{x,a}	5.06±0.03 ^{x,b}	5.01±0.03 ^{x,c}	4.80±0.02 ^{x,d}
	CAT	5.12±0.01 ^{x,a}	5.03±0.04 ^{y,b}	4.75±0.05 ^{z,c}	4.72±0.02 ^{y,d}
RM	JP	5.15±0.01 ^{y,a}	4.96±0.08 ^{z,b}	4.78±0.03 ^{z,c}	4.73±0.03 ^{z,d}
	CBT	5.21±0.01 ^{x,a}	5.05±0.03 ^{x,b}	4.97±0.04 ^{x,c}	4.96±0.08 ^{x,d}
	CAT	5.01±0.01 ^{z,a}	5.00±0.05 ^{y,b}	4.92±0.02 ^{y,c}	4.91±0.03 ^{y,c}
RT	JP	5.08±0.01 ^{x,a}	5.02±0.03 ^{x,b}	4.90±0.01 ^{x,c}	4.72±0.01 ^{z,d}
	CBT	5.02±0.01 ^{z,a}	4.90±0.08 ^{y,b}	4.83±0.03 ^{z,c}	4.82±0.03 ^{y,c}
	CAT	5.05±0.01 ^{y,a}	4.90±0.07 ^{y,b}	4.86±0.05 ^{y,c}	4.85±0.05 ^{x,d}

SR: Sin Raspar; RM: Raspado Medio; RT: Raspado Terminal.

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Comparación en mismo tiempo, magüey diferentes tratamientos (a, b, c); y entre los tiempos del mismo magüey y tratamiento (x, y).

Por otro lado, se pudo observar una acidez mayor en las muestras tratadas a mayor temperatura (Tabla 8), esto podría deberse al proceso de concentración a las que éstas se sometieron. Con el tiempo se notó un aumento progresivo en el porcentaje de acidez titulable, tal vez generado por alguna enzima resistente a la desnaturalización por calor (Schmidt-Hebbel y Pennacchiotti-Monti, 2001 b).

Al mismo tiempo, si la acidez del medio se incrementa y el pH se reduce, como se observó en todas las muestras durante el almacenamiento, los microorganismos tratan de mantener al pH interno dentro de un rango estable limitado y en un valor mayor que el del medio. La reparación de la homeostasis perturbada del pH demanda energía y la velocidad de crecimiento disminuye. A medida que el pH se va reduciendo aún más, los requerimientos energéticos aumentan y ya no queda más energía disponible para otras funciones celulares. Si la capacidad de homeostasis es superada, el pH citoplasmático disminuye y la célula muere. El pH óptimo para el crecimiento de la mayoría de las bacterias asociadas a alimentos está en el rango 6.5-7.5. Algunas bacterias patógenas pueden crecer a pH 4.2 y bacterias deteriorativas pueden multiplicarse en condiciones muy ácidas (pH = 2). Para controlar el crecimiento de todos los microorganismos por pH, el pH requerido en ausencia de otros factores de conservación sería muy bajo (< 1.8) y ello causaría el rechazo de los productos por consideraciones sensoriales (Alzamora, 2004).

Tabla 8. Cambios del % de acidez titulable durante el almacenamiento.

		Tiempo (días)			
		0	7	15	30
SR	JP	0.13±0.01 ^{c,y}	0.96±0.05 ^{c,x}	0.95±0.05 ^{c,x}	0.12±0.07 ^{c,y}
	CBT	0.27±0.01 ^{b,z}	2.51±0.03 ^{b,x}	2.38±0.04 ^{b,y}	3.78±0.03 ^{b,w}
	CAT	0.90±0.03 ^a	5.00±0.04 ^{a,y}	5.36±0.30 ^{a,x}	5.67±0.40 ^{a,w}
RM	JP	0.31±0.01 ^{c,z}	0.95±0.08 ^{c,y}	0.95±0.01 ^{c,y}	1.25±0.03 ^{c,x}
	CBT	3.15±0.02 ^{b,z}	3.55±0.07 ^{b,z}	3.45±0.05 ^{b,y}	3.55±0.01 ^{b,x}
	CAT	6.40±0.01 ^{a,w}	6.21±0.51 ^{a,x}	5.64±0.50 ^{a,z}	5.90±0.70 ^{a,y}
RT	JP	0.94±0.01 ^{c,y}	0.94±0.07 ^{c,y}	0.95±0.05 ^{c,y}	1.26±0.01 ^{c,x}
	CBT	4.11±0.02 ^{b,y}	4.40±0.03 ^{b,x}	3.78±0.04 ^{b,z}	3.79±0.03 ^{b,z}
	CAT	6.62±0.50 ^{a,y}	6.90±0.31 ^{a,x}	4.41±0.30 ^{a,z}	4.42±0.50 ^{a,z}

SR: Sin Raspar; RM: Raspado Medio; RT: Raspado Terminal.

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Comparación en mismo tiempo, magüey diferentes tratamientos (a, b, c); y entre los tiempos del mismo magüey y tratamiento (x, y).

7.1.3.2 Análisis microbiológico.

Como se observó, existió una disminución del pH y un aumento de la acidez titulable. En la figuras 21 y 22, se presenta el crecimiento de microorganismos de recuento total y esporas que las alícuotas presentaron respectivamente.

Los tratamientos térmicos son el mejor método para la eliminación de microorganismos y de las enzimas nativas que alteran los alimentos durante su almacenamiento. Sin embargo dependiendo del tipo de almacenamiento que éste tendrá se elige el tratamiento térmico a aplicar. Si el alimento permanecerá en refrigeración, como es el caso de las condición de almacenamiento del CPM y durante un tiempo corto, se somete a pasteurización, sin embargo si el objetivo es un almacenamiento a temperatura ambiente y durante meses se utilizan métodos como temperatura alta y tiempo corto, esto garantiza una mejor conservación (Gil, 2010).

La muestra JP mostró un crecimiento microbiano mayor comparado con el CAT, debido a que el tratamiento térmico al que se sometió no fue elevado como el de las demás muestras. El CPM de maguey RM obtenido a CBT mostró el mayor crecimiento microbiano de todas las muestras, tal vez debido a alguna contaminación cruzada ocurrida durante su elaboración o almacenamiento. Los CPM elaborados a CAT presentaron un crecimiento mínimo de tan sólo 2 UFC/mL en recuento total y un crecimiento nulo de esporas después de 30 días de almacenamiento. Aunque con el proceso de pasteurización pueden inhibirse o destruirse ciertos microorganismos, algunos otros pueden resistir a temperaturas elevadas, de ellos las bacterias esporulantes, hongos y levaduras (Alzamora y col., 2004).

Otra prueba microbiológica realizada al CPM fue la de enterobacterias, los resultados fueron negativos para la muestra, ya que no presentó crecimiento, lo que puede comprobar que no existió contaminación cruzada o bien, los procedimientos para la elaboración y almacenamiento del extracto fueron correctos. Al igual, se puede justificar la inexistencia de enterobacterias en el CPM ya que fueron CBT y CAT los tratamientos térmicos que no resistieron dichos microorganismos (Gil, 2010).

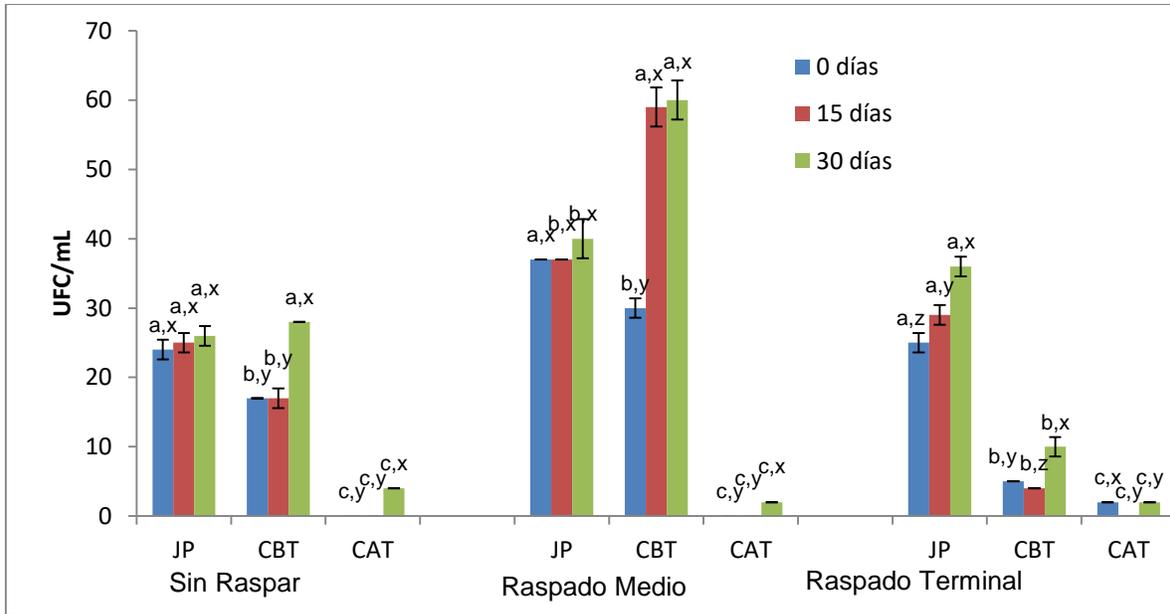


Figura 21. Recuento total en CPM en 0, 15 y 30 días.

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Comparación en diferentes tiempos y tratamientos del mismo maguey (a, b, c); y entre los tiempos del mismo maguey y tratamiento (x, y, z).

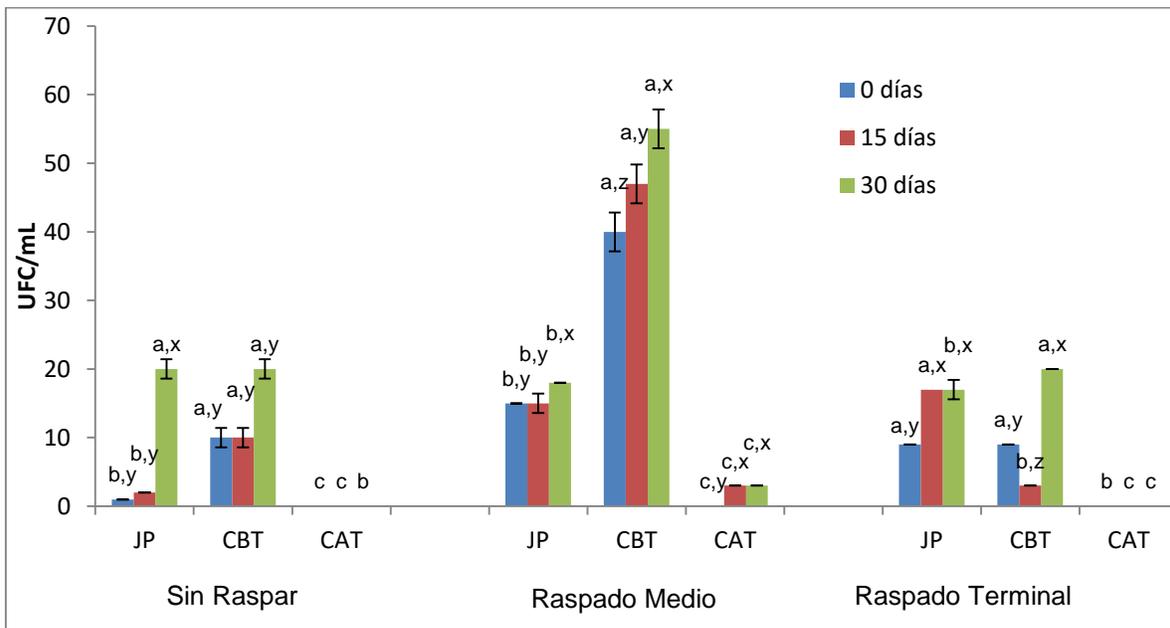


Figura 22. Esporas en CPM en 0, 15 y 30 días.

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Comparación en diferentes tiempos y tratamientos del mismo maguey (a, b, c); y entre los tiempos del mismo maguey y tratamiento (x, y, z).

7.2 Caracterización y almacenamiento de gomitas.

Para la elaboración de las gomitas se utilizó el extracto CPM obtenido a partir del maguey en proceso RT por medio de CAT, ya que esta muestra presentó mayor estabilidad y una importante actividad antioxidante, así como mayor vida de anaquel y concentración de sólidos totales (FD). El maguey, al finalizar su producción de aguamiel, por lo general es inutilizado, al utilizar este extracto se le dio un valor ecológico agregado al tomar como materia prima a las pencas.

7.2.1 Análisis químico de las gomitas.

En la tabla 9 se muestra la composición química de las gomitas adicionadas con el CPM y se analizó una gomita comercial (Gomiloca Hamburguesa de Ricolino), para establecer comparación. Se puede observar que las gomas comerciales contienen el menor porcentaje de humedad, quizá debido al tiempo de almacenamiento. Entre las gomitas con CPM, no se presentó diferencia significativa, aunque la gomita con 50% de CPM, cuenta con el mayor porcentaje de humedad.

Tabla 9. Composición química de gomitas con CPM y gomita comercial.

	25% CPM	50% CPM	75% CPM	Gomita comercial
Humedad %	51.5±0.03 ^y	53.8±0.08 ^y	51.7±0.05 ^y	10.7±0.05 ^x
Cenizas %	0.380±0.0 ^y	0.38±0.0 ^y	0.61±0.0 ^x	0.57±0.0
Proteína %	7.55±0.01 ^y	8.26±0.03 ^x	9.04±0.04 ^w	4.80±0.0 ^z
Fibra dietética %	0.60±0.04 ^y	1.21±0.03 ^x	1.82±0.02 ^w	0.20±0.0 ^z
pH	5.21±0.11	5.18±0.08	5.10±0.10	2.9±0.0

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las diferentes gomitas (w, x, y, z).

Al mismo tiempo, la goma comercial contiene un porcentaje menor de proteínas, quizá debido al uso de gelificantes orgánicos de origen vegetal combinado con grenetina, razón por la cual también muestran 0.2% de FD. Sin embargo, las gomitas elaboradas con CPM presentaron un porcentaje mayor de FD, 0.6% en gomita adicionada con 25% de CPM y hasta 1.82% en gomitas con adición del 75% de CPM.

Por otro lado, el pH disminuyó conforme aumenta la concentración del extracto, esto debido a que el mismo CPM presentó un pH menor al que poseen las gomitas, sin embargo, las gomitas comerciales presentaron un pH muy ácido (2.9), lo que podría conferirle mayor vida de anaquel ante la presencia de microorganismos.

7.2.2 Antioxidantes en gomitas.

7.2.2.1 Fenoles totales.

En la figura 23 se ilustran los fenoles totales que contienen las gomitas en sus distintas adiciones de CPM y su comportamiento desde el día 0 al día 30 de almacenamiento. Se puede observar que la actividad antioxidante permaneció estable durante los 30 días de almacenamiento, esto principalmente en las gomitas con 50 y 75% de CPM, lo que confirma que, posiblemente en este lapso de tiempo comienzan a formarse compuestos macromoleculares de color café marrón que presentan una fuerte actividad antioxidante (Nicoli y col., 1994).

La oxidación de compuestos fenólicos conduce a la formación de compuestos de color café marrón estables que presentan una fuerte actividad antioxidante, como los productos de la reacción de Maillard (Reyes-Munguía y col., 2009), lo que le confirió mayor estabilidad a las gomitas adicionadas con 50 y 75% debido al alto contenido de carbohidratos a diferencia de la gomita con 25% de CPM que presentó una disminución progresiva de sus valores iniciales hasta los 30 días de almacenamiento.

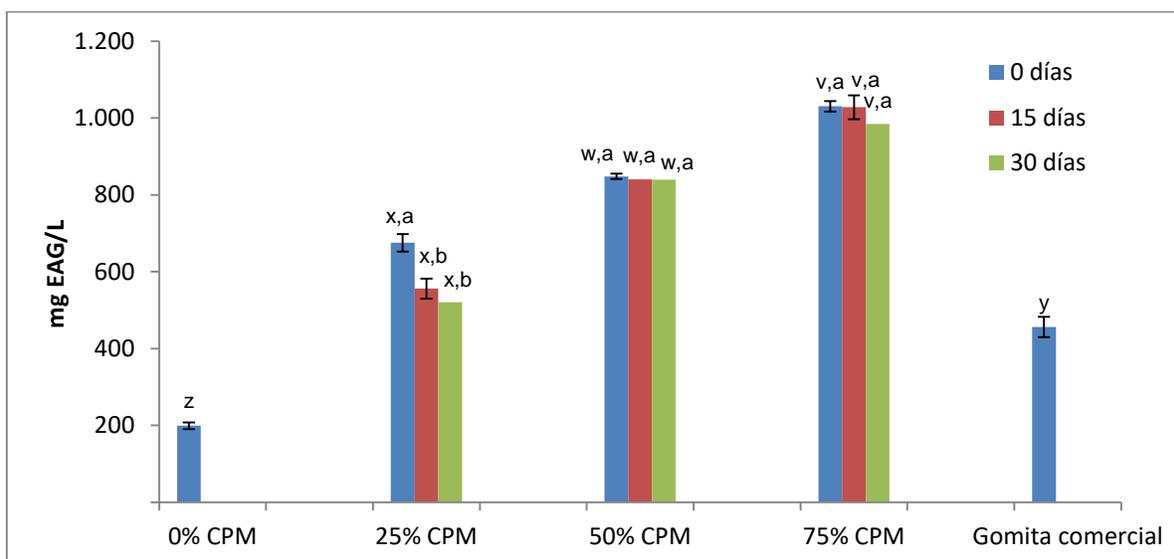


Figura 23. CFT en gomitas a los 0, 15 y 30 días.

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Comparación en mismo tiempo, diferentes concentraciones de CPM (a, b, c); y entre los tiempos de la misma gomita (v, w, x, y, z).

7.2.2.2 Ácido ascórbico.

El contenido de AA en las gomitas se ilustra en la figura 24. Se puede observar que el contenido de AA aumenta con la cantidad de CPM adicionado, por lo que la gomita con 75% de CPM tiene la mayor cantidad de AA, seguida por la gomita con 50% y por último la gomita con 25%. Se observó que la gomita comercial, contiene más AA que la gomita sin CPM, esto debido a que contiene ácido cítrico y AA como conservador y las gomitas adicionadas con CPM sólo contienen AA como conservador. Por otro lado, durante el tiempo de almacenamiento se presentó una disminución en el contenido de AA, esto pudo deberse a la degradación oxidativa propia del AA (Kasetstart, 2010). Dicha disminución fue más notable en las gomitas con 50 y 75% de CPM del día 0 al 15, estabilizándose después de este tiempo, teniendo la gomita con 25% de CPM un comportamiento distinto, viéndose mayor estabilidad en los primeros 15 días, llegando a disminuir ligeramente el contenido de AA al día 30.

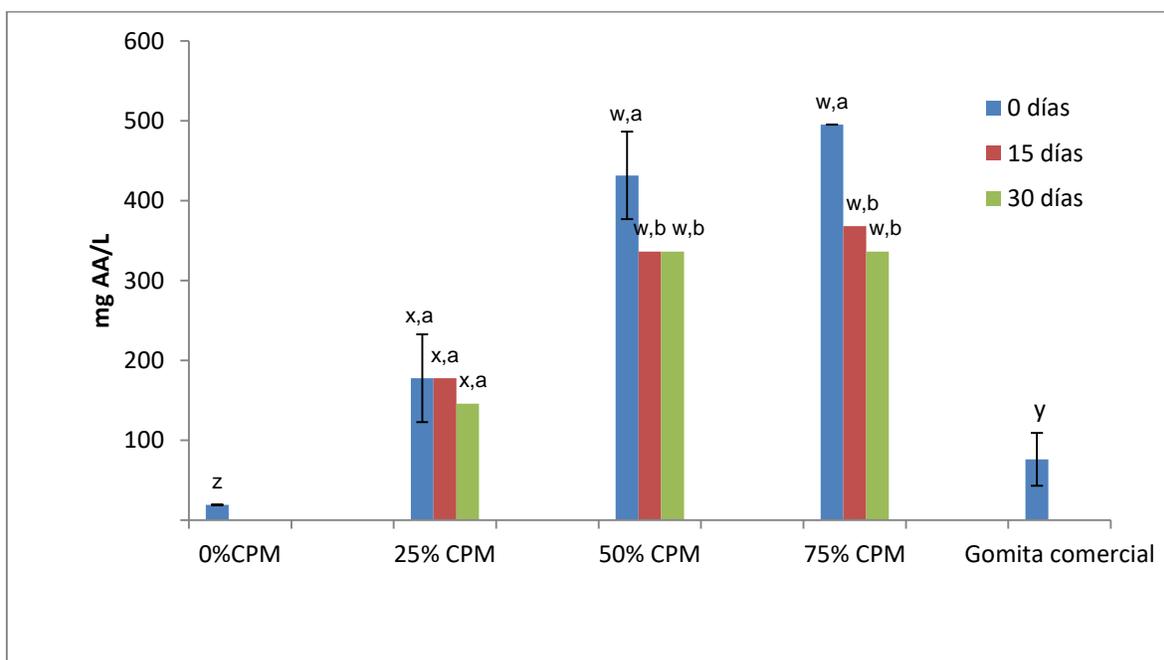


Figura 24. AA en gomitas a los 0, 15 y 30 días.

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Comparación en mismo tiempo, diferentes concentraciones de CPM (a, b, c); y entre los tiempos de la misma gomita (v, w, x, y, z).

7.2.2.3 Actividad antioxidante (DPPH).

En la figura 25 se ilustra la actividad antioxidante por DPPH. En ésta se muestra que las gomitas adicionadas con CPM poseen mayor actividad antioxidante, esto debido al alto contenido de carbohidratos y a la formación de compuestos pardos (Reyes-Munguía y col., 2009). La actividad antioxidante por DPPH disminuyó durante el almacenamiento a pesar de que las muestras permanecieron en refrigeración, dicho comportamiento pudo ser debido a la oxidación natural de los alimentos por el contacto con el medio ambiente (Carreón y col., 2004), ya que ninguna de las muestras fue sellada al vacío. Sin embargo en esta si existe una diferencia significativa entre el día 0 y el día 30, siendo menos estable la gomita con 25% de CPM. En la gomita con 75% de CPM, se puede observar un aumento en el día 30, con lo cual la actividad antioxidante queda casi igual que en el día que se elaboró. La gomita comercial y la gomita sin CPM cuentan con valores muy por debajo de los reportados por las gomitas con CPM en el día 0, sin embargo la gomita con 25% de CPM es menos estable, por lo que en los días 15 y 30 de almacenamiento, cuenta con valores muy similares a los reportados por la gomita comercial y la gomita sin CPM.

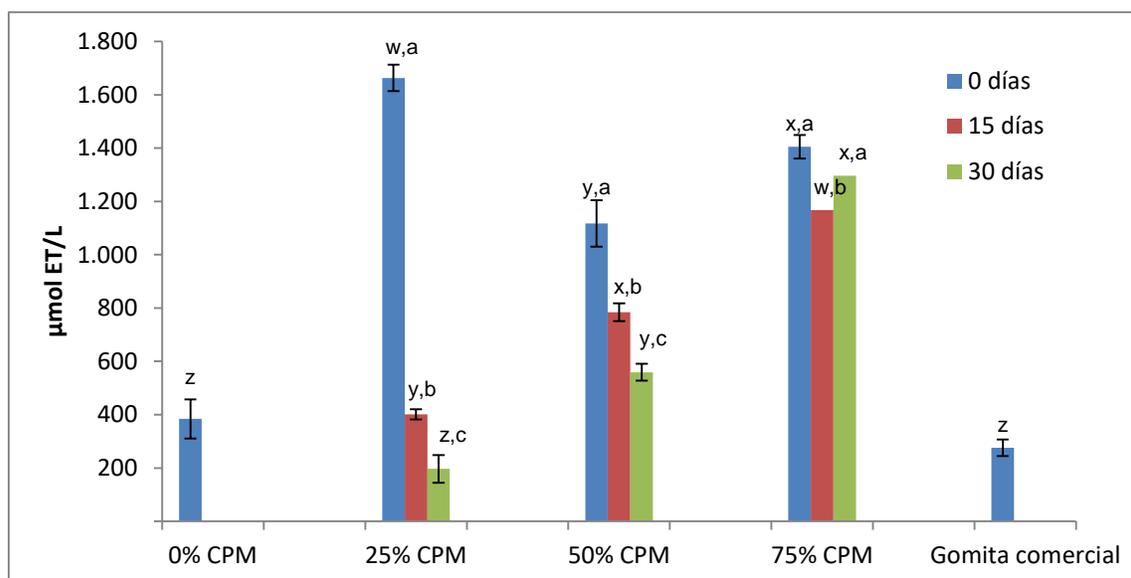


Figura 25. Actividad antioxidante por DPPH en gomitas a los 0, 15 y 30 días.

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Comparación en mismo tiempo, diferentes concentraciones de CPM (a, b, c); y entre los tiempos de la misma gomita (w, x, y, z).

7.2.2.4 Actividad quelante.

En la figura 26 se ilustra la actividad quelante que reportaron las gomitas. Se pudo observar que las gomitas ya sean con o sin CPM, cuentan con porcentajes altos de quelación, arriba del 65% y que al mismo tiempo no existe una diferencia significativa entre ellas, sin embargo la gomita comercial cuenta con solo 15% de actividad quelante siendo superada por la gomita sin CPM con 69.9% de quelación.

También se pudo observar que la actividad quelante en las gomitas con 50% y 75% de CPM aumentó durante el almacenamiento hasta el día 30 a pesar de que fueron elaboradas con diferentes adiciones de CPM, aunque, dicha actividad no se ve influenciada por los tratamientos térmicos ni por el almacenamiento, sino a los compuestos por los que está constituida (Wijewickreme y col., 1997), sin embargo en la gomita con 25% de CPM se observó que la actividad quelante disminuye progresivamente., esto pudo deberse a que los compuestos de la actividad quelante pudieron interactuar entre si y a su vez, pudieron inhibir parte de su función quelante (Miliauskas y col., 2003).

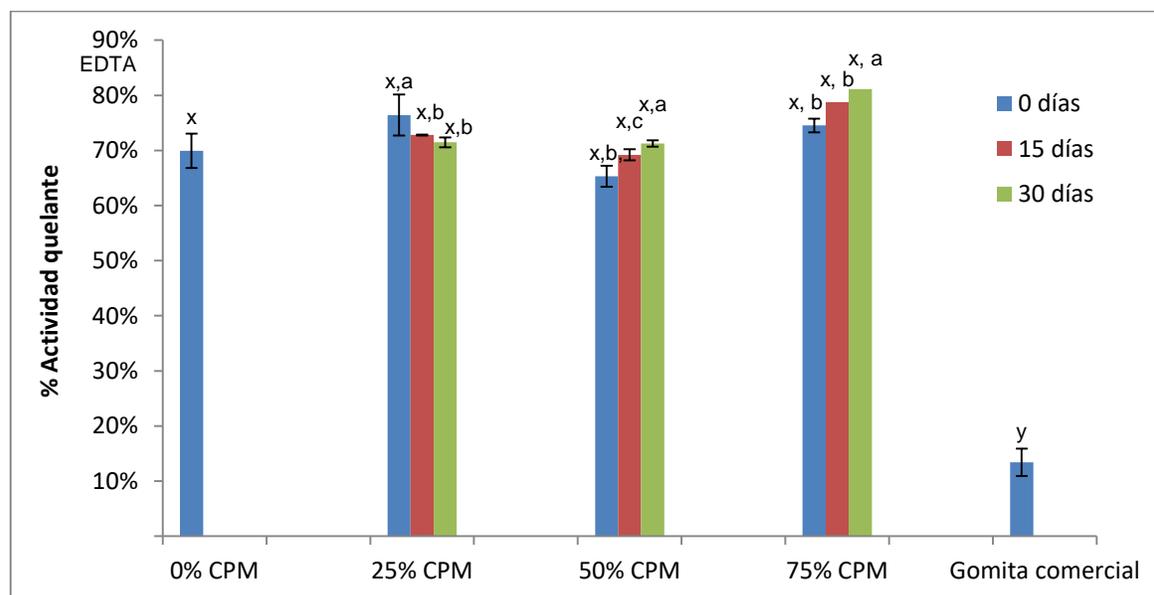


Figura 26. Actividad quelante en gomitas a los 0, 15 y 30 días.

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Comparación en mismo tiempo, diferentes concentraciones de CPM (a, b, c); y entre los tiempos de la misma gomita (x, y).

7.2.2.5 Azúcares Reductores.

En la figura 27 se muestran los valores correspondientes a los AR de las gomitas, en donde las muestras adicionadas con 25 y 50% de CPM tuvieron un comportamiento similar, es decir, existió un aumento en el transcurso del mes de almacenamiento, sin embargo, las gomitas con 25% de CPM mostraron en el día 30 un incremento del doble con relación al día 15, teniendo las demás muestras un incremento menor o menos significativo. De otra forma, las gomitas adicionadas con 75% de CPM tuvieron un descenso inicial de sus valores del día 1 al 15 y aunque existió un incremento hacia el día 30, éste no fue significativo.

La muestra que presentó menor cantidad de AR fue la gomita sin adición de CPM, no obstante, las gomitas comerciales poseen la mayor cantidad de AR en comparación con las adicionadas con CPM, de esta forma se puede justificar al hecho que la gomita comercial está elaborada a partir de glucosa y azúcar (25.8 g) como componentes principales en la bolsa de 50 g de contenido neto.

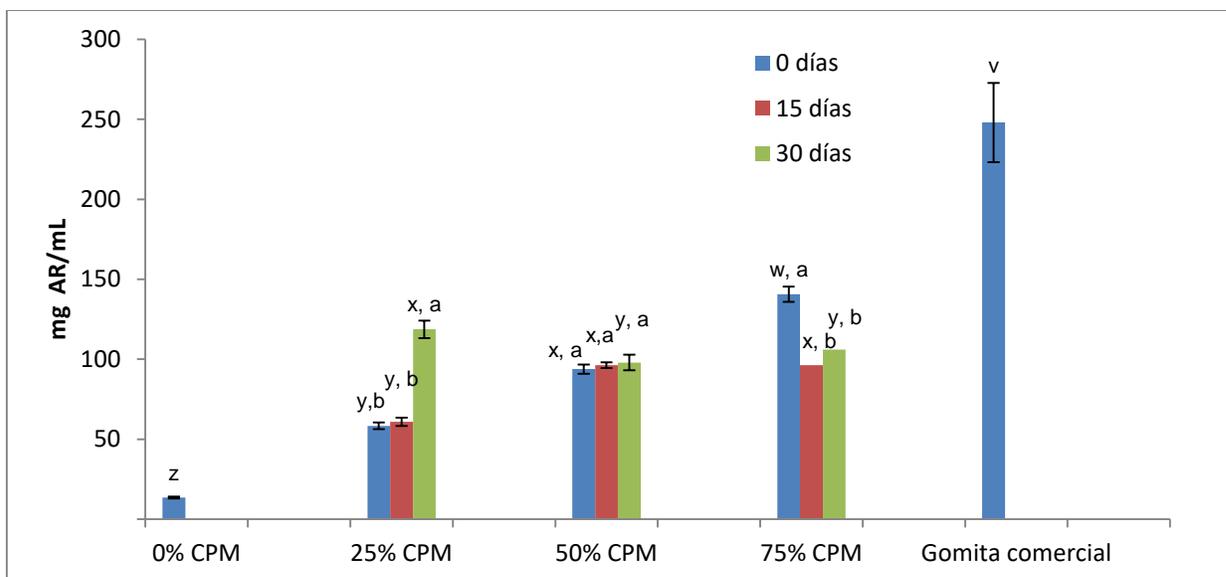


Figura 27. Azúcares reductores en gomitas a los 0, 15 y 30 días.

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Comparación en mismo tiempo, diferentes concentraciones de CPM (a, b); y entre los tiempos de la misma gomita (w, x, y, z).

7.2.3 Vida de anaquel.

7.2.3.1 Pérdida de peso durante el almacenamiento.

Las muestras fueron pesadas a distintos tiempos, en la figura 28 se observa la pérdida de peso que las gomitas registraron hasta el mes 4 de almacenamiento. Se debe tomar en cuenta que los alimentos al ser almacenados sufren evaporación superficial, lo cual puede llevar a una pérdida de hasta 0.1% del peso inicial por día durante el almacenamiento en refrigeración (Barreiro y Sandoval, 1996).

En dicha figura, se puede observar que las tres gomitas adicionadas con CPM registraron una pérdida de peso mínima ya que no existió un intercambio de gases o de aire con el exterior a pesar de no haber sido almacenadas al vacío. La pérdida fue menor en las gomitas con mayor contenido de CPM. Debemos recordar que el concentrado tiene un 3.9% de FD, misma que tiene la capacidad retener agua y preservar cierto porcentaje de humedad (Valencia y Román, 2006).

Por lo tanto, el adicionar el CPM en la gomita le permite que preservar ciertas características químicas y sensoriales a pesar del tiempo de almacenamiento.

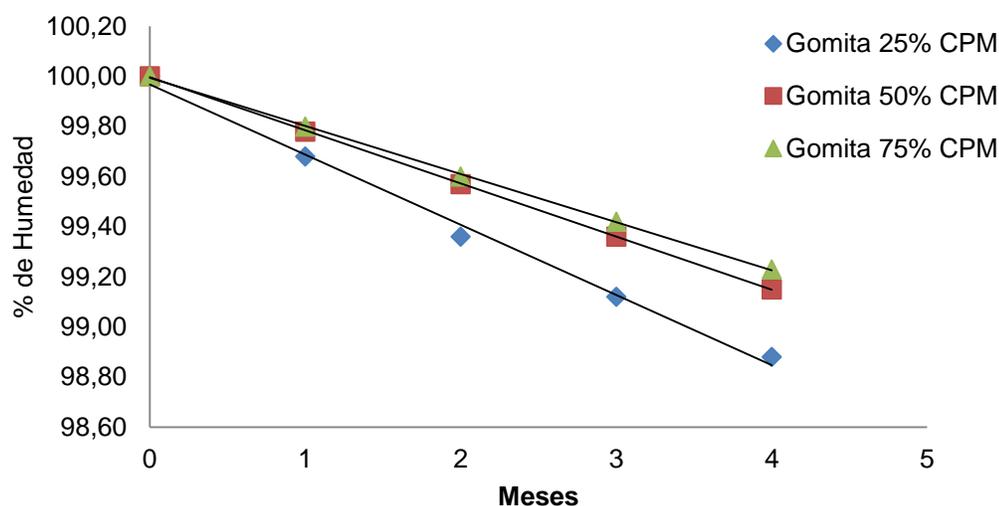


Figura 28. Porcentaje de pérdida de peso de gomitas con diferentes concentraciones de CPM.

7.2.3.2 pH y microbiológico.

En la tabla 10 se muestra el comportamiento del pH en las gomitas hasta el día 30 de almacenamiento. Se puede observar que entre mayor concentración de CPM contiene la gomita, ésta es más ácida, al mismo tiempo se puede percibir que la gomita con mayor adición de CPM tiene menos cambios de pH durante su almacenamiento. Las tres gomitas tuvieron comportamientos diferentes hasta el día 30, notándose que para la gomita con 25% de CPM disminuye en el día 0 para aumentar de nuevo en el día 30, la gomita con 50% de CPM disminuye poco a poco durante los 30 días de almacenamiento, por último la gomita con 75% de CPM aumenta en el día 15 para disminuir en el día 30.

Debemos puntualizar, que el pH de las tres gomitas es muy similar, siendo el valor más bajo el de 5.08 y el más alto 5.24, una diferencia de tan solo 0.16.

Tabla 10. Cambios de pH en gomitas a los 0, 15 y 30 días de almacenamiento

Concentración CPM (%)	Día 0	Día 15	Día 30
25	5.21±0.0 ^{b, x}	5.19±0.0 ^{c, x}	5.24±0.0 ^{a, x}
50	5.18±0.0 ^{a, y}	5.15±0.0 ^{b, y}	5.1±0.0 ^{c, y}
75	5.1±0.0 ^{b, z}	5.12±0.0 ^{a, z}	5.08±0.0 ^{c, z}

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tiempos de la misma gomita (a b, c) y entre las diferentes gomitas (x, y, z).

Durante las pruebas microbiológicas no se encontró crecimiento microbiológico alguno, esto quizá debido a que durante la elaboración de la gomita disminuye considerablemente el contenido de agua, esto por la adición de diversos solutos como son la grenetina, el edulcorante, el conservador y el mismo CPM. Dicha actividad de agua es determinante en el crecimiento microbiano en los alimentos (Acosta, 2008).

7.2.3.3 Análisis sensorial.

En la figura 29 se muestra en análisis sensorial mediante un gráfico de tipo telaraña correspondiente a las gomitas en sus distintas concentraciones, llevado a cabo en 60 niños de primaria (cuarto y quinto grado) de entre 8 y 10 años de edad, fue presentado en dos fechas (1 y 30 días).

El color fue la característica más apreciada de las gomitas ya que obtuvo mayores puntuaciones, principalmente en la concentración al 75% en el día 30 al ser calificada con una media de 6.88 (c), pudo existir una intensificación del color debido a la concentración y cantidad de CPM contenida. Así mismo, la gomita adicionada con 50% de CPM en el día 1 obtuvo mayor puntuación (b) que las demás concentraciones.

En cambio, el olor fue el menos gustado debido al olor característico a hierba perteneciente al mismo extracto obtenida de la penca de maguey ya que en la evaluación este parámetro fue el que adquirió las calificaciones más bajas, teniendo la media de 3.85 en el día 30 con concentración al 25% (e). Sin embargo, la gomita con 50% de CPM presentó mayor aceptación en ambos días de prueba (d y e), ganando así la mayor puntuación de entre las otras dos muestras presentadas (gomita 25% y gomita 75%).

Perteneciente al elemento del sabor, tuvo un incremento en las calificaciones del día 1 al 30 correspondiente a las concentraciones 25 y 50% (a y b), de esta forma se podría relacionar que el CPM jugó un papel en el aumento del gusto, mientras que a mayor concentración 75% (c) el sabor pudo haber sido modificado, aunque ésta gomita de concentración al 75% en el día 1 fue la que más gustó, en cambio en el día 30 la gomita de concentración al 50% ganó esta posición ya que obtuvo una calificación mayor que otras gomitas.

Contrario al sabor, la dulzura tuvo un descenso en los valores de las gomitas adicionadas con el 50 y 75% de CPM en el día 30 (b y c), pudo deberse a que la concentración y cantidad del extracto haya mermado al edulcorante y al mismo saborizante empleado. De otra forma, la gomita con 75% de CPM fue la más dulce

en el día 1 (a), esto posiblemente fue debido a que con el elemento del sabor tenga cierta relación, sin embargo, en el día 30 la gomita con 25% de CPM (e) fue la más apreciada obteniendo mayor valoración.

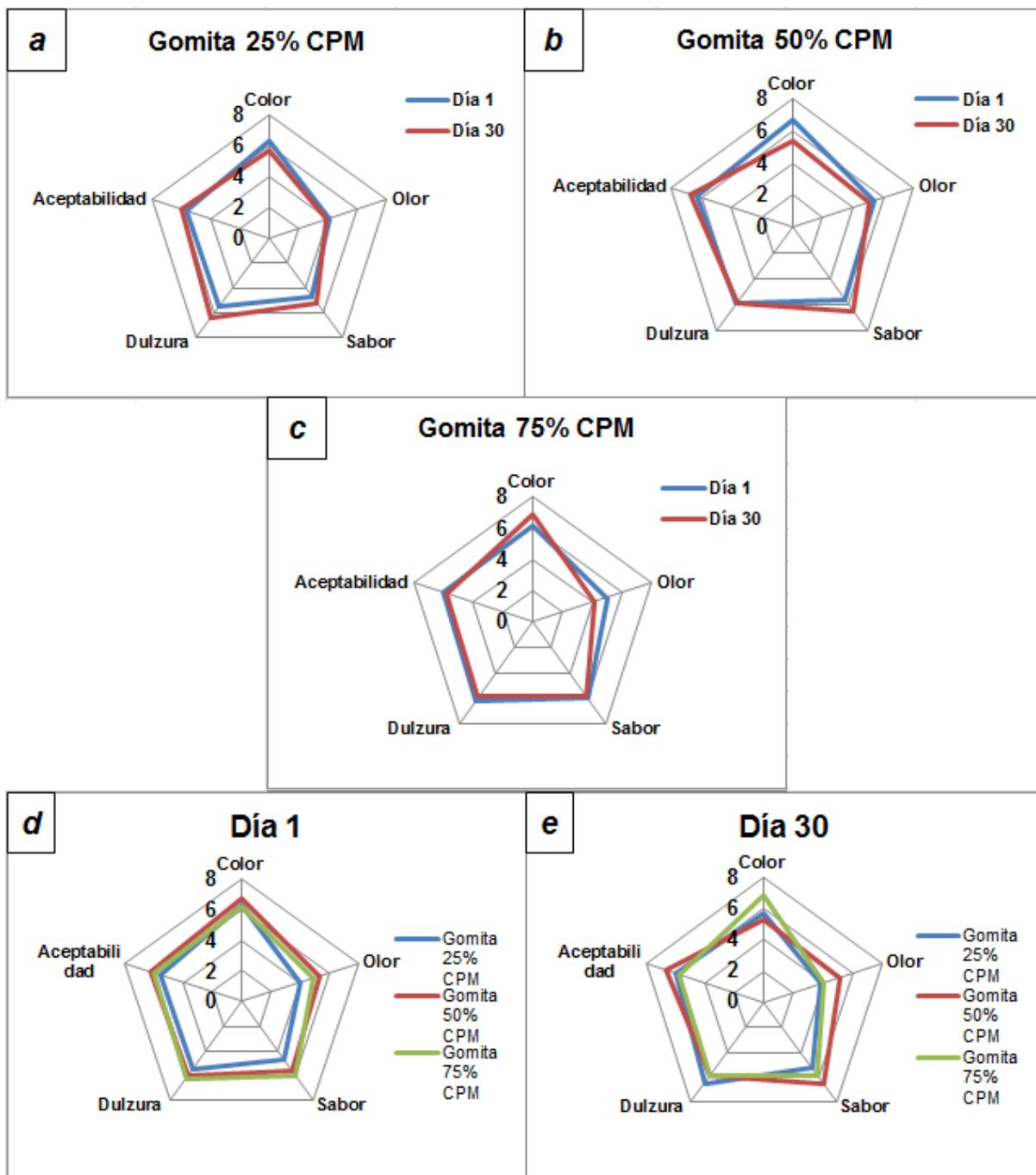


Figura 29. Análisis sensorial de gomitas adicionadas con CPM a diferentes concentraciones (a, b y c) y días (d y e).

La gomita que fue más aceptada tanto en el día 1 como en el 30 fue la adicionada con 50% de CPM (*d* y *e*), en este sentido fue la que más parámetros ganados obtuvo (3 de 5), al igual, se demostró que las gomitas con 25 y 50% de CPM consiguieron un aumento en la evaluación al día 30 (*a* y *b*) ya que fueron las más aceptadas por los niños. Junto con el sabor, fueron las dos características más valoradas ya que ambos parámetros tuvieron un realce en las calificaciones.

Así mismo, no se encontraron diferencias significativas entre los valores obtenidos, las medias de las calificaciones que se mostraron oscilaron entre 3.8 y 6.8, teniendo al parámetro de olor con las calificaciones más bajas, mientras que el color fue la característica más gustada o bien, con mayor puntuación calificada.

7.2.3.4 Análisis reológico.

En la tabla 11 se resumen las características reológicas de la gomita con distintas concentraciones de CPM y con distintos tiempos de almacenamiento, también se compara con una gomita comercial.

La primera característica evaluada es la dureza, la cual va aumentando con el paso del tiempo debido a la pérdida de humedad, esta pérdida de agua permite que las estructuras de proteína se encuentren más cercanas entre sí, endureciendo la gomita (Zúñiga-Hernández y col., 2007). También se aprecia que la gomita más dura es aquella con 25% de CPM con 180 días de almacenamiento, seguidas por las gomitas con 50% de CPM con 180 días de almacenamiento y la gomita comercial. En las gomitas con 25 y 50% de CPM, el parámetro de dureza aumentó significativamente después de los 60 días de almacenamiento, sin embargo la propia con 75% de CPM, la dureza no cambio significativamente, esto quizá debido al porcentaje de FD que contiene la cual no permitió una pérdida significativa de agua.

Otra característica evaluada fue la cohesividad, en la cual no se observa diferencias significativas entre los distintos tiempos de almacenamiento, notándose que la gomita con 75% de CPM tiene una cohesividad similar a la gomita comercial.

Por otro lado, la gomosidad, que es la energía utilizada para poder romper o desintegrar un alimento semisólido para ser deglutido, y la masticabilidad, que es la energía para poder masticar un alimento hasta que éste pueda ser deglutido, presentaron comportamientos similares al reportado por la característica de la dureza, donde la gomita con mayor valor es la gomita con 180 días de almacenamiento y 25% de CPM, seguidas por la gomita comercial y las que contienen 50% de CPM, donde al mismo tiempo el porcentaje de FD en las gomitas con 75% de CPM, mantuvo las características reológicas de inicio.

Por último, el parámetro de adhesividad no fue incluido debido a la naturaleza del producto.

Tabla 11. Análisis reológico de las gomitas con distintas concentraciones de CPM y a los 0, 60 y 180 días de almacenamiento.

Día	Dureza (g)	Cohesividad (adimensional)	Gomosidad (g)	Masticabilidad (g)	Adhesividad (g)
0	49.37±3.7 ^{c,z}	0.71±0.01 ^{b,y}	35.26±2.1 ^{b,y}	24.11±4 ^{b,y}	-0.32±0.5 ^{a,x}
25%					
60	69.03±38.4 ^{b,y}	0.80±0.02 ^{a,x}	55.24±30.4 ^{b,z}	10.25±7.6 ^{b,z}	-1.52±1.8 ^{a,xy}
180	342±16 ^{a,z}	0.73±0.02 ^{ab,xy}	252.70±6.3 ^{a,x}	190.78±7.1 ^{a,x}	-1.01±0.4 ^{a,x}
0	83.89±13.7 ^{c,y}	0.70±0.0 ^{a,y}	58.91±9.9 ^{c,y}	46.83±11 ^{b,y}	-0.53±0.6 ^{a,x}
50%					
60	171.3±7.8 ^{b,x}	0.71±0.01 ^{a,z}	122.49±6.4 ^{b,y}	75.98±0.9 ^{b,y}	-2.16±1.3 ^{a,xy}
180	246.72±12.8 ^{a,x}	0.70±0.0 ^{a,z}	174.11±10.3 ^{a,y}	130.88±18.9 ^{a,y}	-1.38±0.9 ^{a,xy}
0	70.19±20.4 ^{a,xy}	0.72±0.01 ^{a,y}	50.83±14.1 ^{a,y}	35.01±13.1 ^{a,y}	-0.88±0.5 ^{a,x}
75%					
60	71.96±26.8 ^{a,y}	0.74±0.0 ^{a,yz}	53.45±20 ^{a,z}	17.27±11.7 ^{a,z}	-0.09±0.1 ^{a,x}
180	108.50±6.7 ^{a,y}	0.74±0.0 ^{a,xy}	80.34±5.5 ^{a,z}	32.84±7.7 ^{a,z}	-0.78±0.5 ^{a,x}
Gomita comercial	228.9±16.3 ^x	0.75±0.0 ^x	173.76±5.1 ^x	129.54±5.8 ^x	-9.393±6 ^y

Diferentes letras indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tiempos de la misma gomita (a b, c) y entre las diferentes gomitas (x, y, z).

8 CONCLUSIONES.

La penca de maguey permitió la obtención de extractos en los que el tratamiento térmico provocó el aumento de sólidos totales en los CPM. Los JP presentaron entre 0.11% y 0.79% de FD, aumentando más del doble en el tratamiento CBT, entre 0.99% y 1.85% y por último, la cantidad de FD volvió a duplicarse en CAT donde el valor mínimo fue de 3% y el máximo de 3.9%. Este comportamiento fue debido a la concentración al que fue sometido el extracto y al metabolismo propio de la planta.

Durante la elaboración de los CPM, existió un aumento progresivo de fenoles totales. El CBT presentó un aumento de casi 4 veces iniciando el proceso con una cantidad de 480 mg EAG/L y finalizando en 1600 mg EAG/L. Sin embargo, el CAT aumentó de 480 mg EAG/L a 3200 mg EAG/L. El AA presentó cambios durante la concentración, el CBT aumentó de 420 mg AA/L a 620 mg AA/L y el CAT exhibió una disminución seguida por un aumento con la que alcanzó valores similares a los del inicio. Estos cambios, se reflejaron en la actividad antioxidante por DPPH del CPM, en donde el CBT aumentó de 400 a 800 $\mu\text{mol ET/L}$ y CAT de 200 a 1200 $\mu\text{mol ET/L}$, estos cambios se debieron al proceso de concentración y a la posible formación de compuestos con capacidad antioxidante resultado de la reacción de Maillard.

Durante el almacenamiento, los CAT presentaron mayor CFT, siendo el maguey SR el que presentó mayor cantidad sin cambio significativamente estadístico (4000 mg EAG/L). Sin embargo, el CAT de maguey RT presentó una cantidad muy similar al CAT de maguey SR al finalizar los 30 días de almacenamiento, iniciando con 3000 mg EAG/L y finalizando con 4080 mg EAG/L. Por otro lado el AA tuvo diferentes comportamientos, siendo más estable en el CAT de maguey RT, comenzando 600 mg AA/L y disminuyendo a 580 mg AA/L. A pesar de estos resultados el CAT de maguey RM fue el que presentó mayores resultados de actividad antioxidante por DPPH (1200 $\mu\text{mol ET/L}$ de inicio y 1000 $\mu\text{mol ET/L}$ al final).

Los CPM a CAT presentaron una mejor conservación ya que se observó un crecimiento mínimo de microorganismos, con tan sólo 2 UFC/mL en recuento total y

0 esporas y enterobacterias, en un tiempo de 30 días de almacenamiento a 4 °C.

Se puede concluir que el CPM con mejores características fue el CAT de maguey RT (mayor cantidad de FD, mayor estabilidad de compuestos antioxidantes y menor crecimiento microbiano), al mismo tiempo se le dio un valor agregado al utilizar esta materia prima, ya que el objetivo principal de esta planta es para la obtención de aguamiel y extracción del mixiote, siendo las pencas materia de desecho y de esta forma no se interrumpe el desarrollo de dicha planta.

Las gomitas adicionadas con CPM al 75% contienen 9 veces más FD y el doble de proteína que las gomitas comerciales, 1.82 y 0.2 % de FD y 4.8 y 9.04% de proteína, respectivamente.

Las gomitas con 75% de CPM, presentaron mayor contenido CFT (1000 mg EAG/L) y AA (de 500 mg AA/L al inicio a 350 mg AA/L al final), así como mayor actividad antioxidantes por DPPH (de 1400 μ mol ET/L a 1300 μ mol ET/L) y actividad quelante que las demás gomitas incluyendo a la gomita comercial. También contuvo mayor cantidad de AR, sin embargo, esta cantidad disminuyó en el tiempo de almacenamiento (de 150 a 100 mg de AR/L), lo que representó la mitad de los AR contenidos en una gomita comercial (270 mg de AR/L).

En vida de anaquel, se pudo observar una mínima pérdida en el peso de la gomita adicionada con 75% de CPM, esto debido a su capacidad de absorción de líquidos. Propiedades como dureza y masticabilidad aumentaron en menor grado que en las demás gomitas (de 70 a 108 g en dureza y de 35 a 32 g en masticabilidad).

En las pruebas sensoriales no existieron cambios significativos, por lo que el CPM no confiere cambios significativos en sabor, olor, color y dulzura.

Con las características antes descritas, se puede concluir que el CPM contiene mayor cantidad de antioxidantes y FD que el JP, lo que le confiere como buen candidato para su adición en gomitas como alimento con propiedades funcionales.

9 RECOMENDACIONES

- Realizar la prueba de antioxidantes por ABTS (ácido 2,2' Azinobis-3-etil-benzotiazolin-6-sulfónico) en el CPM y en las gomitas para complementar las determinaciones de antioxidantes totales.
- Determinar el porcentaje de fibra soluble e insoluble en el CPM, para poder cuantificar y evaluar ambas porciones y dar una recomendación de consumo más precisa.
- Determinar la composición de FOS, carbohidratos complejos pertenecientes al CPM y cuantificar dichos carbohidratos complejos (por ejemplo: fructanos, inulina), para conocer e individualizar los compuestos del CPM.
- Caracterizar y cuantificar la composición de elementos pardos en los extractos CBT y CAT, para conocer los compuestos resultantes de la reacción de Maillard durante la elaboración de CPM.
- Conocer los efectos fisiológicos resultantes de la ingesta de gomitas adicionadas con CPM.

10 BIBLIOGRAFÍA.

- Acosta, R. S. 2008. Condiciones relacionadas con las características de los alimentos. En: Saneamiento Ambiental e Higiene de Alimentos. Editorial Brujas. Argentina. pp: 102.
- Alzamora, S. M., Cerrutti, P., Guerrero, S. y López-Malo, A. 1995. Minimally processed fruits by combined methods. In *Food preservation by moisture control-fundamentals and applications*. Lancaster, USA. Eds. Welti-Chanes, J. & Barbosa-Cánovas, G., Technomic Pub. Co. pp: 463-492.
- Alzamora, S. M., Guerrero, S. N., Nieto, A. B. y Vidales, S. L. 2004. Technologies Combinées de conservations de des fruits et de Légumes. Depósito de documentos de la FAO. Francia. En línea: <http://www.fao.org/docrep/008/y5771s/y5771s02.htm>. Fecha de acceso: agosto 2012.
- AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International; 920.151 (Solids (Total) in fruits and fruits products); 920.152 (Protein in fruit products Kjeldahl method); 940.26 (Ash of fruits and fruit products); 942.15 (Acidity (Titratable) of fruit products).16 ed. 1999.
- Arts, M. J., Haenen, G. R., Wilms, L. C., Beetstra, S. A., Hejinen, C. G., Voss, H. P. y Bast, A. 2002. Interactions between flavonoids and proteins: effect on the total antioxidant capacity. *J Agric Food Chem.* 50(5): 1184-1187.
- Ashton, T., Young, I. S. y Peters, J. R. 1999. Electron spin resonance spectroscopy, exercise, and oxidative stress: an ascorbic acid intervention study. *J Appl Physiol.* 87(6): 2032-2036.
- Ávila-Fernández, A., Galicia-Lagunas, N., Rodríguez-Alegría, M. E., Olvera, C. y López-Munguía, A. 2011. Production of functional oligosaccharides through limited acid hydrolysis of agave fructans. *Food Chem.* 129(2): 380-386.
- Ayala-Garza, P. 2004. Fibra dietética: conceptos actuales y aplicaciones terapéuticas. *Avances.* 2: 12-14.
- Babsky, N. E., Toribio, J. L. y Lozano, J. E. 1986. Influence of storage on composition of clarified Apple juice concentrate. *J Food Sci.* 51: 564-567.

- Barrreiro, J. M. y Sandoval, A. B. 1996. Transpiración, pérdida de peso y requerimientos de empaque. En: Operaciones de almacenamiento de alimentos por bajas temperaturas. Editorial Equinoccio. Caracas, Veneuela. pp: 15-16.
- Bigard, A. X. 2001 Lésions musculaires induites par l'exercice et surentraînement. *Sci Sports*. 16(4): 204-215.
- Bourges, H., Casanueva, E. y Rosado, J. L. 2009. Recomendaciones de ingestión de nutrimentos para la población mexicana. En: Bases fisiológicas. Tomo 2. Editorial Médica Panamericana, México D.F. pp: 36.
- CANABIO. 2005. Mapa mezcales y diversidad. © *Canabio*. México.
- Carreón, D., Verdalet, M. D., 2004. Envases, empaques y embalajes alimentarios. *Universidad Veracruzana*. 2: 17-22.
- Cheeseman, K. H. y Slater, T. F. 1993. An introduction to free radical biochemistry. *Br Med Bull*. 49(3): 481-493.
- Cieslik, E., Greda, A. y Adamus, W. 2006. Contents of polyphenols in fruits and vegetables. *Food Chem*. 94: 135-142.
- Cahapaza-Condprí, C. Y. y Matos-Chamorro, R. A. 2011. Estudio de aguaymanto (*Physalis peruviana*) como fuente de vitamina C. CONACIN.
- Cortés, L. y Basurto, P. 2007. Jardín Botánico de Biología. Universidad Autónoma de México. GELA Grupo Etnobotánico Latinoamericano. En línea: <http://www.ibiologia.unam.mx/gela/pp1html>. Fecha de consulta: septiembre 2011.
- Cortés, R., Chiralt, B. y Puente, D. 2005. Alimentos Funcionales: Una historia con mucho presente y futuro. *Redalyc*. 5-14.
- Cotelle, N. 2001. Role of flavonoids in oxidative stress. *Curr Top Med Chem*. 1(6): 569-590.
- Depeint, F., Gee, J. M., Williamson, G. y Johnson, I. T. 2002. Evidence for consistent patterns between flavonoids structures and cellular activities. *Proc Nutr Soc*. 61(1): 97-103.
- Domínguez-Ortiz, M. 2003. Elucidación y Actividad Antimicrobiana de los Metabolitos Presentes en Maguey morado (*Roheo discolor* L. *Hér Hance*). Tesis Doctoral, Universidad de Colima. Tecomán México.
- Dürüst, N., Dogan, S. y Dürüst, Y. 1997. Ascorbic acid and element contents of food

- of Trabzon (Turkey). *J Agric Food Chem.* 45(6): 2085-2087.
- EROSKI consumer. 2010. La seguridad en la elaboración de golosinas. En Línea: www.consumer.es/?clasificacion_de_golosinas/. Fecha de consulta: octubre 2012.
- Escudero-Álvarez, E. y González-Sánchez, P. 2006. La fibra dietética. *Nutr Hosp.* 21(Supl. 2): 61-72.
- Euromonitor International. 2009. Tendencias del mercado latinoamericano en golosinas. Énfasis alimentación Latinoamérica. 18 de septiembre 2009. En línea: <http://www.alimentacion.enfasis.com/notas/14358-tendencias-del-mercado-latinoamericano-golosinas->. Fecha de acceso: marzo 2012.
- Evans, W. J. 2000. Vitamin E, vitamin C, and exercise. *Am J Clin Nutr.* 72(S): 647-652.
- FAO/OMS. 1999. Análisis de la fibra dietética y almidón resistente. Los Carbohidratos en la nutrición humana; Estudios FAO alimentación y nutrición. pp: 80-84.
- García, G. V. 2008. Evolución de compuestos funcionales durante la maduración de frutos de *Opuntia stricta*. Tesis de licenciatura. Universidad Politécnica de Cartagena. pp: 125-136.
- García-Aguirre, M., Saenz-Alvaro, V. A., Rodríguez-Soto, M. A., Vicente-Migueyal, F. J., Botello-Álvarez, E., Jiménez-Islas, H., Cárdenas-Manríquez, M., Rico-Martínez, R. y Navarrete-Bolaños, J. L. 2009. Strategy for biotechnological process design applied to the enzymatic hydrolysis of Agave fructo-oligosaccharides to obtain fructose-rich syrups. *J Agric Food Chem.* 57(21): 10205-10210.
- García-Mendoza, A. 1992. Con sabor a maguey: guía de Colección Nacional de Agaváceas y Nolináceas del jardín botánico del Instituto de Biología-UNAM. IB-UNAM, México. pp: 114.
- García-Perís, P. 2001. Nutrición en atención primaria. Nutrición y función intestinal: Fibra dietética. Ed. Lab Novartis. Madrid, España. pp: 213-220.
- García-Perís, P., Bretón-Lesmes, I., de la Cuerda-Compes, C. y Cambolor-Álvarez, M. 2002. Metabolismo colónico de la fibra. *Nutr Hosp.* 17(Sup. 2): S11-S16.
- Gentry, H. S. 1982. Agaves of continental North America. The University of Arizona

- press. Tucson, Arizona. pp: 670.
- Georgé, S., Brat, P., Alter, P. y Amiot, M. J. 2005. Rapid determinations of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *J Agric Food Chem.* 53(5): 1370-1373.
- Gil, A. 2010. Tratamientos Térmicos. Tratado de Nutrición. Composición de Calidad Nutritiva de los Alimentos. Editorial Médica Panamericana. España. pp: 535.
- González-Ávila, M., Arriaga-Alba, M., de la Garza, M., del Carmen-Hernández-Pretelín, M., Domínguez-Ortiz, M. A., Fattel-Fazenda, S. S. y Villa-Treviño, S. 2003. Antigenotoxic, antimutagenic and ROS scavenging activities of a *Rhoeo discolor* ethanolic crude extract. *Toxicol in Vitro.* 17(1): 77-83.
- González-Cruz, L., Jaramillo-Flores, M. E., Bernardino-Niconor, A. y Mora-Escobedo, R. 2011. Influence of plantage on fructan content and fructosyltransferase activity in *Agave atrovirens* Karw leaves. *AJB.* 10(71): 15911-15920.
- Govindarajan, R., Vijayakumar, M. y Pushpangadan, P. 2005. Antioxidant approach to disease management and the role of 'Rasayana' herbs of Ayurveda. *J Ethnopharmacol.* 99(2): 165-178.
- Griffin, I. J., Dávila, P. M. y Abrams, S. A. 2002. Non-digestible oligosaccharides and calcium absorption in girls with adequate calcium intakes. *Br J Nutr.* 87(Supl. 2): 187-191.
- Gulcin, I., Buyukokuroglu, M. D. y Tapsell, L. C. 2003. Food synergy: an operational concept for understanding nutrition. *Am J Clin Nutr.* 89(5): 1543S-1548S.
- Halliwell, B., Gutteridge, J. M. y Cross, C. E. 1992. Free radicals, antioxidants, and human disease: where are we now? *J Lab Clin Med.* 119(6): 598-620.
- Hid-Cadena, R., Baurista-Ortín, A. B., Ortega, A. E., Welti-Chanes, J. D., Lozada-Ramírez, D. J. y Anaya de Parrodi, C. 2010. Cambios en contenido de compuestos fenólicos y de color de extractos de Jamaica (*Hibiscussabdariffa*) sometidos a calentamientos con energía de microondas. IX Congreso Nacional del Color, Alicante.
- IFIC: International Food Information Council. 2008. Fiber Fact Sheet. En línea: <http://www.foodinsight.org/Content/6/FINAL%20IFICFndtnFiberFactSheet%2012%2021%2008.pdf>. Fecha de acceso: junio 2012.

- Jackman, R. L. y Smith, J. L. 1996. Anthocyanins and betalains. En: *Natural food colorants*. G. A. F. Hendry y J. D. Houghton. London: Blackie Academic and Professional. pp: 244-309.
- Janicki-Deverts, D., Cohen, S., Matthews, K. A., Gross, M. D. y Jacobs, D. R. Jr. 2009. Socioeconomic status, antioxidant micronutrients, and correlates of oxidative damage: the Coronary Artery Risk Development in Young Adults (CARDIA) study. *Psychosom Med.* 71(5): 541-548.
- Jenkins, R. R. 1988. Free radical chemistry: relationship to exercise. *Sports Med.* 5(3): 156-170.
- Kametani, S., Kojima-Yuasa, A., Kikuzaki, H., Kennedy, D. O., Honzawa, M. y Matsui-Yuasa, I. 2007. Chemical constituents of cape Aloe and their synergistic growth-inhibiting effect on Ehrlich ascites tumor cells. *Biosci Biotechnol Biochem.* 71(5): 1220-1229.
- Kasetstart, J. 2010. Changes in ascorbic acid total polyphenol phenolic acid and antioxidant activity in juice extracted from coated kiew wan tangerine during storage at 4, 12 and 20 °C. *Nat Sci.* 44(1): 280-289.
- Lampe, J. W. 1999. Health effects of vegetables and fruit: assessing mechanisms of action in human experimental studies. *Am J Clin Nutr.* 70(3): 475S-490S.
- Lee, H. S. y Nagy, S. 2006. Quality changes and nonenzymic browning intermediates in grapefruit juice during storage. *J Food Sci.* 53: 168-172.
- Lengomín-Fernández, M. E., Caballero-Torres, A., Cobas-Selva, M. y Rodríguez, F. S. 1998. Cómo educar en higiene de los alimentos. *Rev Cubana Alimen Nutr.* 12(1): 51-54.
- Lerici, C. R., Manzocco, L., Anese, M. y Nicoli, M. C. 1997. Cambiamenti del potereantiossidante in alimentisottoposti a processi di trasformazione e conservazione. *Industrie Alimentari.* 36: 977-982.
- López-Pérez, M. G. y Mancilla-Margalli, N. 2000. Maillard compounds from the thermal processing of *Agave tequilana* Weber var. azul. En: *Frontiers of flavor science*; Schieberle, P., Engel, K. H., Eds.; Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie: Alemania. pp: 523-526.
- López-Pérez, M. G., Mancilla-Margalli, N. y Mendoza-Díaz, G. 2003. Molecular

- structures of fructans from *Agave tequilana* Weber var. azul. *J Agric Food Chem.* 51(27): 7835-7840.
- Lü, J. M., Lin, P. H., Yao, Q. y Chen, C. 2010. Chemical and molecular mechanisms of antioxidants: experimental approaches and model systems. *J Cell Mol Med.* 14(4): 840-860.
- Ma, Y. S., Stone, W. L. y Leclair, I. O. 1994. The effects of vitamin C and urate on the oxidation kinetics of human low-density lipoprotein. *Proc Soc Exp Biol Med.* 206(1): 53-59.
- Maldonado, M. 2012. Aumentó el consumo de bebidas y golosinas pese al alza de precios. *Diario el Milenio.* 25 de enero 2012.
- Manzocco, L., Anese, M. y Nicoli, M. C. 1998. Antioxidant properties of tea extracts as affected by processing. *Lebensm. Wiss. Technol.* 3(7): 694-698.
- Martínez-Flórez, S., González-Gallego, J., Culebras, J. M. y Tuñón, M. J. 2002. Flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutr Hosp.* 17(6): 271-278.
- Mazza, G. 2000. Alimentos funcionales: aspectos bioquímicos y de procesado. Zaragoza. Editorial Acribia S. A. España. pp: 97.
- Mesa, M. B., Silván, J. M., Olza, J., Gil, A. y del Castillo, M. D. 2008. Antioxidant properties of soy protein-fructooligosaccharide glycation systems and its hydrolyzates. *Food Res Int.* 41(6): 606-615.
- Miliauskas, G., P. R. Venskutonis, P. R. y Van-Beeck, T. A. 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chem.* 85(2): 231-237.
- Miller, N. J. y Rice-Evans, C. A. 1997. The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidant activity of orange and apple fruit juices and blackcurrant drink. *Food Chem.* 60(3): 331-337.
- Montañez-Soto, J., Venegas-González, J., Vivar-Vera, M. y Ramos-Ramírez, E. 2011. Extracción, caracterización y cuantificación de fructanos contenidos en la cabeza y en las hojas del *Agave tequilana* Weber Azul. *Bioagro.* 23(3):199-206.
- Morales, F. y Jiménez-Pérez, S. 2001. Radical scavenging capacity of Maillard reaction products as related color and fluorescence. *J Agric Food Chem.* 72(1):119-125.

- Morand, C., Crespy, V. y Manach, C. 1998. Plasma metabolites of quercetin and their antioxidant properties. *Am J Physiol.* 275(44): R212-R219.
- Moreno, R., Morales, J. A. y Mora, R. 2004. Cambios fisiológicos, químicos y sensoriales durante el almacenamiento de una bebida funcional con base en aguamiel. Departamento de Graduados en Alimentos. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. IPN. Revista de la Facultad de Salud Pública y Nutrición.
- Murakami, M., Shigeeda, A., Danio, K., Yamaguchi, T., Takamura, H. y Matoba, T. 2002. Radical-scavenging activity, and brightly colored pigments in the early stages of the Maillard reaction. *J Food Sci.* 67(1): 93-96.
- Nerváez-Zapata, J. A. y Sánchez-Teyer, F. 2009. Agave as a raw material recent technologies and applications. *Recent Pat Biotechnol.* 3(3): 185-191.
- Nicoli, M. C., Anese, M., Parpinel, M., Franceschi, S. y Lerici, C. R. 1997. Loss and/or formation of antioxidants during food processing and storage. *Cancer Lett.* 114(1-2): 71-74.
- Nicoli, M. C., Toniolo, R. y Anese, M. 2004. Relationship between redox potential and chain-breaking activity of model systems and foods. *Food Chem.* 88: 79-83.
- Nobel, P. S. 1998. Los incomparables agaves y cactus. Editorial Trillas. México, D. F. pp: 211.
- Noguchi, N. y Niki, E. 2000. Phenolic antioxidants: A rationale for design and evaluation of novel antioxidant drug for atherosclerosis. *Free Radic Biol Med.* 28(10): 1538-1546.
- NOM-173-SCFI-2009. Jugos de frutas preenvasados-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.
- O'Brien, J. y Morrissey, P. A. 1997. Metal ion complexation by products of the Maillard reaction. *Food Chem.* 58: 17-27.
- Ozsoy, N., Candoken, E. y Akev, N. 2009. Implication of degenerartive disorders, antioxidative activity, total phenols, flavonoids, ascorbic acid, beta-carotene and beta-tocoferol in *Aloe vera*. *Oxid Med Cell Longev.* 2(2): 99-106.
- Palma, F. S. 1991. El género *Agave l.* y su distribución en el Estado de Oaxaca. Tesis de Licenciatura en biología. UNAM, México. pp: 56.

- Palmer, F. M., Nieman, D. C., Henson, D. A., McAnulty, S. R., McAnulty, L., Swick, N. S., Utter, A. C., Vinci, D. M. y Morrow, J. D. 2003. Influence of vitamin C supplementation on oxidative and salivary IgA changes following an ultramarathon. *Eur J Appl Physiol.* 89(1): 100-107.
- Parson, J. R. 2012. Los agaves en la economía tradicional. *La Jornada del campo*. En línea: <http://www.jornada.unam.mx/2012/02/18/cam-economia.html>. Fecha de acceso: mayo 2012.
- Pedrero, F. D. y Pangborn, R. M. 1997. Evaluación sensorial de los alimentos: Métodos analíticos. Editorial Longman de México Editores. México D. F. pp: 251.
- Pietta, P. G. 2000. Flavonoids as antioxidants. *J Nat Prod.* 63(7): 1035-1042.
- Pimienta-Barrios, E., Zañudo, J., Yopez, E. y Nobel, P. S. 2000. Seasonal variation of net CO₂ uptake for cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) and agave in a semi-arid environment. *J Arid Environ.* 44: 73-83.
- Pinos-Rodríguez, J. M., Zamudio, M. y González, S. S. 2008. The effect of plant age on the chemical composition of fresh and ensiled *Agave salmiana* leaves. *SAJAS.* 38(1): 43-50.
- Phillips, K. M., Carlsen, M. H. y Blomhoff, R. 2009. Total antioxidant content of alternatives to refined sugar. *J. Am Diet Assoc.* 109: 64-71.
- Pokorny, J., Yanishlieva, N. y Gordon, M. 2001. Funcionalidad de los antioxidantes naturales durante el procesado de los alimentos. En: Antioxidantes de los alimentos aplicaciones prácticas. Acribia. Zaragoza España. pp: 311-325.
- Prior, R. L. y Cao, G. 1999. *In vivo* total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. *Free Radic Biol Med.* 27(11-12): 1173-1781.
- Rahman, K. 2007. Studies on free radicals, antioxidants, and co-factors. *Clin Interv Aging.* 2(2): 219-236.
- Ramírez-Navas, J. S. 2006. Introducción a la reología de los alimentos. Universidad del Valle, Colombia. pp: 1-46.
- Reyes-Munguía, A., Azuara-Nieto, E., Beristain, C. I., Cruz-Sosa, F. y Vernon-Carter, E. J. 2008. Propiedades antioxidantes del maguey morado (*Rhoe discolor*). *J Food.* 7(3): 209-216.

- Richardson, G. H. 1985. Standard methods for the examination of dairy products, 15th ed. APHA. CALSP. Washington, D.C. pp: 412.
- Rimbach, G., Hohler, D., Fischer, A., Roy, S., Virgili, F., Pallauf, J. y Packer, L. 1999. Methods to assess free radicals and oxidative stress in biological systems. *Arch Tierernahr.* 52(3): 203-222.
- Rombeau, J. 2004. Investigations of short-chain fatty acids in humans. *Clin Nutr.* 1(Supl. 2): S19-S23.
- Saada, H. N., Ussama, Z. S. y Mahdy, A. M. 2003. Effectiveness of *Aloe vera* on the antioxidant status of different tissues in irradiated rats. *Pharmazie.* 58(12): 929-931.
- Sánchez-Mata, M. C., Cámara, M. y Díez-Marqués, M. 2003. Extending shelf-life and nutritive value of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.), by controlled atmosphere storage: micronutrients. *Food Chem.* 80: 317-322.
- Schmidt-Hebbel, H. y Pennacchiotti-Monti, I. 2001. Propiedades Generales de las Enzimas. En: Las enzimas en los alimentos: su importancia en la Química y la tecnología de los alimentos. Biblioteca Digital de la Universidad de Chile. pp: 93. En línea:<http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/cienciaquimicasyfarmaceuticas/schidth02/> Fecha de acceso: julio 2012.
- SEMARNAT: *Agave salmiana*. En línea: <http://www.semarnat.gob.mx/pfnm/AgaveSalmiana.html/>. Fecha de acceso: mayo 2011.
- Sen, C. K. 2001. Antioxidant and redox regulation of cellular signaling: introduction. *Med Sci Sports Exerc.* 33(3): 368-370.
- Shahidi, F. y Wanasundara, P. K. 1992. Phenolic antioxidants. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 32(1): 67-103.
- Soleas, G. J., Grass, L., Josephy, P. D., Goldberg, D. M. y Diamandis, E. P. 2002. A comparison of the anticarcinogenic properties of four red wine polyphenols. *Clinical Biochem.* 35(2): 119-124.
- Somoza, V. 2005. Five years of research on health risks and benefits of Maillard reaction products: an update. *Mo Nut Food Res.* 49: 663-672.
- Thomas, P. R. y Eart, R. 1994. Enhancing the food supply. Opportunities in the Nutrition and Food Sciences. Washington, D.C. NAP. pp: 98-142.

- Valencia, G. F. y Román, M. M. 2006. Caracterización Físicoquímica y Funcional de Tres Concentrados Comerciales de Fibra Dietaria. *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*. 13(2): 54-60.
- Van den Heuvel, E. G., Muys, T., Van Dokkum, W. y Schaafsma, G. 1999. Oligofructose stimulates calcium absorption in adolescents. *Am J Clin Nutr*. 69(3): 544-548.
- Van den Heuvel, E. G., Schaafsma, G., Muys, T. y Van Dokkum, W. 1998. Nondigestible oligosaccharides do not interfere with calcium and nonheme-iron absorption in young, healthy men. *Am J Clin Nutr*. 67(3): 445-451.
- Van-Soest, P. J., Robertson, J. B. y Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci*. 74(10): 3583-3597.
- Verduzco-Martínez, J., Predo-Rojas, C. I. y Mercado-Hernández, R. 2008. Caracterización e identificación taxonómica del maguey. *Revista salud pública y nutrición*. VII Simposium-taller "Producción y aprovechamiento del nopal en el Noreste de México". 2: 75-99.
- Wedworth, S. M. y Lynch, S. 1995. Dietary flavonoids in atherosclerosis prevention. *Ann Pharmacother*. 29(6): 627-8.
- Westhoff, D. C. 1981. Microbiology of ultrahigh temperature milk. *J Dairy Sci*. 64(1): 167-173.
- Wijewickreme, A. N., Kitts, D. D. y Durrence, T. D. 1997. Reaction conditions influence the elementary composition and metal chelating affinity of nondialyzable model Maillard reaction products. *J Agric Food Chem*. 45(12): 4577-4583.
- Willcox, J. K., Catignani, G. L. y Roberts, L. J. 2002. Dietary flavonoids fail to suppress F2-isoprostane formation in-vivo. *Free Radic Biol Med*. 34(7): 795-799.
- Wolfe, K. L., Kang, X., Dong, M., Zang, Q., Liu, R. H. 2008. Cellular antioxidant activity of common fruits. *J Agric Food Chem*. 56(18): 8418-8426.
- Zúñiga-Hernández, L. A., Ciro-Velásquez, H. J., Osorio, S. y Jairo, A. 2007. Estudio de la dureza del queso EDAM por medio de análisis de perfil de textura y penetrometría por esfera. *Rev Fac Nal Medallin*. 60: 3797-3811.

ANEXOS.

Anexo 1. Receta convencional de las gomitas.

Para 500 mL de gomitas:

2 tazas de líquido (CPM y agua).

½ taza de edulcorante (Marca Savien).

30 g de grenetina (290 blooms).

3 mL de saborizante artificial.

500 mg de ácido ascórbico.

El agua se sometió a ebullición para disolver el edulcorante. Se hidrató la grenetina con el CPM a temperatura ambiente. Ya disuelto el edulcorante, se agregó la grenetina hidratada al agua y se agitó constantemente. Se añadió el saborizante artificial, por último se agregó el ácido ascórbico. Se vertió la mezcla en refractarios, se enfrió a temperatura ambiente y se almacenó en refrigeración.

Anexo 2. Preparación de reactivos.

Determinación de proteína:

Tabla 12. Tiempos de digestión para la determinación de proteína

Temperatura	Tiempo
230 °C	30 min
260 °C	5 min
300 °C	10 min
400 °C	20 min
405 °C	20-30 min

Durante la preparación del hidróxido de sodio y del ácido bórico, el reactivo se debe verter progresivamente en agua desionizada con agitación constante, debido a que si se hace de manera rápida, el hidróxido de sodio puede calentarse y el ácido bórico podría formar cristales difíciles de disolver.

Nota: Revisar días antes de la determinación de proteína que el pH del ácido bórico almacenado en el sistema de destilación Vapodest se encuentre entre 4.65 ± 0.05 debido a que este es inestable y puede cambiar durante la etapa de destilación.

Ácido ascórbico: DCPI: 12 mg de DCPI en 1 L de agua desionizada; amortiguador de acetatos: 3 g de acetato de sodio, 7 mL de agua desionizada y 10 mL de ácido acético glacial; solución madre de ácido oxálico al 0.4%; solución de AA: 6 mg de AA, 100 mL de solución de ácido oxálico al 0.4%.

DNS: 1 g de ácido 3, 5 dinitrosalicílico, 1 g de hidróxido de sodio, 20 g de tartrato de sodio y potasio, 0.05 g de metabisulfito de sodio y 0.4 g de fenol, cuando ya se tienen los reactivos juntos, se debe agitar durante 15 minutos.

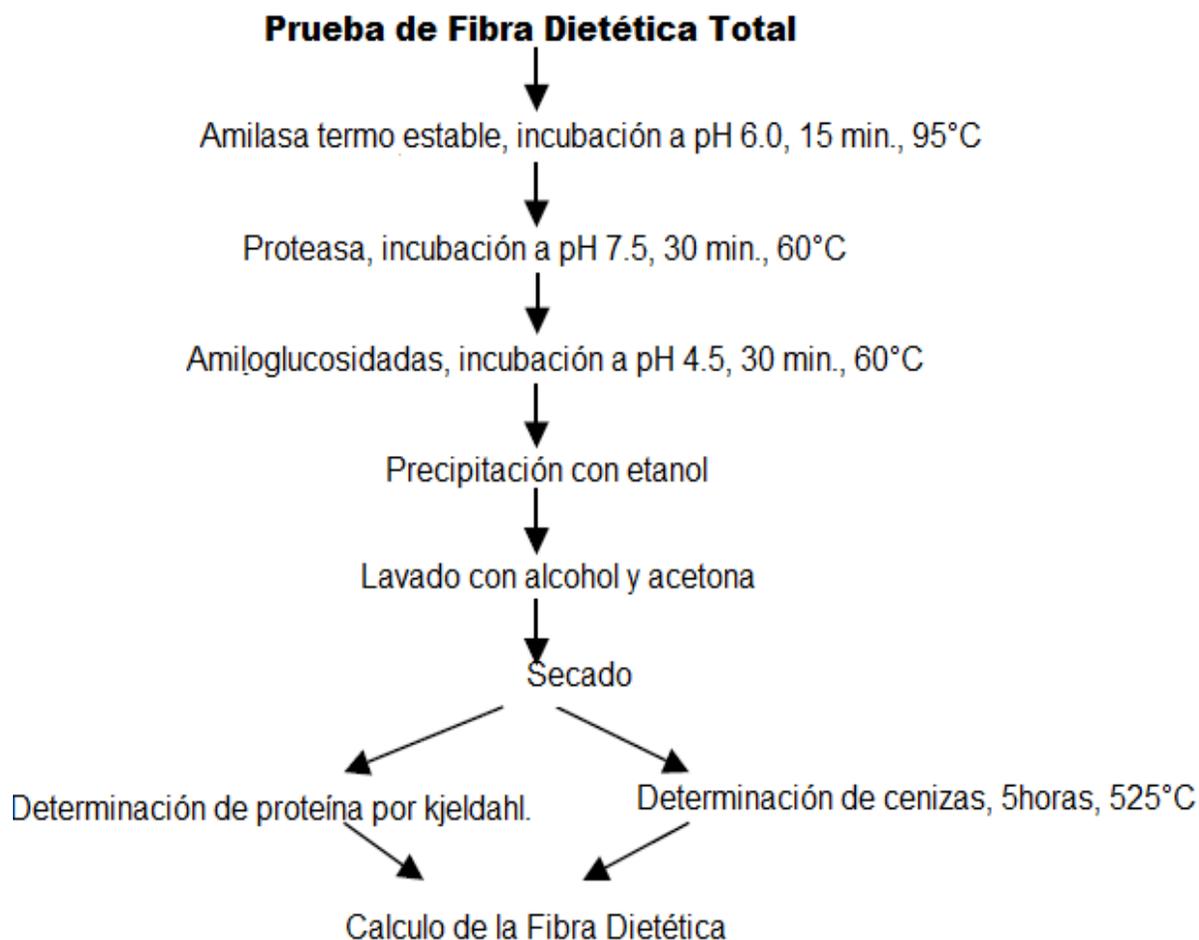
Anexo 3.

Figura 30. Resumen de determinación de fibra dietética total por el Kit de Fibra Dietética SIGMA.

Anexo 4. Cuestionario para Evaluación Sensorial en Escolares.



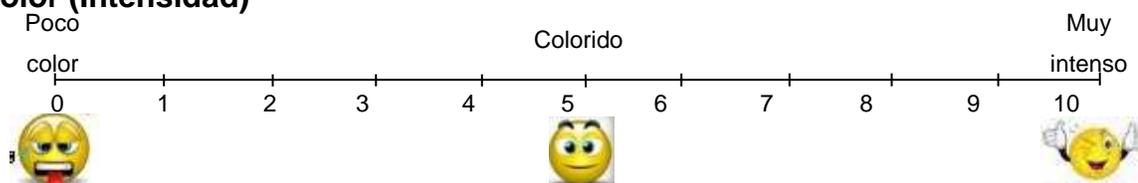
Evaluación Sensorial de Gomitas



Nombre: _____ Edad: _____ Niño Niña

- 1- Observa con detalle el color y olor de las gomitas y califícalas según tu agrado.
- 2- Toma la gomita, másticala y saboréala, no olvides calificar según tu agrado su sabor y dulzura.
- 3- Indicar en la escala con el número de etiqueta tu calificación.

1.- Color (Intensidad)



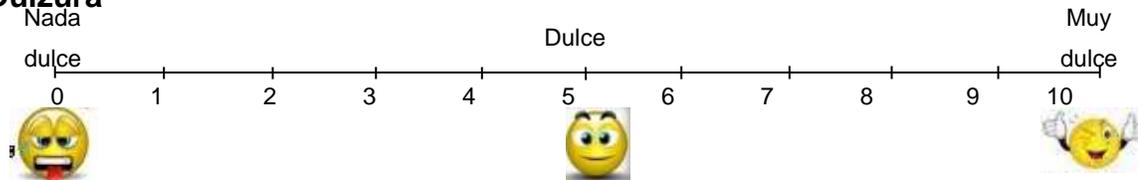
2.- Olor



3.- Sabor



4.- Dulzura



5.- Aceptabilidad



Anexo 5: Gráfico y cálculo de variables reológicas por TPA (Texture Profile Analysis).

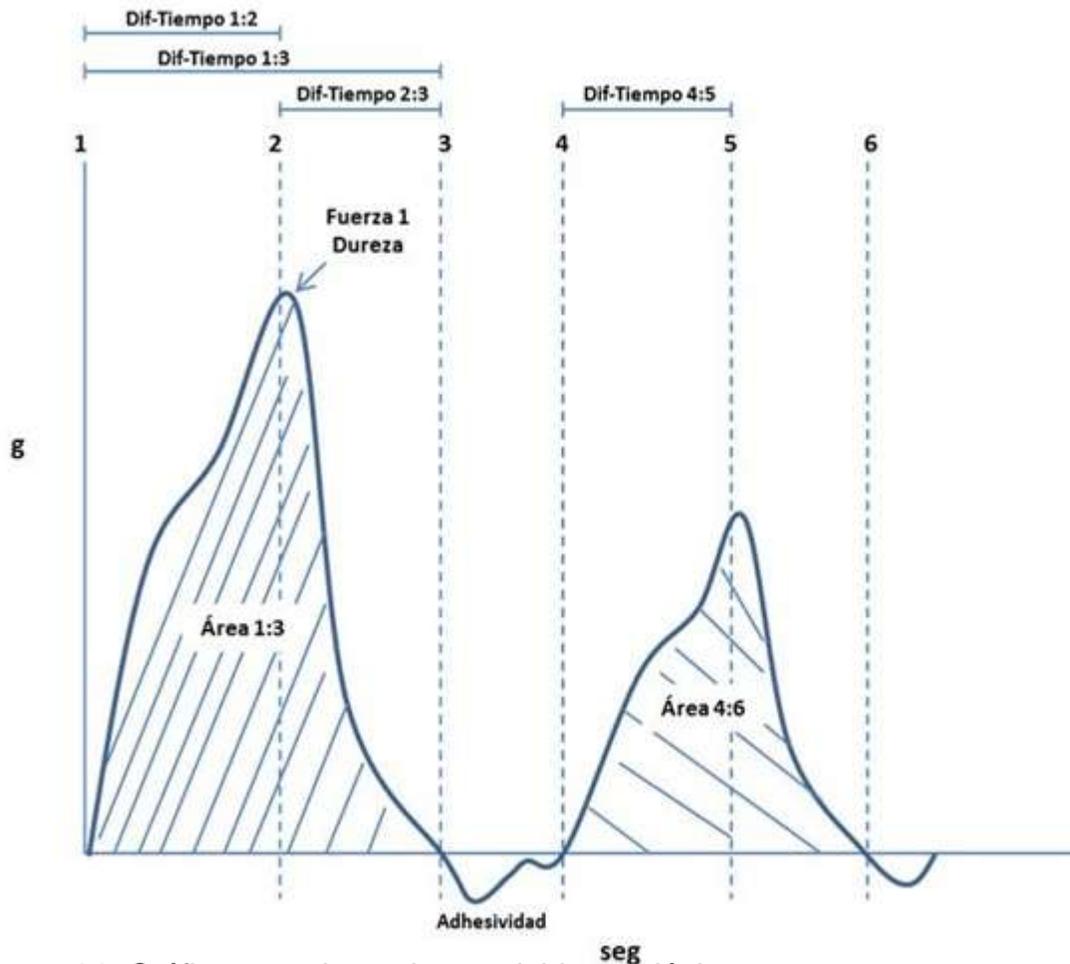


Figura 31. Gráfica para determinar variables reológicas.

Donde:

Dureza (g)= Fuerza 1

Cohesividad (adimensional)= (Área 2 / Área 1)

Gomosidad (g)= Dureza * Cohesividad

Masticabilidad (g)= Dureza * Cohesividad * Esponjosidad

Adhesividad (g)= (Dis 2 / Dis 1). Este parámetro fue determinado por el Texturómetro TA-HDI