



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS, CONTENIDO DE HUMEDAD Y BETA-CAROTENOS DEL MANGO TOMY ATKINS TRAS SER PRETRATADO CON SATURACIÓN DE SACAROSA O SULFITADO, PARA SER CONSERVADO CON EL MÉTODO DE DESHIDRATACIÓN A TRAVÉS DE UN SECADOR DE BANDEJAS

Walther Antonio de León Gutierrez

Asesorado por la Ms. Sc. Inga. Hilda Palma de Martini

Guatemala, marzo de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS, CONTENIDO DE HUMEDAD Y BETA-CAROTENOS DEL MANGO TOMY ATKINS TRAS SER PRETRATADO CON SATURACIÓN DE SACAROSA O SULFITADO, PARA SER CONSERVADO CON EL MÉTODO DE DESHIDRATACIÓN A TRAVÉS DE UN SECADOR DE BANDEJAS

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

WALTHER ANTONIO DE LEÓN GUTIERREZ
ASESORADO POR LA MS. SC. INGA. HILDA PALMA DE MARTINI

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, MARZO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jorge Emilio Godínez Lemus
EXAMINADOR	Ing. Mario José Mérida Meré
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León de Paz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS, CONTENIDO DE HUMEDAD Y BETA-CAROTENOS DEL MANGO TOMY ATKINS TRAS SER PRETRATADO CON SATURACIÓN DE SACAROSA O SULFITADO, PARA SER CONSERVADO CON EL MÉTODO DE DESHIDRATACIÓN A TRAVÉS DE UN SECADOR DE BANDEJAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 20 de noviembre de 2013.



Walther Antonio de León Gutierrez

Guatemala, 29 de octubre de 2014.

Ingeniero
Víctor Monzón
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Respetable Ingeniero Monzón:

Por medio de la presente lo saludo cordialmente deseando que sus labores diarias se desarrollen con éxito. El motivo de la presente es para informarle que el estudiante: **WALTHER ANTONIO DE LEÓN GUTIERREZ**, quien se identifica con el carné no. **2010-20539**, ha aprobado el informe final de graduación, titulado: **CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS, CONTENIDO DE HUMEDAD Y BETA-CAROTENOS DEL MANGO TOMY ATKINS TRAS SER PRETRATADO CON SATURACIÓN DE SACAROSA O SULFITADO, PARA SER CONSERVADO CON EL MÉTODO DE DESHIDRATACIÓN A TRAVÉS DE UN SECADOR DE BANDEJAS**. El cual he asesorado gustosamente.

Agradeciendo su fina atención.



Ms. Sc. Hilda Piedad Palma de Martini
Ingeniera Química
Colegiada no. 453

INGA. HILDA PALMA DE MARTINI
COLEGIADO No. 453



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Edificio T-5, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica
EIQD-REG-TG-008

Guatemala, 20 de noviembre de 2014
Ref. EIQ.TG-IF.062.2014

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **151-2013** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por el estudiante universitario: **Walther Antonio de León Gutierrez**.
Identificado con número de carné: **2010-20539**.
Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

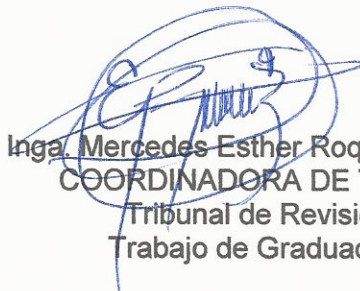
Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS, CONTENIDO DE HUMEDAD Y BETA-CAROTENOS DEL MANGO TOMY ATKINS TRAS SER PRETRATADO CON SATURACIÓN DE SACAROSA O SULFITADO, PARA SER CONSERVADO CON EL MÉTODO DE DESHIDRATACIÓN A TRAVÉS DE UN SECADOR DE BANDEJAS

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por la Ingeniera Química: **Hilda Piedad Palma de Martini**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Inga Mercedes Esther Roquel Chávez
COORDINADORA DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo

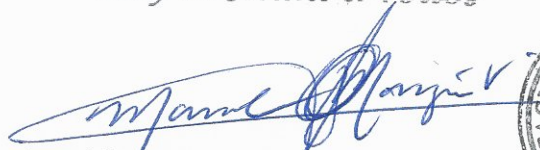




Ref.EIQ.TG.036.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **WALTHER ANTONIO DE LEÓN GUTIERREZ** titulado: "**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS, CONTENIDO DE HUMEDAD Y BETA-CAROTENOS DEL MANGO TOMY ATKINS TRAS SER PRETRATADO CON SATURACIÓN DE SACAROSA O SULFITADO, PARA SER CONSERVADO CON EL MÉTODO DE DESHIDRATACIÓN A TRAVÉS DE UN SECADOR DE BANDEJAS**". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, marzo 2015

Cc: Archivo
VMMV/ale





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS, CONTENIDO DE HUMEDAD Y BETACAROTENOS DEL MAGO TOMY ATKINS TRAS SER PRETRATADO CON SATURACIÓN DE SACAROSA O SULFITADO, PARA SER CONSERVADO CON EL MÉTODO DE DESHIDRATACIÓN A TRAVÉS DE UN SECADOR DE BANDEJAS**, presentado por el estudiante universitario: **Walther Antonio de León Gutiérrez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 23 de marzo de 2015

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser la parte fundamental en mi vida, y ayudarme en toda mi carrera.
Mis padres	Walter de León y Judith Gutiérrez, por ser la guía a seguir en mi vida.
Mi hermana	Edel Judith de León Gutiérrez, por enseñarme con su ejemplo a alcanzar los objetivos que me proponga.
Mis abuelos	Anacleto de León (q.e.p.d.), Paulina Escobar (q.e.p.d.), José Antonio Gutiérrez (q.e.p.d.), Isabel Gutiérrez, por ser los pilares de mi familia.
Tíos, tías, primos y primas	Por ser parte importante en todos los proyectos que he realizado en mi vida.
Amigas y amigos	Por su ayuda incondicional en cada momento, en especial a Luisa Fernanda López Ovando, Evelyn de León Hernández y Andrea Alejandra Valenzuela Ramos, por ayudarme a nunca darme por vencido.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de estudiar en tan prestigiosa casa de estudios superiores.
Facultad de Ingeniería	Por ser formadora de nuevos líderes guatemaltecos.
Mis padres y hermana	Por su ayuda y amor indiscutible en todo tiempo.
Mi abuela	Isabel Rodas de Gutiérrez, por su cariño.
Mis amigos de la Facultad	Luisa Fernanda Ovando López, Evelyn de León Hernández, Andrea Alejandra Valenzuela Ramos, Iván Eduardo de León Barrientos, Reina Eirene Castellanos Bonilla, María Alejandra Estrada Santizo, Ricardo Antonio Blanco, Carlos Aldana y Lourdes Carolina Ozaeta, por su amistad indudable.
Inga. Hilda Palma de Martini	Por sus sabios conocimientos fundamentales en la elaboración de este trabajo de graduación.
Mis amigos de la casa	Cesia Velasco, Ana René Trabanino, Myshel Santos Letona y Andrés de Villa Roche, por su ayuda y amistad en todo momento.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Generalidades del fruto de mango tomy atkins	3
2.1.1. Información nutricional y composición	5
2.1.2. Factores de calidad	6
2.1.2.1. Color (pigmentos)	6
2.1.2.2. Textura (componentes celulares)	6
2.1.2.3. Índice de madurez	7
2.1.2.4. Enfermedades del mango tomy atkins	8
2.2. Secado de sólidos como operación unitaria	9
2.2.1. Naturaleza de la sustancia que se va a secar.	10
2.2.1.1. Cantidad de humedad de los sólidos...	10
2.2.1.2. Humedad en base seca.....	11
2.2.1.3. Contenido crítico de humedad (Xc):	11
2.2.1.4. Humedad ligada.....	11
2.2.1.5. Humedad no ligada.....	11

	2.2.1.6.	Humedad libre	12
2.2.2.		Condiciones de secado	12
	2.2.2.1.	Condiciones externas.....	12
	2.2.2.2.	Condiciones internas.....	12
	2.2.2.3.	Curvas de secado	13
2.2.3.		Clasificación del equipo de secado	14
	2.2.3.1.	Método de operación.....	14
		2.2.3.1.1. Equipo por lotes o semilotes.....	14
		2.2.3.1.2. Secadores continuos.....	14
	2.2.3.2.	Equipos de secado.....	15
		2.2.3.2.1. Secadores de bandejas.....	15
2.3.		Fenómenos de transferencia de calor y masa	16
2.4.		Propiedades organolépticas de los alimentos.....	18
	2.4.1.	Valoración sensorial	18
		2.4.1.1. Primera fase	19
		2.4.1.2. Segunda fase	19
		2.4.1.3. Tercera fase	19
	2.4.2.	La degustación analítica.....	20
		2.4.2.1. La degustación técnica.....	20
	2.4.3.	La degustación hedónica.....	20
		2.4.3.1. El gusto	22
		2.4.3.2. El color	22
		2.4.3.3. La textura	23
2.5.		Pasos principales para secar alimentos.....	23
2.6.		Tratamientos previos a realizar el secado.....	24
	2.6.1.	Sulfitado	24
	2.6.2.	Saturación de sacarosa.....	25

2.7.	Espectrofotometría en alimentos	25
3.	DISEÑO METODOLÓGICO	27
3.1.	Variables.....	27
3.1.1.	Variables de control	27
3.1.2.	Variables dependientes y respuesta.....	28
3.1.3.	Variables independientes	28
3.1.4.	Variables de medición	29
3.1.5.	Variables de medición analítica	29
3.1.6.	Variables de medición en escala hedónica.....	30
3.2.	Delimitación de campo de estudio.....	30
3.3.	Recursos humanos disponibles.....	31
3.4.	Recursos materiales disponibles	31
3.4.1.	Materia orgánica	31
3.4.2.	Materia inorgánica	31
3.4.3.	Cristalería y equipo.....	31
3.5.	Técnica cualitativa y cuantitativa	32
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información	33
3.6.1.	Determinación de corridas a realizar	33
3.6.2.	Diseño de tratamientos.....	34
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	34
3.8.	Análisis estadístico	35
3.8.1.	Plan de análisis de los resultados.....	37
3.8.2.	Métodos y modelos de los datos según tipo de variables	37
3.8.3.	Programas a utilizar para análisis de datos	37
4.	RESULTADOS	39

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	43
CONCLUSIONES.....	47
RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA.....	51
APÉNDICES.....	53
ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Fruto mango tomy atkins.....	4
2.	Mango con antracnosis.....	9
3.	Tiempos de secado.....	13
4.	Secador de Bandejas.....	15
5.	Peso de la muestra en función al tiempo de secado.....	39
6.	Porcentaje de secado en función de la muestra	40

TABLAS

I.	Valor nutricional (100 gramos de pulpa)	5
II.	Composición (promedio) del mango tomy atkins	5
III.	Calificación hedónica	21
IV.	Determinación de variables de control a escala laboratorio	27
V.	Determinación de las variables dependientes a escala laboratorio	28
VI.	Determinación de variables independientes a escala laboratorio.....	28
VII.	Determinación de las variables de medición escala laboratorio y planta piloto	29
VIII.	Determinación de las variables de medición de conservación a escala laboratorio y planta piloto	29
IX.	Determinación de la escala hedónica en función de las características organolépticas	30
X.	Datos experimentales obtenidos del secado de mango tomy atkins.....	35
XI.	Porcentaje promedio final de secado	39
XII.	Calificación del color, olor y textura en función al test hedónico	40
XIII.	Promedio de calificaciones de test hedónico.....	41

XIV. Resultados b-carotenos de las muestras41

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
X_c	Contenido crítico de humedad
°Brix	Grados brix de una solución acuosa
g	Gramo
h	Hora
kg	Kilogramo
m	Masa
μg	Microgramo
M	Molaridad
nm	Nanómetro
%H	Porcentaje de humedad
pH	Potencial de hidrógeno
atm	Presión atmosférica
ss	Sólido seco
t	Tiempo
uv	Ultravioleta
β	Unión beta de una molécula orgánica

GLOSARIO

Base húmeda	Relación de kilogramos de humedad con los kilogramos del sólido húmedo.
Base seca	Relación de los kilogramos de humedad con los kilogramos de sólido seco.
Brix	Contenido de sacarosa en una solución acuosa, relacionada por gramos de soluto en un litro de solución.
β-carotenos	Nombre orgánico para referirse a la vitamina A de un alimento compuesto de carbono.
Cantidad de humedad	Se expresa sobre la base del peso húmedo o sobre la base del peso sólido.
Curvas de secado	Diagramas contruidos para describir el secado con las coordenadas: contenido de humedad en función del tiempo de secado; velocidad de secado en función del contenido de humedad y temperatura del sólido en función del contenido de humedad.
Operación unitaria	Una parte indivisible de cualquier proceso de transformación donde hay un intercambio de energía.

Secador	Equipo industrial en el que se realiza la operación de secado, puede ser tan sencillo como un soplador con una resistencia adaptada, o tan complejo como un secador rotatorio.
Sulfitado	Solución acuosa, donde el soluto es el compuesto inorgánico metabisulfito de sodio.
Transferencia de energía	La transferencia de masa cambia la composición de soluciones y mezclas mediante métodos que no implican, necesariamente, reacciones químicas y se caracteriza por transferir una sustancia a través de otra u otras a escala molecular.
Transferencia de masa	El paso de energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación tuvo por objetivo desarrollar un diseño teórico y práctico del proceso de secado de mango tomy atkins, utilizando los pretratamientos de sulfitado y saturación de sacarosa para compararlos, y así determinar cuál de los dos favorece en mayor proporción la conservación de las características organolépticas, y disminución de contenido de humedad con la mínima reducción de nutrientes.

Se hizo hincapié en la temática que se llevó a cabo para obtener datos experimentales en función de las variables a controlar, dichos parámetros fueron: área superficial de la muestra, temperatura de exposición, y tratamientos previos.

Se determinó la disminución de contenido de humedad en función de los dos pretratamientos a utilizar, por medio de las curvas de secado. Asimismo se analizó la cantidad de β -carotenos (vitamina A) presente en el producto final por medio de una prueba espectrofotométrica, sin desatender las características organolépticas de la fruta seca, por medio de valoraciones sensoriales analítica y hedónica.

El producto final fue expuesto a un grupo selecto de treinta y cinco estudiantes de licenciatura en Nutrición de segundo año de la Universidad de San Carlos de Guatemala, quienes fueron capaces de analizar detalladamente color, olor y textura de las muestras, lo cual determinó la base experimental para cuantificar los resultados obtenidos, luego de secar el mango tomy atkins por medio de un secador de bandejas.

OBJETIVOS

General

Comparar las características organolépticas, contenido de humedad y beta-carotenos del mango tomy atkins utilizando los pretratamientos de saturación de sacarosa o sulfitado con el método conservativo de deshidratación a través de un sacador de bandejas.

Objetivos específicos

1. Determinar el porcentaje de humedad del producto final, en función de las curvas de secado.
2. Determinar las características organolépticas de textura, sabor y color del mango tomy atkins en función de los pretratamientos de saturación de sacarosa y sulfitado, utilizando las pruebas de valor sensorial analítica y hedónica respecto a la Norma ISO 4121.
3. Determinar el contenido de beta-carotenos del mango tomy atkins, luego de ser deshidratado por métodos espectrofotométricos para alimentos.
4. Comparar los pretratamientos de saturación de sacarosa y sulfitado para determinar cuál método conserva mejor las características organolépticas y el contenido de beta-carotenos del mango tomy atkins.

INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país 100 por ciento agrícola, que cultiva diversos productos tanto para consumo nacional como para consumo internacional. Uno de estos productos es el mango tomy atkins cultivado en tierras cálidas como: Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla y Zacapa.

El mango tomy atkins es una fruta de sabor agradable al paladar, debido a los azúcares que posee, asimismo tiene una vista llamativa. Por presentar dichas características tan agradables a la vista de un mundo tan consumista, es la quinta fruta más vendida en todo el mundo, siendo India el país en presentar la mayor exportación de mango tomy atkins a la población mundial.

Guatemala no se queda atrás y, por medio de La Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT), exporta mango tomy atkins a varios países del mundo, generando así empleo para muchas personas.

Un dato muy importante, y que no se debe descuidar, es lo que ocurre con los mangos que no pasan el control de calidad establecido por las normas tanto nacionales como internacionales, muchas veces, por un pequeño golpe o por no presentar el punto de maduración indicado, la fruta es desechada y generalmente es tirada a la basura o utilizada como abono orgánico.

En un mundo cada vez más competitivo, en toda empresa el principio básico es generar la mayor optimización de materia producida, por lo que, tirar o desechar un mango por no presentar las características establecidas es pérdida de dinero para la industria.

Una solución a dicho problema es el secado del mango tomy atkins como método de preservación, para prolongar su vida de anaquel y tener la posibilidad de su comercialización, generando así ganancias de un producto que fue considerado como desperdicio.

1. ANTECEDENTES

En Guatemala, el mango tomy atkins es utilizado, generalmente, para exportación por la Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT), para consumo nacional, y en muy pocas cantidades para secarlo (por la Empresa Alimentos Campestres S. A).

Existen pocos estudios del mango tomy atkins sobre sus propiedades físicas y químicas de secado, contenido alimenticio y proceso de exportación en Guatemala. Entre las investigaciones de mayor utilidad y relevancia se pueden mencionar:

- En el 2003, Ingrid Figueroa Ramirez realizó un estudio sobre: *La evaluación de la eficiencia de deshidratación entre dos secadores solares indirectos con variación de diseño en el colector, mediante el uso de fruta del trópico seco de Guatemala*, donde la fruta analizada fue mango tomy atkins. Los resultados obtenidos fueron, que la alimentación en contracorriente en un secador de bandejas presentó una mayor eficiencia que en flujo en contracorriente, así como, que entre más cerca estén las bandejas, mayor será el grado de producción.
- En el 2008 se realizó una tesis sobre la cadena de valor para la agroexportación del mango (*Mangifera indica*) variedad tomy atkins desde Guatemala hacia Europa, por José Luis Rueda Aparicio, donde el resultado obtenido indica, que Guatemala necesita invertir en investigación para saber cómo fertilizar las hectáreas sembradas, debido a que el porcentaje de producción es menor a 8,64 toneladas métricas por

hectárea lo cual es relativamente bajo en función a otros países como Perú o Brasil que poseen 12 y 22 toneladas métricas por hectárea respectivamente, además realiza un estudio sobre la forma de procesar mango antes de ser exportado.

- En el 2011, la empresa Alimentos Campestres S. A., realizó un estudio sobre la deshidratación de mango tomy atkins en tiras para exportación, en donde los resultados fueron negativos, debido a que al cortar los mangos en dichas proporciones, representaba un gran trabajo, además que se perdía demasiada cantidad de producto por la semilla de gran tamaño que posee esta fruta, por lo que no se siguió produciendo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades del fruto de mango tomy atkins

El mango es el fruto del árbol *magnifera indica*, originario de la India. Se trata comúnmente de un árbol frondoso de 20 metros de altura, de copa redonda, hoja perenne, siempre verde y muy longevo. El fruto es una drupa que varía en forma, tamaño y color, dependiendo de la variedad. Una de las variedades con mayor superficie cultivada es el mango tomy atkins, fruto de excelente calidad, de color rojo predominante, de forma redonda y tamaño mediano (350 a 450 g), la pulpa es jugosa con poco contenido de fibra.

El mango es un cultivo de clima tropical y subtropical, por lo que su distribución geográfica se encuentra entre los trópicos de Cáncer y Capricornio. Las condiciones de clima que requiere para un buen desarrollo y de alta producción son: una época seca de, por lo menos, tres meses antes de la floración, una temperatura óptima considerada entre 24 y 27 grados celsius y una altitud máxima de 600 metros, para su buen desarrollo se prefieren los suelos drenados, profundos y fértiles. En su mayor parte, este fruto es consumido en fresco, pero también puede consumirse en forma procesada, ya sea como enlatados, congelados, deshidratados, entre otros. El mango engloba una serie de ventajas que lo hacen ser un producto fino y reconocido a nivel mundial: es bajo en calorías, aporta al organismo antioxidantes, vitamina C, vitamina A, además de ser de fácil digestión.

Las formas de producción pueden ser por semilla o injerto (asexualmente); hay que señalar que las semillas pueden ser monoembriónicas (variedades

hindúes) y poliembriónicas (variedades criollas), y pierden su poder germinativo dos o tres semanas luego de cosechadas. Los patrones se reproducen por semillas provenientes de árboles criollos sanos y vigorosos, que muestren una buena adaptación a las condiciones ambientales de la región y que produzcan buenos frutos. De manera asexual, se reproduce por medio de estacas, pero principalmente por injerto que es la forma práctica y comercial de perpetuar las características de un tipo o de una variedad. Además de ser práctico, es el método más usado por los mangueros guatemaltecos.

En cuanto a la cosecha, la plantación tarda en desarrollarse de 24 a 26 meses, y es hasta el tercer año, luego de la siembra, cuando se realiza la primera cosecha. La calidad final del mango depende del grado de desarrollo de la fruta al momento de la cosecha; las frutas que no han terminado su fase de desarrollo se pueden conservar, pero jamás alcanzarán las condiciones óptimas de maduración.

Figura 1. **Fruto mango tomy atkins**



Fuente: *propiedades físicas del mango tomy atkins*. [en línea]
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/nivon_d_r/capitulo4.pdf [consulta 10 de octubre de 2014].

2.1.1. Información nutricional y composición

El mango es una de las frutas más populares e importantes del mundo, debido a sus excelentes características organolépticas y nutricionales, es una buena fuente de calcio, fósforo y hierro, así como de las vitaminas C, A, tiamina y niacina. Además de tener un efecto laxante, diurético, astringente y refrescante, entre otros beneficios. A continuación se muestra el cuadro de composición del mango, calculado para 100 gramos de pulpa en peso neto:

Tabla I. **Valor nutricional (100 gramos de pulpa)**

LÍPIDOS		MINERALES		VITAMINAS	
Grasas totales (g)	0,30	Calcio (mg)	12,00	B-carotenos (mg)	3,80
Monoinsaturados (g)	0,06	Fósforo (mg)	11,00	Ácido ascórbico (mg)	28,00
Poliinsaturados (g)	0,01	Hierro (mg)	0,10	Tiamina (mg)	0,05
		Magnesio (mg)	9,00	Riboflavina (mg)	0,06
		Sodio (mg)	2,00	Vitamina B ₆	0,13
		Potasio (mg)	156,00		
		Zinc (mg)	0,04		

Fuente: tabla de composición de alimentos para Centro América INCAP, febrero de 2012.

Tabla II. **Composición (promedio) del mango tomy atkins**

Componente	Contenido (%)
Agua	53,50
Sólidos solubles	16-21
Azúcares totales	13-21
Acidez	0,11-0,80
pH	3,80-5,80
Grasas	0,40
Fibra cruda	0,70

Fuente: alimentos para Centro América INCAP febrero de 2012.

2.1.2. Factores de calidad

A continuación se detallan los factores de calidad establecidos para el mango tomy atkins a nivel regional:

2.1.2.1. Color (pigmentos)

Los alimentos de color naranja o amarillo como la zanahoria, la calabaza, las mandarinas, el mango, el melocotón, la naranja, la piña, entre otros; son riquísimos en vitamina c, β -carotenos y ácido fólico, los cuales contribuyen en gran manera a tener un sistema inmunológico fuerte, así como alta capacidad antioxidante por retrasar el envejecimiento de las células.

Los carotenos son compuestos que el hígado transforma en vitamina A, entre estos destaca el β -caroteno. Este componente, aparece en frutas y verduras de color anaranjado, amarillo y verde fuerte. Los pigmentos que se derivan de este grupo son compuestos liposolubles, y abarcan un rango de color antes mencionado. En el procesamiento de alimentos, los carotenoides son bastante resistentes al calor, cambios de pH, y el agua. Sin embargo, son muy sensibles a la oxidación, lo cual resulta en dos problemas, pérdida de color y destrucción de la actividad de la vitamina A.

2.1.2.2. Textura (componentes celulares)

El sabor y la textura son dos criterios importantes que se utilizan para caracterizar y aceptar o rechazar los alimentos. La textura responde a un concepto muy ambiguo. Para algunos autores es el conjunto de propiedades que se derivan de la especial disposición que tienen entre si las partículas que integran los alimentos. Para otros, es el conjunto de propiedades de un alimento

capaces de ser percibidas por los ojos, el tacto, los músculos de la boca incluyendo sensaciones como aspereza, suavidad y granulosidad.

La primera sensación de textura del consumidor lo lleva a aceptar el alimento y las sensaciones finales al masticarlo lo llevan a ingerirlo, porque el alimento ha respondido a lo que el consumidor esperaba de él. En función de la textura, los alimentos se pueden dividir en siete:

- Líquidos: aquellos en que la textura viene definida por la viscosidad
- Geles: la textura está en función de la elasticidad
- Fibrosos: donde predominan fibras macroscópicas
- Aglomerados: la textura en función de la forma que presenta el fruto
- Untuosos: la textura en función de las sustancias grasas
- Frágiles: alimentos con poca resistencia a la masticación
- Vítreos: presentan estructura pseudocristalina

La medición objetiva de la textura no solo determina la resistencia del producto a la fuerza aplicada sino que ayuda a seleccionar: tiempo y temperatura de lavado y cocción, tipo adecuado de embalaje y maquinaria indicada para pelado y cortado. Así como a determinar el grado de madurez y a predecir fecha aproximada de óptima recolección.

2.1.2.3. Índice de madurez

Existe una serie de características que se han usado para definir el punto de maduración del mango tomy atkins visualmente: base de la fruta en forma redondeada, grueso de la fruta, presencia de brillo en la cáscara; al momento del corte el pedúnculo se quiebra fácilmente con un jalón ligero. Otro índice utilizado es el porcentaje de grados brix, que es el total de sólidos solubles

medidos con un refractómetro; la fruta para el almacenamiento en corto plazo debe tener 10 por ciento de grados brix, y para largos trayectos de 7 a 9 por ciento, además, la fruta debe presentar color y forma específica de la variedad.

También el índice de madurez ha sido definido como el cociente de los sólidos solubles entre la acidez total; esto para facilitar la comparación de los datos y arrojar un valor más objetivo que relaciones dos factores importantes en la madurez de la fruta (FAO, 2012).

2.1.2.4. Enfermedades del mango tomy atkins

Las enfermedades constituyen un grave problema a nivel mundial, causadas por accidentes de microorganismos, generalmente hongos o bacterias. Entre las más comunes se encuentran: la antracnosis o mancha foliar del fruto, que es la principal enfermedad causada por el hongo *Colletotrichum gloesporioides*; además existen otras enfermedades importantes como: cenicilla (*Oidium mangiferae*), roña (*Elsinoe mangifera*), pudrición texana (*Phymatotrichum omnivorum*) y escoba de bruja (*Fusarium moniliforme/F*). De acuerdo a estudios realizados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAB), la enfermedad de la escoba de bruja se detectó por primera vez, en 1983. En general se presenta una distorsión de la inflorescencia y brotes vegetativos detectados, los cuales muestran un aspecto de roseta, que queda adherida a la yema terminal tornándose en una masa compacta de color café oscuro a negro. La inflorescencia afectada no produce frutos y, de hacerlo, estos son de baja calidad.

Figura 2. **Mango con antracnosis**



Fuente: *propiedades físicas del mango tomy atkins*. [en línea]
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/nivon_d_r/capitulo4.pdf [Consulta: 10 de octubre de 2014].

2.2. Secado de sólidos como operación unitaria

En general, este consiste en separar pequeñas cantidades de agua u otro líquido de un material sólido con el fin de reducir el contenido de líquido residual hasta un valor aceptablemente bajo. El secado es habitualmente la etapa final de una serie de operaciones y, con frecuencia, el producto que se extrae de un secadero pasa a empaquetado.

El agua u otros líquidos pueden separarse de sólidos mecánicamente mediante prensas o centrifugas, o bien térmicamente mediante evaporación. Generalmente, eliminar líquidos por métodos mecánicos es más barato que por métodos térmicos, y por esta razón es aconsejable reducir el contenido de líquido en lo posible antes de operar en secadero térmico.

El contenido de líquido de una sustancia seca varía de un producto a otro. Ocasionalmente el producto no contiene líquido y recibe el nombre de “totalmente seco”, pero lo más frecuente es que el producto contenga algo de

líquido. La sal de mesa, por ejemplo, contiene del orden de 0,5 por 100 de agua, el carbón seco un 4 por 100 y la caseína un 8 por 100. Secado es un término relativo y tan sólo quiere decir que hay una reducción del contenido de líquido. Los sólidos que se secan pueden tener formas diferentes (escamas, gránulos, cristales, polvo, tablas o láminas continuas) y poseer propiedades muy diferentes. El líquido que ha de vaporizarse puede aumentar sobre la superficie del sólido, como en el secado de cristales salinos, en el interior del sólido, como en el caso de eliminación de disolvente de una lámina de un polímero, o parte en el exterior y en el interior. La alimentación de algunos secaderos es un líquido en el que está suspendido el sólido en forma de partículas o en disolución. El producto que se seca puede soportar temperaturas elevadas o bien requiere un tratamiento suave a temperaturas bajas o moderadas. Esto da lugar a que en el mercado exista un gran número de tipos de secaderos comerciales. Las diferencias residen, fundamentalmente, en la forma en que se mueven los sólidos a través de la zona de secado y en la forma en la que se transmite calor.

2.2.1. Naturaleza de la sustancia que se va a secar

La sustancia puede ser un sólido rígido como madera o triplay, un material flexible como tela o papel; un sólido granular, como una masa de cristales; una pasta ligera o un lodo ligero, o una solución. La forma física de la sustancia y los diferentes métodos de manejo necesarios tienen tal vez, la mayor influencia sobre el secador que se va a utilizar.

2.2.1.1. Cantidad de humedad de los sólidos

El contenido de humedad de un producto puede expresarse sobre la base del peso húmedo, masa de agua por unidad de masa de producto húmedo, o

sobre la base del peso seco, masa de agua por unidad de masa de componentes sólidos desecados, el último método se utiliza más frecuentemente en los cálculos de la desecación.

2.2.1.2. Humedad en base seca

Es la cantidad de agua referida al solido seco.

$$\%H_{BS} = \frac{kg\ agua}{kg\ solido\ seco} * 100$$

2.2.1.3. Contenido crítico de humedad (Xc)

Es el contenido de humedad promedio cuando concluye el periodo de velocidad constante.

2.2.1.4. Humedad ligada

Humedad contenida en una sustancia que ejerce una presión de vapor en el equilibrio menor que la del líquido puro a la misma temperatura.

2.2.1.5. Humedad no ligada

Humedad contenida en una sustancia que ejerce una presión de vapor en el equilibrio igual a la del líquido puro a la misma temperatura.

2.2.1.6. Humedad libre

Es la contenida por una sustancia en exceso de la humedad en el equilibrio: $X - x^*$. Solo puede evaporarse la humedad libre; el contenido de humedad libre de un sólido depende de la concentración del vapor en el gas.

2.2.2. Condiciones de secado

El contexto en el que se realiza el secado influirá en el producto final, a continuación se describen las condiciones que se pueden dar:

2.2.2.1. Condiciones externas

Durante la transferencia de calor en la cual se pretende eliminar la cantidad de agua en forma de vapor de la superficie de la partícula, algunas condiciones toman un papel importante como: la temperatura, el flujo de aire, la humedad, área de la superficie expuesta al calor y la presión, ya que estas condiciones durante la etapa inicial del secado son importantes para remover la humedad de la superficie.

En algunos materiales el exceso de evaporación en la superficie puede causar encogimiento esto debido a que la humedad inicial ha sido removida dando lugar a altos porcentajes de humedad interior hacia la superficie, formando tensiones dentro del material, ocasionando deformaciones.

2.2.2.2. Condiciones internas

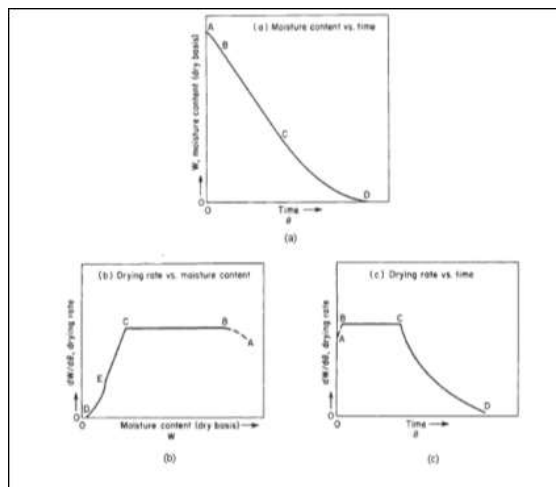
Los factores que pueden determinar la rapidez del secado son: la temperatura, su contenido de humedad y la naturaleza interna de la partícula.

Durante la transferencia de calor hacia un material húmedo, un gradiente de temperatura se genera dentro del material mientras la evaporación de la humedad ocurre en la superficie. Esto sucede a través de mecanismos de extracción de la humedad, dependiendo de la naturaleza de su ubicación tanto interna como externa, como son: difusión, flujo capilar o capilaridad, presión interna causada por el encogimiento durante el secado.

2.2.2.3. Curvas de secado

Cuando un sólido se deseca experimentalmente, casi siempre se obtienen datos que asocian el contenido de humedad con el tiempo. Estos datos se presentan gráficamente como contenido de humedad en base seca W en función del tiempo θ .

Figura 3. **Tiempos de secado**



Fuente: PERRY, Robert H.. *Manual del ingeniero químico*. p. 186-209.

La figura indica que la velocidad de desecación está sujeta a variación en función del tiempo o el contenido de humedad. Esta variación se ilustra con mayor claridad diferenciando gráfica o numéricamente la curva y haciendo una representación gráfica de $dW/d\theta$ en función de W , como se muestra en la figura 3 sección 1, $dW/d\theta$ en función de θ , como se señala en la sección 2. Y en la sección 3 se indica con claridad lo que dura cada período de secado.

2.2.3. Clasificación del equipo de secado

Los métodos y procesos de secado se clasifican de diferentes maneras; se dividen en procesos de lotes, cuando el material se introduce en el equipo de secado y el proceso se verifica por un período; o continuos, si el material se añade sin interrupción al equipo de secado y se obtiene material seco con régimen continuo.

2.2.3.1. Método de operación

El secado de un sólido se puede realizar en un solo paso o por etapas, dependiendo de las características fisicoquímicas de dicha materia.

2.2.3.1.1. Equipo por lotes o semilotes

Se opera intermitente y en condiciones de estado no estacionario. El secador se carga con la sustancia, que permanece en el equipo hasta que se seca; entonces, el secador se descarga y se vuelve a cargar con un nuevo lote.

2.2.3.1.2. Secadores continuos

Generalmente se operan en estado estacionario.

2.2.3.2. Equipos de secado

Para realizar la operación unitaria de secado, se requiere de equipo que cumpla con los parámetros establecidos, dicha clasificación se describe a continuación:

2.2.3.2.1. Secadores de bandejas

Resultan convenientes cuando la capacidad de producción es pequeña. Prácticamente pueden secar cualquier producto, pero la mano de obra necesaria para la carga y descarga da lugar a costos elevados de producción. Frecuentemente se utilizan en secado de materiales valiosos como, colorantes o productos farmacéuticos. El secado por circulación de aire sobre capas estacionarias de sólidos es lento y, por consiguiente, los ciclos de secado son largos.

Figura 4. Secador de bandejas



Fuente: *secador de bandejas* [en línea]
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/nivon_d_r/capitulo4.pdf [Consulta: 10 de octubre de 2014].

2.3. Fenómenos de transferencia de calor y masa

Durante el secado tienen lugar los tres mecanismos, por los que se transmite calor: radiación, conducción y convección. La importancia relativa de cada uno de estos mecanismos varía de un proceso de secado a otro, predominando con frecuencia uno de ellos hasta el punto de que gobierna el proceso en conjunto, en muchos de los casos se asume que la transferencia por convección es la que mayor aporta al proceso porque el fenómeno de transporte de calor puede asumirse como el transporte de pequeñas partículas al paso de una corriente.

El proceso de secado con aire se puede dividir en dos partes:

- **Primero:** periodo de inducción o de velocidad de secado creciente. En este periodo el producto se calienta, aumentando la temperatura del producto y adaptándose el material a las condiciones de operación. Se caracteriza por una sobre saturación en la superficie.
- **Segundo:** periodo de velocidad de secado constante. Este se caracteriza por el hecho de que la superficie del alimento se mantiene a un nivel de humedad tal, que la presión de vapor del agua en el alimento es igual a la presión de vapor del agua pura a la temperatura del bulbo húmedo contenida en el aire. La resistencia a la transferencia de calor o materia está localizada solamente en la corriente de aire de manera que la velocidad de flujo no varía con el tiempo.

La magnitud de la velocidad constante de transferencia de masa depende de tres factores, que son variables externas:

- El coeficiente de transmisión de masa.
- El área expuesta de secado.
- La diferencia de temperatura o humedad entre la corriente de gas y la superficie mojada del sólido.

El fin de este periodo de velocidad de secado constante se prolonga hasta que el contenido de humedad del sólido desciende hasta un valor denominado humedad de equilibrio. Los valores de la humedad crítica no son solo característicos de cada material alimenticio sino que dependen también de aquellos factores que controlan la velocidad del movimiento de humedad interno–externo.

Los valores obtenidos para el contenido de humedad crítica en la mayoría de alimentos suelen estar muy cerca de los valores del contenido de humedad inicial, de manera que el periodo de velocidad de secado constante en alimentos es muy pequeño. En este periodo se extrae agua equivalente a una superficie de agua exterior. La velocidad de eliminación de agua es por ello regulada por la velocidad de transmisión de calor desde el aire a la superficie del agua y por las presiones de vapor parcial del agua en la superficie y en la corriente de aire.

Periodos de velocidad de secado decreciente. Una vez que la superficie del sólido llega a la insaturación, comienza el primer periodo de velocidad de secado decreciente. La humedad del alimento va disminuyendo progresivamente, en consecuencia la velocidad de secado irá disminuyendo con el tiempo.

2.4. Propiedades organolépticas de los alimentos

Organoléptico significa que causa una impresión sobre un órgano o sentido en particular: la vista, el oído, el tacto, el olfato y el gusto. No es necesario gustar de un alimento para aceptarlo. Solo debe emitir impresiones sensoriales que se perciban como respuestas afirmativas a las preguntas: ¿Es comestible? (comestible significa apto para el consumo), ¿debo comerlo?

2.4.1. Valoración sensorial

La valoración sensorial se define, en sentido amplio, como un conjunto de técnicas de medidas y evaluación de determinadas propiedades de los alimentos, a través de uno o más de los sentidos humanos. Es una función que la persona realiza desde la infancia y que le lleva, consciente o inconscientemente, a aceptar o rechazar los alimentos de acuerdo con las sensaciones experimentadas al observar o ingerirlos. La necesidad de adaptarse a los gustos del consumidor obliga a que, de una forma u otra, se intente conocer cuál será el juicio del consumidor en la valoración sensorial que realizará del producto alimentario. Es evidente la importancia que, para el técnico en la Industria Alimentaria tiene el disponer de sistemas y herramientas que le permitan conocer y valorar las cualidades organolépticas del producto que elabora y la repercusión que los cambios en su elaboración o en los ingredientes pueden tener en las cualidades finales. El análisis sensorial es una herramienta más del control de calidad total de la empresa. El análisis sensorial debe incidir:

2.4.1.1. Primera fase

Corresponde a las materias primas que entrarán en el proceso de fabricación. Mediante métodos físicos, químicos o microbiológicos, se determina si estos ingredientes están de acuerdo con las normas de calidad de la empresa, ya que en la industria alimenticia, el olor, color, sabor y en general los caracteres organolépticos, son criterios de aceptación o rechazo tan importante como los instrumentales. Se refiere al nivel de calidad preestablecido.

2.4.1.2. Segunda fase

Se entraría en la problemática que presenta la sustitución de uno o varios ingredientes de la fórmula sobre las características del producto final y en la variación que estos cambios provocan en la aceptación del producto, o en la detección de su presencia. Va referido a la determinación de la vida útil del alimento, o al deterioro que sufrirá durante su comercialización.

2.4.1.3. Tercera fase

Se aplicará al control de mercado. Las investigaciones sobre la opinión del consumidor, con base en el grado de aceptación del producto, las diferencias entre los productos propios y los de la competencia, la evolución del gusto en los grupos sociales, entre otros, solo pueden llevarse a cabo sensorialmente. El análisis sensorial dependerá del objetivo concreto que se busque. Así, en función de la finalidad que se pretenda conseguir, se divide el análisis sensorial en:

- Análisis de calidad: se debe examinar el producto y clasificar objetivamente los distintivos característicos.

- **Análisis de aceptación:** se pretende dictaminar el grado de aceptación que tendrá un producto, siendo a veces deseable conocer la reacción subjetiva del catador.

Se puede considerar que hay tres tipos de degustación:

2.4.2. La degustación analítica

Tiene por finalidad separar, ordenar y finalmente dentro de lo posible, identificar la impresiones dominantes. Es la interpretación de un conjunto de sensaciones que se perciben simultánea o sucesivamente.

2.4.2.1. La degustación técnica

Pretende juzgar las cualidades comerciales del producto, siendo exclusiva y eliminatoria, ya que debe evaluar si tiene o no el nivel de calidad que se pretende y además, debe permitir apreciar lo defectos, conociendo su causa.

2.4.3. La degustación hedónica

Persigue el placer de comer o beber, desea extraer la quintaesencia del producto, para lo cual se le colocará en las mejores condiciones posibles. Se trata de comer o beber inteligentemente, o sea, aprovechar todo lo que el producto puede ofrecer al catador. Se evalúa por un panel de personas específicamente entrenadas para reconocer estas características. Para evaluar el color y la consistencia existente, otros métodos más objetivos. Sin embargo, para valorar el olor y el sabor del producto se recurre al método subjetivo, o sea, al juicio del panel. El panel evalúa también el producto total.

Se pide al juez que luego de su primera impresión responda cuánto le agrada o desagrada el producto, esto lo informa de acuerdo a una escala verbal-numérica que va en la ficha. La tabla III muestra una escala con 5 puntos:

Tabla III. **Calificación hedónica**

1 = me disgusta mucho	4 = me gusta
2 = me disgusta	5 = me gusta mucho
3 = no me gusta, ni me disgusta	

Fuente: ISO 4121 Sensory Analysis. [En línea]

http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=33817 [Consulta: 15 de octubre de 2014].

Los resultados del panel se analizan por varianza, pero también pueden transformarse en *ranking* y analizar por cómputos.

Existe una gran confusión en la determinación y en la descripción de las propiedades organolépticas, por ejemplo: algunas personas emplean indistintamente palabras como gusto, sabor, olor, aroma, perfume; sin un empleo conceptual único para las mismas. Para estandarizar estas definiciones y facilitar el presente trabajo se han adoptado las siguientes:

Sabor = gusto + olor

Aspecto = textura + color

2.4.3.1. El gusto

Como se ha indicado anteriormente, la percepción del gusto se efectúa en las papilas gustativas situadas en la lengua y en el paladar.

Las sustancias no tienen, en general, un sabor único; lo que se percibe suele ser una sensación compleja originada por uno o más de los gustos básicos: ácido, salado, dulce y amargo.

Los productos que presentan gustos ácidos, salados y dulces permiten regularmente, establecer reglas asociadas a las funciones químicas o a la estructura química del producto. Los gustos salinos provienen, en general, de sales inorgánicas; los dulces pueden predecirse a partir de la estructura química; los ácidos están definidos por funciones carboxílicas en producto orgánicos y en el gusto característico de los ácidos inorgánicos.

El gusto amargo no obedece a reglas y, en general suelen presentarse amargos en estructuras químicas muy dispares. Sin embargo, en aminoácidos y péptidos de bajo peso molecular existen reglas bastante bien documentadas, para predecir el gusto. Como curiosidad, el gusto amargo en bajas concentraciones, sirve para resaltar o mejorar el sabor de los alimentos y en ciertos casos como medida de la calidad.

2.4.3.2. El color

De las propiedades organolépticas es la que más fácilmente puede ser estandarizada su evaluación. Existen escalas de colores bien definidas que permiten comparar el color de soluciones líquidas y sólidos, y espectrofotómetros especializados en la determinación del color. Tanto en

líquidos como en sólidos pueden presentarse interferencias en la percepción del color: transparencia, opalescencia en líquidos, tamaño de partícula, brillo, opacidad en sólidos.

2.4.3.3. La textura

La textura en sólidos en polvo y la apariencia en líquidos sirven para describir conjuntamente varias propiedades físicas. La textura de los sólidos está influida por el tamaño de partícula, la higroscopicidad del producto, el molturado, la plasticidad, entre otros.

2.5. Pasos principales para secar alimentos

- Seleccionar (primera vez): separar los productos en buen estado y descartar los productos en mal estado, muy maduros o con manchas.
- Lavar (primera vez): con agua limpia para limpiar la suciedad de la superficie de los productos a secar.
- Seleccionar (segunda vez): cortar con un buen cuchillo todas las partes inservibles del producto: cáscara, restos de raíz, tallo, semillas y las partes descompuestas, lastimadas o inmaduras, entre otros.
- Cortar: según el producto y la presentación deseada, cortar en forma de cubos, trozos, rodajas o tiras. En todos los casos el espesor de los pedazos no debe pasar los 0,5 a 1 centímetros de grueso, para favorecer un secado adecuado.
- Lavar (segunda vez): por segunda vez con abundante agua para eliminar cualquier suciedad, cáscara que pueda haber.
- Pretratar: según el tipo de producto se aplicarán diferentes tipos de pretratamientos tales como: blanqueado, baño en jugo de limón, salado,

baño en solución de metabisulfito de sodio, saturación de sacarosa, entre otras.

- Secar: colocar los productos preparados en el secador a utilizar.
- Seleccionar (tercera vez): antes de envasarlos separa aquellas partes mal secadas o quemadas.
- Envasar: después del secado los productos tienen que ser envasados rápidamente, para que no vuelvan a humedecerse por la humedad del ambiente.
- Almacenar: para la buena conservación de los productos secos, debe almacenarse en buenas condiciones.

2.6. Tratamientos previos a realizar el secado

Es importante realizar un tratamiento previo en los sólidos a secar, debido a que, esto favorecerá a preservar las características organolépticas de dicha materia.

2.6.1. Sulfitado

La adición de sulfitos inhibe las reacciones de oscurecimiento de los productos a deshidratar, actuando sobre los azúcares. La forma más común de realizar el sulfitado es la inmersión del producto en una solución acuosa de metabisulfito de sodio o potasio a razón de 5 a 10 gramos de dicho producto por libra durante 5 a 10 minutos a temperatura ambiente. Para este tratamiento hay que usar recipientes no sensibles a la corrosión, tales como: acero inoxidable, vidrio, entre otros.

Como el azufre en concentraciones elevadas es tóxico, hay que cuidar bien la dosis. Las normas de la Organización Mundial para la Salud (OMS) fijan la concentración máxima de azufre en un producto deshidratado a 0,05 por ciento.

2.6.2. Saturación de sacarosa

Esto se refiere a la adición de sacarosa que, dependiendo del producto a deshidratar, puede acentuar su sabor original. La acción común de dicho pretratamiento es la disminución de la actividad de agua que inhibe el desarrollo microbiano o por lo menos lo retarda. Este procedimiento facilita la primera fase del secado, donde se utilizan concentraciones de 5-25 °brix.

2.7. Espectrofotometría en alimentos

Es el método de análisis óptico más usado en las investigaciones químicas y bioquímicas. El espectrofotómetro es un instrumento que permite comparar la radiación absorbida o transmitida por el alimento que contiene una cantidad desconocida de soluto, y una que contiene una cantidad conocida de la misma sustancia.

Todos los alimentos pueden absorber energía radiante. La absorción de las radiaciones ultravioletas, visibles e infrarrojas depende de la estructura de las moléculas, y es característica para cada sustancia química.

Cuando la luz atraviesa el alimento, parte de la energía es absorbida; la energía radiante no puede producir ningún efecto sin ser absorbida. El color del alimento se debe a que este absorbe ciertas longitudes de onda de la luz blanca que incide sobre él y solo deja pasar a los ojos aquellas longitudes de onda no absorbidas.

La espectrofotometría ultravioleta-visible utiliza haces de radiación del espectro electromagnético, en el rango UV de 80 a 400 nm, principalmente de 200 a 400 nm, y en el de la luz visible de 400 a 700 nm, por lo que es de gran utilidad para caracterizar los materiales en la región ultravioleta y visible del espectro. Al campo de luz uv de 200 a 400 nm se le conoce también como rango de uv cercano, la espectrofotometría visible solamente usa el rango del campo electromagnético de la luz visible, de 400 a 700 nm.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

Las variables que tengan efecto sobre los resultados final del tema de estudio se definen por medio de estudios teóricos previos de los fenómenos y comportamientos que puedan ocurrir durante el secado de mango tomy utilizando los pretratamientos de saturación de sacarosa y sulfitado para comparar las características organolépticas, el porcentaje de humedad y la presencia de β -carotenos.

3.1.1. Variables de control

Servirán como parámetro durante la experimentación del secado de mango tomy atkins.

Tabla IV. **Determinación de variables de control a escala laboratorio**

Variable	Dimensional		Factor potencial de diseño		Factores perturbadores
			Constante	Variable	Controlable
Temperatura	Celsius	°C	X		X
Presión	atmósfera	atm	X		X
Tiempo de secado	Horas	h		X	X
Concentración de sulfito	Molar	$\frac{mol}{L}$	X		X
Concentración de sacarosa	°Brix	°Brix		X	X

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Variables dependientes y respuesta

A continuación se describen las variables que serán dependientes en función a los valores independientes.

Tabla V. **Determinación de las variables dependientes a escala laboratorio**

Variable	Dimensional		Factor potencial de diseño		Factores perturbadores	
			Constantes	Variables	No controlable	
B-carotenos	microgramos	µg		X		X
Porcentaje de humedad	Porcentaje	%		X		X

Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Variables Independientes

Se determinan las variables independientes que se utilizarán en la parte experimental:

Tabla VI. **Determinación de variables independientes a escala laboratorio**

Variable	Dimensional		Factor potencial de diseño		Factores perturbadores	
			Constante	Variable	Controlable	No controlable
Contenido de pulpa	Gramos	G	X		X	
Área de transferencia de masa	Metros cuadrados	m ²	X		X	

Fuente: elaboración propia.

3.1.4. Variables de medición

Dichos parámetros serán los controlados durante la experimentación, con el fin de no alterar los resultados finales.

Tabla VII. **Determinación de las variables de medición a escala laboratorio y planta piloto**

Variable	Dimensional		Instrumento de medición
Cantidad de pulpa	Gramos	g	Balanza
Cantidad de sulfito	Molar	mol/L	Balón aforado
Cantidad de sacarosa	°Brix	°Brix	Balón aforado
Tiempo de secado	Horas	h	Cronometro
Porcentaje de humedad	Porcentaje	%	-----

Fuente: elaboración propia.

3.1.5. Variables de medición analítica

Se determinan las variables en función a la escala analítica a utilizar en la medición de características organolépticas:

Tabla VIII. **Determinación de las variables de medición de conservación a escala laboratorio y planta piloto**

Variable	Método de medición
Escala analítica y hedónica	Escala 1-5

Fuente: elaboración propia.

3.1.6. Variables de medición en escala hedónica

A continuación se describen los valores en función a la determinación sensorial:

Tabla IX. **Determinación de la escala hedónica en función de las características organolépticas**

1 = me disgusta mucho	4 = me gusta
2 = me disgusta	5 = me gusta mucho
3 = no me gusta ni me disgusta	

Fuente: *ISO 4121 Sensory Analysis*. [en línea]:

http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=33817. Consulta: 16 de octubre de 2014.

3.2. Delimitación de campo de estudio

- Área: alimentos.
- Industria: alimenticia.
- Línea de investigación: secado de alimentos.
- Proceso: comparación de la presencia de β -carotenos, contenido de humedad y características organolépticas del mango tomy atkins, utilizando los pretratamientos de saturación de sacarosa y sulfitado previo a ser secado.
- Ubicación: el secado de mango tomy atkins se llevó a cabo en la Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Laboratorio de Investigación Extracciones Vegetales. El análisis de características organolépticas se realizó en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. El estudio de B-carotenos se

llevó a cabo en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP).

3.3. Recursos humanos disponibles

- Investigador: Walther Antonio de León Gutierrez
- Asesora: Ms. Sc. Inga. Hilda Palma de Martini
- Catadoras: para realización de pruebas organolépticas

3.4. Recursos materiales disponibles

Fue la materia necesaria para llevar a cabo el proceso de experimentación.

3.4.1. Materia orgánica

- Mango Tomy Atkins
- Solución de sacarosa a 5 y 25°Brix

3.4.2. Materia inorgánica

- Metabisulfito de sodio 0.05M

3.4.3. Cristalería y equipo

- Secador de bandejas de flujo transversal marc.
- Balanza marca: Adventur serie: G1231202040133, voltaje 8-14.5V, frecuencia. 50/60 Hz máxima capacidad 150 gramos, lectura mínima 0,001gramos, hecha en EE.UU.
- Plancha de calentamiento.

- Termómetros de mercurio.
- Balón de aforado de 50 y 100 mL.
- *Beackers* de vidrio *pyrex* de 50 y 100 mL.
- Probetas de 50 y 100 mL.
- Embudo *buchner*.
- Pipetas de 5 y 10 mL.
- Perillas de succión.
- Papel mayordomo.
- Recipientes previamente desinfectados.
- Algodón.

3.5. Técnica cualitativa y cuantitativa

El objetivo de este estudio es de carácter cualitativo, debido a que se compararon las características organolépticas en función de los dos pretratamientos utilizados (saturación de sacarosa y sulfitado) en el mango tomy atkins previo a ser secado. Se utiliza un sistema de pruebas de valoración sensorial analítica y hedónica, para conocer de una mejor manera lo que piensa un grupo seleccionado de personas (mínimo 30 integrantes) acerca del proceso realizado en el mango tomy atkins.

Este estudio, también presenta una sección cuantitativa debido a que se determinará el porcentaje de humedad eliminada utilizando las curvas de secado, así como la cantidad de β -carotenos presente en el producto final por medio de espectrofotometría.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

La recolección del mango tomy atkins se realizó de los frutos de venta nacional (mayo de 2014), luego de ello, se realizaron los estudios experimentales de secado en el Laboratorio de Extracciones Industriales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos. Por último el estudio de valoración sensorial y nutricional se llevó a cabo en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Farmacia de la Universidad San Carlos de Guatemala y en el INCAP respectivamente, para ello se utilizaron trozos rectangulares de mango tomy atkins de 8 mm de espesor aproximadamente.

3.6.1. Determinación de corridas a realizar

Para determinar la cantidad de tratamientos a realizar, se asumirá probabilidad de éxito del 90 por ciento, probabilidad de fracaso de un 10 por ciento, con un nivel de significancia del 4 por ciento y un error estimado del 35 por ciento, teniendo:

$$N = \frac{Z^2 PQ}{E^2}$$

Donde:

Z = confiabilidad

P = probabilidad de éxito

Q = probabilidad de fracaso (1 -P)

E = error estimado

N = número de tratamientos

De la ecuación anterior se obtiene la cantidad de corridas a utilizar:

$$N = \frac{(1.96)^2 * 0.90 * 0.10}{(0.35)^2}$$

$$N = 2.8224 \approx 3$$

3.6.2. Diseño de tratamientos

El tema de estudio es de análisis cualitativo, por lo que se llevó a cabo de manera experimental y se pretendió hacer un diseño de tratamientos para cumplir los objetivos y obtener resultados satisfactorios.

El secado para disminuir el contenido de humedad se realizó en un secador de bandejas utilizando dos pretratamientos (saturación en sacarosa y sulfitado), para que el producto no sufra cambios físicos indeseables debido a los cambios de temperatura a los que se expondrá.

Seguidamente la determinación de β -carotenos se realizó en un espectrofotómetro, identificando con qué tratamiento se obtuvo un mayor índice de dicho nutriente. Luego de esto se procederá a realizar un análisis sensorial. Todo esto en función de los tres tratamientos realizados para comparar como variaron los resultados en dichos tratamientos.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Determinación del porcentaje de humedad eliminada del mango tomy atkins:

$$\%H_{BS} = \frac{kg H_2O}{kg SS} * 100$$

Donde:

kg H₂O= kilogramos de agua eliminada (kg)

kg SS= kilogramos de sólido seco obtenido (kg)

%H_{BS} = porcentaje de humedad de sólido seco (%)

Tabla X. **Datos experimentales obtenidos del secado de mango tomy atkins**

Tratamiento	Repetición	Tiempo de secado (h)	Masa de agua eliminada (g)	Masa de sólido seco obtenido (g)
1	1	t ₀	m ₀	m _{f0}
	2	t ₁	m ₁	m _{f1}
	3	t ₂	m ₂	m _{f2}
	Promedio	-	-	-
2	1	t ₀	m ₀	m _{f0}
	2	t ₁	m ₁	m _{f1}
	3	t ₂	m ₂	m _{f2}
	Promedio	-	-	-
3	1	t ₀	m ₀	m _{f0}
	2	t ₁	m ₁	m _{f1}
	3	t ₂	m ₂	m _{f2}
	Promedio	-	-	-

Fuente: elaboración propia.

3.8. Análisis estadístico

En el análisis estadístico se hará un cálculo de promedio para obtener datos más exactos con las corridas inicialmente planteadas. El promedio se calculó de la siguiente manera:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Donde:

\bar{x} = valor promedio

x_i = valor i

n = número de datos

A partir del promedio, también se encuentra la desviación estándar (S) que permite observar la dispersión entre valores para una misma medición respecto al promedio. El cálculo de la desviación estándar se representa por:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:

\bar{x} = valor promedio

x_i = valor i

n = número de datos

S = desviación estándar

Adicionalmente se hará un análisis t-student, dado que el número total de muestras es <30. Esta distribución muestral tiene como objetivo describir el comportamiento de una población completa (muestras en este caso). Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{S/\sqrt{n}}$$

Donde:

t = valor t student

\bar{x} = media muestral

μ = media poblacional

S = desviación muestral

n = número de muestras

3.8.1. Plan de análisis de los resultados

Los resultados obtenidos durante la realización de la experimentación se someterán a un análisis con programas para lograr ver el comportamiento de los datos obtenidos.

3.8.2. Métodos y modelos de los datos según tipo de variables

- Método de espectrofotometría: dato de lectura digital igual a compuestos en la muestra.
- Análisis sensorial: determinación de características físicas del producto secado por medio de valoraciones sensoriales analítica y hedónica.

3.8.3. Programas a utilizar para análisis de datos

- Microsoft Excel 2010: hoja de cálculo electrónica para facilitar operaciones matemáticas.
- Microsoft Visio 2010: software utilizado para facilitar la elaboración de diagramas.

4. RESULTADOS

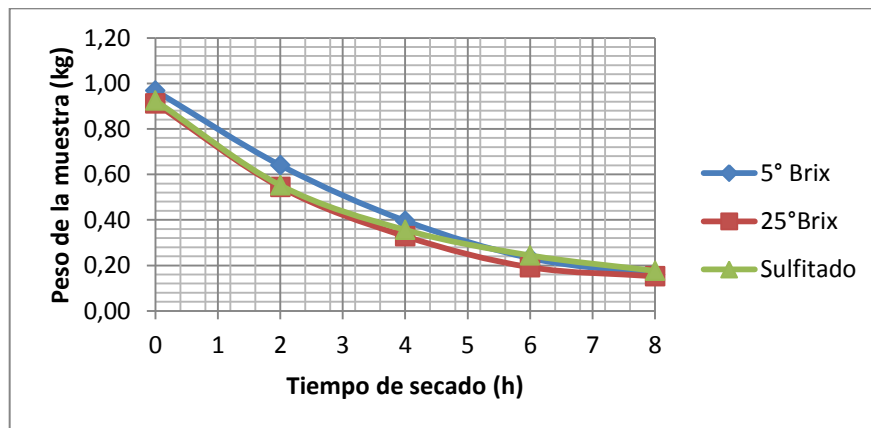
A continuación se presentan los datos cuantitativos y cualitativos obtenidos luego de realizar la experimentación:

Tabla XI. **Porcentaje promedio final de secado**

Número de bandeja	5 °Brix		25 °Brix		Sulfitado °Brix	
	Porcentaje final de secado	Promedio	Porcentaje final de secado	Promedio	Porcentaje final de secado	Promedio
1	8,92	8,85	8,92	9,13	12,59	10,14
2	8,56		9,73		11,89	
3	8,92		9,30		11,63	
4	8,92		9,13		5,69	
5	8,92		8,56		8,92	

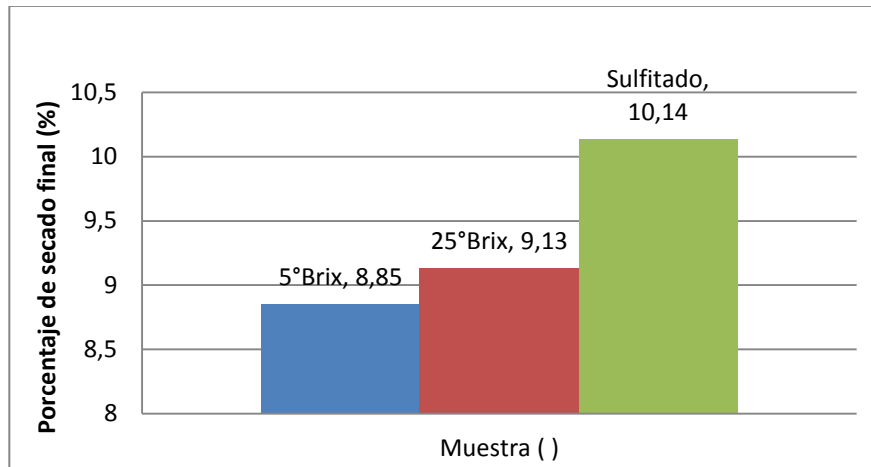
Fuente: elaboración propia, con datos de la tabla VI.

Figura 5. **Peso de la muestra en función al tiempo de secado**



Fuente: elaboración propia, con datos de la figura 1.

Figura 6. **Porcentaje de secado en función de la muestra**



Fuente: elaboración propia, con datos de la figura 2.

Tabla XII. **Calificación del color, olor y textura en función al test hedónico**

Color		Calificación
5°Brix	2,66 ± 0,50	NI GUSTA NI DISGUSTA
25°Brix	3,37 ± 0,50	GUSTA
Sulfitado	4,20 ± 0,50	GUSTA MUCHO

Olor		Calificación
5°Brix	3,34 ± 0,50	GUSTA
25°Brix	3,54 ± 0,50	GUSTA
Sulfitado	4,03 ± 0,50	GUSTA MUCHO

Textura		Calificación
5°Brix	2,91 ± 0,50	NI GUSTA NI DISGUSTA
25°Brix	3,49 ± 0,50	GUSTA
Sulfitado	4,06 ± 0,50	GUSTA MUCHO

Fuente: elaboración propia, con datos de la tabla VIII.

Tabla XIII. **Promedio de calificaciones de test hedónico**

Muestra	Calificación promedio	Calificación promedio
5 °Brix	2,97 ± 0,50	NI GUSTA NI DISGUSTA
25°Brix	3,47 ± 0,50	GUSTA
Sulfitado	4,10 ± 0,50	GUSTA MUCHO

Fuente: elaboración propia, con datos de la tabla IX.

Tabla XIV. **Resultados b-carotenos de las muestras**

Muestra	B-carotenos (mg/100g)	Porcentaje de pérdida
Mango sin ser deshidratado	3,80	0,00
5 °brix	2,18	43,00
25°brix	2,12	44,00
Sulfitado	0,76	80,00

Fuente: elaboración propia, con datos de la tabla XI.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La tabla XI expresa el porcentaje final de humedad presente en el mango tomy atkins, luego de ser deshidratado en un secador de bandejas, para ello se utilizaron tres pretratamientos (5 °brix, 25 °brix y sulfitado), para observar cuantitativamente como variaban los resultados.

Los resultados promedio de las diferentes bandejas donde se colocaron los trozos de mango fueron: 8,85 9,13 y 10,14 por ciento respectivamente, lo que indica que el mango deshidratado con el pretratamiento de 5 °brix fue el que se deshidrató en un mayor porcentaje, mientras que el pretratado con sulfitado presenta una humedad mayor. Cabe mencionar que para que un alimento deshidratado pueda ser almacenado para su pronto consumo, este debe tener un índice menor al 12 por ciento de contenido de agua, debido a que con esto se elimina la presencia de microorganismos y bacterias hídricas, esto según la Norma ISO 7954 (referencia bibliográfica 6), por lo que los tres lotes de mango deshidratado están dentro de los parámetros establecidos en dicha norma.

Analizando la figura 5 donde se determina cómo decrece el peso de la muestra en función a las horas de secado, se observa un comportamiento decreciente, llegando a tener un comportamiento considerablemente estable luego de las seis horas, el mango con los tres diferentes pretratamientos presenta el mismo modelo, refiriendo así, que conforme pasa el tiempo de secado, la muestra va transfiriendo el contenido de agua al contorno (en este caso el aire del secador), lo que genera que dicho fruto vaya perdiendo cierto porcentaje de peso, hasta llegar a un equilibrio con el medio, produciéndose así la operación unitaria de secado en alimentos.

En la figura 6 se observa un gráfico de columnas para determinar con qué pretratamiento se obtuvo un mayor porcentaje de secado. Se puede verificar que el mango tomy atkins que presenta un mayor secado es el que es pretratado con solución de 5 °brix (8,85 por ciento de contenido de humedad), mientras que los pretratados con 25 °brix y sulfitado tienen un mayor contenido de humedad. Esto pudo suceder por dos factores: los trozos tratados con 5 °brix presentarán un menor espesor, y el contenido de sacarosa de las soluciones con °brix.

La sacarosa por ser un elemento orgánico posee una mayor atracción con el agua, lo que influye al momento de extraer líquido de un sólido, esto comparado con el metabisulfito de sodio (solución sulfitada), que por ser un compuesto inorgánico presenta menor atracción con el agua. Ahora analizando las dos soluciones de sacarosa, se dio un mayor secado en la solución con menor contenido de sacarosa (5 °brix), debido a que esta no se encuentra sobresaturada como lo estuvo la solución a 25 °brix, por lo que el secuestro de H₂O es mayor.

La tabla XII determina las calificaciones dadas en el test hedónico para conocer las características organolépticas del mango tomy atkins secado tras ser pretratado. En función al color, la mayor calificación se obtuvo con el sulfitado el cual fue de me gusta mucho (calificación de $4,20 \pm 0,50$), debido a que este presentaba un color amarillo muy atractivo a la vista (las fotografías de los diferentes pretratamientos se pueden observar en la sección de anexos). Mientras que las muestras pretratadas con 5 y 25 °brix presentaron una calificación de gusta (calificación de $3,37 \pm 0,50$) y ni disgusta ni gusta (calificación de $2,66 \pm 0,50$), esto se debió a que las muestras pretratadas con sacarosa, tienen un color café, dado a que la sacarosa al estar en contacto en un medio con temperatura de 50 °C, caramelizo, es decir, el grupo carbono

regresó a su estado natural, el cual presenta un color café oscuro a negro en la naturaleza, y esta es la razón de que las muestras presentaran dicho color.

En función al olor, el mayor puntaje fue también, para el mango pretratado con sulfitado como gusta mucho (calificación $4,03 \pm 0,50$), mientras que los pretratados con sacarosa presentaron la calificación de me gusta ($3,34 \pm 0,50$ y $3,54 \pm 0,50$ respectivamente). El sulfitado realzó el olor del mango, mientras que la sacarosa le dio su olor peculiar a azúcar a las muestras, por lo que, para las estudiantes de nutrición (quienes evaluaron las muestras), les fue más agradable el olor natural del mango en comparación con un olor azucarado.

La textura del mango al momento de ser probado presentó una calificación de me gusta mucho (nota de $4,06 \pm 0,50$) para sulfitado, gusta (calificación de $3,49 \pm 0,50$) para 25 °brix y ni gusta ni disgusta (calificación de $4,06 \pm 0,50$) para 5 °brix. Un factor influyente en esta calificación es el contenido de humedad presente, como se analizó anteriormente la muestra de 5 °brix, tuvo la menor cantidad de contenido de agua respecto a las otras dos muestras, por lo que lo hizo un producto más duro y/o tieso al momento de degustarlo.

En la tabla XIII se realiza una comparación general del test hedónico para las tres muestras donde, la muestra de sulfitado obtuvo una calificación de gusta mucho, la de 25 °brix de gusta, y la de 5 °brix de ni gusta ni disgusta; por lo que el mango secado y pretratado con sulfitado es el que más le llama la atención a la gente debido a que presenta un color más llamativo, mejor aroma y mejor textura, esto comparado con los otros dos pretratamientos.

Por último, en la tabla XIV se determina el contenido de B-carotenos del mango luego de ser secado, para analizar que pretratamiento conserva mejor la vitamina A en el fruto deshidratado. Como se puede observar el contenido de B-

carotenos de un mango tomy atkins sin ser secado es de 3,80 mg en 100 gramos de pulpa (referencia 13), al momento de ser secado los valores disminuyeron quedando así: 2,18 mg para la muestra de 5 °brix, 2,12 mg para 25 °brix y 0,76 mg para sulfitado.

Como se puede observar la disminución de contenido nutritivo es muy alta en el mango pretratado con sulfitado, ya que presenta una pérdida del 80 por ciento de nutriente, mientras que las muestras con 5 y 25 °brix presentan una pérdida del 43 y 44 por ciento respectivamente. El porcentaje de pérdida de vitamina A es menor con las soluciones de sacarosa debido a que el azúcar por poseer contenido de vitamina A, preservó y adhirió B-carotenos a dichas muestras, mientras que la muestra con sulfitado que proviene del metabisulfito de sodio, no posee contenido de vitamina A, por lo que la pérdida fue mayor.

CONCLUSIONES

1. El porcentaje final de contenido de humedad del mango tomy atkins secado en función a los diferentes pretratamientos fue de: 8,85 por ciento para 5 °brix; 9,13 por ciento para 25 °brix y 10.14 para la muestra con sulfitado, los cuales son menores al 12 por ciento de contenido de humedad aceptado, según la Norma ISO 7954 Microbiology of Food.
2. El test hedónico para las muestras secadas determinó las siguientes calificaciones: ni gusta ni disgusta con un valor de $2,97 \pm 0,50$ para el mango pretratado con 5 °brix; 3,47 $\pm 0,50$ calificación de gusta para 25 °brix; y gusta mucho con calificación de $4,10 \pm 0,50$ para sulfitado, todos estos valores en una escala de 1 a 5.
3. El contenido de B-carotenos para el mango tomy atkins con los diferentes pretratamientos fue: 2,18 mg en 100 gramos de pulpa para el pretratado con 5 °brix, 2,12mg para 25 °brix y 0,76 mg para sulfitado.
4. El pretratamiento de sulfitado conservó mejor las características organolépticas del fruto, mientras que el pretratamiento de 5 °brix preservó en mayor cantidad el contenido de B-carotenos del mango tomy atkins.

RECOMENDACIONES

1. Realizar otro tipo de corte (no julianas) para analizar cómo se prepara el proceso de secado en el mismo tiempo que es utilizado.
2. Realizar una segunda prueba de características organolépticas con público en general, para saber cómo lo perciben sin conocer sobre alimentos deshidratados.
3. Realizar con mayor profundidad el estudio de B-carotenos y los pretratamientos para ampliar la comprensión de los factores que afectan la conservación de este nutriente.
4. Estudiar otros pretratamientos para deshidratar mango tomy atkins.
5. Estudiar la deshidratación de otras variedades de mango.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Diseño de productos alimenticios* [en línea]: <http://www.foodproductdesign.com/?pg=4>. [Consulta: 10 de octubre de 2015].
2. FENNEMA, Owen. *Physical principles of food preservation*. New York: OCS 1995. p. 935.
3. *Fundamentos del secado como operación unitaria* [en línea]: http://www.systemsbiology.cl/recursos/archivos/Libro_OOUUlv2.pdf. [Consulta: 10 de octubre de 2014].
4. ISO 4121 *Sensory Analysis* [en línea]: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=33817. [Consulta: 03 de noviembre de 2014].
5. ISO 7954 *Microbiology of food* [en línea]: http://www.iso.ispch.cl/lab_amb/doc/microbiologia_alimentos/PRT-031.pdf. [Consulta: 03 de noviembre de 2014].
6. LAWLESS, Harry T.; HILDEGARDE, Heymann. *Sensory evaluation of food* 2a ed. USA, 2003. p. 869.
7. *Mango tomy atkins demanda en el mercado europeo* [en línea]: http://www.negociosgt.com/main.php?id=294&show_item=1&id_area=153. [Consulta: 03 de marzo de 2014].

8. McCABE, Warren L; SMITH, Julianny; HARRIOT Meter. *Operaciones unitarias en ingeniería química*. 4a ed. México: McGraw-Hill. 2000. 1114. p
9. PERRY, Roberth H. *Manual del ingeniero químico*. 5a. ed. McGraw-Hill, 1986. p. 896.
10. *Propiedades físicas del mango tomy atkins*, [en línea]: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/nivon_d_r/capitulo4.pdf. [Consulta: 03 de marzo de 2014].
11. *Propiedad organoléptica de los alimentos*, [en línea] <http://www.chemedia.com/chemorgal.htm>. [Consulta: 03 de noviembre de 2014].
12. *Secado como operación unitaria*, [en línea] <http://ocw.unican.es/enseanzas-tecnicas/operaciones-y-procesos/materiales/BLOQUE2-OyP.pdf>. [Consulta: 03 de noviembre de 2014].
13. *Tabla de composición de los alimentos* [en línea]: www.incap.com [Consulta: 03 de noviembre de 2014].
14. TREYBAL, Robert E. *Operación en transferencia de masa*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2000. p. 1059.

APÉNDICES

Apéndice 1. Muestra de cálculo

Cálculo del contenido de humedad en el sólido

$$X_{BS} = \frac{m - m_s}{m_s} \text{ [Ecuación no. 1]}$$

Donde:

X_{BH} humedad total en el sólido (Kg/Kg)

m masa de la muestra a un determinado tiempo (Kg)

m_s : masa de la muestra totalmente húmeda (Kg)

Ejemplo:

Para la corrida 1 de la tabla V, para la bandeja no. 1 tenemos:

$$X_{BS} = \frac{0.500 - 0.440}{0.440} = \mathbf{0,1363}$$

Se prosiguió a utilizar la misma ecuación para las otras corridas realizadas.

Cálculo del porcentaje de humedad final

$$H = X_{BS} * 100 \text{ [Ecuación no. 2]}$$

Donde:

H humedad final

X_{BH} contenido humedad base mojada.

Ejemplo:

Para la corrida 1 de la tabla no. I, para la bandeja no. 1 tenemos:

$$H = 0,1363 * 100 = \mathbf{13,63 \%}$$

Se prosiguió a utilizar la misma ecuación para las otras corridas realizadas.

Promedio de los valores hedónicos

$$P = \frac{m}{n} [Ecuación no. 3]$$

Donde:

P promedio de valores hedónicos.

m sumatoria de las muestras.

n total de las muestras.

Ejemplo:

Para la corrida 1 de la tabla I tenemos:

$$P = \frac{93}{35} = 2,91$$

Se prosiguió a utilizar la misma ecuación para las otras corridas realizadas.

Varianza del test hedónico

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:

\bar{x} = valor promedio

x_i = valor i

n = número de datos

S = desviación estándar

Ejemplo:

Para la corrida no. 1 de la tabla VII tenemos:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (3 - 2,91)^2}{35 - 1}} = 0,88$$

Se prosiguió a utilizar la misma ecuación para las otras corridas realizadas.

Valores del test hedónico

Escala hedónica	
1	Disgusta mucho
2	Disgusta
3	Ni gusta ni disgusta
4	Gusta
5	Gusta mucho

Fuente: *ISO 4121 Sensory Analysis*. [En línea]

http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=33817 [Consulta 15-10-14].

Ejemplo:

Para la corrida 1 de la tabla VIII tenemos:

5,66 = ni gusta ni disgusta

Se prosiguió a utilizar la misma ecuación para las otras corridas realizadas.

Apéndice 2. **Datos calculados**

Tabla I. **Primera prueba preliminar I**

Lunes 19 de mayo de 2014

Hora de inicio: 11:45 am

Hora de finalización: 19:45 pm

	Material base (Papel)	Peso inicial (kg)	Peso 2h de secado (kg)	Peso 4h de secado (kg)	Peso 6h de secado (kg)	Peso 8h de secado (kg)	Porcentaje de humedad final
Saturación sacarosa 5 %brix	Mantequilla	0,32	0,14	0,11	0,09	0,06	10,03
	Craft	0,42	0,28	0,18	0,12	0,08	10,19
	Sin papel	0,32	0,16	0,08	0,05	0,06	10,03
Saturación sacarosa 25 %brix	Mantequilla	0,32	0,26	0,16	0,12	0,14	23,41
	Craft	0,36	0,22	0,10	0,07	0,10	14,86
	Sin papel	0,36	0,18	0,06	0,03	0,10	14,86
Sulfitado	Mantequilla	0,42	0,30	0,20	0,12	0,10	12,74
	Craft	0,40	0,22	0,14	0,11	0,10	13,38
	Sin papel	0,44	0,18	0,14	0,12	0,10	12,16

Fuente: práctica experimental de deshidratado de mango tomy atkins (LIEXVE).

Tabla II. **Segunda prueba preliminar II**

Martes 20 de mayo de 2014

Hora de inicio: 9:38 am

Hora de finalización: 7:38 pm

Pretratamiento	Peso inicial (kg)	Peso 2h de secado (kg)	Peso 4h de secado (kg)	Peso 6h de secado (kg)	Peso 8h de secado (kg)	Porcentaje de humedad final
5 %brix	0,86	0,48	0,28	0,20	0,16	9,95
25 %brix	0,80	0,46	0,26	0,14	0,10	6,69
Sulfitado	0,98	0,58	0,34	0,20	0,18	9,83

Fuente: práctica experimental de deshidratado de mango tomy atkins (LIEXVE).

Tabla III. **Prueba final saturación de sacarosa a 5 °brix**

Miércoles 21 de mayo de 2014

Hora de inicio: 10:42 am

Hora de finalización: 18:42 pm

Número de bandeja	Peso inicial (kg)	Peso 2h de secado (kg)	Peso 4h de secado (kg)	Peso 6h de secado (kg)	Peso 8h de secado (kg)	Porcentaje De humedad final
1	0,84	0,48	0,26	0,16	0,14	8,92
2	1,00	0,64	0,36	0,22	0,16	8,56
3	1,08	0,74	0,46	0,28	0,18	8,92
4	0,96	0,66	0,44	0,24	0,16	8,92
5	0,96	0,68	0,46	0,26	0,16	8,92

Fuente: práctica experimental de deshidratado de mango tomy atkins (LIEXVE).

Tabla IV. **Prueba final 25 °brix**

Jueves 22 de mayo de 2014

Hora de inicio: 13:41 pm

Hora de finalización: 21:41 pm

Número de bandeja	Peso Inicial (kg)	Peso 2h de secado (kg)	Peso 4h de secado (kg)	Peso 6h de secado (kg)	Peso 8h de secado (kg)	Porcentaje de humedad final
1	0,84	0,48	0,28	0,18	0,14	8,92
2	0,98	0,60	0,34	0,20	0,16	8,73
3	0,92	0,52	0,36	0,20	0,16	9,30
4	0,82	0,56	0,32	0,18	0,14	9,13
5	1,00	0,56	0,34	0,20	0,16	8,56

Fuente: práctica experimental de deshidratado de mango tomy atkins (LIEXVE).

Tabla V. **Prueba final sulfitado**

Miércoles 23 de mayo de 2014

Hora de inicio: 9:45 am

Hora de finalización: 17:45 pm

Número de bandeja	Peso inicial (kg)	Peso 2h de secado (kg)	Peso 4h de secado (kg)	Peso 6h de secado (kg)	Peso 8h de secado (kg)	Porcentaje de humedad final
1	1,02	0,56	0,38	0,28	0,24	9,15
2	0,90	0,52	0,34	0,24	0,20	9,75
3	0,92	0,54	0,36	0,24	0,20	8,96
4	0,94	0,58	0,38	0,26	0,10	8,69
5	0,84	0,56	0,32	0,20	0,14	8,92

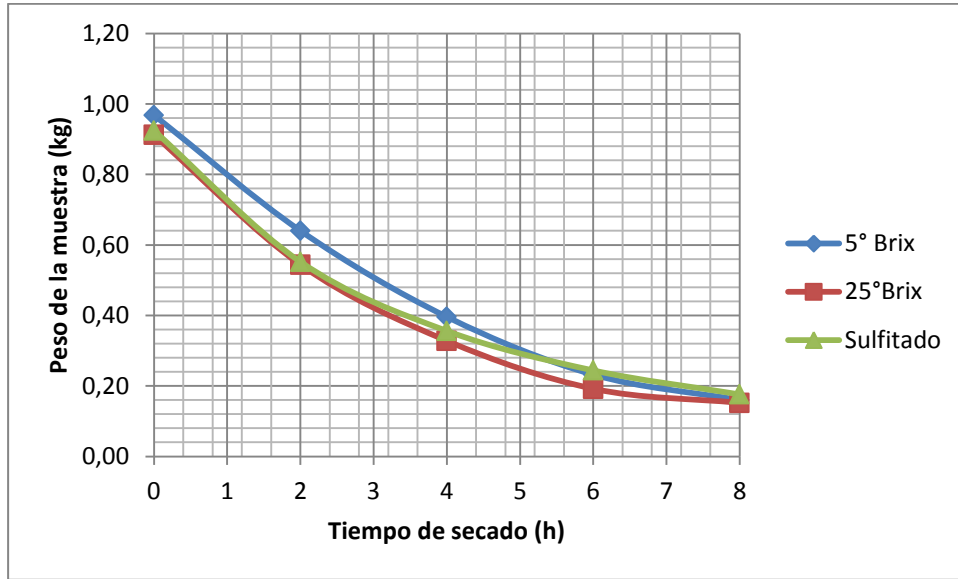
Fuente: práctica experimental de deshidratado de mango tomy atkins (LIEXVE).

Tabla VI. Porcentaje promedio final de secado

Número de bandeja	5 °brix		25 °brix		sulfitado °brix	
	Porcentaje final de secado	Promedio	Porcentaje final de secado	Promedio	Porcentaje final de secado	Promedio
1	8,92	8,85	8,92	9,13	12,59	10,14
2	8,56		9,73		11,89	
3	8,92		9,30		11,63	
4	8,92		9,13		5,69	
5	8,92		8,56		8,92	

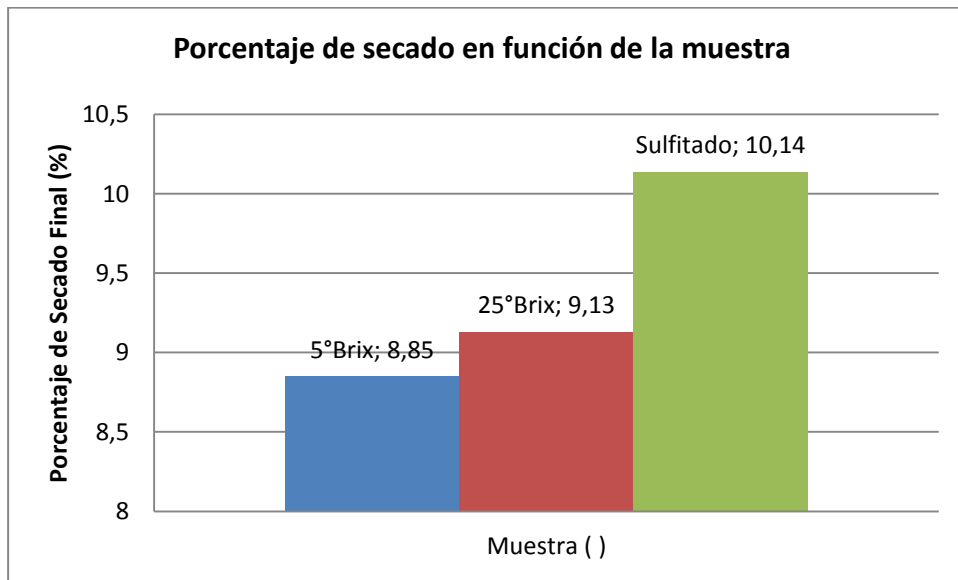
Fuente: elaboración propia, con datos calculados tablas I, II y III

Figura 1. **Peso de la muestra en función al tiempo de secado**



Fuente: elaboración propia, con datos calculados, tabla VI.

Figura 2. **Porcentaje de secado en función de la muestra**



Fuente: elaboración propia, con datos calculados, tablas II.

Tabla VII. **Resultados pruebas organolépticas**

Juez no.	5°BRIX (MUESTRA 001)			25°BRIX (MUESTRA 002)			SULFITADO (MUESTRA 0013)		
	Color	Olor	Textura	Color	Olor	Textura	Color	Olor	Textura
1	3	4	4	2	3	4	5	4	5
2	3	4	3	4	4	5	5	4	5
3	4	3	4	3	3	2	2	4	2
4	1	4	3	2	4	2	4	4	4
5	4	5	4	4	3	3	4	5	3
6	2	2	3	3	3	3	5	5	4
7	4	4	3	4	4	5	5	5	4
8	2	3	2	3	3	3	4	4	3
9	2	1	1	3	3	2	3	4	2
10	2	3	3	3	3	1	5	5	5
11	2	2	2	1	2	3	5	4	4
12	2	4	2	3	4	4	5	5	5
13	2	4	3	3	4	4	4	4	4
14	2	4	2	5	3	2	2	3	4
15	3	4	3	4	4	4	2	2	4
16	3	4	2	3	3	3	3	4	4
17	3	3	4	4	4	5	5	2	4
18	4	3	2	2	4	4	4	5	4
19	2	2	1	4	5	2	5	2	4
20	2	3	4	4	3	4	3	4	4
21	2	3	3	3	4	4	5	5	5
22	3	3	3	3	3	4	4	3	4
23	4	3	4	4	5	4	5	5	5
24	4	4	4	4	4	5	5	4	5
25	2	3	2	4	4	5	5	5	4
26	3	3	4	3	4	4	4	4	4
27	4	4	3	4	3	4	5	5	5
28	2	4	3	3	4	4	4	4	4

Fuente: pruebas experimentales en laboratorio de alimentos (Facultad de Farmacia USAC)

Tabla VIII. **Calificación del color, olor y textura en función al test hedónico**

Color		Calificación
5 °brix	2,66	NI GUSTA NI DISGUSTA
25 °brix	3,37	GUSTA
Sulfitado	4,20	GUSTA MUCHO

Olor		Calificación
5 °brix	3,34	GUSTA
25 °brix	3,54	GUSTA
Sulfitado	4,03	GUSTA MUCHO

Textura		Calificación
5 °brix	2,91	NI GUSTA NI DISGUSTA
25 °brix	3,49	GUSTA
Sulfitado	4,06	GUSTA MUCHO

Fuente: elaboración propia, con datos calculados, tabla VII.

Tabla IX. **Promedio de calificaciones de test hedónico**

Muestra	Calificación promedio
5 °brix	NI GUSTA NI DISGUSTA
25°brix	GUSTA
Sulfitado	GUSTA MUCHO

Fuente: elaboración propia, con datos calculados, tabla VII.

Tabla X. **Varianza del test hedónico**

Color		Varianza
5 °brix	2,66	0,74
25 °brix	3,37	0,75
Sulfitado	4,20	0,85

Olor		Varianza
5 °brix	3,34	0,68
25 °brix	3,54	0,48
Sulfitado	4,03	0,88

Textura		Varianza
5 °brix	2,91	0,88
25 °brix	3,49	1,05
Sulfitado	4,06	0,68

Fuente: elaboración propia, con datos calculados, tabla VII.

Tabla XI. **Resultados B-carotenos de las muestras**

Muestra	B-carotenos (mg/100g)	Porcentaje de pérdida
Mango sin ser deshidratado	3,80	0 %
5 °brix	2,18	43%
25 °brix	2,12	44%
Sulfitado	0,76	80%

Fuente: elaboración propia, con datos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)

Apéndice 3. Imágenes de la parte experimental

Soluciones de 5, 25 °brix y sulfitado



Fuente: elaboración propia con el apoyo de LIEXVE, USAC

Colocación de las bandejas en el secador



Fuente: elaboración propia con el apoyo de LIEXVE, USAC

Mango tomy atkins secado con los pretratamientos de 5 °brix, 25 °brix y sulfitado respectivamente



Fuente: elaboración propia con el apoyo de LIEXVE, USAC

Pruebas organolépticas en Laboratorio de Alimentos, Facultad de Farmacia USAC



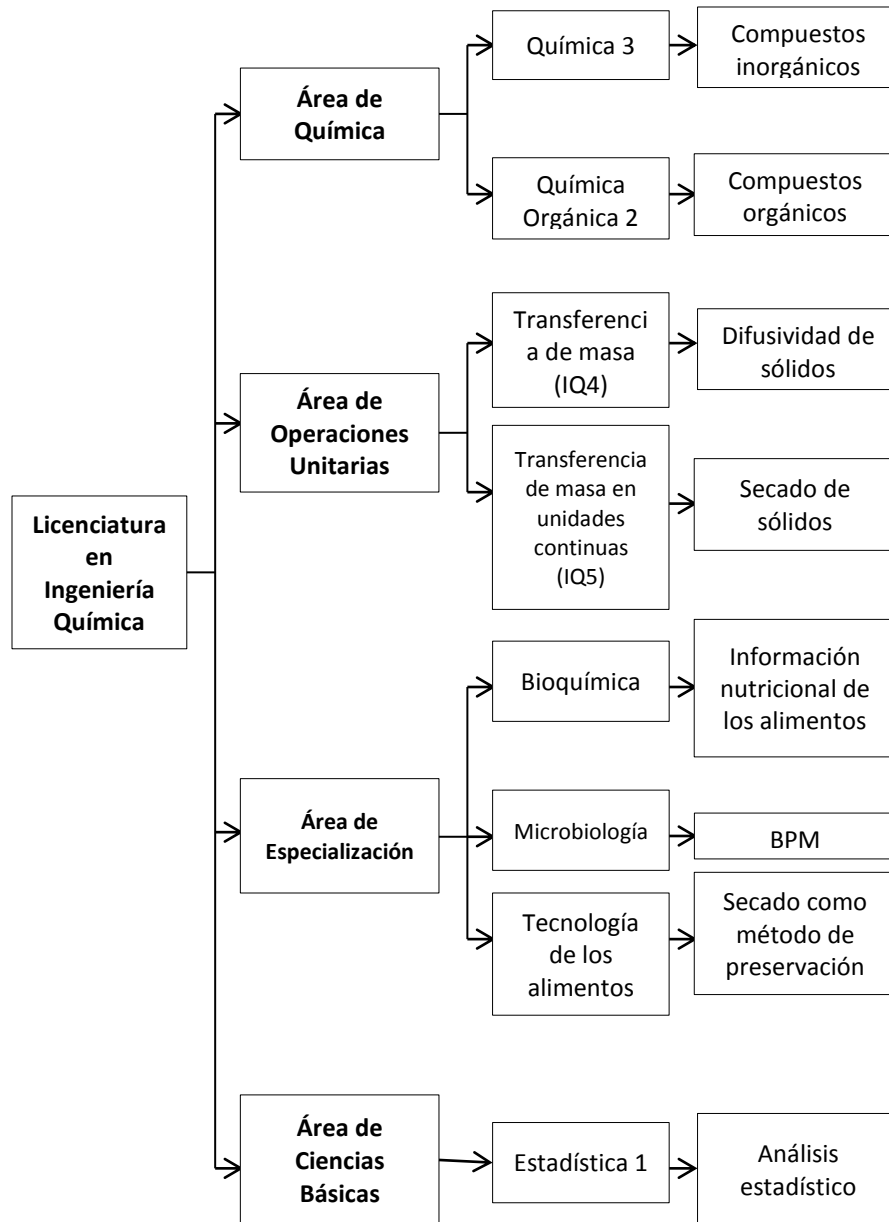
Fuente: Facultad de Farmacia, USAC

Pruebas hedónicas realizadas por estudiantes de nutrición (18 de julio de 2014)



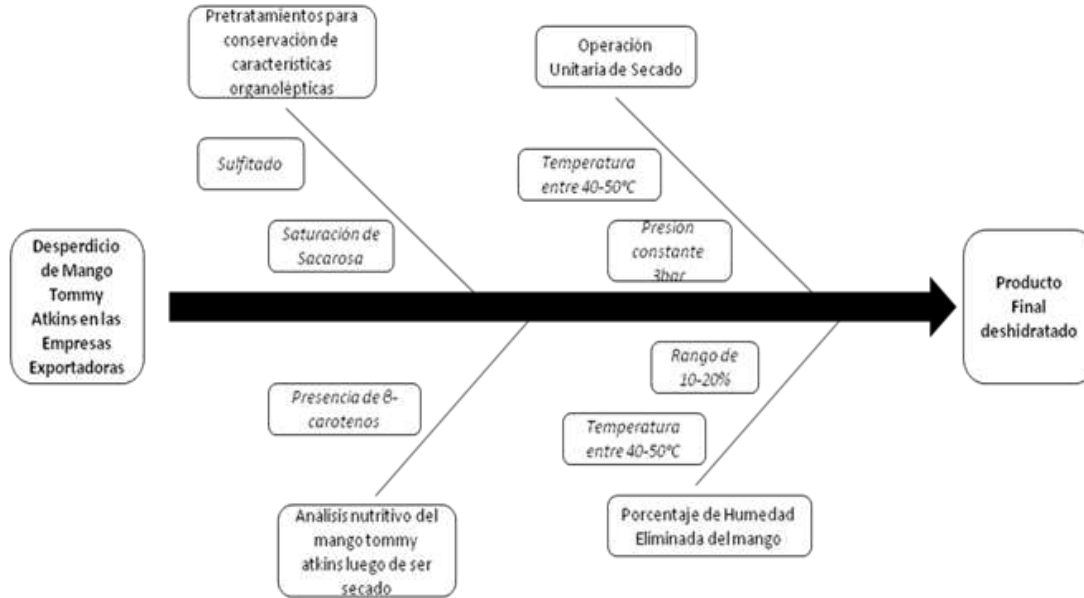
Fuente: Facultad de Farmacia, USAC

Apéndice 4. Requisitos académicos



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. Test de prueba hedónica

ESTUDIO DE ACEPTABILIDAD DEL MANGO DESHIDRATADO

No. de orden _____ Fecha _____

INSTRUCCIONES: Con la escala que observa a lado izquierdo, evalúe el color, sabor y textura de las muestras que se le presentan, marcando con una X la casilla que corresponda a su nivel de agrado para cada característica.

Escala	Muestra No. 001			Muestra No. 002			Muestra No. 003		
	Olor	Olor	Textura	Color	Olor	Textura	Color	Olor	Textura
Gusta mucho									
Gusta									
Ni gusta ni disgusta									
Disgusta									
Disgusta mucho									

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Carta de INCAP análisis de B-carotenos



Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)
Centro Analítico Integral (CAI)
Laboratorio de Composición de Alimentos
Calle de Roosevelt 6-26, Zona 11, Guatemala, C.A.
PBX: (502) 2310-7930, Directo: (502) 2471-6912, Fax: (502) 2473-6526
www.incap.int

INFORME DE ANÁLISIS

No. CA-14-184

Solicitante: Universidad De San Carlos Atención: Walther De León Gutierrez
Dirección: 30 calle 17-40, zona 12 Tel/Fax: 4285-5331
Fecha de recepción de muestra: 11/09/14 Fecha de informe: 13/10/14
No. de solicitud: CA-14-137

CONDICIONES DE RECEPCIÓN EN EL LABORATORIO

Empaque primario: Bolsa Ziploc Temperatura: Ambiente Refrigeración

Código Lab.	Fecha de inicio de análisis	Descripción del solicitante	Beta-caroteno ⁽¹⁾ (mg/100g)
LCA-14-649	29-09-2014	Mango Deshidratado con pre-tratamiento : 5'Brix	2.18
LCA-14-650	29-09-2014	Mango Deshidratado con pre-tratamiento : 25'Brix	2.12
LCA-14-651	29-09-2014	Mango Deshidratado con pre-tratamiento : Sulfitado	0.76

Metodología utilizada basada en:

⁽¹⁾ Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th ed. Method 941.25

Observaciones:


Licda. Mónica Guzmán
Responsable



Laboratorio de Composición de Alimentos
Unidad de Nutrición y Micronutrientes

Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio.
Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la aprobación escrita del laboratorio.

