

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y ALIMENTOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**“EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE
CAROTENOIDES TOTALES EN SNACKS
DE LÚCUMA (*Pouteria lucuma*)
DESHIDRATADAS MEDIANTE SECADO
CONVECTIVO”**

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE ALIMENTOS

Bach. FIORELLA DENISSE REQUENA ROLDÁN

Bach. FREDY FRANCO VIETTI GUZMÁN

Callao, Mayo, 2019

PERÚ

PRÓLOGO AL JURADO

La presente tesis es presentada ante el JURADO DE EVALUADOR DEL PROYECTO DE TESIS conformado por los siguientes Docentes:

DRA. ISABEL JESUS BERROCAL MARTINEZ	Presidenta
ING. ANA CELINA LANCHO RUIZ	Secretaria
MG. GLORIA ANA DELGADILLO GAMBOA	Vocal
ING. JOSÉ RAMÓN CÁCERES PAREDES	Asesor

Expedido según la Resolución del Decano de Facultad N° 053- 2019 – DFIPA de fecha 17 de Abril del 2019 para optar el Título Profesional de Ingeniero de Alimentos en la modalidad de Titulación con Sustentación de Tesis.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres Yolanda y Juan Pablo por su incondicional apoyo, por los valores que han cultivado en mí para lograr mis metas y ser una mejor persona cada día.

In memoriam a mi abuela Enma Carbajal, por sus enseñanzas y recuerdos que nunca se borrarán y perdurarán como una luz que iluminará mi camino hasta el final de mis días.

Fiorella Denisse

DEDICATORIA

*Dedicado a mi mejor amigo
Jesús, quien a pesar de habernos distanciado un tiempo
por esas vicisitudes de la vida, jamás me abandonó y
sigue caminando conmigo hasta ahora recordándome
que Dios no me da lo que quiero, sino lo que necesito.*

*A mi padre Fredy, quien en su
peculiar forma de ser me enseñó algo que 'gli italiani' tienen por
ideología: "Vencer no es lo importante, es lo único que cuenta"; a mi tía
Elizabeth por su constante apoyo y sermón, recordándome que solo la
verdad a través de la mente y el espíritu nos hará libres; a mis hermanos
quienes siempre me hacen reír incluso en mis momentos más difíciles.*

*Y especialmente **In memoriam**
a mi madre Denis, quien a pesar de mis enredos y equivocaciones siempre confió en mí
diciéndome que en la vida no hay que aspirar a vivir sin problemas, sino aspirar a tener
el carácter de enfrentarlos y la fuerza para superarlos teniendo paz interior y una sonrisa
en el exterior. Siempre la tengo presente, sabiendo que desde el cielo su estrella alumbra
mis pasos.*

FREDY FRANCO

AGRADECIMIENTO

Al Centro Experimental Tecnológico (CET), ahora llamado Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria (IEAA), perteneciente al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional del Callao, que colaboró con nosotros con el uso de sus instalaciones para realizar los estudios preliminares de la presente investigación.

Al Laboratorio de Procesos Industriales de la Sección Industrial, Departamento de Ingeniería, Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, quien colaboró con nosotros cuando más dificultades teníamos para realizar la investigación, y nos dieron todas las facilidades necesarias para la ejecución del presente proyecto de investigación en sus instalaciones.

A nuestro asesor Ing. José Cáceres y a nuestra co-asesora principal, Ing. Mercado del Pino, Ana, por su tiempo, confianza y consejos durante la presentación del plan de tesis y desarrollo de la misma; a nuestro co-asesor Mg.(c) Alvarez Yanamango, Erick, por su guía y confianza durante la ejecución de la parte experimental del presente proyecto de tesis; A Mg. Huayta Socantaype, Fredy, y a la Dra. Robles Caycho, Juana, docentes de la PUCP, por su tiempo enseñándonos el uso de los equipos del Laboratorio de Procesos Industriales y Laboratorio de Análisis Químico, donde son Jefes de cada uno de los laboratorios respectivamente.

A todo el personal que integran el ex Centro Experimental Tecnológico (hoy IIEA) y del Laboratorio de Procesos Industriales (LPI); especialmente al Sr. Walter Paulino (IIEA) cuya importantísima ayuda permitió encaminar la investigación, y

a Mg. (c) Henry Obregón Tinoco (LPI) por su siempre diligente disposición a colaborar con nosotros en la implementación de los materiales y métodos dentro de cada una de las etapas de la investigación.

A nuestros padres, hermanos que siempre nos apoyaron, amigos de toda la vida que siempre nos echaban ganas de culminar y no rendirnos; y a todos los nuevo amigos que hicimos durante esta hermosa etapa de nuestra carrera universitaria. Muchas gracias.

“Vi veri vniversvm vivvs vici”

(Por el poder de la verdad, yo estando vivo, conquisté el universo)

Johann Wolfgang von Goethe, en *Fausto*.

ÍNDICE

TABLAS DE CONTENIDO.....	3
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.1. Identificación del problema.....	8
1.2. Formulación del problema	9
1.3. Objetivos de la investigación	9
1.3.1. Objetivo general	9
1.3.2. Objetivos específicos.....	10
1.4. Justificación.....	10
1.5. Importancia.....	11
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	12
2.1. Antecedentes del estudio	12
2.2. Marco teórico	15
2.2.1. Lúcumá.....	15
a. Carotenoides.....	17
b. Degradación de carotenoides en procesos alimentarios	19
2.2.2. Deshidratación.....	20
a. Secado convectivo por aire caliente.....	21
2.2.3. Aditivos alimentarios	22
a. Encapsulantes	22
c. Antioxidantes	26
2.3. Definiciones de términos básicos	27
CAPÍTULO III VARIABLES E HIPOTESIS	29
3.1. Variables de la investigación.....	29
3.1.1. Variables independientes.....	29
3.1.2. Variables dependientes.....	29
3.2. Constantes de la Investigación	29

3.3.	Operacionalización de las variables	30
3.4.	Hipótesis general	30
CAPÍTULO IV METODOLOGÍA		31
4.1.	Tipo de investigación	31
4.3.	Población y muestra	33
4.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
4.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	34
a.	Equipos y materiales	34
b.	Reactivos	36
4.5.	Procedimiento de recolección de datos	36
4.5.1.	Caracterización física y química de la materia prima.	36
4.5.2.	Determinación de la mezcla de aditivos y parámetros de proceso de secado convectivo, en función a su contenido de carotenoides totales.	38
4.5.3.	Caracterización el producto mediante sus propiedades físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales.....	40
4.6.	Procesamiento estadístico y análisis de datos	41
CAPITULO V RESULTADOS		42
5.1.	Caracterización física y química de la materia prima	42
5.2.	Selección del mejor tratamiento de mezcla de aditivos y parámetros de proceso de secado convectivo	47
5.3.	Caracterización el producto mediante sus propiedades físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales	57
CAPÍTULO VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS		61
6.1.	Contrastación de hipótesis con los resultados.....	61
CAPÍTULO VII CONCLUSIONES		66
CAPÍTULO VIII RECOMENDACIONES		67
CAPÍTULO IX.....		68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		68

TABLAS DE CONTENIDO

Índice de Tablas

TABLA N°1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LÚCUMA FRESCA POR 100 GRAMOS	16
TABLA N°2 DISEÑO EXPERIMENTAL (DECODIFICADO)	33
TABLA N°3 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LÚCUMA	43
TABLA N°4 ABSORBANCIAS OBTENIDAS DEL BARRIDO 450-480 NM	45
TABLA N°5 CARACTERIZACIÓN DE CAROTENOIDES TOTALES DE PULPA DE LÚCUMA.....	47
TABLA N°6 DATOS OBTENIDOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	48
TABLA N°7 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL	58
TABLA N°8 RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	58

Índice de Figuras

FIGURA N°1. PUNTOS DE ENCAPSULACIÓN	23
FIGURA N°2. CARACTERÍSTICA DE UN ANTI-APELMAZANTE	24
FIGURA N°3. ACCIÓN ANTI-OXIDANTE.	26
FIGURA N°4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	30
FIGURA N°5 DISEÑO DE MEZCLA A VARIABLE DE PROCESO 50°C (CODIFICADA)	32
FIGURA N°6 DISEÑO DE MEZCLA A VARIABLE DE PROCESO 70°C (CODIFICADA)	32
FIGURA N°7 DIAGRAMA DE FLUJO DE CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	37
FIGURA N° 8 RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA LÚCUMA	39
FIGURA N° 9 FICHA SENSORIAL DEL PRODUCTO FINAL.....	42

Índice de Ecuaciones

ECUACIÓN N°1 ECUACIONES DE RENDIMIENTO.....	42
ECUACIÓN N°2 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CAROTENOIDES TOTALES..	46

Índice de Gráficas

GRÁFICA N°1 BARRIDO DEL PATRÓN ESTÁNDAR A DIFERENTES LONGITUDES DE ONDA.....	44
GRÁFICA N°2 CURVA DE CALIBRACIÓN DE CAROTENOIDES TOTALES	46
GRÁFICA N°3 RESIDUOS vs ORDEN DE OBSERVACIÓN	50
GRÁFICA N°4 RESIDUOS vs VALORES AJUSTADOS.....	51
GRÁFICA N°5 RESIDUOS VS PROBABILIDAD NORMAL	52
GRÁFICA N°6. EFECTOS DE LA VARIABLE DE PROCESO EN LA RETENCIÓN DE CAROTENOIDES TOTALES.....	53
GRÁFICA N°7 GRÁFICA DE RASTRO DE RESPUESTA A VARIABLE DE PROCESO 50°C	54
GRÁFICA N°8 GRÁFICA DE CONTORNO DE LA MEZCLA A VARIABLE DE PROCESO 50°C	55
GRÁFICA N°9 GRÁFICA DE SUPERFICIE DE LAS MEZCLAS A VARIABLE DE PROCESO 50°C	56
GRÁFICA N°10 GRÁFICA COMPARATIVA DE RETENCIÓN DE CAROTENOIDES	57
GRÁFICA N°11 GRÁFICA DE CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL PRODUCTO FINAL.....	59
GRÁFICA N°12 GRÁFICA DE ATRIBUTOS SENSORIALES DEL MEJOR TRATAMIENTO	60

RESUMEN

La lúcuma (*Pouteria lucuma*) fue procesada a escala de laboratorio para la obtención de snacks por secado convectivo, alcanzando un rendimiento promedio de 71.12%; la pulpa de lúcuma fue amasada adicionando las mezclas de aditivos conformados por maltodextrina, ácido ascórbico y dióxido de silicio. Dichas muestras fueron deshidratadas para obtener la textura de un snack, utilizando secado convectivo a dos niveles de una variable del proceso 50° C y 70° C para determinar la(s) muestra(s) donde se obtuvo la mejor mezcla con mayor cantidad de carotenoides. Estas muestras fueron comparadas con la muestra sin aditivos y con la liofilizada.

De un total de 20 mezclas de aditivos a dos niveles de temperatura, se cuantificaron los carotenoides de las muestras con mezcla de aditivos y la liofilizada, mediante el método espectrofotométrico se obtuvo que la mejor mezcla fue la conformada por 0% Maltodextrina, 100% Ácido ascórbico y 0% de dióxido de silicio con la temperatura de 50°C con una cantidad de carotenoides totales de 0.2753 ± 0.031 mg β - caroteno/g BS.

ABSTRACT

Lucuma (*Pouteria lucuma*) was processed at laboratory scale to get snacks by convective drying, obtaining an average yield of 71.12%; the lucuma pulp was smashed by adding additive mixtures made up of maltodextrin, ascorbic acid and silicon dioxide. All samples were dehydrated to obtain the texture of a snack, using convective drying at two levels of temperature, 50 ° C and 70 ° C, to determine the sample with the best mixture where the highest quantity of carotenoids is obtained. These samples were compared with the samples without additives and lyophilized.

From a total of 20 mixtures of additives at two levels of temperature, the carotenoids of all the samples with additive mixture and the one lyophilized, were quantified by the spectrophotometric method, as result of the analysis the best mixture was the one composed by 0% Maltodextrin, 100% Ascorbic acid and 0% silicon dioxide at 50 ° C obtaining a total amount of carotenoids of 0.2753 ± 0.031 mg β -carotene / g DW.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema

La lúcuma (*Pouteria lucuma*) posee un alto contenido de carotenoides, los cuales son conocidos por ser compuestos pro-vitamina A, esencial para el ser humano por no ser sintetizado. Su deficiencia resulta en una ocurrencia de problemas de salud, especialmente ceguera y en casos extremos mortalidad. Sin embargo la obtención de productos derivados de lúcuma donde se conserve este nutriente aún es limitada, ya que durante el almacenamiento puede presentar degradación de ésta pro-vitamina al verse afectada por la luz, oxígeno, temperatura de secado, composición, etc.; los productos más comunes a base de lúcuma son productos lácteos como harina, yogurt, helados y productos de pastelería como tortas; sin embargo no se encuentra un producto el cual la lúcuma conserve todas sus cualidades organolépticas y nutricionales, es por ello que se considera un fruto de gran potencial. (Villanueva, 2002).

Actualmente la literatura revela que una de las técnicas de conservación de estos nutrientes presentes en un alimento en el tiempo, es la deshidratación; sin embargo, también se puede presentar pérdidas de nutrientes como los carotenoides, que pueden ser influenciados por procesos físicos y químicos. Existen procesos de deshidratación donde se puede obtener un producto cuyo contenido de carotenoides puede ser conservado en gran parte, como liofilización, secado al vacío, etc.; pero a su vez son procesos cuyo costo es elevado, lo que lo hace inviable realizarlo a

escala industrial con fines comerciales (Hernández y Quinto, 2005). Por otro lado, existen aditivos que pueden actuar como antioxidantes, agentes de retención de color, encapsulantes, etc., que pueden ayudar a conservar los carotenoides en procesos más económicos y viable para la industria (Labs, 2013).

La vitamina A (retinol y sus derivados retinal y ácido retinoico) se producen por la escisión del carotenoide catalizada por la enzima b-caroteno 15, 15'- mono-oxigenasa, la cual produce dos moléculas de retinal en el caso del b-caroteno, otros carotenoides provitamina A producen sólo una molécula de retinal. (Burri, 2013).

Por esta razón, la presente investigación busca establecer las condiciones adecuadas durante el secado convectivo que permita la estabilidad de carotenoides totales en el desarrollo de snacks de lúcuma.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles serán los efectos de los aditivos y los parámetros de secado convectivo, sobre la estabilidad de los carotenoides totales en los snacks de lúcuma?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la estabilidad de los carotenoides totales en snacks de lúcuma deshidratadas mediante secado convectivo para determinar el mejor tratamiento.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Caracterizar física y químicamente la materia prima.
- b. Seleccionar el mejor tratamiento de mezcla de aditivos y parámetros de proceso de secado convectivo, en función a su contenido de carotenoides totales.
- c. Caracterizar el producto fisicoquímica, microbiológica sensorialmente.

1.4. Justificación

La lúcuma (*Pouteria lucuma*) en la actualidad presenta una creciente demanda anual, siendo el año 2015, 66% mayor respecto al año 2014; alcanzando incluso una exportación total de 50 000 toneladas métricas, por un valor FOB de 2000 millones de dólares (MINCETUR, 2015). Gracias a esta tendencia la producción de lúcuma se ha incrementado; Anteriormente se concentraba principalmente en los valles de Lima provincia, sin embargo se puede encontrar también en Ayacucho, La Libertad, Cajamarca y Huancavelica. La fruta es utilizada usualmente en la gastronomía por su gran aroma, sabor y color que otorga a los productos, lo cual ha permitido ampliar su uso. No obstante no está siendo estudiada para mejorar los procesos en la elaboración de los productos ya conocidos; y en el desarrollo de nuevos productos con alto valor nutricional que otorgue valor agregado a la misma (INDECOPI, 2008).

El pueblo de Huayán, el cual se encuentra en el distrito de Huaral, provincia de Huaral, región Lima, es reconocido por sus productores de lúcuma, estos tendrían la oportunidad de destacar su cultivo si éste se procesara a sub-productos destinados

a un mercado que actualmente demanda alimentos nutritivos, en beneficio de los productores con un valor agregado a sus frutos.

Es importante indicar que los carotenoides son de gran interés para la industria de alimentos y piensos como colorantes, precursores de vitamina A y compuestos funcionales (Yang y Lizhong, 2014).

1.5. Importancia

Por esta razón, la realización de la presente investigación propondrá el desarrollo de un producto mediante el uso de la lúcuma de una manera innovadora, utilizando tecnologías convencionales, que permitan la conservación de los carotenoides característicos de la fruta. Asimismo, se utilizará como materia prima un fruto oriundo del Perú, otorgándole un valor agregado distinto a lo que se ofrece en la actualidad, generando oportunidades de mercado, aumentando la cadena de valor del fruto, beneficiando así a las comunidades productoras, incrementando sus ingresos; y con su consumo, mejorando directamente la calidad de vida de los consumidores con el cuidado de su salud así como la elaboración de productos intermedio, incentivando la producción de alimentos funcionales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

Barrena et al., (2009). Estudiaron la cinética de secado durante la producción harina de lúcuma. Se empleó lúcuma fresca en su madurez fisiológica, donde la pulpa fue cortada en rodajas de 0.3 cm de espesor y colocadas en un secador de bandejas de aire caliente de laboratorio. Se ensayaron tres temperaturas para el aire de secado (40, 50 y 60°C) y tres velocidades del aire (2.5, 3.0 y 3.5 m/s). Los resultados experimentales indican que la mayor similitud de color de la pulpa seca con la pulpa fresca de lúcuma, se consigue trabajando con aire caliente de secado a una temperatura de 50°C y a velocidad de 3.5 m/s, durante 140 minutos con una humedad final de 3.8 %, ya que en otros caso como trabajando a temperaturas mayores a la misma velocidad, la pulpa de lúcuma tiende a oscurecerse.

Gamboa et al., (2014). Estudiaron la obtención de harina de lúcuma utilizando el método de secado por ventana refractante y evaluar el efecto del espesor de la pulpa de lúcuma y el tiempo de secado en la humedad y color de la harina. Fue utilizado un Diseño Compuesto Central Rotable (DCCR) con el tiempo entre entre 10 y 50 minutos y el espesor entre 1 y 3 mm. Se empleó una temperatura fija de 95°C y lámina mylar (polietileno de tereftalato metalizado) como película refractante de 0.1 mm. Se determinaron las condiciones ideales para obtener harina de lúcuma (9.8 % de humedad) con esta técnica se da cuando el espesor fue de 1.3 mm y con un

tiempo de 15 minutos; a estas condiciones la difusividad efectiva del agua fue de $2.53 \text{ E-7 m}^2/\text{s}$.

García D., (2017). Realizó una caracterización de algunos de los metabolitos primarios y secundarios, vinculados a las características antes mencionadas, en dos variedades comerciales “Seda” y “Beltrán”. Se evaluaron las características fisicoquímicas relacionadas con la maduración post- cosecha, así como la composición química proximal de ambas variedades. Se encontraron diferencias significativas en el color de la cáscara, acidez titulable y pH al quinto día de almacenamiento post-cosecha. Se obtuvo para la variedad Seda 0.25 mg b-caroteno equivalente/g bs y para la variedad Beltrán 0.30 mg b-caroteno equivalente/g bs. Los resultados muestran que ambas variedades de lúcumas constituyen una fuente variada de compuestos funcionales con potencial aplicación en la industria alimentaria.

Mai et al., (2013). Estudiaron el impacto de los diferentes parámetros de secado en arilos de gac (*Momordica cochinchinensis*). Los arilos de gac fueron secados mediante secado por aire caliente (AD, por sus siglas en inglés) a temperatura constante entre rangos 40-80°C hasta una humedad entre 15 y 18% en base seca. De igual manera se liofilizó hasta obtener el mismo porcentaje de humedad. Se concluyó que con temperaturas en el rango de 50° C a 60°C lograron un alto contenido de carotenoides estables en un 68% y el 80% del contenido de carotenoides frescos de gac para el secado al aire y al vacío respectivamente. Se concluyó que la temperatura óptima fue 60°C con el contenido de humedad entre 15 y 18%, ya que se observa la mínima degradación de carotenoides debido al

balance de la oxidación por un tiempo reducido de secado, en comparación con la muestra liofilizada.

Siriamornpun et al., (2012). Estudiaron los cambios en color, actividades antioxidantes y carotenoides de la Damascuina (*Taguetes erecta L.*) utilizando diferentes procesos de secado. Se utilizaron diferentes procesos de secado, llamados secado por frío (FD por sus siglas en inglés Freeze Drying), Secado por aire caliente (HA por sus siglas en inglés Hot Air Drying) y radiación combinada infraroja con aire caliente convectivo (FIR-HA), fueron evaluados en el color, los carotenoides (licopeno, b- caroteno y luteína) de la damascuina. Los resultados indicaron que el color de la damascuina que cambió menos por secado FIR-HA, que por secado por FD y HA. El método HA presentó alto contenido de b- caroteno (15.5 mg/100g peso seco (DW)), mientras que el método FIR-HA y el método FD provisto el alto nivel de luteína y licopeno. Estos resultados demostraron que el método FIR-HA pueden ser considerados como el método adecuado para el secado de la damascuina para preservar su color, propiedad antioxidante y compuestos bioactivos y proporcionar información útil para la producción de harina de la damascuina.

Sogi et al., (2015). Estudiaron los efectos de la técnica de secado en cubos de mango sobre el total de carotenoides. Se secó por aire caliente a 60°C y se dio por terminado el secado en base a la apariencia hasta una humedad de 5.86 – 10.61 g/100g en base húmeda; y se liofilizó a -20°C a 4 Pa. El total de carotenoides resultante oscilo entre 3.28 – 5.17mg/100g en base seca. El secado por aire caliente mostró un efecto significativo del calor sobre el total de carotenoides respecto a la

muestra liofilizada, por lo cual se debe descartar el uso de valores más altos en el uso de temperatura.

Topuz et al., (2011). Estudiaron el efecto de diferentes tipos de secado para deshidratar vainas de pprika, en la cual se evaluó la estabilidad de los carotenoides; aproximadamente 2 Kg. de vainas de pprika fueron cortadas longitudinalmente y secadas en tiras con diferentes tipos de secado: secado convectivo natural (NCD, en sus siglas en inglés), secado en estufa (OD, en sus siglas en inglés) y liofilización (FD, en sus siglas en inglés). Para el NCD, fue a temperatura ambiente entre 8 a 12 días en oscuridad; la OD se realizó a 60C con una velocidad de aire de 0.76 m/s. por 7 ± 0.5 h.; y para la FD se realizó a -70C a 40mmHg. Como resultado se obtuvo que los carotenoides obtenidos después del NCD, fueron mayor a los obtenidos por el FD y OD con 236.6 ± 0.8 mg/Kg en base seca, sobre 153.6 ± 10.4 , 161 ± 8.7 mg/Kg en base seca respectivamente.

2.2.Marco teórico

2.2.1. Lúcuma

Lúcuma (*Pouteria lucuma*) es una fruta originaria del área andina del Perú, donde se le encuentra distribuida, presentando numerosos biotipos, muchos de ellos en forma silvestre. El fruto es una baya o drupa redonda, ovalada, cnica, achatada, o en forma de trompo, de 4 a 9 cm. aproximadamente de diámetro con olor y color característico, generalmente en forma asimétrica con una punta apical que suele estar redondeada de una areola bruna a verde claro. El exocarpo o cáscara es muy delgado y quebradizo, lampio o algo escamoso. El mesocarpo o pulpa es de grosor

variable y textura harinosa a pastosa y de firmeza blanda a dura. La semilla es redonda achatada de 2 a 4cm. de diámetro y está cubierta por un epispermo grueso de color marrón u oscuro, con un hilio u ombligo oblongo de color blanco opaco y cubierta por un endocarpio u hollejo delgado de color amarillo claro. La lúcuma tiene 2 tipos: lúcuma seda, que posee una firmeza blanda a semidura; y lúcuma palo, que posee una pulpa de firmeza dura (31).

La lúcuma es una de las frutas que contiene los más altos niveles de proteínas, fluctuando en un rango de 1.5-2.4 g por cada 100 g de muestra, (ver Tabla N°1). Respecto a los pigmentos, esta fruta se caracteriza por presentar en la pulpa un significativo contenido de beta-caroteno el cual funciona como antioxidante. La lúcuma es la segunda fruta en poseer la mayor cantidad de provitamina A después del aguaje (24).

TABLA N°1.
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LÚCUMA FRESCA POR 100 GRAMOS

COMPONENTE	CANTIDAD (g)
Energía (Kcal)	99
Energía (KJ)	414
Agua	72.3
Proteínas	1.5
Grasa total	0.5
Carbohidratos totales	25
Carbohidratos disponibles	25

Fibra cruda	1.3
Cenizas	0.7
Calcio (mg)	16
Fósforo (mg)	26
Hierro (mg)	0.4
Retinol (µg)	355
Tiamina (mg)	0.01
Riboflavina (mg)	0.14
Niacina (mg)	1.96
Vitamina C	2.2

Fuente: MINSA (2009)

a. Carotenoides

Son pigmentos orgánicos del grupo de los isoprenoides que se encuentran de forma natural en plantas y otros organismos fotosintéticos. Estos pigmentos, generalmente de color amarillo-naranja, se encuentran en muchos sistemas biológicos, el cual puede ser dividido en dos clases generales: carotenos y xantofilas. Los carotenos, tales como alfa y beta caroteno, además licopeno, son hidrocarbonos, donde xantofilas son derivados oxigenados de carotenos e incluyen los componentes beta-criptoxantina, luteína, y zeaxantina. La importancia nutricional de carotenoides viene principalmente de la actividad como provitamina A del beta-caroteno (19). El requerimiento diario de vitamina A es medido como ingesta de retinol en 75%, mientras que el restante 25% es a través de β -caroteno y otros carotenoides provitaminicos. Debido a la limitada extensión de desdoblamiento de carotenoides,

al menos 6 gramos de β -caroteno se requieren para obtener 1 gramos de retinol. La absorción de vitamina A y su almacenamiento en el hígado ocurre esencialmente en la forma de ésteres de ácidos grasos. El procesamiento de alimentos y almacenamiento puede llevar a un 5 a 40% de destrucción de vitamina A y carotenoides. En la ausencia de oxígeno y a altas temperaturas, como fue experimentado en cocimiento y esterilización, las principales reacciones son isomerización y fragmentación. En la presencia de oxígeno, degradación oxidativa puede ocurrir en una serie de productos, alguno de los cuales son volátiles. Esta oxidación sucede frecuentemente en paralelo a la oxidación lipídica. La velocidad de oxidación es influenciada por la presión parcial de oxígeno, actividad de agua, temperatura, etc. Alimentos deshidratados son particularmente sensibles a la degradación oxidativa (6).

Los antioxidantes naturales presentes en algunos vegetales han sido estudiados por su papel en la protección de diversas enfermedades como ciertos tipos de cáncer, enfermedades del corazón y la degeneración relacionada con la edad. Evidencia experimental sugiere que estos compuestos son importantes en la protección de macromoléculas biológicas contra el daño oxidativo. La búsqueda de nuevos y más eficientes antioxidantes al parecer va dirigida a los carotenoides, que han demostrado que a través de su consumo puede disminuir la incidencia de ciertas enfermedades.

Representan una fuente de provitamina A, y presentan una actividad antioxidante en la célula al actuar en la neutralización de especies reactivas al oxígeno y nitrógeno producidas como parte del metabolismo celular. En los frutos las

xantofilas se encuentran en mayor proporción, aunque en algunos casos, como el jitomate, el licopeno es el más abundante. Se ha reportado que en ciertas frutas solo están presentes uno o dos carotenoides, este es el caso del género *Capsicum* (pimientos) que contienen capsantina y capsorubina (9).

b. Degradación de carotenoides en procesos alimentarios

Las pérdidas de vitaminas en sus diferentes formas en diversos métodos de exposición en presencia de oxígeno, luz, humedad, pH, y tratamiento térmico en la cocción de alimentos. Se obtuvo como resultados que la estabilidad de vitaminas de forma individual varía desde una relativa estabilidad. Sin embargo las vitaminas más lábiles durante los tratamientos de cocción son las provitamina A (incluyendo el β -caroteno) seguido de la vitamina C, vitamina B₉, vitamina B₁ (34).

La cocción reduce la actividad de la provitamina A de 25 a 55%. Ref. (48) estudió los efectos de la preparación local en el contenido de Vitamina A en comida Thai, donde se mostraron resultados que en vegetales, las pérdidas de provitamina A son de 7 a 11% en el escaldado, mientras que en vaporización, fritura y hervido las pérdida fueron de 15, 18 y 43% respectivamente.

La provitamina A es estable bajo atmósfera inerte, sin embargo, rápidamente pierde su actividad cuando se calienta en presencia de oxígeno a altas temperaturas. Ref. (8) reportaron que existen muchos estudios de la estabilidad de todos los β -caroteno y *trans*-retinol y en alimentos durante el procesamiento y almacenamiento. Los carotenoides son extremadamente susceptibles a la degradación. Su estructura altamente insaturada los hace sensible al calor, oxígeno y luz (34).

Los factores que influyen en la presencia de carotenoides son el genotipo, manejo de precosecha, estado de madurez, así como las operaciones de procesado y conservación. Entre éstos la temperatura e intensidad de la luz tienen una gran influencia en el contenido de carotenoides. Así mismo, se ha estudiado el efecto que las operaciones de procesado, cortado, lavado, envasado y conservación, tienen sobre el contenido de estas moléculas. Durante el procesamiento y almacenamiento la oxidación y los cambios estructurales al aplicar calor son los principales factores que los alteran (9).

2.2.2. Deshidratación

Deshidratación o secado, permite la eliminación de agua, logrando así una mejor preservación frente a deterioro microbiológico, y también retardando muchas reacciones no deseadas. Aunque la preservación de alimentos tiene una gran importancia, la deshidratación también puede permitir la disminución del envasado, manipulación, almacenamiento y costos de transporte porque disminuye el peso del alimento, y en algunos casos su volumen (4).

Los procesos de secado se clasifican también de acuerdo con las condiciones físicas usadas para adicionar calor y extraer vapor de agua: en la primera categoría, el calor se añade por contacto directo con aire caliente a presión atmosférica, y el vapor de agua formado se elimina por medio del mismo aire; la segunda categoría, en el secado al vacío, la evaporación del agua se verifica con más rapidez a presiones bajas, y el calor se añade indirectamente por contacto con una pared metálica o por radiación (también pueden usarse bajas temperaturas con vacío para ciertos

materiales que se decoloran o se descomponen a temperaturas altas); en la última categoría, la liofilización, el agua se sublima directamente del material congelado (25).

a. Secado convectivo por aire caliente

La configuración básica de este método es una cámara en la cual el alimento es introducido y equipado con una bandeja y tubería que permite la circulación de aire caliente a través y alrededor del alimento. El agua es eliminada desde la superficie del alimento y llevada fuera del equipo, con la corriente de aire que sale, en una operación simple. El aire es calentado al ingreso del secador por un intercambiador de calor o directamente por una mezcla de gases que hacen combustión. Este tipo de secadores son ampliamente usados en la producción de galletas, frutas secas, vegetales picadas y alimentos para animales domésticos (4).

Para lograr productos deshidratados con alta calidad a un costo razonable, la deshidratación debe ocurrir rápidamente. Cuatro factores importantes que afectan la velocidad y el tiempo total de secado son: propiedades físicas del alimento, especialmente tamaño y geometría de partícula; su adaptación geométrica en relación al aire (flujo cruzado, a través del flujo, carga en la bandeja); propiedades físicas del aire (temperatura, humedad, viscosidad); y características de diseño del equipo secador (flujo cruzado, a través del flujo, co-corriente, contracorriente, lecho agitado, neumático, etc.). La elección del método de secado para un producto alimenticio es determinado por los atributos de calidad deseados, materia prima y economía (10) (32).

2.2.3. Aditivos alimentarios

Son todas aquellas sustancias que en su uso intencionado sirva para cambiar o afectar de manera razonable las características de cualquier alimento. Esta definición incluye cualquier sustancia en la producción, procesamiento, tratamiento, empaçado, transporte o almacenamiento de alimentos. El propósito de la definición legal, sin embargo, es imponer un requerimiento de aprobación, por ello la definición exceptúa a los aditivos generalmente reconocidos como seguros, donde la aprobación del gobierno no es necesaria.

Los aditivos alimentarios directos son aquellos que son añadidos a un alimento para un propósito específico en los alimentos. La mayoría de aditivos directos son identificados en la etiqueta de ingredientes de los alimentos. Los aditivos alimentarios indirectos son aquellos que llegan a ser parte de los alimentos en cantidades traza debido a su empaçado, almacenamiento u otro manejo (33).

a. Encapsulantes

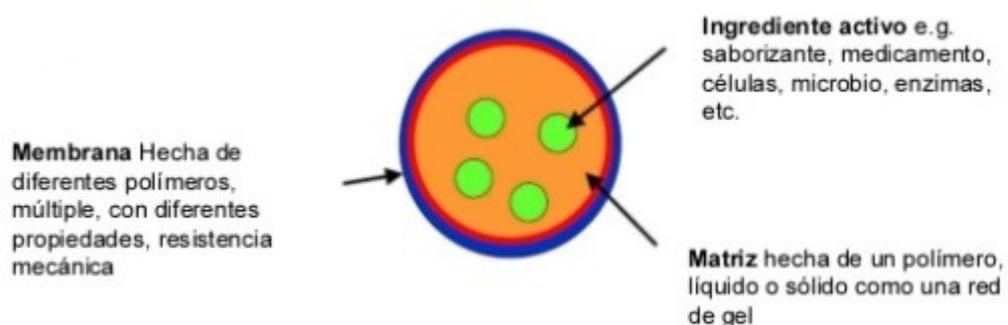
Son aditivos alimentarios que sirven para recubrir nutrientes en procesos donde las condiciones no son favorables. La encapsulación constituye una promisoro aproximación las propiedades nativas en el tiempo. Estos sistemas pueden constituir una barrera fisicoquímica contra elementos pro-oxidantes tales como radicales libres, oxígeno, o UV. La encapsulación representa también una significativa mejora de eficiencia biológica para el tiempo de vida útil, permanencia de componentes

activos, y puede prevenir efectos secundarios (26). Existen encapsulantes tales como: Maltodextrina, dextrosa monohidratada, CMC, gomas y dextrinas.

La Maltodextrina, es un polvo de carbohidratos blanco, blando, de baja dulzura, tiene alta solubilidad y dispersabilidad obtenido del maíz, a pesar de sus bajas características higroscópicas es un extensor y aportador de sólidos ideal. Se utiliza en la industria como humectante y espesante, para estabilizar alimentos con muchas grasas, para dispersar ingredientes secos, para favorecer el secado por aspersión de sabores, jugos de frutas u otros productos difíciles de secar, y como fuente de carbohidratos en bebidas energéticas, proporciona tantas calorías como el azúcar.

Entre todas las matrices solubles en agua, la maltodextrina es usada como agente encapsulante en procesos de deshidratación, sobre todo en deshidratado por aspersión, debido a su alta solubilidad y su buena retención de compuestos bioactivos. Esta propiedad ha sido relacionada a su velocidad de deshidratación la cual produce una rápida formación de una densa cobertura y una buena protección del ingrediente principal contra el oxígeno y así evitar su posible degradación (8).

FIGURA N°1.
PUNTOS DE ENCAPSULACIÓN

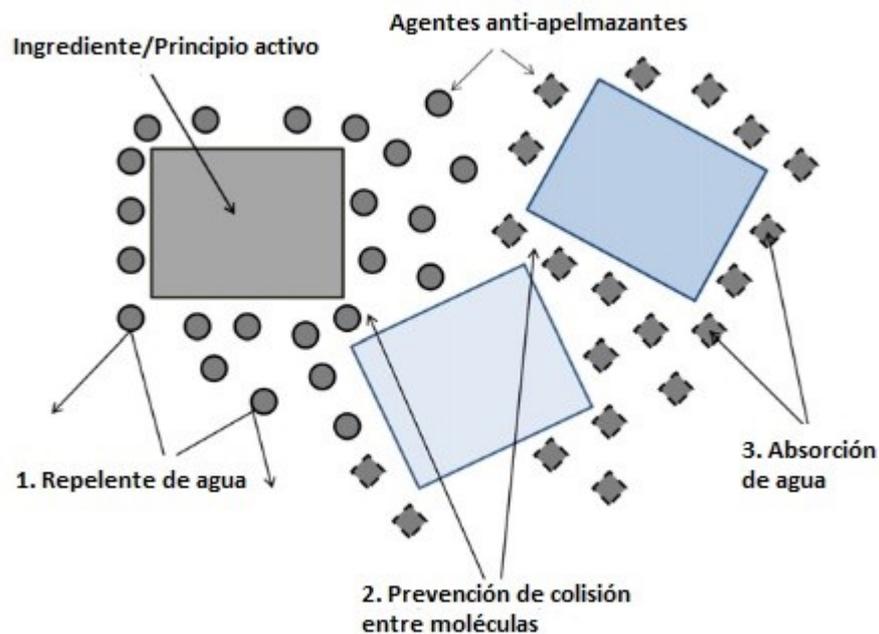


Fuente: CIMATEC (2014)

b. Antiapelmazantes

Son todos aquellos productos que se añaden a los productos alimenticios para evitar que pierdan la textura que requieren para su uso. Estos aditivos absorben la humedad que haría que las partículas de los alimentos se agrupasen. Al igual que los humectantes, pueden absorber muchas veces su propio peso en agua, aunque a diferencia de estos no se vuelven pegajosos en el proceso (11). Asimismo, la autooxidación de productos vegetales permite la pérdida de valor nutricional (41); en este sentido, los antiapelmazantes son un potencial agente que permite la estabilidad oxidativa en muestras expuestas a temperaturas altas y moderadas, inclusive en presencia de otros aditivos (27).

FIGURA N°2.
CARACTERÍSTICA DE UN ANTI-APELMAZANTE



Fuente: Lipasek et al, 2012.

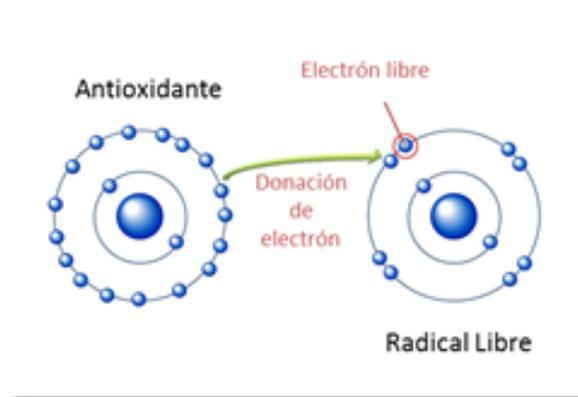
El dióxido de silicio, también conocido como sílica, es un compuesto químico conocido desde tiempos antiguos. Las características químicas y físicas de diferentes tipos de dióxido de silicio amorfo el cual contribuye a la versatilidad de estos compuestos en la variedad de aplicaciones comerciales. En la industria alimentaria, la más importante aplicación ha sido como agente antiapelmazante en mezclas en polvo, aderezos, y blanqueadores de café. Sin embargo, estas tienen múltiples aplicaciones como agente de control de viscosidad, estabilizador de emulsiones, suspensión y agente de dispersión. La utilización de sílicas en estas potenciales aplicaciones no ha sido tomada en cuenta debido al limitado conocimiento de sus interacciones fisicoquímicas con otros componentes de los alimentos y también por su punto de vista controversial respecto a su toxicidad (52).

El dióxido de silicio (E 551) está autorizado actualmente por la Directiva 95/2/CE para varias utilidades. Hay una necesidad tecnológica de ampliar su utilización a un nivel superior al autorizado actualmente en los sustitutos de la sal. Esa utilización beneficiaría a los consumidores al ofrecerles sustitutos de la sal antiaglomerante que podrían comercializarse en países europeos cálidos y húmedos, dado que en la actualidad los efectos aglomerantes constituyen un inconveniente que imposibilita a menudo la utilización de dichos sustitutos. Así pues, conviene autorizar un límite máximo superior para los sustitutos. La dosis máxima que declara en el anexo E es de 10 000 mg/Kg o 10 000 mg/ L para Dióxido de silicio y silicatos para alimentos (35) (12).

c. Antioxidantes

Los antioxidantes son sustancias que cuando están presentes en los alimentos o en el organismo en bajas concentraciones, previenen la oxidación de tal sustrato. En alimentos, los antioxidantes se presentan como constituyentes endógenos o son incorporados para mejorar la calidad del producto controlando oxidaciones y sus consecuencias adversas. El mecanismo por el cual los antioxidantes protegen a los alimentos de la oxidación es mediante el bloqueo de los radicales libres por medio de la donación de un electrón o átomo de hidrógeno o por desactivación de iones metálicos y oxígeno (29). Los antioxidantes frenan la reacción de oxidación pero a costa de destruirse ellos mismos. El resultado es que la utilización de antioxidantes retrasa la alteración oxidativa del alimento, pero no la evita de una forma definitiva.

FIGURA N°3.
ACCIÓN ANTI-OXIDANTE.



Fuente: Hooper, et al. (1998).

El ácido cítrico (ácido 2-hidroxi-1,2,3- propanotricarboxílico), es un ácido orgánico que puede ser considerado natural, sin embargo, también puede ser sintetizado vía laboratorio, es un ácido orgánico que se encuentra en casi todos los tejidos animales

y vegetales, se presenta en forma de ácido de frutas en el limón, mandarina, lima, toronja, naranja, piña, ciruela, guisantes, melocotón, así como en los huesos, músculos y sangre de animales. Es considerado un ácido carboxílico versátil y ampliamente utilizado en el campo de la alimentación, de los productos farmacéuticos y cosméticos, entre otros. Físicamente es un polvo cristalino blanco que puede presentarse de manera anhidra o como monohidrato, considerado un triácido carboxílico. Actualmente, la producción mundial de ácido cítrico se estima en millones de toneladas por año, destacando que la producción en su mayoría se lleva a cabo por fermentación donde se involucra el uso de dextrosa o melaza de caña de azúcar como materia prima y *Aspergillus niger* como organismo de fermentación. El constante aumento en su consumo cada año, genera la necesidad de encontrar nuevas alternativas para su obtención (40).

2.3. Definiciones de términos básicos

Snacks: Vocablo inglés, que significa alimento ligero que se consume entre comidas, generalmente elaborado de raíces, tubérculos y frutos secos, combinados con aditivos y/o preservantes.

Aditivo: Compuesto natural o artificial que puede añadirse a un alimento con el fin específico de otorgarle al producto una nueva característica o preservar sus características actuales.

Convectivo: Tipo de transmisión de calor, que utiliza el aire a una determinada temperatura y velocidad, logrando transmitir o quitar calor mediante sus moléculas.

Utilizado para calentar el aire que elimina el agua de un alimento hasta una determinada humedad final.

CAPÍTULO III

VARIABLES E HIPOTESIS

3.1. Variables de la investigación

3.1.1. Variables independientes

- Contenido de ácido ascórbico
- Contenido de maltodextrina
- Contenido de dióxido de silicio
- Temperatura de secado convectivo

3.1.2. Variables dependientes

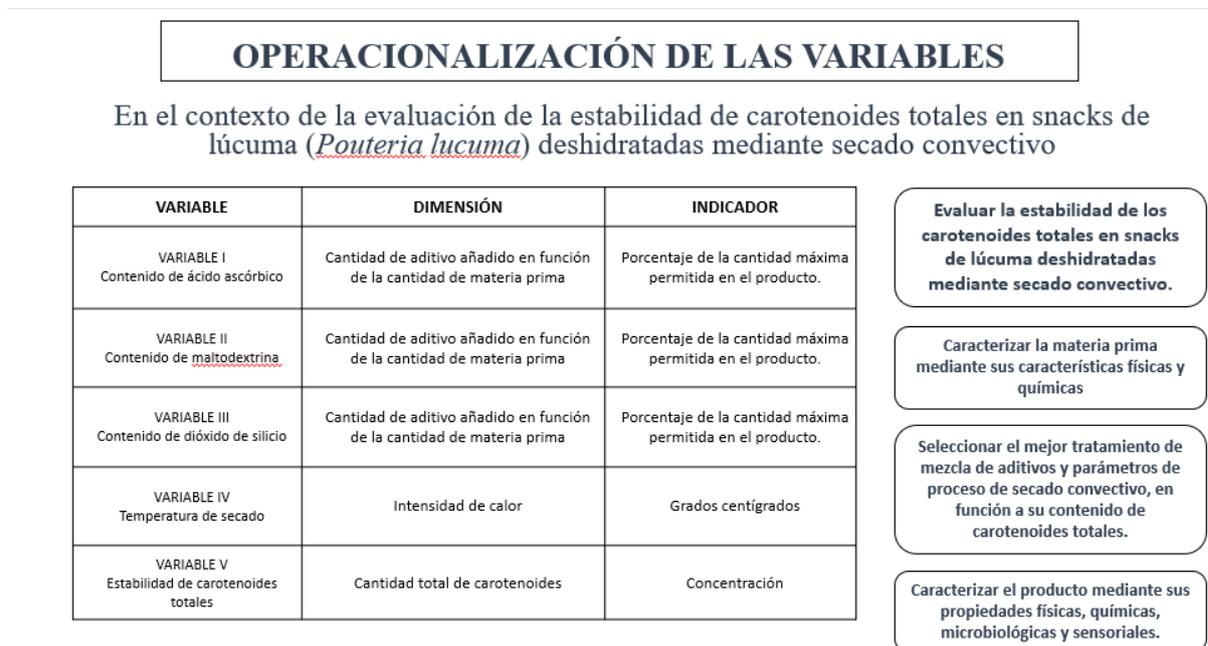
- Contenido de carotenoides totales en el producto.

3.2. Constantes de la Investigación

- Tiempo de Secado
- Espesor de láminas de lúcumo

3.3. Operacionalización de las variables

FIGURA N°4.
OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES



Fuente: Elaboración propia

3.4. Hipótesis general

Si se determina la óptima composición de aditivos y temperatura del secado convectivo se obtendrán snacks de lúcumas con una significativa retención de carotenoides totales.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

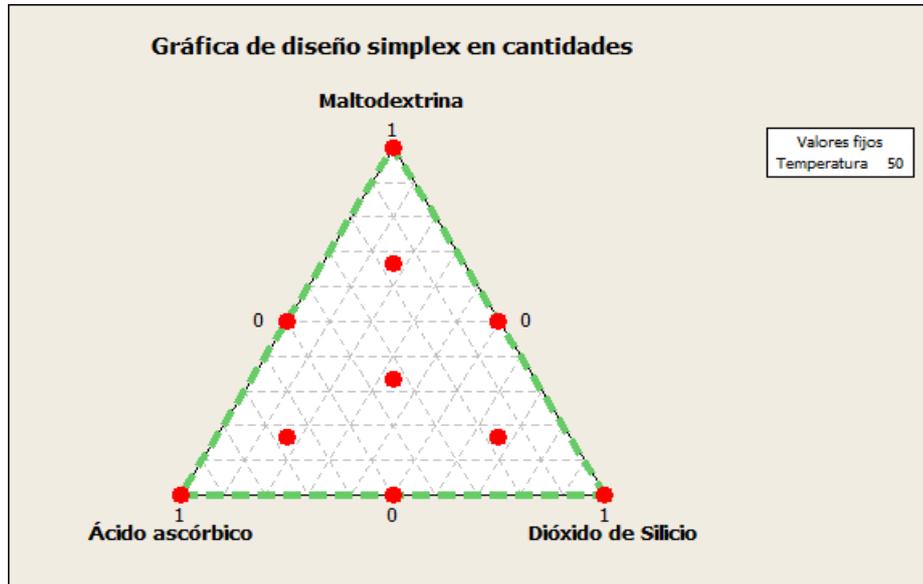
4.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de nivel aplicado y de tipo experimental porque permitirá introducir y manipular el factor causal que sería el diseño de mezclas de los aditivos; asimismo es transversal porque se medirá la cantidad de carotenoides luego del proceso de secado.

4.2. Diseño de la investigación

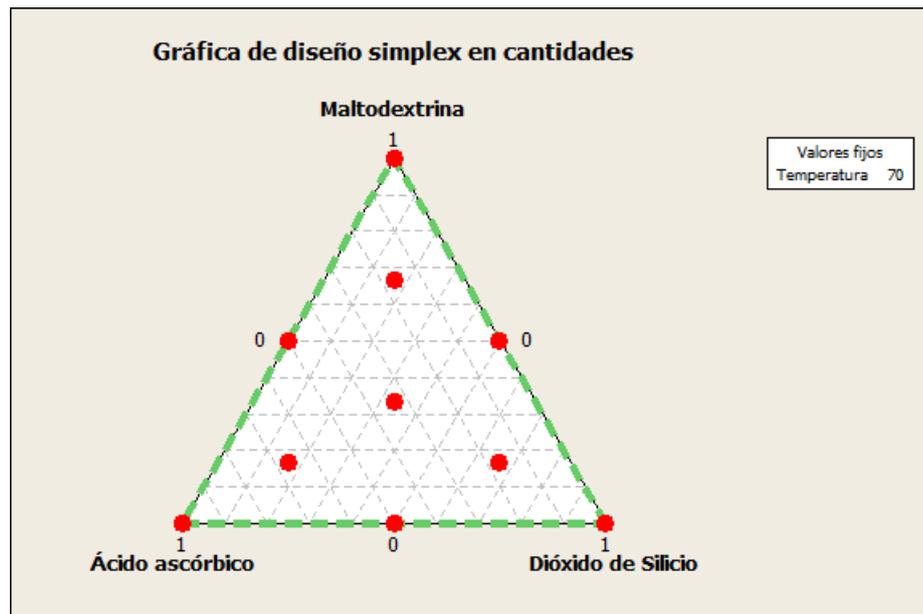
Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó un diseño de mezcla de 3 componentes con una variable de proceso. El diseño de mezcla de 3 componentes comprende los aditivos añadidos (ácido ascórbico, dióxido de silicio amorfo, maltodextrina); y la variable de proceso comprende la temperatura de secado convectivo que será de dos niveles (50 y 70°C), cuyas demás condiciones de operación fueron estándares (velocidad de aire de 4 m.s⁻¹, tiempo de 270 minutos, grosor 5 milímetros); permitiendo determinar el efecto que presentaron sobre la estabilidad del total de carotenoides en el producto final. Las corridas experimentales se realizaron por duplicado de manera aleatoria.

FIGURA N°5
DISEÑO DE MEZCLA A VARIABLE DE PROCESO 50°C (CODIFICADA)



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N°6
DISEÑO DE MEZCLA A VARIABLE DE PROCESO 70°C (CODIFICADA)



Fuente: Elaboración propia.

TABLA N°2
DISEÑO EXPERIMENTAL (DECODIFICADO)

Corrida	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4
	Maltodextrina	Ácido ascórbico	Dióxido de Silicio	Temperatura
1	16.67%	16.67%	66.67%	50
2	16.67%	66.67%	16.67%	70
3	50.00%	50.00%	0.00%	70
4	16.67%	66.67%	16.67%	50
5	0.00%	100.00%	0.00%	50
6	50.00%	0.00%	50.00%	50
7	50.00%	50.00%	0.00%	50
8	66.67%	16.67%	16.67%	50
9	0.00%	100.00%	0.00%	70
10	0.00%	0.00%	100.00%	50
11	33.33%	33.33%	33.33%	70
12	0.00%	50.00%	50.00%	70
13	100.00%	0.00%	0.00%	70
14	33.33%	33.33%	33.33%	50
15	0.00%	50.00%	50.00%	50
16	100.00%	0.00%	0.00%	50
17	16.67%	16.67%	66.67%	70
18	0.00%	0.00%	100.00%	70
19	50.00%	0.00%	50.00%	70
20	66.67%	16.67%	16.67%	70

Fuente: Elaboración propia

4.3. Población y muestra

En la investigación se utilizó lúcuma de la variedad “seda”; la población utilizada fue de aproximadamente 20 kilogramos obtenidos del distrito de Huaral, provincia de Huaral, región Lima. Se obtuvo 40 muestras aleatorias de 150 gramos para cada tratamiento y repetición; las cuales tuvieron las características de madurez fisiológica, cuya coloración interna es 7.5YR6/10 en escala Munsell o 32-2C en escala Pantone.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos que se utilizaron en la presente investigación que fue realizado en el Laboratorio de Análisis Químico del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria de la UNAC, y en el Laboratorio de Procesos Industriales de la PUCP; fueron la observación y la experimentación,. La observación fue una técnica útil que nos permitió observar las características que presentó la materia prima respecto al color de la misma al momento de la caracterización utilizando una cartilla de color, de esta manera estandarizamos la materia prima utilizada. Por otro lado, la experimentación nos permitió recopilar data a partir de la manipulación intencional de las variables independientes (diseño de mezclas y parámetro de proceso) las cuales se analizaron su influencia respecto a la variable dependiente (carotenoides totales).

4.4.2. Instrumentos de recolección de datos

a. Equipos y materiales

- Analizador de actividad de agua NOVASINA LabSwift-aw, Suiza.
- Balanza de humedad MX-50 A&D Company, Japón
- Balanza analítica LX220A PRECISA GRAVIMETRICS, Suiza.
- Balanza digital GF-6100 A&D Company, Japón
- Espectrofotómetro UV/VIS GENESYS 10S ThermoScientific, Alemania.

- Estufa MEMMERT 100-800, Alemania.
- Estufa MEMMERT UN30, Alemania.
- Liofilizador LABCONCO 12L, Estados Unidos.
- Potenciómetro 202022 Basic20 CRISON, España.
- Refractómetro DR201-95 KRÜSS OPTRONIC, Alemania.
- Secador de aire convectivo, INQUIMET, Perú.
- Bolsas trilaminadas de color negro.
- Contador de colonias.
- Campana de desecación con sílica gel Seko-50 MÖGEL GROSCH, Alemania.
- Espátula de acero inoxidable.
- Fiolas de borosilicato.
- Balón de fondo redondo.
- Rotavapor SENCO, Modelo R206b, China.
- Matraces de borosilicato.
- Micropipeta 10004850 BOECO, Alemania.
- Pinzas de laboratorio.
- Papel filtro.
- Placas Petrifilm para recuentos de mohos y levaduras, E.Coli. 3M, Estados Unidos.
- Test 1-2 para determinación de Salmonella.

b. Reactivos

- Standard Beta-caroteno >97% pureza, Sigma-Aldrich, Alemania
- Agua destilada
- Butilhidroxitolueno (BHT), Sigma-Aldrich, Alemania.
- Acetona 99.5% Q.P., J.T. Baker. Estados Unidos.

4.5. Procedimiento de recolección de datos

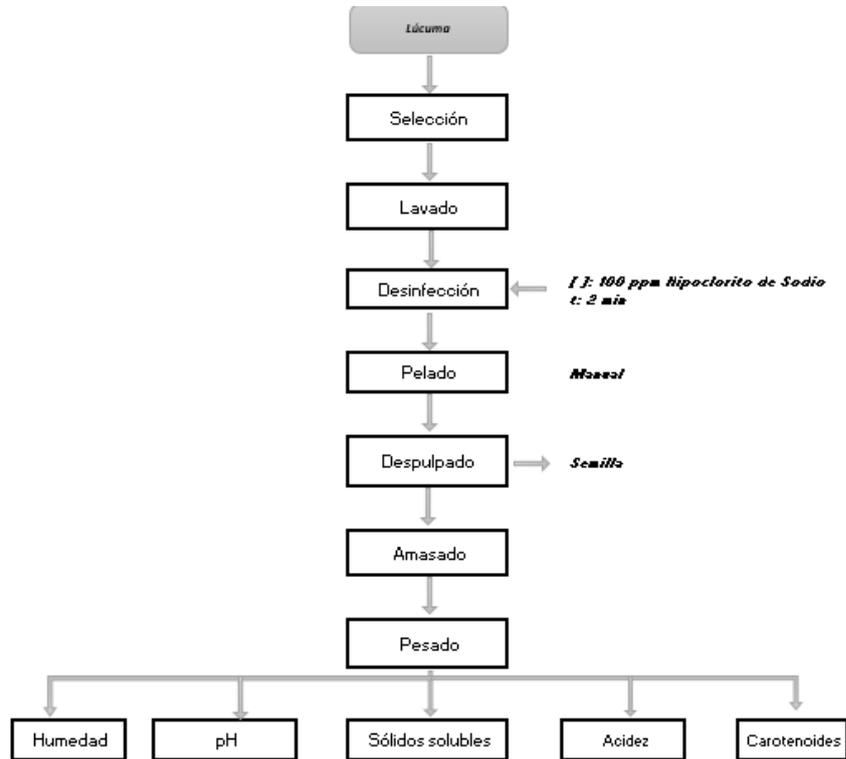
4.5.1. Caracterización física y química de la materia prima.

Se recibió la materia prima, la cual fue pesada, lavada y desinfectada, asimismo se acondicionó para separar la pulpa de la cáscara y semilla, luego se amasó y prensó hasta obtener una lámina homogénea, posteriormente se procedió a la medición de sus características físicas y químicas (concentración de sólidos soluble, pH, acidez titulable, humedad) (Ver Figura N°7).

Luego la muestra se liofilizó para determinar la cantidad de carotenoides totales. La caracterización de la materia prima mediante los siguientes análisis:

- Determinación de humedad (AOAC 930.15, 2000)
- Determinación de sólidos totales (AOAC 932.14-C, 1998)
- Determinación de acidez titulable (AOAC 932.14-B, 1998)
- Determinación de pH (AOAC 10.035, 1995)
- Determinación de actividad de agua: Mediante un analizador de actividad de agua.

FIGURA N°7
 DIAGRAMA DE FLUJO DE CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA



Fuente: Elaboración propia

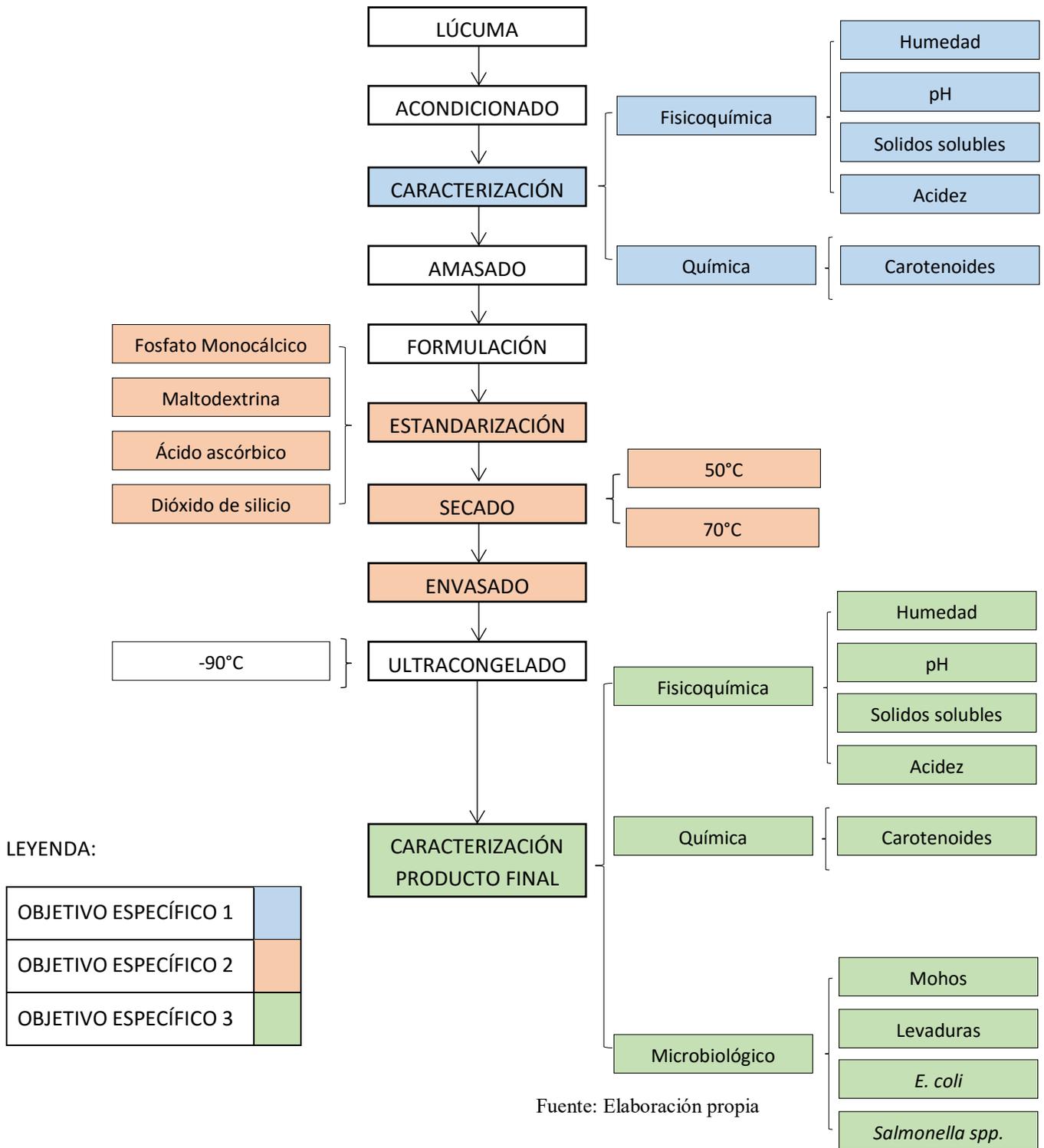
- Determinación de carotenoides totales: Se utilizó el método espectrofotométrico propuesto por Ref. (3), modificado por Ref. (20); para ello se utilizó 0.5 mg de muestra y se mezcló con 5 ml de acetona la cual tuvo una concentración de 200 mg/L de Butilhidroxitolueno (BHT). La mezcla fue homogeneizada y agitada en baño maría de hielo por 30 minutos. Posteriormente se procedió a centrifugar la muestra a 5000 RPM por dos periodos de 20 minutos a 4°C, donde el sobrenadante se recolectó. La extracción se repitió dos veces en el sedimento por 10 minutos manteniendo constante las otras condiciones de operación. Los sobrenadantes se combinaron, y se llevaron a rotavapor para su

evaporación total del solvente del extracto. Por último se volvió a combinar con 2 ml de acetona. La cuantificación se realizó por espectrofotómetro configurado a una longitud de onda de 454nm. La curva de calibración fue establecida usando β -caroteno en acetona como estándar (5-100 $\mu\text{g/ml}$) y acetona como blanco. Los resultados fueron expresados en mg de equivalentes a β -caroteno por gramo de peso seco de lúcuma, ver Anexo 1.

4.5.2. Determinación de la mezcla de aditivos y parámetros de proceso de secado convectivo, en función a su contenido de carotenoides totales.

La estandarización se realizó basándose en el diseño de mezclas de aditivos, los cuales fueron añadidos a la mezcla, diluidos en una cantidad agua equivalente al peso total de la mezcla, de tal manera que se añada de agua la misma cantidad que se agrega de sólidos.

FIGURA N°8
RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA LÚCUMA



Se procedió a amasar hasta obtener una mezcla homogénea. La mezcla fue sometida a secado convectivo (50 y 70°C) de manera aleatoria según el diseño experimental de la investigación durante un tiempo estándar de 270 minutos a una velocidad de aire de 4 metros por segundo ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$). Luego se procedió a ultra congelación a -90°C para conservar las muestras, que fueron envasadas en bolsas oscuras de aluminio trilaminado, y posteriormente determinar la cantidad de carotenoides retenidos en cada tratamiento. Mediante análisis estadístico, se seleccionó el mejor tratamiento.

4.5.3. Caracterización el producto mediante sus propiedades físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales.

Al mejor tratamiento basado en la cantidad de carotenoides retenidos, se procedió a la medición de sus características físicas y químicas (concentración de sólidos soluble, pH, acidez titulable, humedad). Asimismo se caracterizó microbiológicamente según la Norma de Criterios Microbiológicos (37). Por último se realizó una caracterización sensorial mediante escala hedónica del mejor tratamiento con el patrón de referencia, el cual es la muestra liofilizada. En la presente investigación se realizaron la caracterización de la materia prima y producto final mediante los siguientes análisis:

- Determinación de humedad (AOAC 930.15, 2000)
- Determinación de sólidos solubles (AOAC 932.14-C, 1998)
- Determinación de acidez titulable (AOAC 932.14-B, 1998)

- Determinación de pH (AOAC 10.035, 1995)
- Determinación de actividad de agua: Mediante un analizador de actividad de agua.
- Recuento de mohos y levaduras (AOAC 997.02)
- Recuento de E. coli (AOAC 991.04)
- Recuento de Salmonella spp. (AOAC 989.13)
- Análisis Sensorial: Se determinaron mediante la prueba de medición de grado de satisfacción a través de la escala hedónica de 9 puntos, teniendo en cuenta los atributos de Apariencia (brillo, resequedad), Sabor (aroma a lúcumas, acidez, dulzor), Textura (crocantez, dureza, masticabilidad).

4.6. Procesamiento estadístico y análisis de datos

El procesamiento estadístico de los resultados se realizó mediante el software Minitab® 17. Se empleó el análisis de diseño de mezcla de 3 componentes (ácido ascórbico, dióxido de silicio amorfo, maltodextrina); y una variable de proceso comprende la temperatura de secado convectivo (50° C y 70 °C) para determinar si existe diferencia significativa entre los tratamientos del diseño experimental sobre la estabilidad de carotenoides totales en los snacks de lúcumas.

CAPITULO V

RESULTADOS

5.1. Caracterización física y química de la materia prima

Los resultados de la caracterización físico-química de la materia prima, consistió primero en realizar las primeras operaciones del diagrama de flujo (ver Figura N°7) para determinar rendimiento de los componentes de la lúcuma, los cuales se calcularon mediante las ecuaciones de porcentaje de rendimiento (ver Ecuación N°1), para poder tener registro de la cantidad de pulpa con la que se cuenta para el experimento.

ECUACIÓN N°1 ECUACIONES DE RENDIMIENTO

$$\text{Rendimiento de pulpa} = (\text{Masa pulpa})/(\text{Masa Total}) \times 100\%$$

$$\text{Rendimiento de semilla} = (\text{Masa semilla})/(\text{Masa Total}) \times 100\%$$

$$\text{Rendimiento de cáscara} = (\text{Masa cáscara})/(\text{Masa Total}) \times 100\%$$

Fuente: Elaboración propia

La lúcuma fue pesada en su totalidad, luego se procedió a lavarse, desinfectarse, enjuagarse y escurrirse; inmediatamente se procedió pelarse, obteniéndose la cáscara separada del resto de la fruta, la cual se pesó; en promedio la cáscara compone el 19.07 ± 0.04 % de la fruta, sin embargo se observó pequeñas impurezas que son trazas de pulpa que se quedaron con la cáscara durante el pelado. Luego se procedió a trozar la pulpa en dos partes con la ayuda de un cuchillo aserrado, de esta manera obtuvimos la pulpa separada de la semilla. En la pulpa se observó capas

delgadas de una membrana de características similares a la semilla las cuales fueron retiradas manualmente y colocadas con las semillas; con ello se procedió a pesar la semilla y la pulpa, donde se obtuvo un rendimiento de pulpa y semilla en promedio de $71.12 \pm 0.07\%$ y 9.81 ± 0.04 , respectivamente. Estos resultados se encuentran resumidos en la Anexo 4.

ANEXO 4
RENDIMIENTO DE LOS COMPONENTES DE LA LUCUMA

COMPONENTES	RENDIMIENTO (%)
Pulpa	71.12 ± 0.07
Semilla	9.81 ± 0.04
Cáscara	19.07 ± 0.04

Fuente: Elaboración propia

Para los ensayos físicos y químicos, se utilizó la pulpa obtenida de las pruebas de rendimiento, de esta manera se procedió a mezclar toda la pulpa, para luego separar pequeños grupos que van a ser utilizados es los ensayos. Todas las pruebas se realizaron por triplicado, obteniéndose el promedio con su respectiva desviación estándar.

TABLA N°3
CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE LÚCUMA

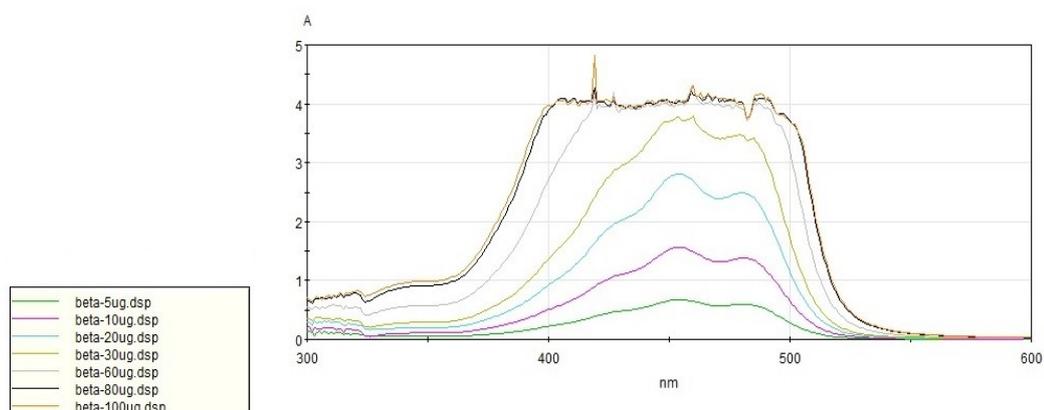
ENSAYO	RESULTADO
Humedad (%)	64.28 ± 0.01
Actividad de agua	0.931 ± 0.01
Concentración sólidos solubles (°Bx)	24.79 ± 0.77
pH	5.36 ± 0.10
Acidez titulable (% ácido cítrico)	1.31 ± 0.079

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos podemos observar que la pulpa tiene una humedad de $64.28 \pm 0.01\%$, una actividad de agua (A_w) de 0.931 ± 0.01 , una concentración de sólidos solubles de 24.79 ± 0.77 grados Brix ($^{\circ}\text{Bx}$), pH de 5.36 ± 0.10 , y una acidez titulable expresado en porcentaje de ácido cítrico de $0.131 \pm 0.016 \%$ (ver TABLA N°3).

En la determinación de la cantidad de carotenoides totales, los cuales se expresan en miligramos de β -caroteno, se tuvo que realizar varias concentraciones (5-80 $\mu\text{g/ml}$) del estándar β -caroteno de $>98\%$ de pureza (Sigma Aldrich, Alemania), de esta manera se procedió a hacer un escaneo o barrido para determinar la longitud de onda a la que se realizaría los ensayos, otorgando como resultado un rango de longitud de onda de 450 – 480 nanómetros (nm), debido a que presentó la mayor absorbancia de todo el barrido (ver Gráfica N°1).

GRÁFICA N°1
BARRIDO DEL PATRÓN ESTÁNDAR A DIFERENTES LONGITUDES DE ONDA



Fuente: Elaboración propia.

Determinado el rango se procedió a establecer cuál es la longitud de onda con mayor absorbancia, así que se tomó el rango seleccionado y se realizó otro barrido con ese objetivo, dando como resultado que la longitud de onda de 454 nanómetros (nm), como se puede observar de los resultados obtenidos en la Tabla N°4.

TABLA N°4
 ABSORBANCIAS OBTENIDAS DEL BARRIDO 450-480 NM

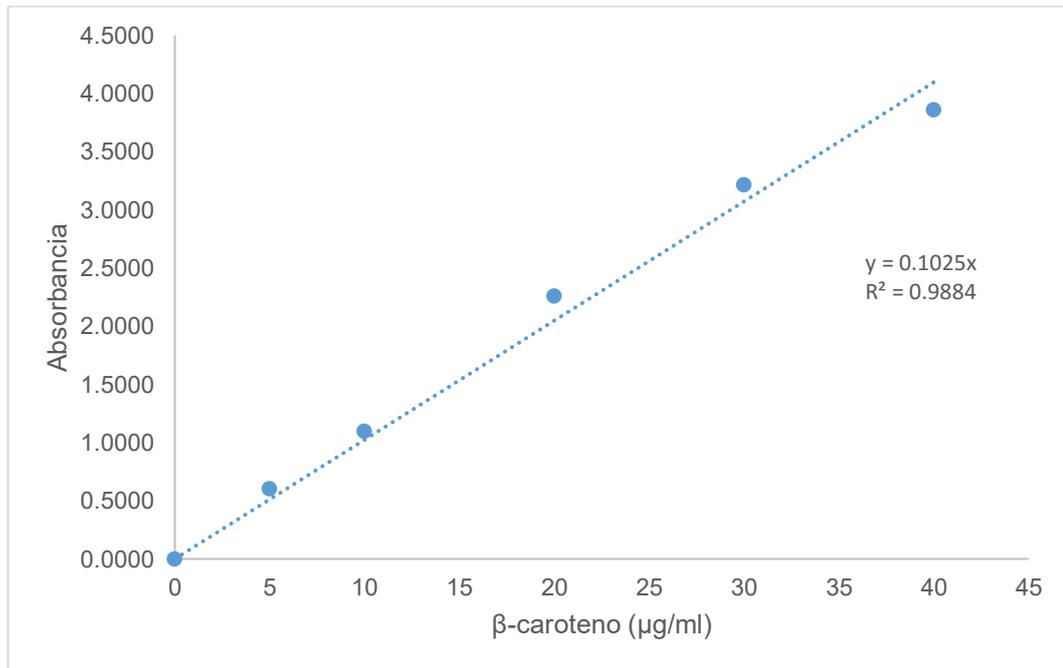
CONCENTRACIÓN ($\mu\text{g } \beta\text{-caroteno/ml}$)	450 nm	454 nm	480 nm
5	0.664	0.681	0.601
10	1.527	1.566	1.383
20	2.754	2.815	2.493
30	3.724	3.747	3.471
60	3.980	3.983	3.953
80	4.027	4.075	4.027

Fuente: Elaboración propia

La absorbancia obtenida nos permitió realizar el siguiente paso, el cual fue desarrollar la curva de calibración con la finalidad de relacionar la absorbancia con la concentración de β -caroteno que se extraen de las muestras; para ello de las diluciones del patrón se procedió a tomar lecturas en el espectrofotómetro en orden creciente desde 5 hasta 80 $\mu\text{g } \beta\text{-caroteno/ml}$ de solución, el cual debe observarse un patrón de linealidad; sin embargo, a partir de la solución de 50 $\mu\text{g } \beta\text{-caroteno/ml}$ de solución, se llegó a perder la linealidad de manera significativa, por ello a partir de esa muestra se descartaron las soluciones, quedándonos solo con 6 patrones con lo que realizamos la curva de calibración (ver Gráfica N°2). La curva de calibración presentó una tendencia lineal, con un ajuste adecuado donde obtuvimos un $R^2 =$

0.9884, el cual presentó la Ecuación N°2 para determinar la cantidad de β -caroteno a partir de la absorbancia.

GRÁFICA N°2
CURVA DE CALIBRACIÓN DE CAROTENOIDES TOTALES



Fuente: Elaboración propia

ECUACIÓN N°2
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CAROTENOIDES TOTALES

$$\text{ABS} = 0.1025 \times \text{Cantidad de } \beta - \text{caroteno} \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{ml}_{\text{extracto}}} \right)$$

Fuente: Elaboración propia

Utilizando la ecuación pudimos determinar la cantidad de carotenoides totales de las muestras iniciales que fueron utilizadas como puntos de comparación respecto a los tratamientos del experimento. Las muestras analizadas fueron: pulpa fresca, pulpa liofilizada, pulpa sin la adición de ningún aditivo deshidratada a 50°C y 70°C debido a que son las variantes del proceso, manteniendo las variables constantes

similares a los experimentos con los tratamientos. Los resultados se expresaron en mg β -caroteno por gramo de materia seca o base seca (BS). La pulpa fresca fue la de mayor contenido de carotenoides totales con 0.2942 ± 0.0141 ; seguido de la pulpa liofilizada con 0.2495 ± 0.0385 . Las pulpas deshidratadas a 50°C y 70°C resultaron con 0.1021 ± 0.0049 y 0.0317 ± 0.0012 , observándose una pérdida significativa que se expresa alrededor en una retención de alrededor de 34,70% y 40,95% de carotenoides totales de la pulpa deshidratada a 50°C en comparación con las pulpas fresca y liofilizada, respectivamente. Para la pulpa deshidratada a 70°C se observa una retención solo de 10,77% y 12,70% en comparación con las mismas pulpas respectivamente. El contenido de carotenoides pues observarse en la TABLA N°5.

TABLA N°5
CARACTERIZACIÓN DE CAROTENOIDES TOTALES DE PULPA DE LÚCUMA

MUESTRA	RESULTADOS (mg β -caroteno/g BS)
Carotenoides totales de pulpa fresca	0.2942 ± 0.0141
Carotenoides totales de pulpa liofilizada	0.2495 ± 0.0385
Carotenoides totales de pulpa deshidratada a 50°C	0.1021 ± 0.0049
Carotenoides totales de pulpa deshidratada a 70°C	0.0317 ± 0.0012

Fuente: Elaboración propia

5.2. Selección del mejor tratamiento de mezcla de aditivos y parámetros de proceso de secado convectivo

Se realizaron los tratamientos establecidos mediante el diseño de mezclas en el software Minitab® 17 (ver Anexo 2) por duplicado. De esta manera, las láminas de lúcuma ya mezcladas respectivamente con los aditivos añadidos de cada

tratamiento, fueron deshidratadas a cada variable de proceso, donde se obtuvo los resultados mostrados en la TABLA N°6, donde son expresados en miligramos de β -caroteno sobre gramos de base seca (BS).

TABLA N°6
DATOS OBTENIDOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Corrida	FACTOR 1			FACTOR 2	RESPUESTA		RESPUESTA
	Maltodextrina	Ácido ascórbico	Dióxido de Silicio	Temperatura	Carotenoides Totales		Humedad (%) \pm 0.03
1	16.67%	16.67%	66.67%	50	0.2672	0.3016	9
2	16.67%	66.67%	16.67%	70	0.2010	0.2664	9.6
3	50.00%	50.00%	0.00%	70	0.2061	0.2589	9.7
4	16.67%	66.67%	16.67%	50	0.2296	0.3125	12
5	0.00%	100.00%	0.00%	50	0.2535	0.2972	12.5
6	50.00%	0.00%	50.00%	50	0.2323	0.2890	11.9
7	50.00%	50.00%	0.00%	50	0.2423	0.2744	12.8
8	66.67%	16.67%	16.67%	50	0.2233	0.2732	12.1
9	0.00%	100.00%	0.00%	70	0.2069	0.2544	11.8
10	0.00%	0.00%	100.00%	50	0.2241	0.2850	9.9
11	33.33%	33.33%	33.33%	70	0.1866	0.2776	11.6
12	0.00%	50.00%	50.00%	70	0.1841	0.2656	10.8

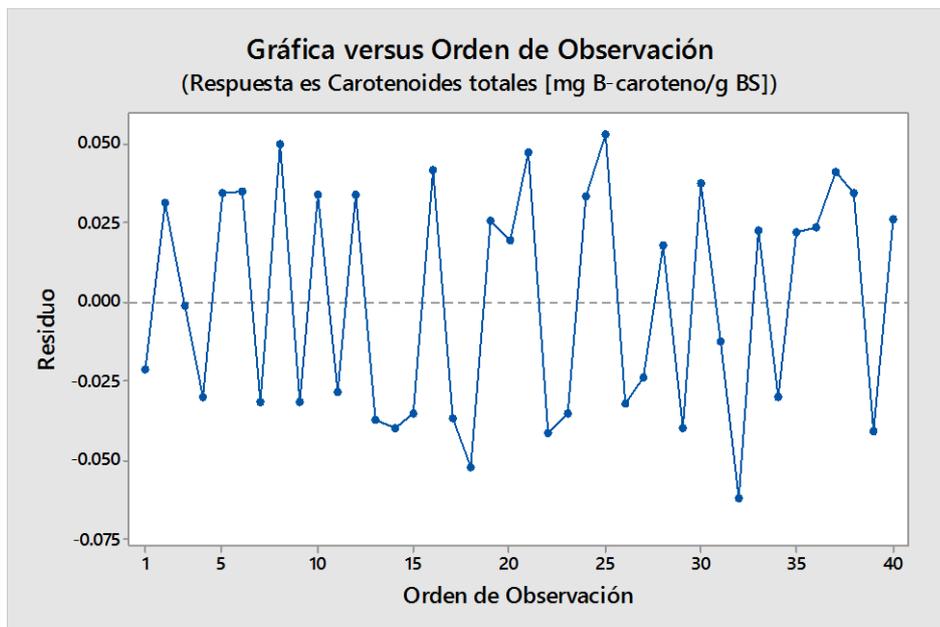
13	100.00%	0.00%	0.00%	70	0.1713	0.2418	10.8
14	33.33%	33.33%	33.33%	50	0.2045	0.3198	16.2
15	0.00%	50.00%	50.00%	50	0.2370	0.3087	12.1
16	100.00%	0.00%	0.00%	50	0.2113	0.2804	13.1
17	16.67%	16.67%	66.67%	70	0.1723	0.2592	11.1
18	0.00%	0.00%	100.00%	70	0.2004	0.2642	11.7
19	50.00%	0.00%	50.00%	70	0.1828	0.2523	11.3
20	66.67%	16.67%	16.67%	70	0.1848	0.2697	10.9

Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos mostrados en la TABLA N°6, se realizó el análisis estadístico del diseño de mezcla con la temperatura como variable de proceso. Como primer resultado se obtuvo que la desviación estándar del modelo es baja ($S = 0.042$), esto que indica una variabilidad no significativa en los resultados. El modelo de regresión utilizado es el modelo cuadrático el cual se eligió debido a que es el que presenta un mayor coeficiente de determinación (R^2) que representa respecto de los datos el 26.28%. Del análisis de varianza podemos observar que los términos lineales y cuadráticos no son significativos, debido a que presentan un F calculado (F_c) de 0.49 y 0.05, mientras que el F de tabla (F_t) de 3.49 y 3.10, respectivamente. De igual manera con las interacciones, estableciendo que no existen interacciones

de ningún tipo entre las variables. La evaluación de falta de ajuste nos dio como resultado un F_c de 0.06, en comparación con el F_t de 2.45, por lo que muestra que no existe falta de ajuste del modelo. Estos resultados pueden ser verificados en la gráfica de residuos. En la Gráfica N°3 podemos observar que el patrón de comportamiento indica que los residuos son independientes unos de otros.

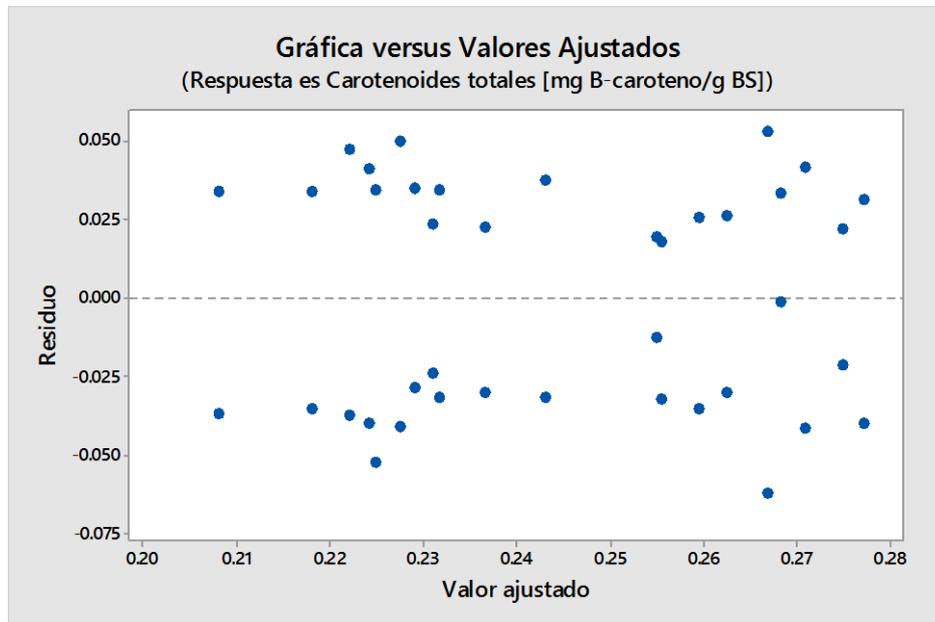
GRÁFICA N°3
RESIDUOS vs ORDEN DE OBSERVACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, en la Gráfica N°4 podemos observar que los residuos presentan algunos puntos con valores atípicos, esto se debe a que el modelo no llega a ajustar completamente los datos obtenidos, corroborando el bajo coeficiente de determinación obtenido en el modelo de regresión.

GRÁFICA N°4
RESIDUOS vs VALORES AJUSTADOS

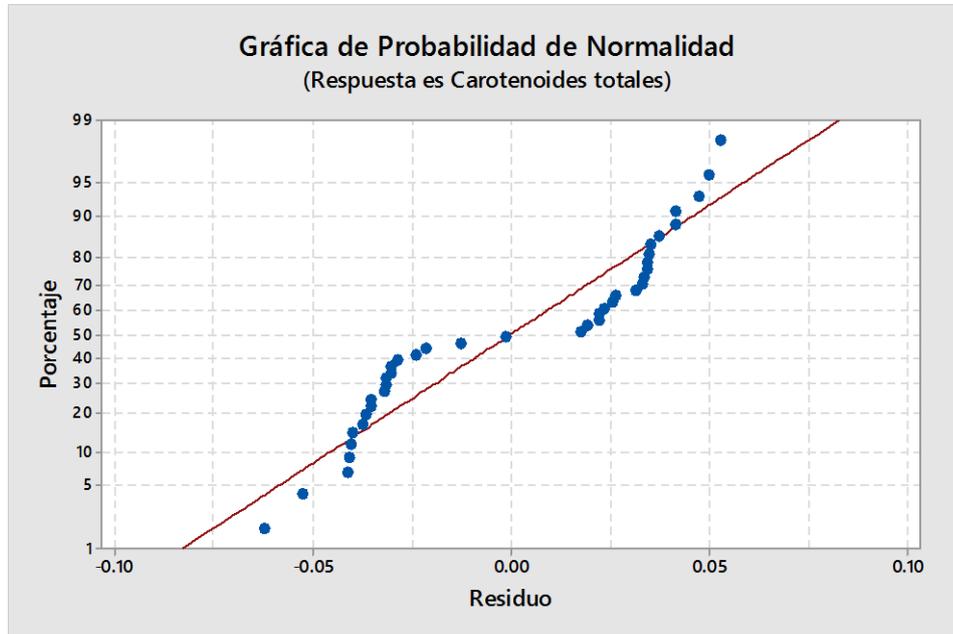


Fuente: Elaboración propia.

Esto último también se puede comparar con lo obtenido en la Gráfica N°5 donde los residuos se presentan en probabilidad normal de los valores ajustados, donde presentan un comportamiento muy cercano a la linealidad, validando el modelo debido a su baja variabilidad.

A pesar de que ninguna mezcla presenta una diferencia significativa en comparación a otra dentro de los experimentos realizados, el análisis estadístico mostró resultados interesantes respecto a cada variable independiente.

GRÁFICA N°5
RESIDUOS VS PROBABILIDAD NORMAL

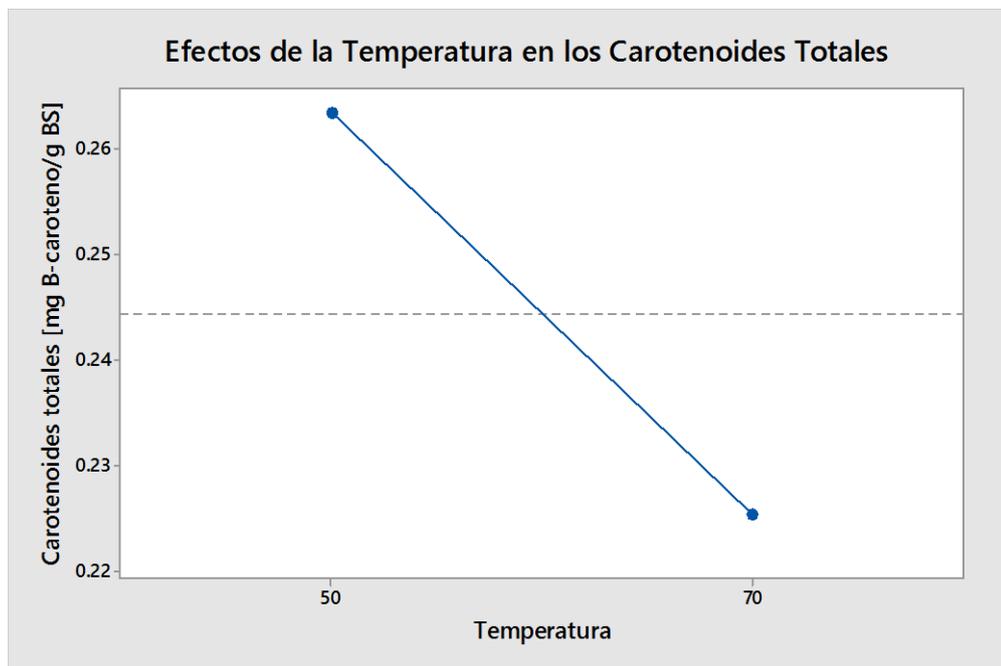


Fuente: Elaboración propia.

La variable de proceso óptima es la temperatura de aire de deshidratación de 50°C, con un promedio de contenido de carotenoides totales de 0.263 ± 0.036 mg β -caroteno/g BS, en comparación con el contenido promedio de 0.225 ± 0.038 mg β -caroteno/g BS obtenido por la variable de proceso de 70°C. La Gráfica N°6 muestra que a partir de 50°C y se aumenta la temperatura hacia 70°C, la retención de carotenoides totales disminuye. Si se compara con la muestra de pulpa fresca de lúcumo, la temperatura de 50°C retiene en promedio 89.51%, en comparación con el 76.57% que representa en promedio la retención de carotenoides totales a una temperatura de operación de 70°C respecto a la pulpa fresca; similares a los 0.2495 ± 0.0385 mg β -caroteno/g BS que se obtiene como resultado de la pulpa de lúcumo liofilizada.

La retención de carotenoides totales respecto a la pulpa sin aditivos deshidratada a cada variable de proceso es significativa, debido a que en caso de 50°C las mezclas en las que se añadió aditivos retienen en promedio 257.93% respecto a la lámina de pulpa deshidratada a la misma temperatura y sin aditivos. De la variable de proceso 70°C se tuvo una retención promedio de 710.62% respecto a su par sin aditivos; lo cual se interpreta que el uso de aditivos en las láminas de lúcumas en cualquiera de los tratamientos investigados permite retener de manera significativa la cantidad de carotenoides totales de las láminas de lúcumas.

GRÁFICA N°6.
EFECTOS DE LA VARIABLE DE PROCESO EN LA RETENCIÓN DE CAROTENOIDES
TOTALES

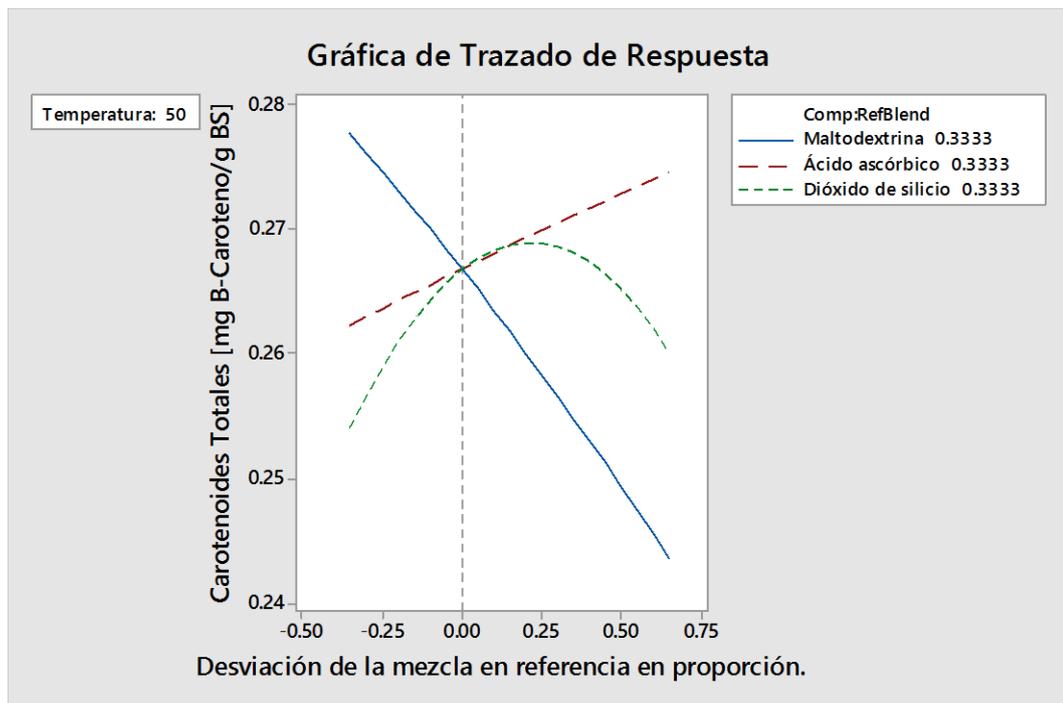


Fuente: Elaboración propia.

Establecida la temperatura adecuada que garantice una mayor retención de carotenoides totales en las muestras, es necesario determinar el mejor tratamiento que garantice la mayor retención de carotenoides; para ello, se requiere evaluar el

comportamiento de las variables independientes (aditivos) con una variable de proceso adecuada y constante determinada que es 50°C. En la Gráfica N°7 podemos observar el rastro de la variable respuesta en función a los cambios que presentan los aditivos en las mezclas tomando como punto de partida la mezcla en que las 3 variables independientes tienen igual participación en la mezcla.

GRÁFICA N°7
GRÁFICA DE RASTRO DE RESPUESTA A VARIABLE DE PROCESO 50°C

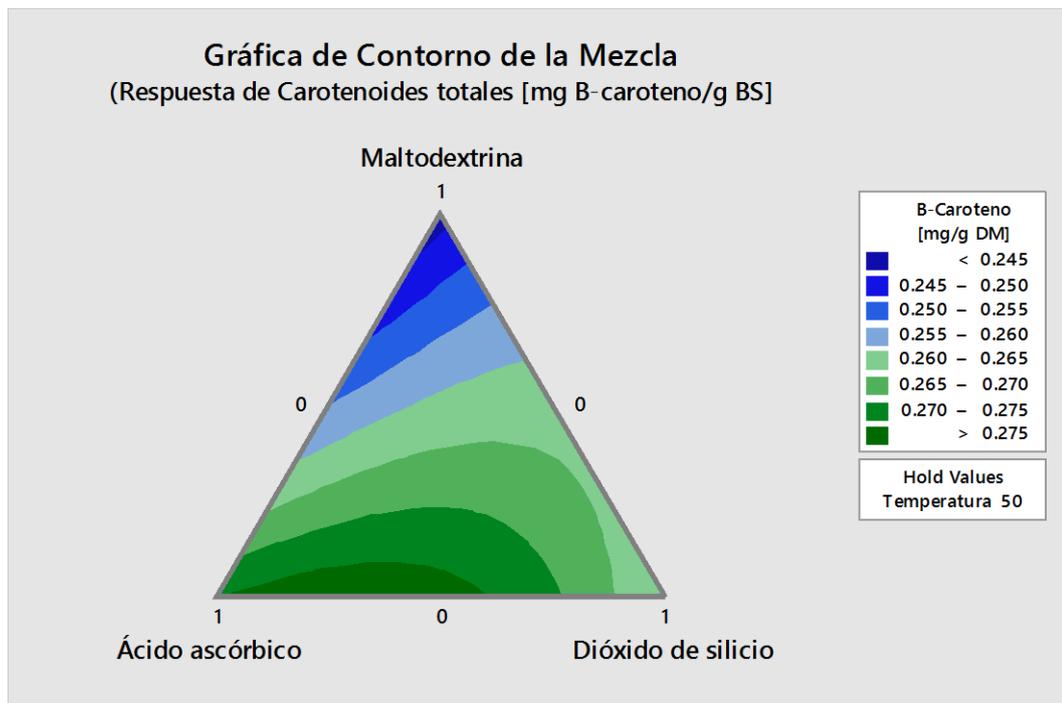


Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Gráfica N°7, esta es la representación del cambio en la cantidad de carotenoides totales de la mezcla en función a los cambios en los aditivos presentes en las láminas de pulpa estudiadas. Se puede observar que la maltodextrina (MD) presenta un comportamiento lineal, similar al ácido ascórbico (AA), sin embargo a diferencia de este último, a mayor presencia de maltodextrina en la mezcla, menor es la retención de carotenoides totales. Caso contrario sucede

con el ácido ascórbico que a mayor presencia en la mezcla se tiene una mayor retención de carotenoides totales. El dióxido de silicio (SD) también presenta una participación que a mayor presencia favorece la retención de carotenoides totales, pero hasta una determinada proporción, que si se sigue aumentado su contenido tiene un efecto contrario.

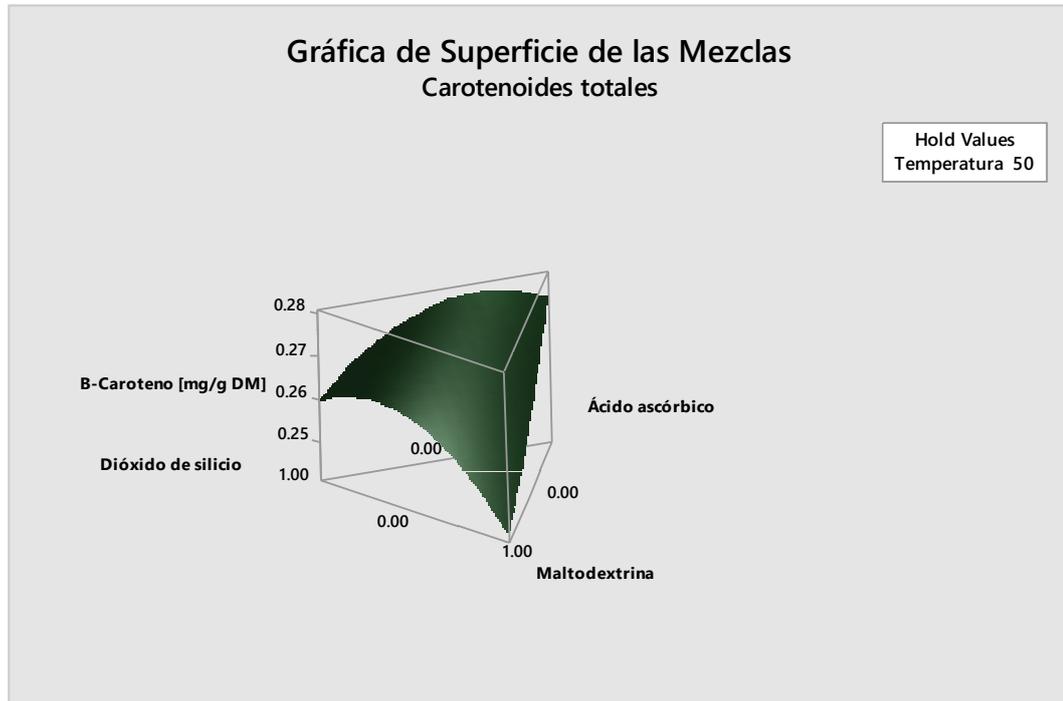
GRÁFICA N°8
GRÁFICA DE CONTORNO DE LA MEZCLA A VARIABLE DE PROCESO 50°C



Fuente: Elaboración propia.

Bajo estos comportamientos, la maltodextrina resultó irrelevante su utilización en el estudio. Esto es posible confirmarse observando las Gráfica N°8 y Gráfica N°9, donde se presenta la gráfica de contornos a variable de proceso de 50°C, donde mientras más se tiene a alejarse la mezcla de la posición de la maltodextrina, y se acerca hacia la posición del ácido ascórbico y del dióxido de silicio, mayor es la retención de carotenoides totales.

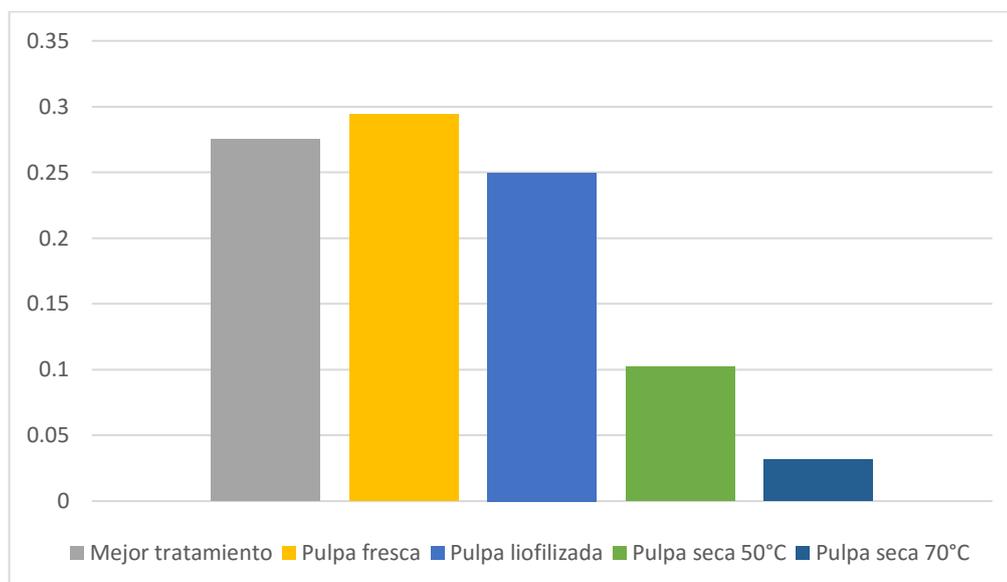
GRÁFICA N°9
GRÁFICA DE SUPERFICIE DE LAS MEZCLAS A VARIABLE DE PROCESO 50°C



Fuente: Elaboración propia.

Estableciendo los valores máximos de cada componente utilizando las gráficas presentadas anteriormente, se determinó el mejor tratamiento del experimento, sin embargo se debe tener en cuenta que a pesar de que estadísticamente no presenta significancia respecto a los demás tratamientos, es la mezcla de 0% de maltodextrina, 100% ácido ascórbico, 0% de dióxido de silicio amorfo, donde se obtuvo la mayor retención de carotenoides totales con 0.2753 mg β -caroteno/g BS; logrando retener 93.57% y 110.34% de los carotenoides totales respecto a la pulpa fresca y liofilizada, respectivamente. Estos resultados son mayores si se compara con la pulpa deshidratada sin aditivos, donde se obtuvo 269.53% y 868.45% respecto a las muestras deshidratadas de 50°C y 70°C, respectivamente.

GRÁFICA N°10
GRÁFICA COMPARATIVA DE RETENCIÓN DE CAROTENOIDES



Fuente: Elaboración propia

5.3. Caracterización el producto mediante sus propiedades físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales

Para la caracterización del producto final se consideró tener en cuenta el mejor tratamiento obtenido del análisis estadístico, el cual resultó la mezcla de 0% maltodextrina, 100% ácido ascórbico, 0% dióxido de silicio. Los ensayos realizados fueron bajo las mismas técnicas utilizadas en la caracterización de materia prima. Los resultados obtenidos fueron un contenido de humedad de $2.98 \pm 0,03$ %, una actividad de agua (A_w) de 0.345 ± 0.01 , una concentración de sólidos solubles de 24.54 ± 0.09 grados Brix ($^{\circ}Bx$), pH de 5.10 ± 0.16 , acidez titulable expresado en porcentaje de ácido cítrico de 2.16 ± 0.097 , y una cantidad de carotenoides totales de 0.2753 ± 0.031 mg β -caroteno/g BS (ver TABLA N°7).

TABLA N°7
CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL

ENSAYO	RESULTADO
Humedad (%)	2.98 ± 0.03
Actividad de agua	0.345 ± 0.01
Concentración sólidos solubles (°Bx)	24.54 ± 0.09
pH	5.10 ± 0.16
Acidez titulable (% ácido cítrico)	2.16 ± 0.097
Carotenoides totales (mg β -caroteno/g BS)	0.2753 ± 0.031

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al análisis microbiológico, los resultados mostraron que no existe significancia en la presencia de microorganismos ya que todos están dentro de los rangos permitidos por el MINSA. Esto debido a que la baja actividad de agua sirve como agente que dificulta el crecimiento bacteriano, siempre y cuando se trabaje con higiene debido a que por su pH es propenso a la contaminación si no se trabaja con la metodología adecuada. En la TABLA N°8 podemos observar los resultados obtenidos de los ensayos microbiológicos.

TABLA N°8
RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

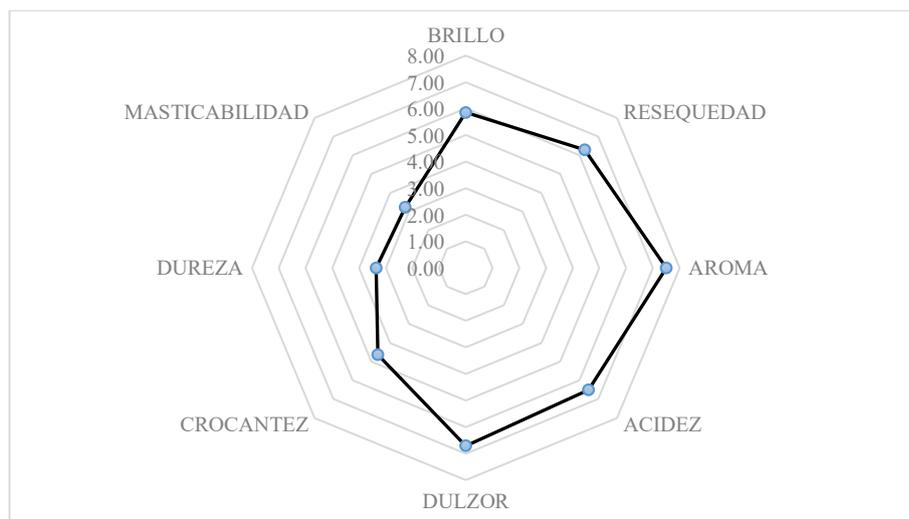
MICROORGANISMOS	CONTEO
Mohos	< 100 ufc
Levaduras	< 100 ufc
Escherichia coli	< 10 ufc
Salmonella sp.	Ausencia

Fuente: Elaboración propia

El análisis sensorial se realizó con 14 jueces, que evaluaron las características de los atributos sensoriales establecidos en la metodología. Entre los resultados obtenidos de la evaluación podemos denotar una gran respuesta respecto al aroma

del producto logrando un promedio de 7.5 ± 0.76 de puntaje, siendo la característica de mayor puntaje; el segundo atributo con mayor puntaje fue el dulzor con un promedio de 6.71 ± 1.38 , sin embargo en este punto los jueces tuvieron diversos puntos de vista lo cual se ve reflejado en la desviación estándar de los datos. Los puntajes de las demás características que fueron otorgados por los jueces por orden de mayor a menor fueron: acidez (6.50 ± 1.74), resequedad (6.29 ± 1.38), brillo (5.86 ± 1.96), crocantez (4.64 ± 1.08), dureza (3.73 ± 0.84), y masticabilidad (3.21 ± 1.25); siendo estos dos últimas características el de mayor incidencia en los comentarios –off the record- respecto del producto, los cuales se vieron reflejados en los bajos puntajes de los jueces. Las fortaleza y debilidades respecto a las características sensoriales son visiblemente notorias en la Gráfica N° 11

GRÁFICA N°11
GRÁFICA DE CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL PRODUCTO FINAL

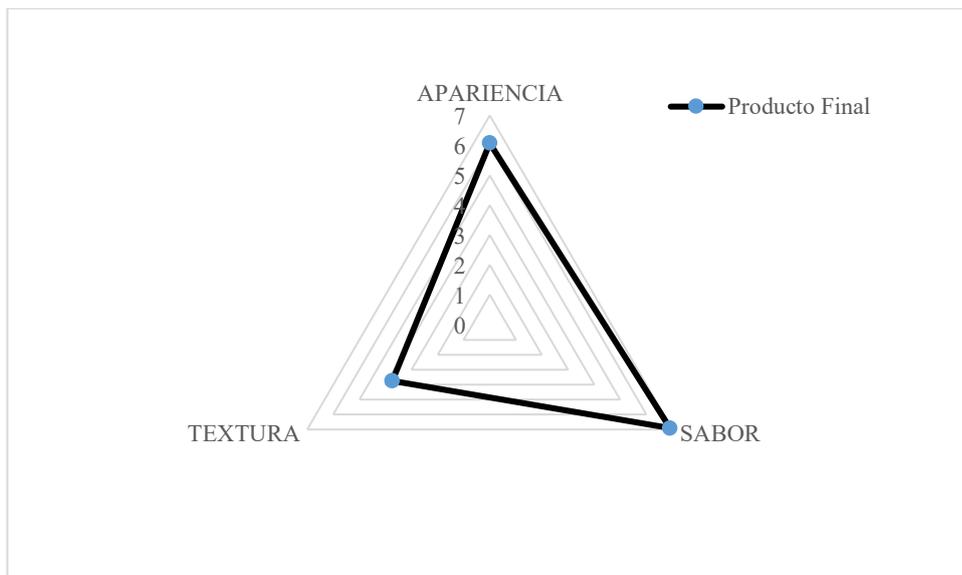


Fuente: Elaboración propia

Respecto a los atributos, los puntajes promedio obtenidos fueron: Apariencia (6.07 ± 1.68), Sabor (6.90 ± 1.39), y Textura (3.73 ± 1.23); notándose así que la principal característica es el sabor, donde se tiene un intenso reconocimiento a la fruta, sin

embargo la textura es el atributo con mayor problema debido a una baja masticabilidad, y no tener una dureza adecuada (ver Gráfica N°12). El producto obtenido por el mejor tratamiento tiene un promedio general de 5.51 puntos, lo que denominaría a que el producto “gusta levemente”, siguiendo los puntajes utilizados en la cartilla sensorial.

GRÁFICA N°12
GRÁFICA DE ATRIBUTOS SENSORIALES DEL MEJOR TRATAMIENTO



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación de hipótesis con los resultados

Se valida la hipótesis general, ya que al determinar la óptima composición de aditivos y parámetro de proceso de secado convectivo, se obtuvo snacks de lúcuma con una significativa retención de carotenoides totales. El mejor tratamiento otorgó una retención llegando en promedio hasta 93.57% de los carotenoides totales.

Asimismo, se esperaba incluso que el mejor tratamiento mostrara menor retención en comparación con la muestra deshidratada por liofilización; sin embargo mostró un resultado mayor de retención de carotenoides donde se retuvo 110.34% en comparación con la muestra liofilizada.

Las láminas de pulpa puras deshidratadas por secado convectivo a temperaturas de secado del presente estudio (50°C y 70°C) durante un tiempo estándar de 270 minutos a una velocidad de aire de 4 metros por segundo (m.s^{-1}) y una humedad final de 2.98 ± 0.03 %, mostraron reducciones significativas del contenido de carotenoides, donde incluso el mejor tratamiento logró retener 269.53% y 868.45% en comparación con cada una de ellas respectivamente.

El análisis estadístico mostró relevancia en los resultados obtenidos por las láminas de pulpa de lúcuma con aditivos respecto a los tratamiento sin adición de aditivos; pero los factores dentro de los tratamientos realizados ninguno ha sido estadísticamente, significativo en la retención, de esta manera se puede establecer

que la utilización de aditivos per se, mejora la retención. Sin embargo, un análisis de optimización para determinar el mejor tratamiento indica que si existe una diferencia entre los tratamientos, y que solo la mezcla de maltodextrina 0%, ácido ascórbico 100%, y dióxido de silicio 0%, obtuvo la mejor respuesta de los tratamientos, a pesar de no ser estadísticamente el óptimo.

6.2. Contratación de resultados con otros estudios similares

En la caracterización del rendimiento de lúcuma (ver Anexo 4) se obtuvo resultados similares a las investigaciones reportadas por Barrena et al. (2009), estos estiman que el rendimiento de pulpa oscila entre 65 – 75%, la pepa entre un 10-15% y la cáscara 12 – 18% dependiendo de la variedad (2,27). El análisis de las condiciones iniciales de la materia prima en el estudio, se obtuvo un contenido de humedad de $64.28 \pm 0.01\%$; estudios de otros autores de caracterización inicial previo al deshidratado mostraron respuestas similares que oscilan entre 56.21 % y 72.3% (2,27–29). Asimismo las demás características fisicoquímicas mostraron resultados (ver TABLA N°3) que oscilan entre el rango mostrado por otros autores, tales como un pH de 4.6 – 5.2 y concentración de sólidos solubles entre 23.43 – 32.1°Bx (28,29), validando de esta manera lo obtenido por la presente investigación.

La determinación de carotenoides totales de pulpa fresca (ver TABLA N°5), está dentro del rango determinado por algunas investigaciones que es entre 0.22 ± 0.01 y 0.50 ± 0.06 . Otras investigaciones tales como las reportadas por Fuentealba et al. (2016) y Erazo S, et al. (1999) los cuales se encuentran valores entre 1.04 – 1.93

mg β -caroteno/100g en peso fresco para diferentes biotipos de lúcumas; el cual estos límites varían en función a la variedad y estado de madurez de la fruta.

El diseño de mezclas utilizado presenta características similares a las investigaciones reportadas por Deshpande RP, et al. (2008), Dutcosky SD, et al. (2006) y Gan HE, et al. (2007) en donde el objetivo era buscar que aditivos son relevantes en una variable de estudio. En la selección del mejor tratamiento, estadísticamente no hay relevancia entre las mezclas en la obtención de una mayor retención de carotenoides totales; sin embargo presentan una alta significancia cuando se compara respecto a la pulpa fresca y pulpa deshidratada a iguales condiciones sin aditivos. Esto se debe a la presencia del ácido ascórbico y a una temperatura de baja de proceso, ya que a medida que se incrementa la temperatura de deshidratación la pérdida de carotenoides totales, y de otros compuestos nutricionales es mayor citados (5)(20)(14)(53). Estos resultados son comparados con los obtenidos en la presente investigación donde el mejor tratamiento es una mezcla donde el aditivo principal era ácido ascórbico 100% y la variable de proceso es la menor temperatura que fue de 50°C, similar a lo mostrado en investigaciones reportadas por Barrena G. (2011) sobre secado convectivo de lúcumas y especies ricas en carotenoides (36).

El coeficiente de determinación del modelo estadístico es relativamente bajo (26.28%), sin embargo este dato no invalida el modelo, ya que este resultado puede ser mejorado si se aumenta el número de factores (39), con lo cual el modelo puede

ser utilizado en la predicción del contenido de carotenoides totales. En la optimización del modelo, se prescindió de la presencia de la maltodextrina pues se demostró que a mayor presencia de esta es menos la retención de total de carotenoides, debido a que estos presentan una naturaleza lipofílica, y la maltodextrina es lipofóbica por ello al no ser compatibles es indiferente la presencia en la retención de carotenoides totales, por ello se utiliza siempre acompañado de otros encapsulantes que le otorguen estas características (26)(30). Estos resultados respaldan lo obtenido por el modelo de optimización, en cual una mezcla de 63.63% de ácido ascórbico con 36.37% de dióxido de silicio (ver Gráfica N° 14) garantizará la obtención de la máxima cantidad de carotenoides totales, debido a su gran potencial antioxidante del primero, y la naturaleza lipofílica del segundo que permite recubrir compuestos de la misma naturaleza, que son los carotenoides totales protegiéndolos durante el secado (26)(27).

La retención de carotenoides totales se debe de manera directa a la utilización de aditivos, en niveles mayores que incluso la liofilización. Diversas investigaciones donde se plantearon diferentes formas conservación de carotenoides totales mediante deshidratación, tomaron como referencia la liofilización debido a que fue la técnica con mayor retención de nutrientes (36,40–42); asimismo, la utilización del secado convectivo en diferentes estudios muestran resultados desalentadores en su función como conservante de nutrientes respecto a otras técnicas como secado convectivo asistido por microondas o secado infrarojo, obteniendo la conservación de carotenoides totales más baja (37,43). Otras investigaciones mostraron que la

presencia de componentes con alta capacidad antioxidante, logran una retención significativa de carotenoides totales durante el secado convectivo (44).

Los análisis microbiológicos realizados mostraron resultados que demuestran que el producto es inocuo (26), esto debido a que presenta tanto un bajo contenido de humedad final y una baja actividad de agua (ver TABLA N°7), los cuales son características valiosas para la conservación y la no proliferación de microorganismos (9)(45).

Respecto al análisis sensorial, fue realizada mediante escala hedónica (46). Se valida la utilización de panelistas no entrenados para la evaluación de un nuevo producto. Investigaciones de productos donde utilizan diseños experimentales de diseños de mezclas para la optimización de un producto o un componente utiliza estos tipos de análisis sensoriales (32–34,47,48).

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

Los carotenoides totales de veinte tratamientos de un diseño de mezcla de tres componentes (maltodextrina, ácido ascórbico, dióxido de silicio amorfo) y dos niveles de una variable de proceso (50°C y 70°C) fueron utilizados para la evaluación. Los carotenoides mostraron retención significativa con el uso de aditivos en comparación con sus pares sin aditivos; asimismo la retención se ve disminuida con el aumento de la temperatura de secado convectivo. La mejor mezcla para la máxima retención de carotenoides totales fue: maltodextrina 0%, ácido ascórbico 100%, dióxido de silicio 0%, con una temperatura óptima de 50°C, mostrando resultados incluso mejores a otras técnicas como la liofilización. El mejor tratamiento resulta inocuo, y con una ligera aceptación por parte del público. De esta manera los aditivos alimentarios, independientemente de las variables de proceso son agentes protectores de los carotenoides totales en la lúcuma, incluso obteniendo cantidades superiores a técnicas como la liofilización, por lo tanto se demuestra que se puede obtener snacks de lúcuma con alto contenido nutricional y accesible proceso de elaboración.

CAPÍTULO VIII

RECOMENDACIONES

- Evaluar la capacidad antioxidante de los tratamiento para saber cuántos de estos carotenoides totales retenidos, pueden ocasionar efectos positivos en los consumidores.
- Se propone mejorar el atributo de textura, mediante una evaluación del tiempo y velocidad de secado; asimismo acompañado del estudio de vida útil del producto.

CAPÍTULO IX

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alegre Caballero MG, Tiese Aguilar AM del C. Caracterización de macronutrientes en pulpa congelada de tres biotipos de lúcuma (*Pouteria lucuma*) [Internet]. Universidad San Ignacio de Loyola; 2017. Available from:
http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/2749/1/2017_Alegre_Caracterizacion-de-microcomponentes.pdf
2. Alonzo-Macías M, Montejano-Gaitán G, Allaf K. Impact of drying processes on strawberry (*Fragaria* var. Camarosa) texture: Identification of crispy and crunchy features by instrumental measurement. *J Texture Stud.* 2014;45(3):246–59.
3. Andre CM, Oufir M, Guignard C, Hoffmann L, Hausman JF, Evers D, et al. Antioxidant profiling of native Andean potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) reveals cultivars with high levels of β -carotene, α -tocopherol, chlorogenic acid, and petanin. *J Agric Food Chem.* 2007;55(26):10839–49.
4. Barbosa-cánovas G V, Ibarz A. *Unit Operations in Food Engineering.* New York. 2003. 883 p.
5. Barrena Gurbillón, MÁ, Maicelo Quintana JL, Gamarra Torres OA, Cárdenas Alayo RD. Cinética de Secado de Lúcuma (*Pouteria lucuma* L.). *Aporte Santiaguino.* 2009;2(2):271–81.

6. Belitz H-D, Grosch W, Schieberle P. Food Chemistry [Internet]. 4th ed. Vol. 107. Springer; 2009. 498-520 p. Available from: <http://centaur.reading.ac.uk/7980/>
7. Burri, B. 2013. Carotenoids: chemistry, sources and physiology. In Allen, LH; Prentice, A; Caballero, B(ed.). Encyclopedia of human nutrition. 3 ed. Nueva York, Estados Unidos, Academic Press. p. 283-291.
8. Busch VM, Pereyra-Gonzalez A, Šegatin N, Santagapita PR, Poklar Ulrih N, Buera MP. Propolis encapsulation by spray drying: Characterization and stability. LWT - Food Sci Technol. 2017;75:227–35.
9. Carranco-Jauregui ME, Calvo-Carrillo M de la C, Perez-Gil F. Carotenoides y su función antioxidante : Revisión. Arch Latinoam Nutr. 2011;61(3):233–41.
10. Cheremisinoff NP. Chapter 3 - Evaporating and Drying Equipment. Handb Chem Process Equip [Internet]. 2000;94–161. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780750671262500049>
11. Confederación De Consumidores Y Usuarios. Aditivos Alimentarios : Los números E de las etiquetas. Dep Aliment e Hig Aliment. 2010;1–9.
12. Davison G. SYLOID, PERKASIL, DURAFILL: Silicas for the Food Industry. 2006.
13. Deshpande RP, Chinnan MS, McWatters KH. Optimization of a chocolate-flavored, peanut-soy beverage using response surface methodology (RSM) as applied to consumer acceptability data. LWT - Food Sci Technol. 2008;41(8):1485–92.

14. Di Scala K, Vega-Galvez A, Uribe E, Oyanadel R, Miranda M, Vergara J, et al. Changes of quality characteristics of pepino fruit (*Solanum muricatum* Ait) during convective drying. *Int J Food Sci Technol*. 2011;46(4):746–53.
15. Dutcosky SD, Grossmann MVE, Silva RSSF, Welsch AK. Combined sensory optimization of a prebiotic cereal product using multicomponent mixture experiments. *Food Chem*. 2006;98(4):630–8.
16. Erazo S, Escobar A, Olaeta JA, Undurraga P. Determinación proximal y carotenoides totales de frutos de seis selecciones de lúcuma (*Pouteria lúcuma*). *Alimentos* [Internet]. 1999;24(1):67–75. Available from: http://biblio.uchile.cl/client/en_US/default/search/detailnonmodal;jsessionid=AC9195610FB02661A0A8F5EDD09EA3F4?qu=Erazo+G.%2C+Sonia&d=ent%3A%2F%2FSD_ILS%2F0%2FSD_ILS%3A39385~0&ic=true
17. Feldman, Monica. 2015. Consumer Health in 2015-Trends and Prospects for a Healthier World. Recuperado de <http://euromonitor.com> el 26 de enero del 2016.
18. Ferenczi S, Czukor B, Cserhalmi Z. Evaluation of microwave vacuum drying combined with hot-air drying and compared with freeze- and hot-air drying by the quality of the dried apple product. *Period Polytech Chem Eng*. 2014;58(2):111–6.
19. Fratianni A, Criscio T Di, Mignogna R, Panfili G. Carotenoids, tocopherols and retinols evolution during egg pasta - Making processes. *Food Chem* [Internet]. 2012;131(2):590–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.034>

20. Fuentealba C, Gálvez L, Cobos A, Olaeta JA, Defilippi BG, Chirinos R, et al. Characterization of main primary and secondary metabolites and in vitro antioxidant and antihyperglycemic properties in the mesocarp of three biotypes of *Pouteria lucuma*. *Food Chem* [Internet]. 2016;190:403–11. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.111>
21. Gamboa D, Ibáñez D, Meléndez M, Paredes E, Siche R. Secado de lúcuma (*Pouteria obovata*) empleando la técnica de Ventana Refractante™. *Sci Agropecu* [Internet]. 2014;5(2):103–8. Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172014000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
22. Gan HE, Karim R, Muhammad SKS, Bakar JA, Hashim DM, Rahman RA. Optimization of the basic formulation of a traditional baked cassava cake using response surface methodology. *LWT - Food Sci Technol*. 2007;40(4):611–8.
23. García Díaz D. Caracterización de algunos Metabolitos Primarios y Secundarios en dos variedades comerciales De lúcuma (*Pouteria lucuma*); 2016: 54-55.
24. García Reyes M, Gómez-Sánchez Prieto, Iván Espinoza Barrientos, Cecilia Bravo Rebatta F, Ganoza Morón L. Tablas peruanas de composición de alimentos [Internet]. *Ciencia y Tecnología de Alimentos - RVCTA - Revista Venezolana*. 2009. 70 p. Available from: <http://www.rvcta.org/Principal.html>

25. Geankoplis CJ. Procesos de transporte y operaciones unitarias. CECSA Univ Minnesota Mex. 1998;(3):1024.
26. Gonnet M, Lethuaut L, Boury F. New trends in encapsulation of liposoluble vitamins. J Control Release [Internet]. 2010;146(3):276–90. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jconrel.2010.01.037>
27. Hansen TB, Skibsted LH, Andersen HJ. The influence of the anticaking agent potassium ferrocyanide and salt on the oxidative stability of frozen minced pork meat. Meat Sci. 1996;43(2):135–44.
28. Hernández, J.; Quinto, P. 2005. Secado de medios porosos: una revisión a las teorías actualmente en uso científica. Científica 9(2): 63-71.
29. Hooper DC, Spitsin S, Kean RB, Champion JM, Dickson GM, Chaudhry I, et al. Uric acid, a natural scavenger of peroxynitrite, in experimental allergic encephalomyelitis and multiple sclerosis. Proc Natl Acad Sci [Internet]. 1998;95(2):675–80. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=18479&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
30. Ibrahim P, Cesar P, Francisco R, Rebouças I. Parameter optimization for spray-drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses. J Food Eng [Internet]. 2013;117(4):538–44. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.08.039>
31. INDECOPI. NTP 011.040:2008 LÚCUMA FRESCA. [Internet]. Lima; 2008. Available from: www.indecopi.gob.pe

32. Jangam S, Law C, Mujumdar A. Drying of Food, Vegetables and Fruits [Internet]. Vol. 3. 2011. Available from: http://www.arunmujumdar.com/file/Publications/newbooks/food_drying_book_details.pdf
33. Labs W. The State of Food Manufacturing Slowly Trending Upward. Food Eng [Internet]. 2013;85(10):76–78,80,82,84,86,88. Available from: http://search.proquest.com.jproxy.lib.ecu.edu/docview/1467540268?accountid=10639%5Cnhttp://jw3mh2cm6n.search.serialssolutions.com/?ctx_ver=Z39.88-2004&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&rft_id=info:sid/ProQ%3Aabitrade&rft_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:journal&rft.
34. Lešková E, Kubíková J, Kováčiková E, Košická M, Porubská J, Holčíková K. Vitamin losses: Retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models. J Food Compos Anal. 2006;19(4):252–76.
35. Lipasek RA, Ortiz JC, Taylor LS, Mauer LJ. Effects of anticaking agents and storage conditions on the moisture sorption, caking, and flowability of deliquescent ingredients. Food Res Int [Internet]. 2012;45(1):369–80. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.10.037>
36. Mai HC, Truong V, Haut B, Debaste F. Impact of limited drying on *Momordica cochinchinensis* Spreng. aril carotenoids content and antioxidant activity. J Food Eng [Internet]. 2013;118(4):358–64. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.04.004>

37. Mendes LC, De Menezes HC, Aparecida M, Da Silva AP. Optimization of the roasting of robusta coffee (*C. canephora conillon*) using acceptability tests and RSM. *Food Qual Prefer.* 2001;12(2):153–62.
38. MINSA. Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano [Internet]. Lima: Ministerio de Salud; 2008. p. 26. Available from: <http://www.digesa.sld.pe/NormasLegales/Normas/RM591MINSANORMA.pdf>
39. Montgomery D. *Diseño y análisis de experimentos*. Limusa Wiley. 2004. p. 21–692.
40. Muñoz-Villa A, Sáenz-Galindo A, López-López L, Cantú-sifuentes L, Barajas-Bermudez L. Ácido Cítrico : Compuesto Interesante. *Acta Química Mex.* 2014;6(12):18–23.
41. Peryam D, Pilgrim F. Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technol.* 1957;11:9–14.
42. Rodríguez G, Villanueva E, Glorio P, Baquerizo M. Oxidative stability and estimate of the shelf life of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. *Sci Agropecu* [Internet]. 2015;6(3):155–63. Available from: <http://www.revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/953>
43. Simonne AH, Eitenmiller RR. Retention of vitamin E and added retinyl palmitate in selected vegetable oils during deep-fat frying and in fried breaded products. *J Agric Food Chem.* 1998;46(12):5273–7.

44. Singh P, Heldman D. Introduction to Food Engineering. Fourth Edi. Taylor SL, editor. San Diego: Elsevier Ltd; 2009. 864 p.
45. Siriamornpun, Sirithon, Onanong Kaisoon, y Naret Mesoo. Changes in colour, antioxidant activities and carotenoids (lycopene, B- carotene, lutein) of marigold flower (*Tagetes erecta* L.) resulting from different drying processes. *Journal of Functional Foods* 4 (2012): 757-766.
46. Sogi DS, Siddiq M, Dolan KD. Total phenolics, carotenoids and antioxidant properties of Tommy Atkin mango cubes as affected by drying techniques. *LWT - Food Sci Technol* [Internet]. 2015;62(1):564–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.015>
47. Sotero V, Luján M, Freitas L, Merino C, Dávila É. Liofilizada de tres morfotipos de aguaje (*mauritia flexuosa* l . f .) stability and antioxidant activity of freeze-dried flour of three morphotypes of aguaje (*Mauritia flexuosa* L . f .). 2013;79(2):136–43.
48. Sungpuag P, Tangchitpianvit S, Chittchang U, Wasantwisut E. Retinol and beta carotene content of indigenous raw and home-prepared foods in Northeast Thailand. *Food Chem.* 1999;64(2):163–7.
49. Topuz A, Dincer C, Özdemir KS, Feng H, Kushad M. Influence of different drying methods on carotenoids and capsaicinoids of paprika (Cv.; Jalapeno). *Food Chem* [Internet]. 2011;129(3):860–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.035>
50. Villanueva M., C.M. 2002. Cultivo comercial de la lúcuma en Perú y el mercado internacional. Lima, Perú

51. Villota R, Hawkes JG, Cochrane H. Food applications and the toxicological and nutritional implications of amorphous silicon dioxide. *C R C Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 1986;23(4):289–321. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398609527428>
52. Wojdyło A, Figiel A, Lech K, Nowicka P, Oszmiański J. Effect of Convective and Vacuum-Microwave Drying on the Bioactive Compounds, Color, and Antioxidant Capacity of Sour Cherries. *Food Bioprocess Technol*. 2014;7(3):829–41.
53. Yang, Jianming, y Guo Lizhong, Biosynthesis of beta-caroteno in engineered E. Coli using the MEP and MVA pathways *Microbial Cell Factories*, 2014: 13.
54. Youn KS, Chung HS. Optimization of the roasting temperature and time for preparation of coffee-like maize beverage using the response surface methodology. *LWT - Food Sci Technol* [Internet]. 2012;46(1):305–10. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2011.09.014>

X. ANEXOS

Título de la investigación:

“EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE CAROTENOIDES TOTALES EN SNACKS DE LÚCUMA (*Pouteria lucuma*) DESHIDRATADAS MEDIANTE SECADO CONVECTIVO, 2019”

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuáles serán los efectos de los aditivos y los parámetros de secado convectivo, sobre la estabilidad de los carotenoides totales en los snacks de lúcuma?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Evaluar la estabilidad de los carotenoides totales en snacks de lúcuma deshidratadas mediante secado convectivo para determinar el mejor tratamiento.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>Si se determina la óptima composición de aditivos y parámetro del secado convectivo se obtendrán snacks de lúcuma con una significativa retención de carotenoides totales.</p>	<p>Tipo:</p> <p>La presente investigación es de nivel aplicado y de tipo experimental porque permitirá introducir y manipular el factor causal que sería el diseño de mezclas de los aditivos; asimismo es transversal porque se medirá la cantidad de carotenoides luego del proceso de secado.</p>	<p>En la investigación se utilizó lúcuma de la variedad “seda”; la población utilizada fue de aproximadamente 20 kilogramos obtenidos del distrito de Huaral, provincia de Huaral, región Lima. Se obtuvo 40 muestras aleatorias de 150 gramos para cada tratamiento y repetición; las cuales tuvieron las características de madurez fisiológica, cuya coloración interna es 7.5YR6/10 en escala Münsell o 32-2C en escala Pantone.</p>
	<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caracterizar física y químicamente la materia prima. 		<p>Diseño:</p> <p>Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó un diseño de mezcla de 3 componentes con una variable de proceso</p>	

	<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar el mejor tratamiento de mezcla de aditivos y parámetros de proceso de secado convectivo, en función a su contenido de carotenoides totales. - Caracterizar el producto físicoquímica, microbiológica y sensorialmente. 		<p>(temperatura). El diseño de mezcla de 3 componentes comprende los aditivos añadidos (ácido ascórbico, dióxido de silicio amorfo, maltodextrina) con un ingrediente estándar (fosfato monocálcico al 0.1%); y la variable de proceso comprende la temperatura de secado convectivo que será de dos niveles (50 y 70°C), cuyas demás condiciones de operación fueron estándares (velocidad de aire de 4 m.s⁻¹, tiempo de 270 minutos, grosor 5 milímetros); permitiendo determinar el efecto que presentaron sobre la estabilidad del total de carotenoides en el producto final. Las corridas experimentales se realizaron por duplicado de manera aleatoria.</p>	
--	---	--	--	--

10.1 Formatos para la recolección de datos.

Anexo 1. RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE MATERIA PRIMA

Muestra	CARACTERIZACION DE MATERIA PRIMA					
	Humedad	°Bx	Acidez	pH	Aw	Carotenoides Totales
1						
2						
4						
5						

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. RECOLECCIÓN DE DATOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Corrida	FACTOR 1			FACTOR 2	RESPUESTA	RESPUESTA
	Maltodextrina	Ácido ascórbico	Dióxido de Silicio	Temperatura	Carotenoides Totales	Humedad Final %
1	16.67%	16.67%	66.67%	50		
2	16.67%	66.67%	16.67%	70		
3	50.00%	50.00%	0.00%	70		
4	16.67%	66.67%	16.67%	50		
5	0.00%	100.00%	0.00%	50		
6	50.00%	0.00%	50.00%	50		
7	50.00%	50.00%	0.00%	50		
8	66.67%	16.67%	16.67%	50		
9	0.00%	100.00%	0.00%	70		
10	0.00%	0.00%	100.00%	50		
11	33.33%	33.33%	33.33%	70		
12	0.00%	50.00%	50.00%	70		
13	100.00%	0.00%	0.00%	70		
14	33.33%	33.33%	33.33%	50		
15	0.00%	50.00%	50.00%	50		
16	100.00%	0.00%	0.00%	50		
17	16.67%	16.67%	66.67%	70		
18	0.00%	0.00%	100.00%	70		
19	50.00%	0.00%	50.00%	70		
20	66.67%	16.67%	16.67%	70		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. RECOLECCIÓN DE DATOS DE CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTO FINAL

Repeticiones	CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTO FINAL				
	Humedad	°Bx	Acidez	pH	Aw
1					
2					
3					
4					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. FICHA SENSORIAL DEL PRODUCTO FINAL

FICHA SENSORIAL

Panelista: _____ Fecha: _____
 Producto: _____ Código de la Muestra: _____

INDICACIONES:
 Evaluar la siguiente muestra. Indicar la intensidad percibida marcando con un aspa (X) la casilla adecuada de acuerdo a la siguiente escala.

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL
1	Me disgusta extremadamente
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta moderadamente
4	Me disgusta levemente
5	No me gusta ni me disgusta
6	Me gusta levemente
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta extremadamente

BRILLO	<input type="checkbox"/>
	1 2 3 4 5 6 7 8 9
RESEQUEDAD	<input type="checkbox"/>
	1 2 3 4 5 6 7 8 9
AROMA	<input type="checkbox"/>
	1 2 3 4 5 6 7 8 9
ACIDEZ	<input type="checkbox"/>
	1 2 3 4 5 6 7 8 9
DULZOR	<input type="checkbox"/>
	1 2 3 4 5 6 7 8 9
CROCANTEZ	<input type="checkbox"/>
	1 2 3 4 5 6 7 8 9
DUREZA	<input type="checkbox"/>
	1 2 3 4 5 6 7 8 9
MASTICABILIDAD	<input type="checkbox"/>
	1 2 3 4 5 6 7 8 9

OBSERVACIONES: _____

Fuente: Elaboración propia

10.2 Resultados de análisis estadísticos

Simplex Centroid Design

Components: 3 Design points: 40
Process variables: 1 Design degree: 3

Mixture total: 1.00000

Number of Boundaries for Each Dimension

Point Type	1	2	0
Dimension	0	1	2
Number	3	3	1

Number of Design Points for Each Type

Point Type	1	2	3	0	-1
Distinct	6	6	0	2	6
Replicates	2	2	0	2	2
Total number	12	12	0	4	12

Bounds of Mixture Components

Comp	Amount		Proportion		Pseudocomponent	
	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
A	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000
B	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000
C	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000

Regression for Mixtures: B-Caroteno [versus Maltodextrin, Ácido ascórb, ...

Estimated Regression Coefficients for B-Caroteno [mg/g DM] (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Maltodextrina	0.22551	0.02026	*	*	1.964
Ácido ascórbico	0.25290	0.02026	*	*	1.964
Dióxido de silicio	0.24421	0.02026	*	*	1.964
Maltodextrina*Ácido ascórbico	0.02611	0.09339	0.28	0.782	1.982
Maltodextrina*Dióxido de silicio	0.02174	0.09339	0.23	0.818	1.982
Ácido ascórbico*Dióxido de silicio	0.00833	0.09339	0.09	0.930	1.982
Maltodextrina*Temperatura	-0.01747	0.02026	-0.86	0.396	1.964

Ácido ascórbico*Temperatura	-0.02200	0.02026	-1.09	0.287	1.964
Dióxido de silicio*Temperatura	-0.01521	0.02026	-0.75	0.459	1.964
Maltodextrina*Ácido ascórbico* Temperatura	0.04215	0.09339	0.45	0.655	1.982
Maltodextrina*Dióxido de silicio* Temperatura	-0.02367	0.09339	-0.25	0.802	1.982
Ácido ascórbico*Dióxido de silicio* Temperatura	-0.03173	0.09339	-0.34	0.737	1.982

* NOTE * Coefficients are calculated for coded process variables.

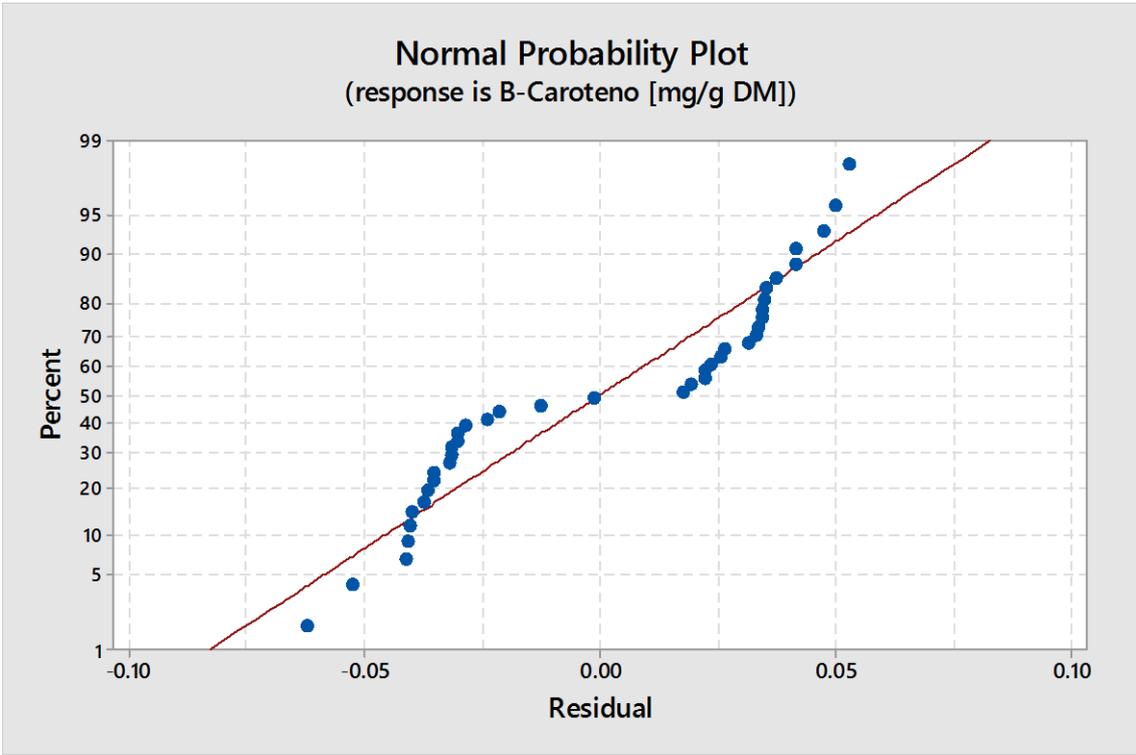
S = 0.0420203 PRESS = 0.102793

R-Sq = 26.28% R-Sq(pred) = 0.00% R-Sq(adj) = 0.00%

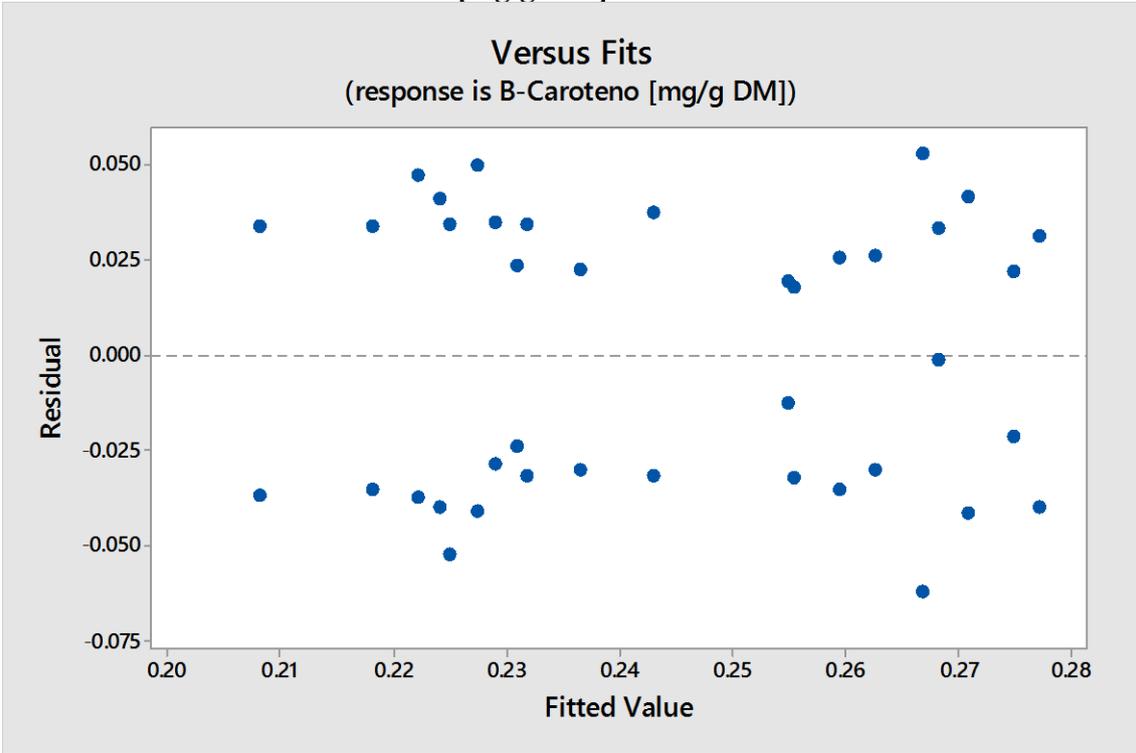
Analysis of Variance for B-Caroteno [mg/g DM] (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	11	0.017624	0.017624	0.001602	0.91	0.546
Component Only						
Linear	2	0.002071	0.001725	0.000863	0.49	0.619
Quadratic	3	0.000245	0.000245	0.000082	0.05	0.986
Maltodex*Ácido as	1	0.000136	0.000138	0.000138	0.08	0.782
Maltodex*Dióxido	1	0.000095	0.000096	0.000096	0.05	0.818
Ácido as*Dióxido	1	0.000014	0.000014	0.000014	0.01	0.930
Component* Temperatura						
Linear	3	0.014627	0.004206	0.001402	0.79	0.508
Maltodex*Temperatura	1	0.006324	0.001313	0.001313	0.74	0.396
Ácido as*Temperatura	1	0.005003	0.002082	0.002082	1.18	0.287
Dióxido *Temperatura	1	0.003301	0.000995	0.000995	0.56	0.459
Quadratic	3	0.000681	0.000681	0.000227	0.13	0.942
Maltodex*Ácido as*Temperatura	1	0.000366	0.000360	0.000360	0.20	0.655
Maltodex*Dióxido *Temperatura	1	0.000112	0.000113	0.000113	0.06	0.802
Ácido as*Dióxido *Temperatura	1	0.000204	0.000204	0.000204	0.12	0.737
Residual Error	28	0.049440	0.049440	0.001766		
Lack-of-Fit	8	0.001127	0.001127	0.000141	0.06	1.000
Pure Error	20	0.048313	0.048313	0.002416		
Total	39	0.067064				

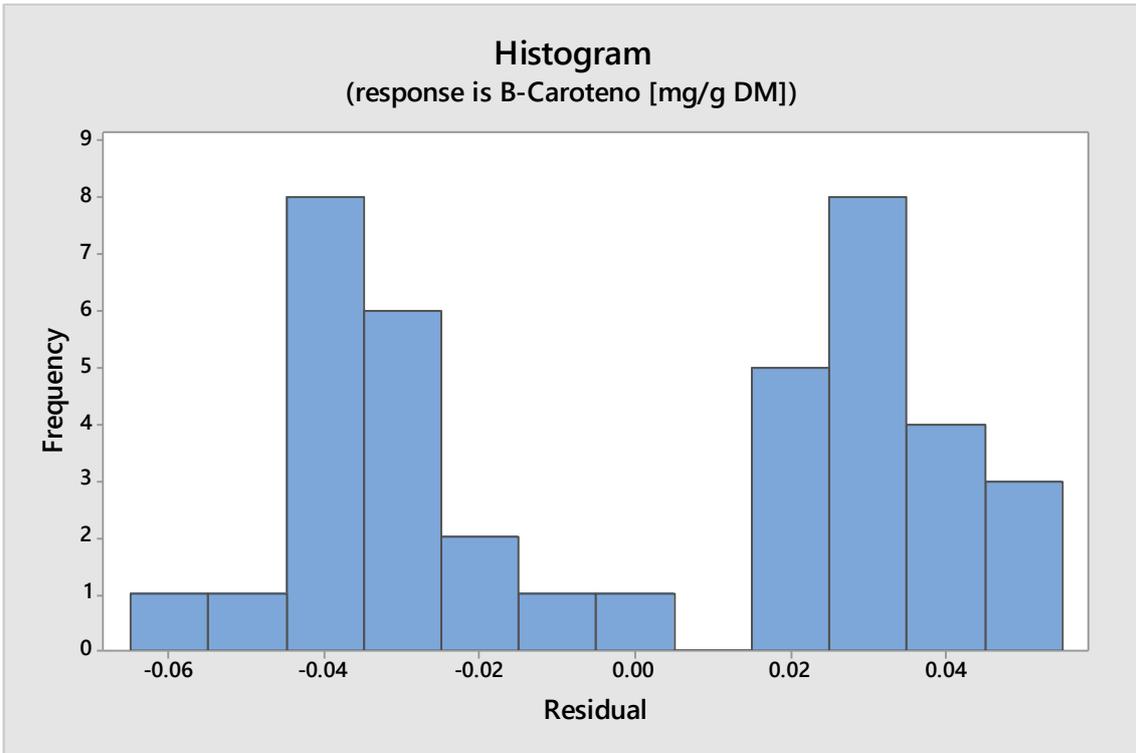
Normplot of Residuals for B-Caroteno [mg/g DM]



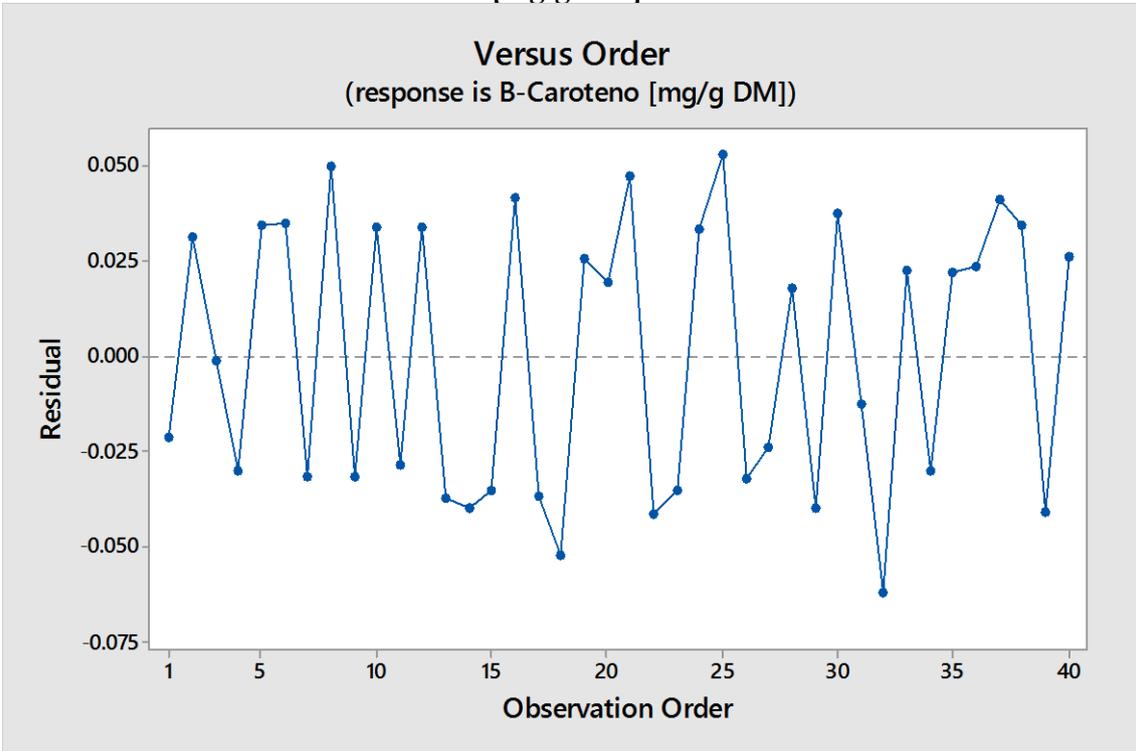
Residuals vs Fits for B-Caroteno [mg/g DM]



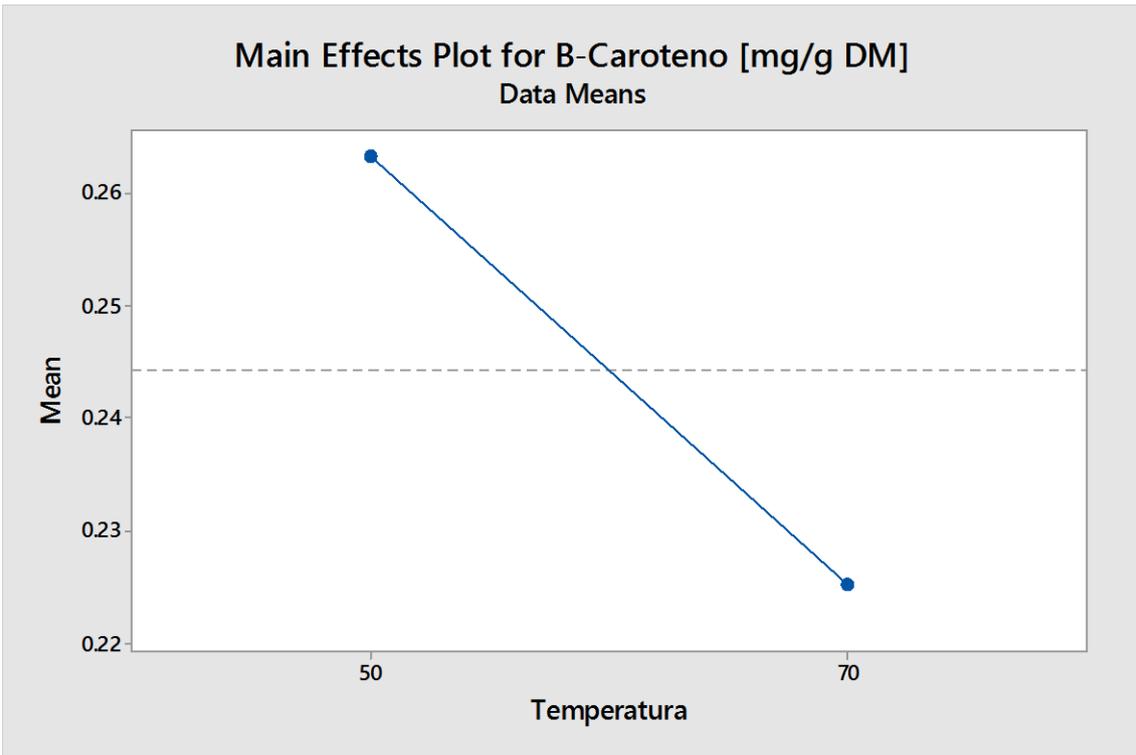
Residual Histogram for B-Caroteno [mg/g DM]



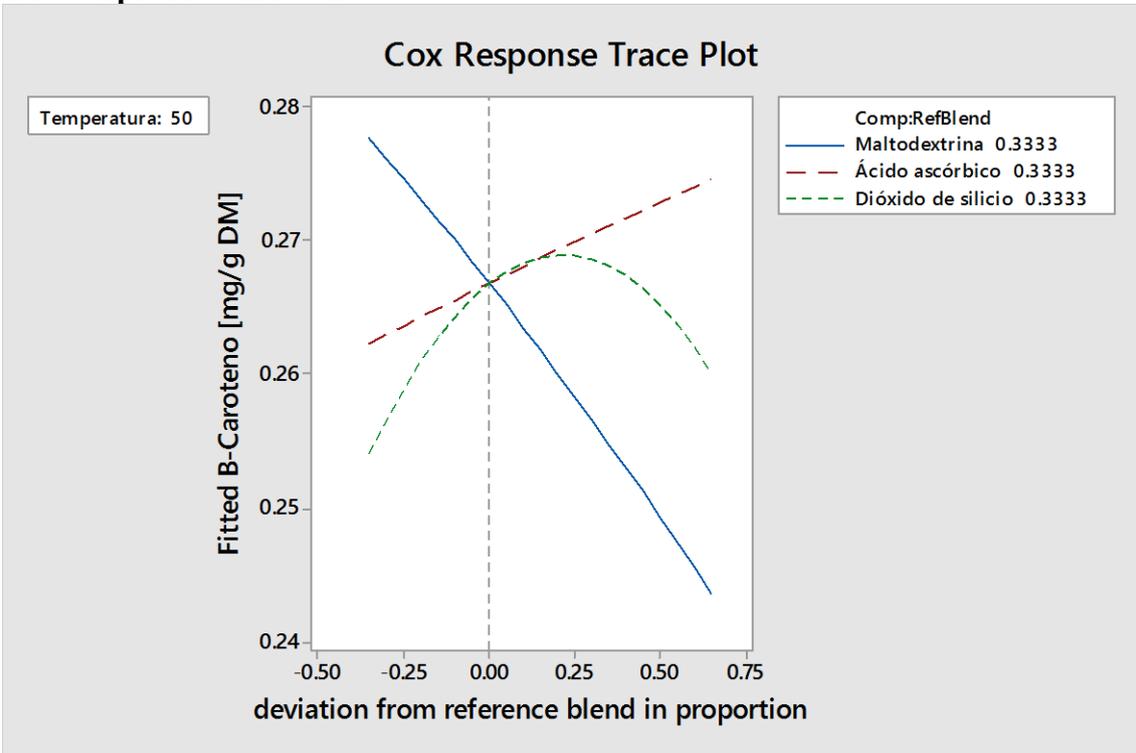
Residuals vs Order for B-Caroteno [mg/g DM]



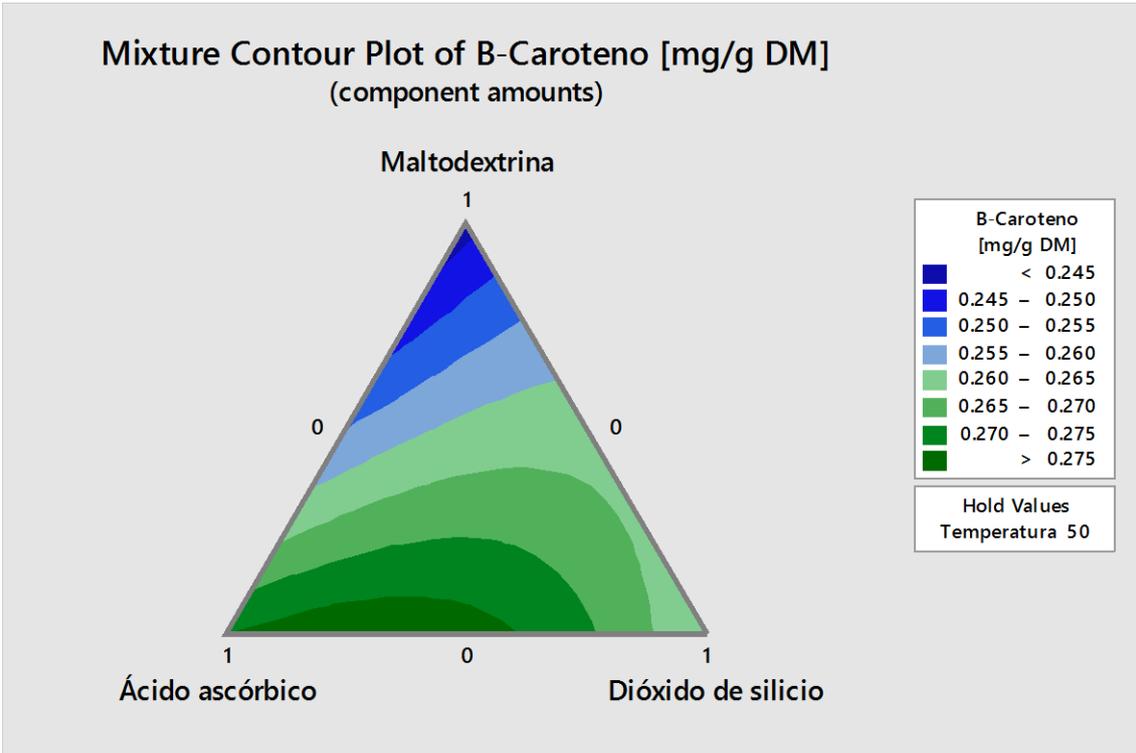
Main Effects Plot for B-Caroteno [mg/g DM]



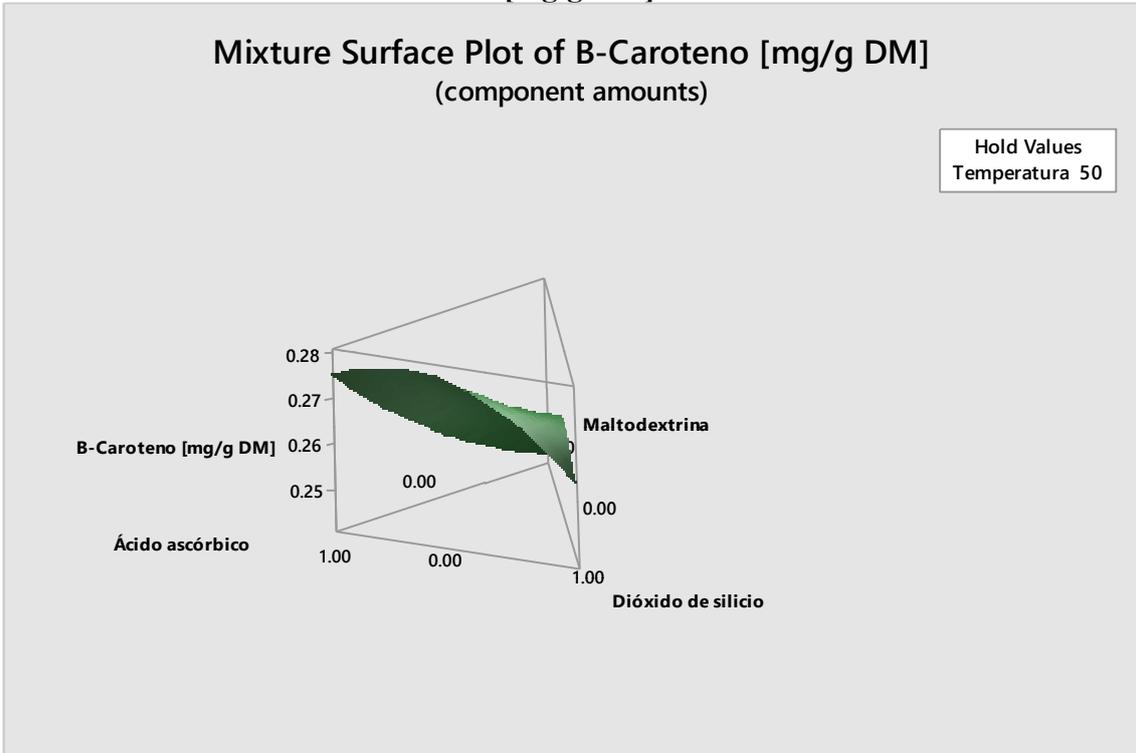
Cox Response Trace Plot



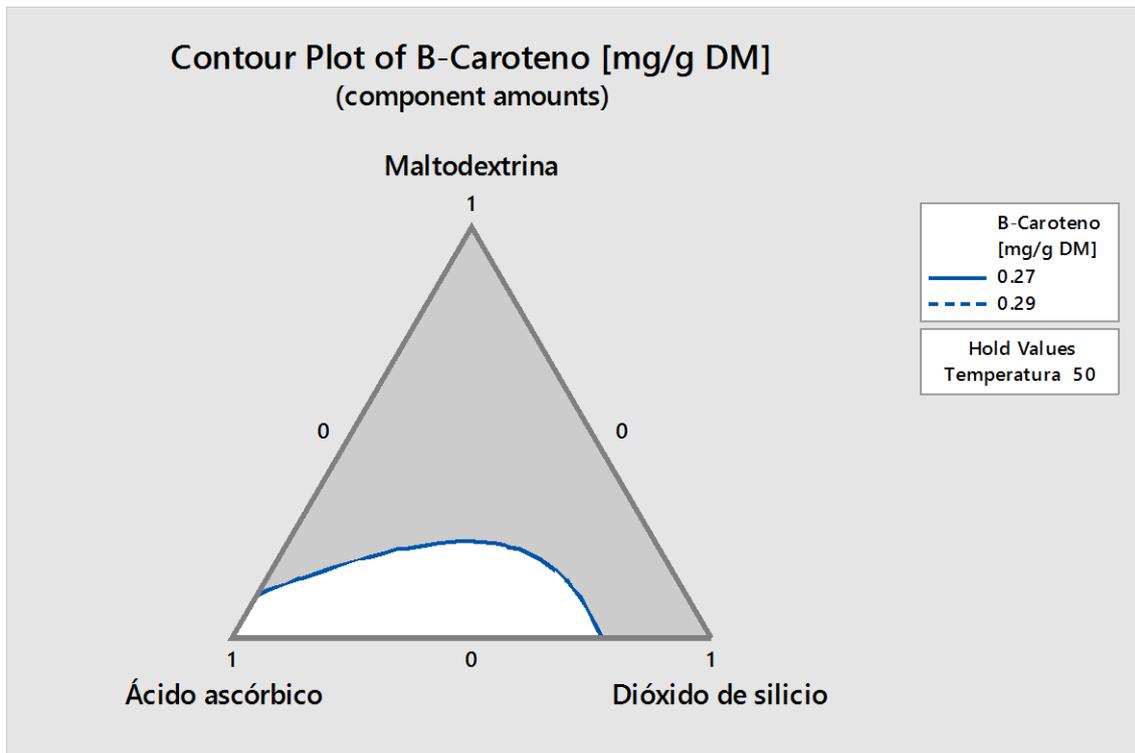
Mixture Contour Plot of B-Caroteno [mg/g DM]



Mixture Surface Plot of B-Caroteno [mg/g DM]



Contour Plot of B-Caroteno [mg/g DM]



Response Optimization

Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
B-Caroteno [Maximum	0.27	0.28	0.28	1	1

Global Solution

Components

Maltodextrin = 0
 Ácido ascórb = 0.717172
 Dióxido de s = 0.282828

Process Variables

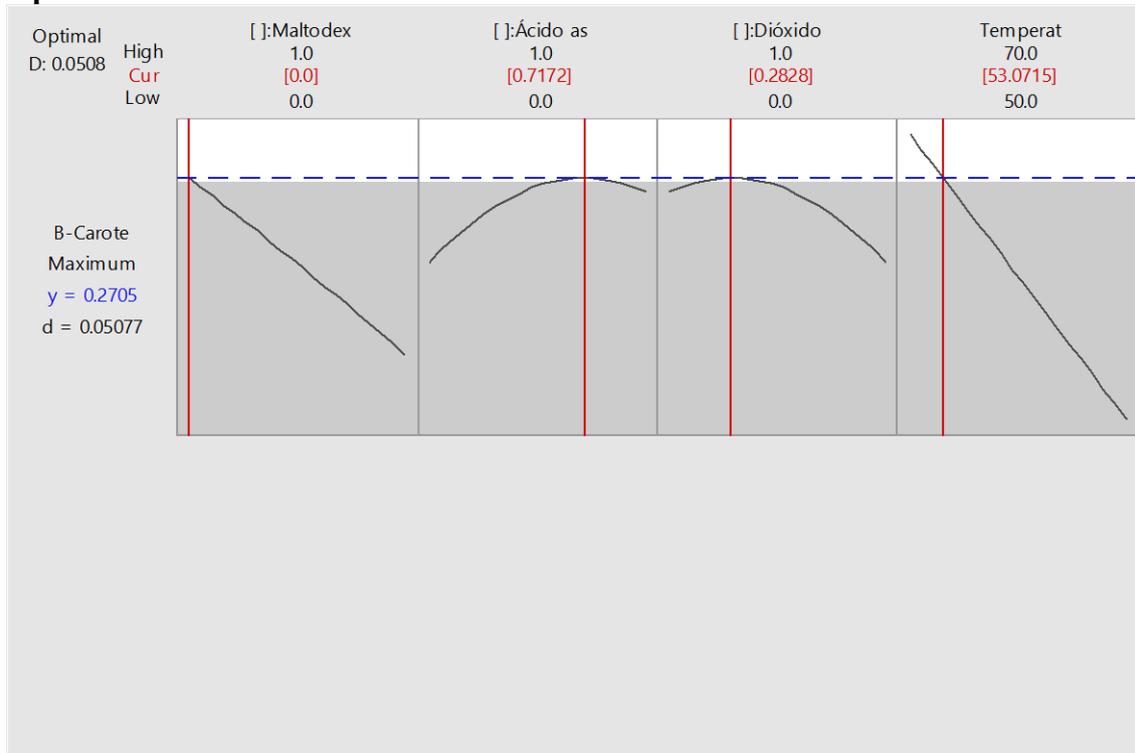
Temperatura = 53.0715

Predicted Responses

B-Caroteno [= 0.270508 , desirability = 0.050766

Composite Desirability = 0.050766

Optimization Plot



10. 3 Optimización del análisis estadístico

Regression for Mixtures: B-Caroteno [versus Maltodextrin, Ácido ascórb, ...

Estimated Regression Coefficients for B-Caroteno [mg/g DM] (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Maltodextrina	0.23020	0.01468	*	*	1.156
Ácido ascórbico	0.25521	0.01700	*	*	1.551
Dióxido de silicio	0.24604	0.01700	*	*	1.551
Ácido ascórbico*Dióxido de silicio	0.00804	0.08817	0.09	0.928	1.982
Ácido ascórbico*Temperatura	-0.02176	0.01654	-1.32	0.197	1.467
Dióxido de silicio*Temperatura	-0.02228	0.01654	-1.35	0.187	1.467
Ácido ascórbico*Dióxido de silicio* Temperatura	-0.02452	0.08790	-0.28	0.782	1.970

* NOTE * Coefficients are calculated for coded process variables.

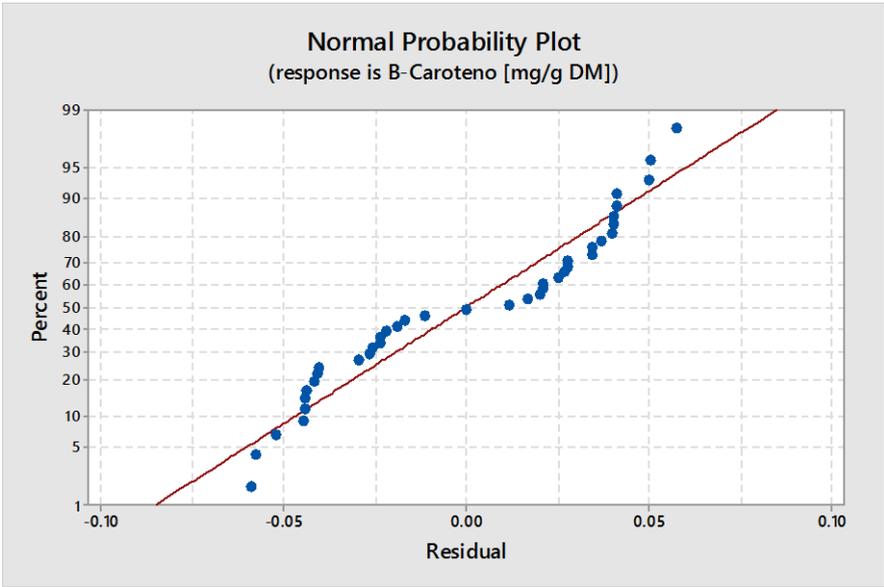
S = 0.0396722 PRESS = 0.0777007

R-Sq = 22.55% R-Sq(pred) = 0.00% R-Sq(adj) = 8.47%

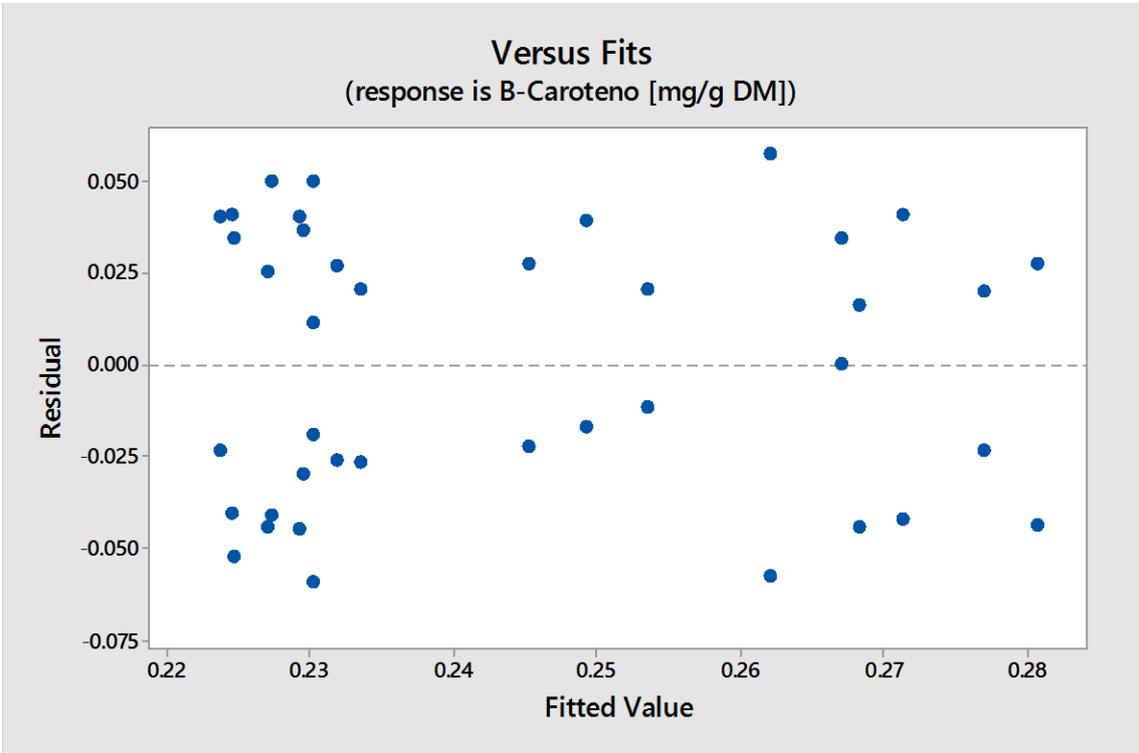
Analysis of Variance for B-Caroteno [mg/g DM] (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	6	0.015126	0.015126	0.002521	1.60	0.178
Component Only						
Linear	2	0.002071	0.001594	0.000797	0.51	0.607
Quadratic	1	0.000013	0.000013	0.000013	0.01	0.928
Ácido as*Dióxido	1	0.000013	0.000013	0.000013	0.01	0.928
Component* Temperatura						
Linear	2	0.012920	0.005362	0.002681	1.70	0.198
Ácido as*Temperatura	1	0.008231	0.002724	0.002724	1.73	0.197
Dióxido *Temperatura	1	0.004689	0.002857	0.002857	1.82	0.187
Quadratic	1	0.000122	0.000122	0.000122	0.08	0.782
Ácido as*Dióxido *Temperatura	1	0.000122	0.000122	0.000122	0.08	0.782
Residual Error	33	0.051938	0.051938	0.001574		
Lack-of-Fit	13	0.003625	0.003625	0.000279	0.12	1.000
Pure Error	20	0.048313	0.048313	0.002416		
Total	39	0.067064				

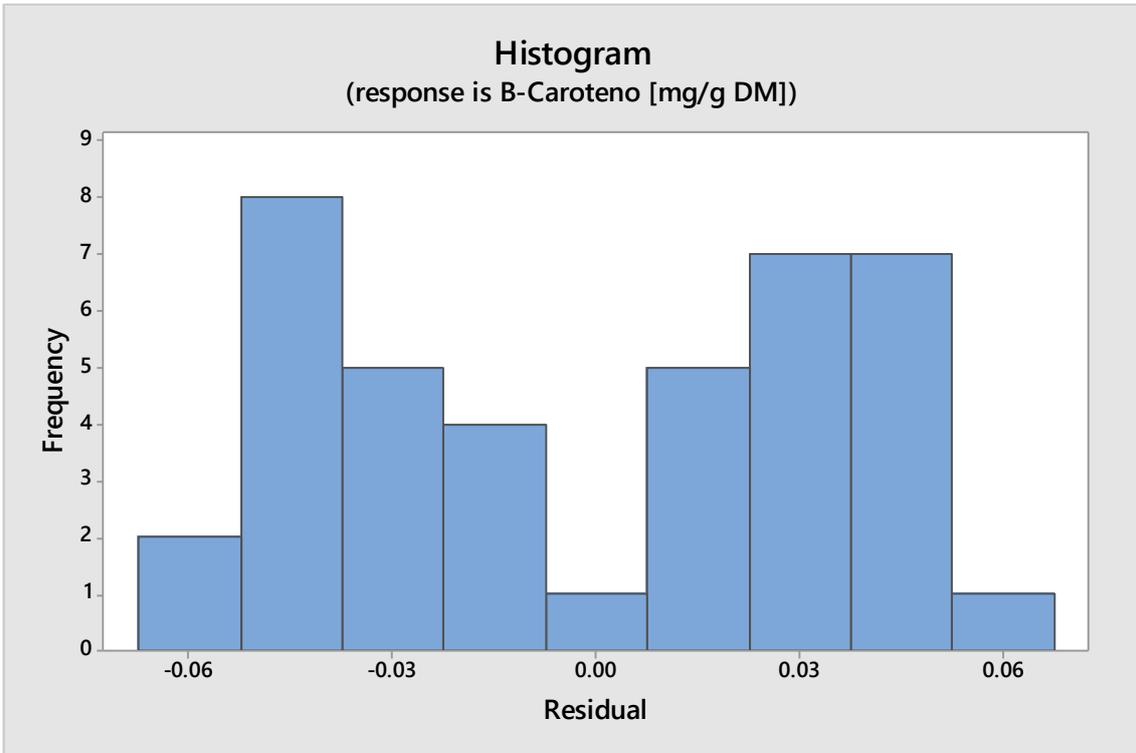
Normplot of Residuals for B-Caroteno [mg/g DM]



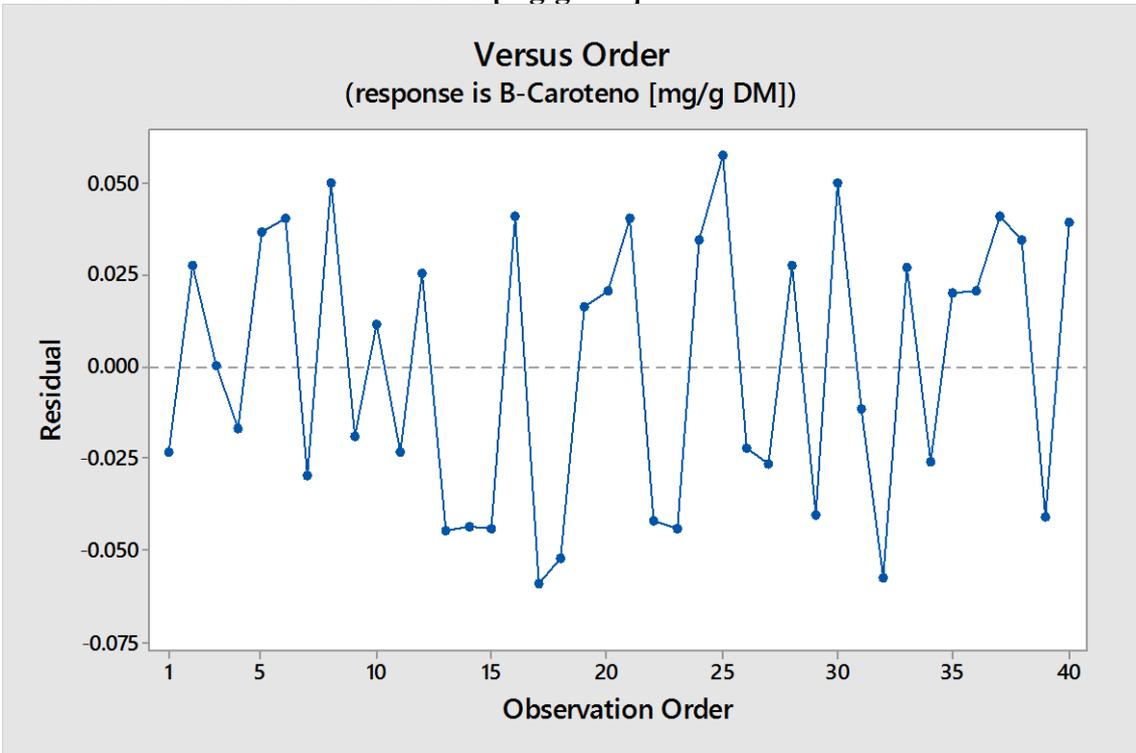
Residuals vs Fits for B-Caroteno [mg/g DM]



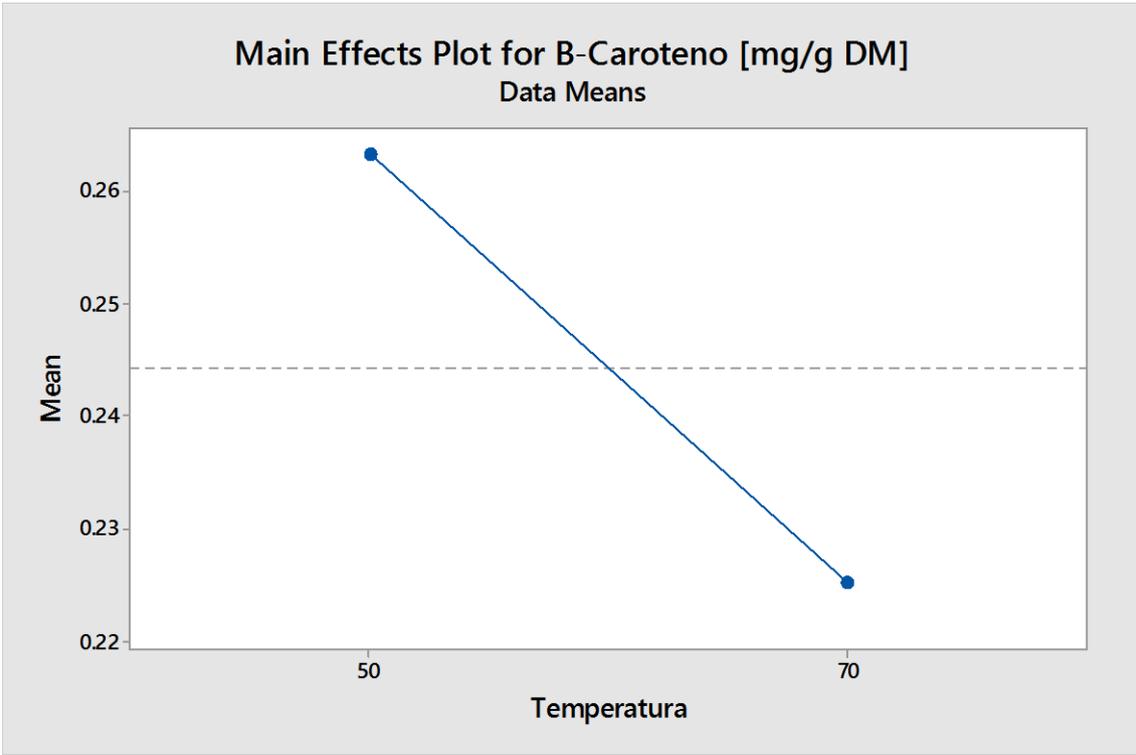
Residual Histogram for B-Caroteno [mg/g DM]



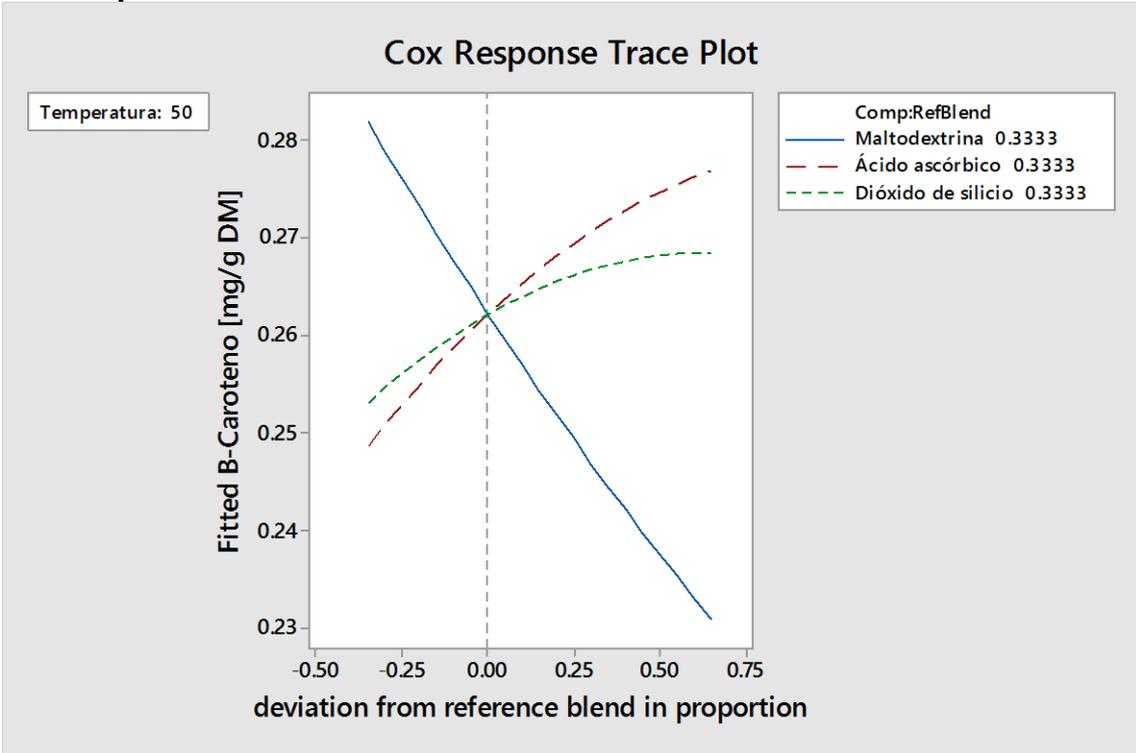
Residuals vs Order for B-Caroteno [mg/g DM]



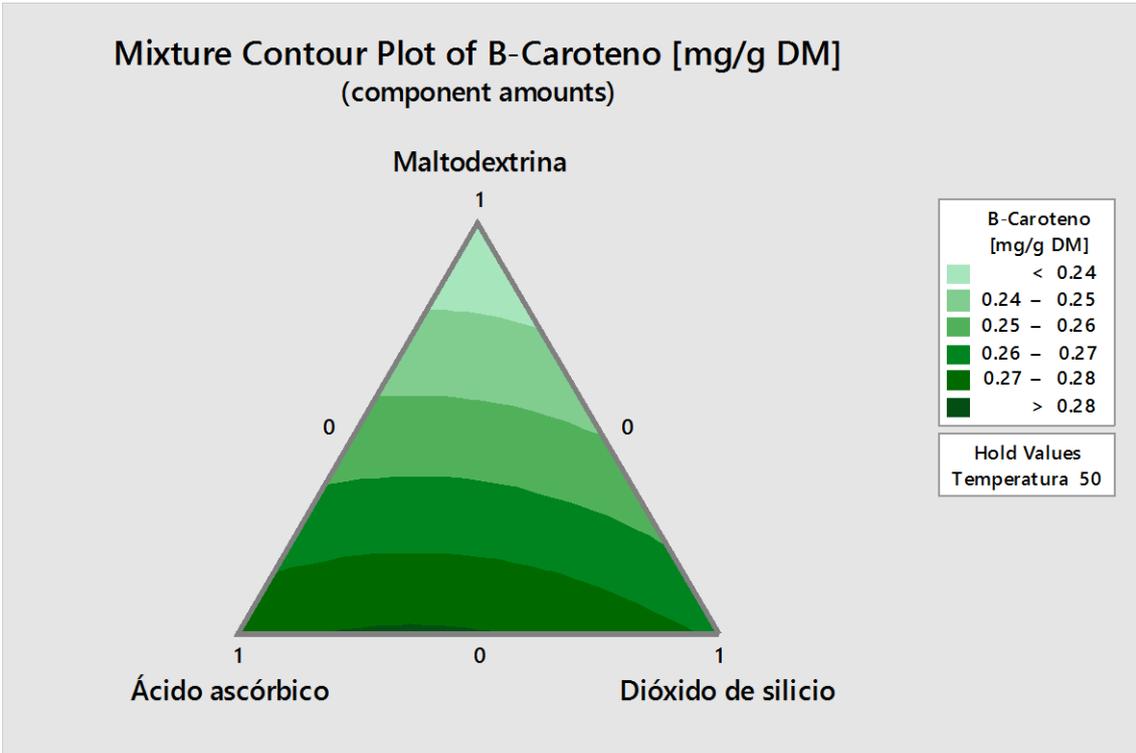
Main Effects Plot for B-Caroteno [mg/g DM]



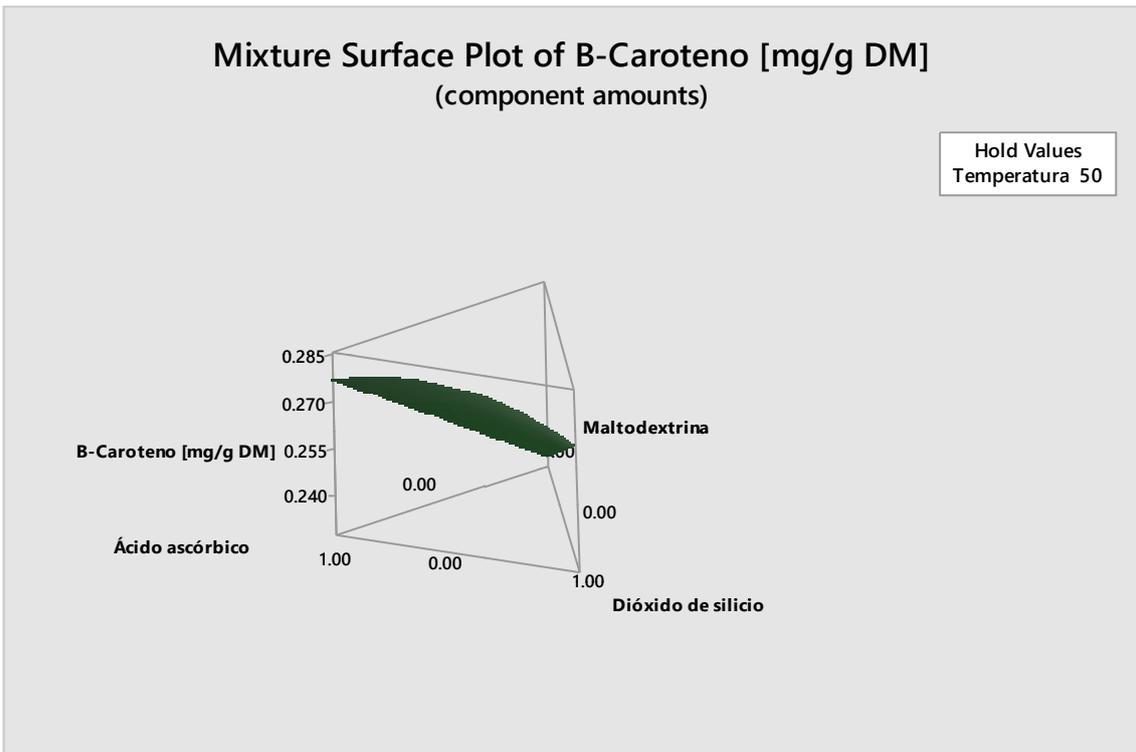
Cox Response Trace Plot



Mixture Contour Plot of B-Caroteno [mg/g DM]



Mixture Surface Plot of B-Caroteno [mg/g DM]



Response Optimization

Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
B-Caroteno [Maximum	0.25	0.28	0.28	1	1

Global Solution

Components

Maltodextrin = 0.0000000
 Ácido ascórb = 0.636364
 Dióxido de s = 0.363636

Process Variables

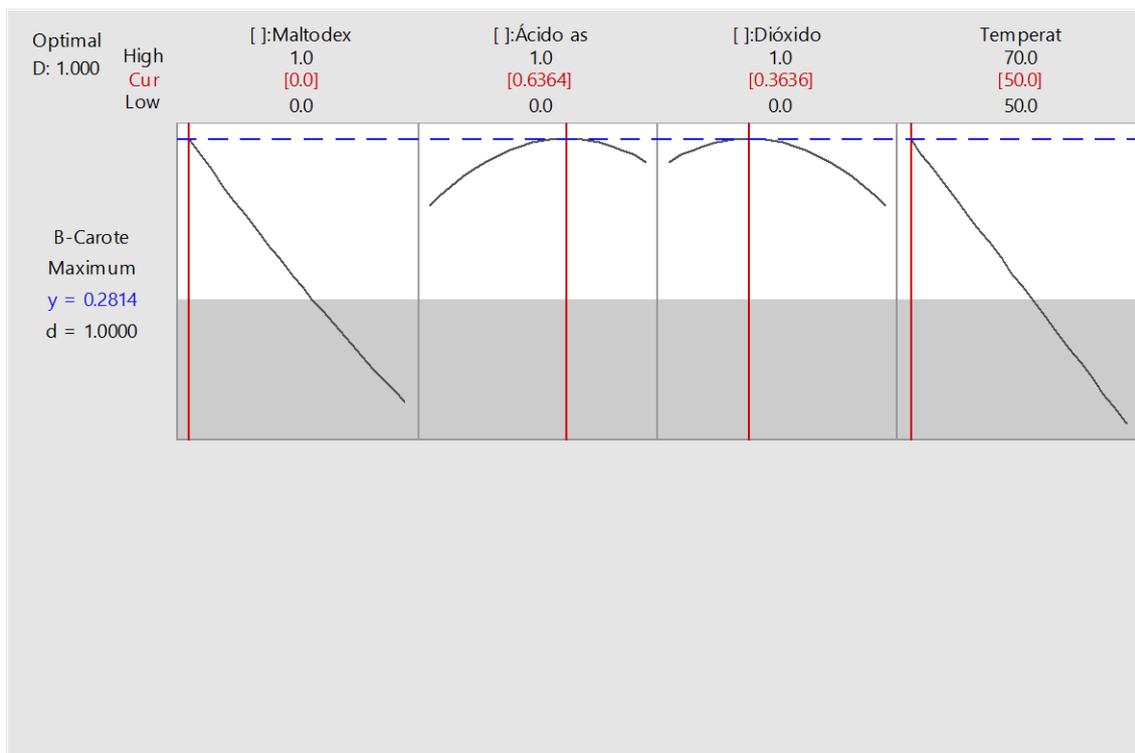
Temperatura = 50

Predicted Responses

B-Caroteno [= 0.281360 , desirability = 1.000000

Composite Desirability = 1.000000

Optimization Plot

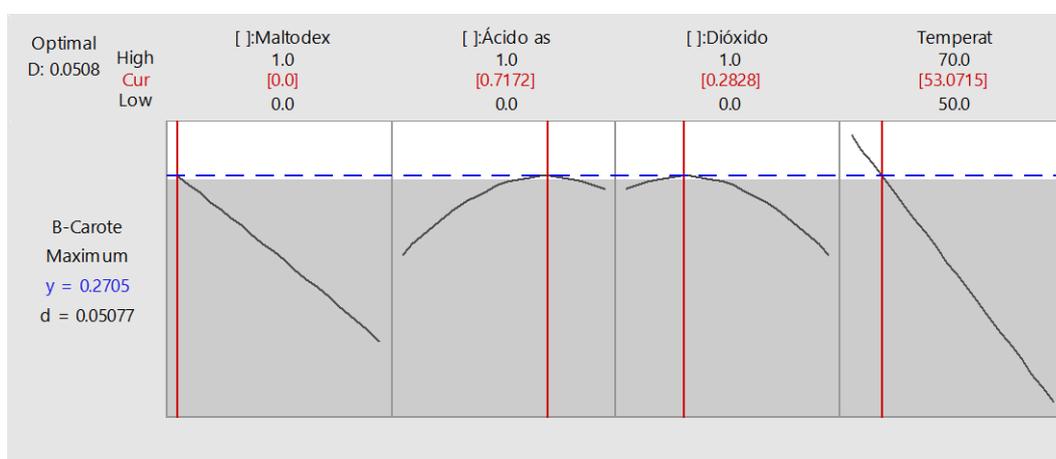


10.4 Se realizó una optimización de acuerdo al programa de análisis estadísticos

teniendo los siguientes resultados:

No se consideró la Maltodextrina (MD) para este caso, ya que se concluyó que no tenía influencia en la cantidad de carotenoides. Se comparó la respuesta obtenida en función de los tratamientos con el tratamiento óptimo del modelo, el cual presentó una respuesta óptima de mezcla compuesta por 0% de maltodextrina, 71.72% de ácido ascórbico, 28.28% de dióxido de silicio amorfo, y una variable de proceso de 53.07°C de temperatura (Gráfica N°10), para obtener una predicción de 0.2705 mg β -caroteno/g BS; el cual al compararse con el resultado obtenido con el mejor tratamiento, son muy cercanos. Sin embargo, la respuesta óptima del modelo presenta una deseabilidad (D) equivalente al 5.08% de lo realmente esperado, lo que indica que no es un resultado confiable del modelo; esto se debe a que el modelo presenta las interacciones con la maltodextrina, la cual no tiene relevancia en las variables respuesta, por lo tanto, no es un modelo recomendable para determinar el tratamiento óptimo.

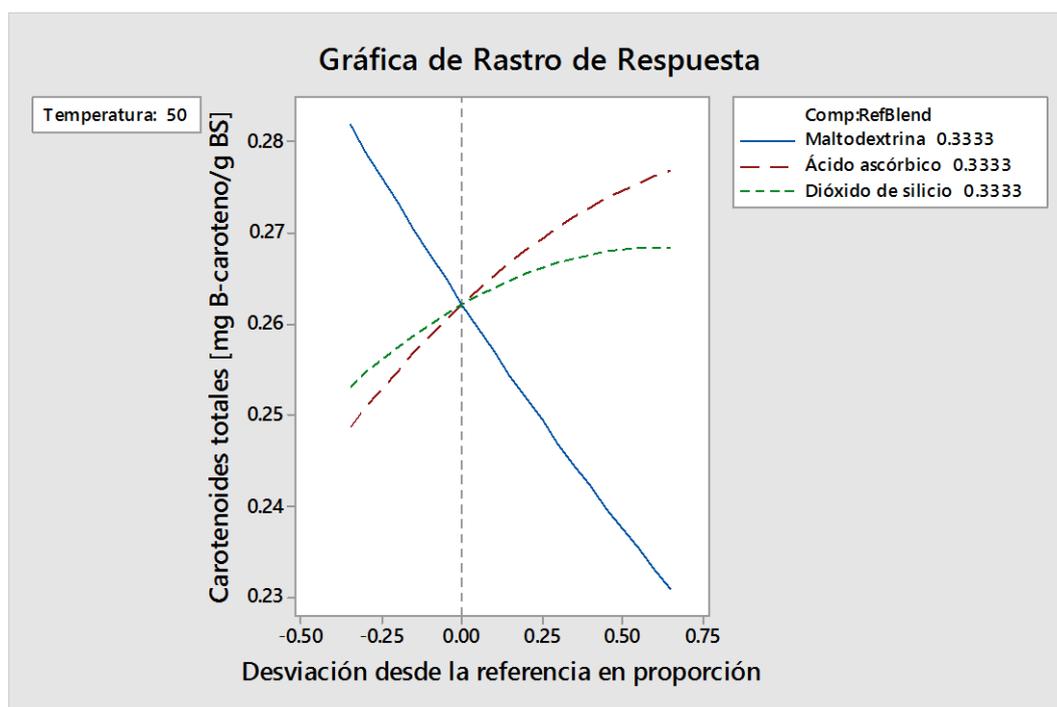
GRÁFICA DE OPTIMIZACIÓN



Fuente: Elaboración propia

Para obtener una respuesta optimizada, se procede a realizar un análisis estadístico de regresión cuadrática eliminando las interacciones que presentaba el modelo interactuando con la variable maltodextrina. Como resultados, se observan patrones similares de comportamiento de la regresión; se obtuvo un coeficiente de determinación (R^2) de 22.55%, con una desviación estándar (S) de 0.039. Los componentes en el modelo lineal y cuadrático no resultaron significativos en la retención de carotenoides totales, y tampoco existen interacciones entre los factores; tampoco existe falta de ajuste del modelo. De manera similar, la temperatura de la variable del proceso adecuada es 50°C, pero el cambio significativo se presenta en la Gráfica N°11, donde el rastro tanto del ácido ascórbico como del dióxido de silicio han mejorado, logrando de esta manera que a mayor participación de estos se mejora la retención de carotenoides totales en el producto.

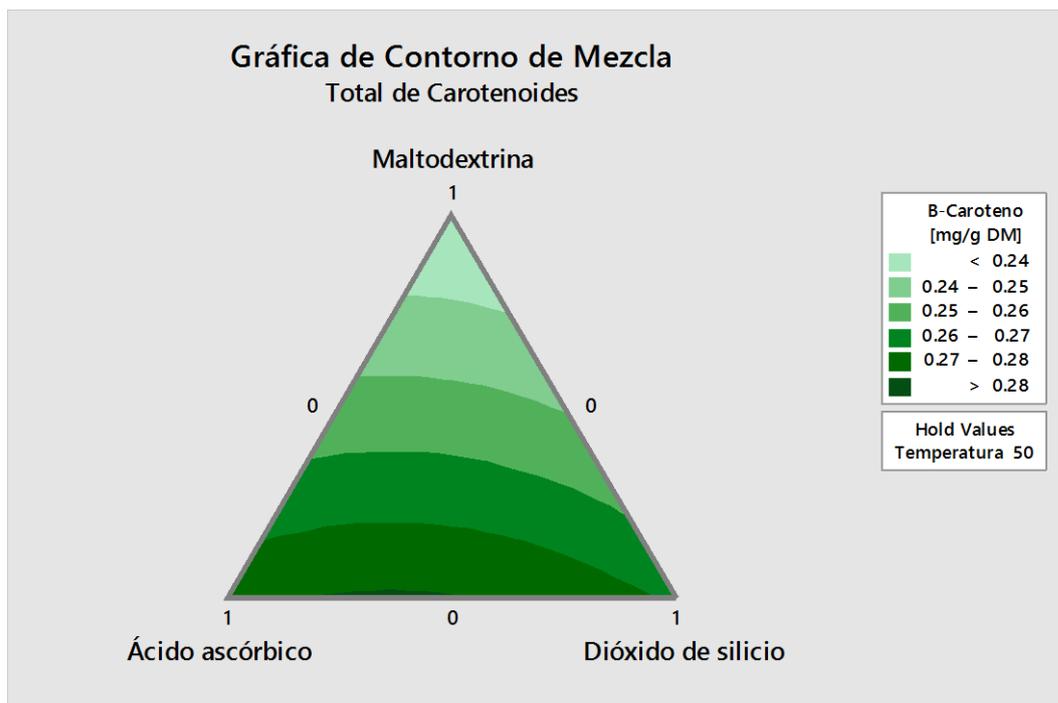
GRÁFICA DE RASTRO DE RESPUESTA (SIN MD) A VARIABLE DE PROCESO
50°C



Fuente: Elaboración propia

Las gráficas de contorno y superficie a continuación presentaron ligeras variaciones en la cual se aumentó el nivel de respuesta debido a la ausencia de la maltodextrina, comprobando que su presencia tiene un efecto adverso a lo que se busca con la presente investigación.

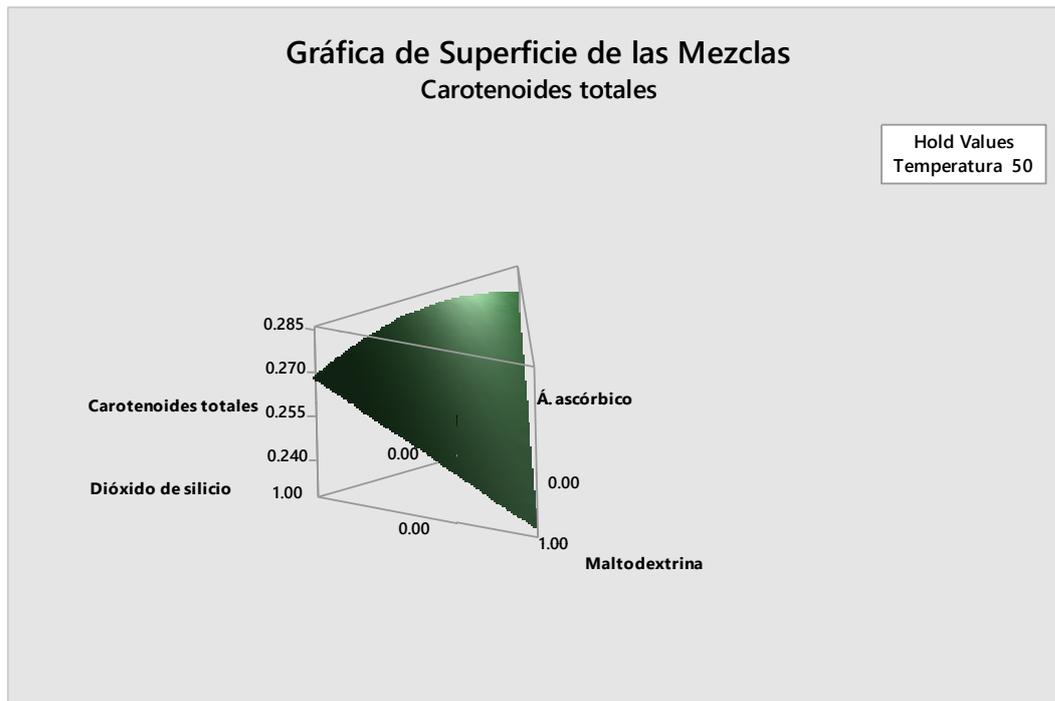
GRÁFICA DE CONTORNO DE MEZCLA (SIN MD) A VARIABLE DE PROCESO 50°C



Fuente: Elaboración propia.

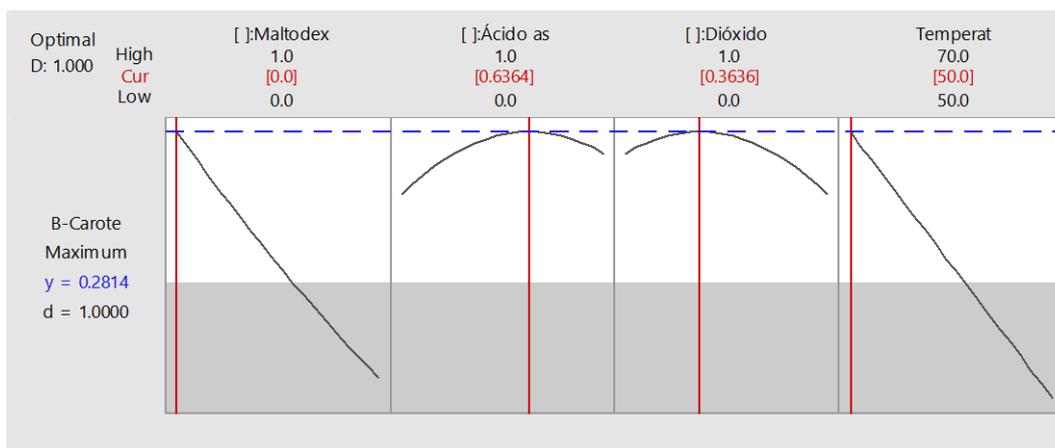
Utilizando el nuevo modelo de regresión para predecir la máxima retención de carotenoides totales, se obtuvo una nueva mezcla cuyos nuevos componentes son 0% maltodextrina, 63.63% de ácido ascórbico y 36.37% de dióxido de silicio amorfo, a una temperatura de 50°C. Esta nueva composición de la mezcla lograría retener 0.2814 mg β -caroteno/g BS, pero a diferencia del modelo anterior esta predicción tiene una deseabilidad (D) del 100%, lo que significa que a esas condiciones de variables independientes, se obtiene la máxima respuesta del modelo del experimento ver Gráfica de optimización (SIN MD).

GRÁFICA DE SUPERFICIE (SIN MD) A VARIABLE DE PROCESO 50°C



Fuente: Minitab® 17

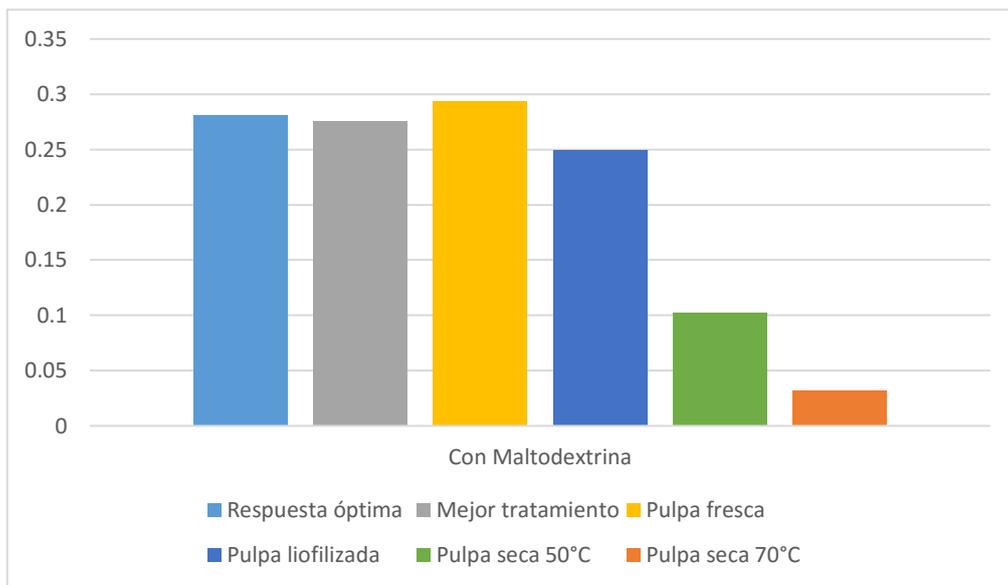
GRÁFICA N°1 GRÁFICA DE OPTIMIZACIÓN (SIN MD)



Fuente: Elaboración propia

Obteniendo un nuevo resultado que puede ser considerado para posteriores investigaciones para la evaluación de la estabilidad de carotenoides sin la consideración de maltodextrina. En el siguiente gráfico se puede observar la comparación del mejor tratamiento como objetivo de nuestra investigación (plomo), pulpa fresca (amarillo),

pulpa deshidratada a 50° C (verde), pulpa deshidratada a 70° C (naranja) y la respuesta óptima sin consideración de la maltodextrina (celeste).



10.3 Imágenes de Acondicionamiento y estandarización de las muestras



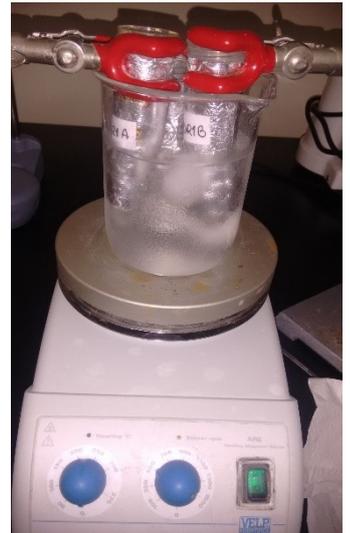
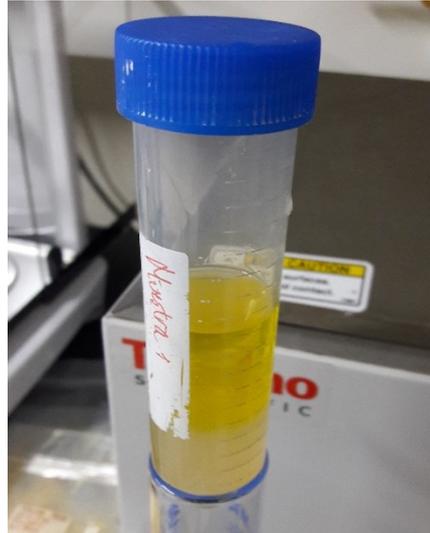
10.4 Imágenes de Equipos de Secado



10.5 Imágenes de Muestras patrón y finales



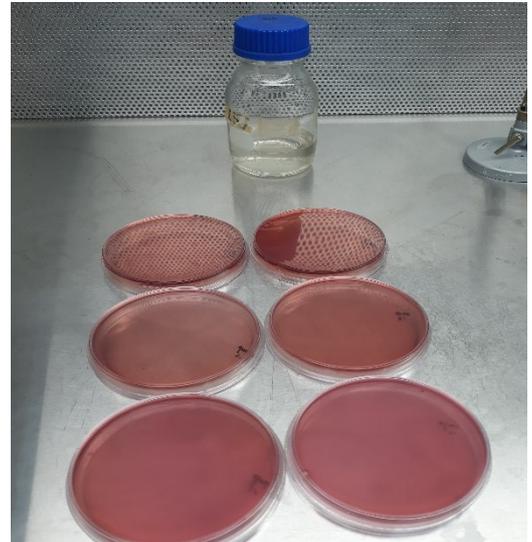
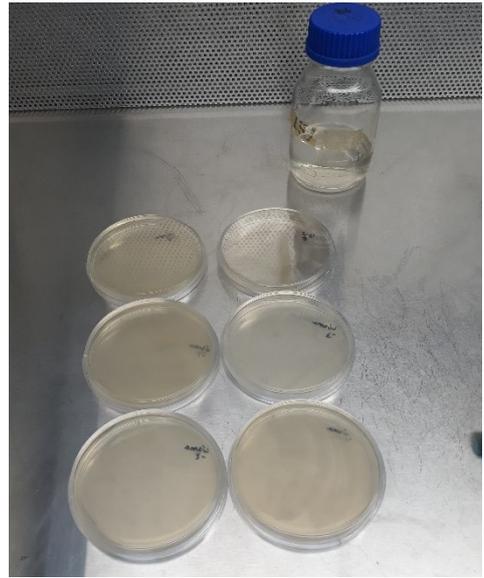
10.6 Imágenes de extracción de carotenoides



10.7 Imágenes de la concentración y cuantificación de carotenoides



10.8 Imágenes del Análisis Microbiológico



Certificate of Analysis

Product Name: β -CAROTENE
BioChemika, purum
Product Number: 22040
Batch Number: BCBQ0106V
Brand: Fluka
CAS Number: 7235-40-7
Formula: C₄₀H₅₆
Formula Weight: 536.87
Quality Release Date: 21 APR 2015
Recommended Retest Date: APR 2017

TEST	SPECIFICATION	RESULT
APPEARANCE (COLOR)	RED TO DARK RED	RED
APPEARANCE (FORM)	POWDER	POWDER
MELTING POINT	176 - 184 C	179 C
SOLUBILITY (COLOR)	ORANGE TO RED TO DEEP RED	DEEP RED
SOLUBILITY (TURBIDITY)	CLEAR (< 3.5 NTU)	CLEAR
SOLUBILITY (METHOD)	—	0.01G IN 10 ML CHCL ₃
LOSS ON DRYING	≤ 0.2 %	0.0 %
INFRARED SPECTRUM	CONFORMS TO STRUCTURE	CONFORMS
ASSAY (UV)	≥ 97.0 %	97.4 %
REM. ON UV SPECTROSCOPY	A 455/340 >1.50	A455/340-1.70 (PH. EUR.4)
PROOF OF IDENTITY	A455/483 = 1.14 - 1.18	A 455/483-1.15 (PH. EUR. 4)
METAL TRACE ANALYSIS (ICP)	≤ 10 PPM	< 10 PPM



Claudia Geitner
Manager Quality Control
Buchs, Switzerland

3050 Spruce Street, Saint Louis, MO 63103, USA

Website: www.sigmaaldrich.com

Email USA: techserv@sial.com

Outside USA: eurtechserv@sial.com

Certificate of Analysis

Product Name:

2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol - ≥99.0% (GC), powder

Product Number: B1378
 Batch Number: SLBN4066V
 Brand: ALDRICH
 CAS Number: 128-37-0
 MDL Number: MFCD00011644
 Formula: C₁₅H₂₄O
 Formula Weight: 220.35 g/mol
 Quality Release Date: 26 MAY 2015
 Recommended Retest Date: MAY 2017



Test	Specification	Result
Appearance (Color)	White	White
Appearance (Form)	Powder or Crystals	Crystals
Solubility (Color)	Colorless	Colorless
Solubility (Turbidity)	Clear	Clear
1 g + 10 ml, EtOH		
Infrared Spectrum	Conforms to Structure	Conforms
Purity (GC)	≥ 99.0 %	100.0 %

Rodney Burbach, Manager
 Analytical Services
 St. Louis, Missouri US

Sigma-Aldrich warrants, that at the time of the quality release or subsequent retest date this product conformed to the information contained in this publication. The current Specification sheet may be available at Sigma-Aldrich.com. For further inquiries, please contact Technical Service. Purchaser must determine the suitability of the product for its particular use. See reverse side of invoice or packing slip for additional terms and conditions of sale.