



UNIVERSIDAD  
**AUTÓNOMA**  
DE ICA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS Y ADMINISTRACIÓN**

**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**TESIS:**

**“ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LOS ADITIVOS Y EL SECADO CONVECTIVO EN  
LOS CAROTENOIDES TOTALES EN LA INDUSTRIA DE SNACK EN ICA, 2021”**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**PRESENTADO POR:**

**JOEL MARCOS BENAVIDES GRANDEZ**

**ASESOR:**

**HERNANDO MARTÍN CAMPOS MARTÍNEZ**

**ORCID: 0000-0003-4815-2292**

**PÉRU**

**2021**

## **AGRADECIMIENTO**

**Un paso importante en mis  
Objetivos es este proyecto  
Agradezco a todos los que  
contribuyeron para que  
sea realidad.**

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar los análisis de los efectos de los aditivos y el secado convectivo en los carotenoides totales en la industria de snack en Ica, 2021.

**Material y métodos:** 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.

**Población:** En la investigación se utilizó lúcuma de la variedad “seda”; la población utilizada fue de aproximadamente 20. 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.

**Resultados:** 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  $19.07 \pm 0.04$  % 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.

**Conclusión:** 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.

**Palabras claves:** *Efectos aditivos, Secado Convectivo, Carotenoides.*

## ABSTRACT

**Objective:** To determine the analysis of the effects of additives and convective drying on total carotenoids in the snack industry in Ica, 2021.

**Material and methods:** The present investigation is of applied level and of experimental type because it will allow to introduce and manipulate the causal factor that would be the design of mixtures of additives; It is also transversal because the amount of carotenoids will be measured after the drying process.

**Population:** In the investigation, lucuma of the variety “seda” was used; the population used was approximately 20. 40 random samples of 150 grams were obtained for each treatment and repetition; which had the characteristics of physiological maturity, whose internal coloration is 7.5YR6 / 10 on the Münsell scale or 32-2C on the Pantone scale.

**Results:** The lucuma was weighed in its entirety, then it was washed, disinfected, rinsed and drained; It was immediately peeled, obtaining the peel separated from the rest of the fruit, which was weighed; On average, the peel makes up  $19.07 \pm 0.04\%$  of the fruit, however, small impurities were observed that are traces of pulp that remained with the peel during peeling. Then the pulp was cut into two parts with the help of a serrated knife, in this way we obtained the pulp separated from the seed.

**Conclusion:** In this way, food additives, regardless of the process variables, are protective agents of total carotenoids in lucuma, even obtaining higher amounts than techniques such as lyophilization, therefore, it is shown that lucuma snacks can be obtained with high nutritional content and accessible production process.

**Keywords:** *Additive Effects, Convective Drying, Carotenoids.*

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	01
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	02
2.1 Descripción del problema.....	02
2.2 Pregunta de investigación general.....	03
2.3 Pregunta de investigación específica.....	03
2.4 Justificación e importancia.....	03
2.5 Objetivo General.....	04
2.6 Objetivos Específicos.....	04
2.7 Alcances y Limitaciones.....	05
III. Marco teórico.....	06
3.1 Antecedentes.....	06
3.2 Bases teóricas.....	08
3.3 Marco conceptual.....	17
IV. METODOLOGÍA.....	18
4.1 Tipo y diseño de investigación.....	18
4.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	18
4.3 Población y Muestra.....	18
4.4 Hipótesis general y específicas.....	19
4.5 Identificación de Variables.....	19
4.6 Operalización de Variables.....	20
4.7 Recolección de los datos.....	21
V. RESULTADOS.....	22
VI. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	41
6.1 Comparación resultados con marco teórico.....	41

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
A. Conclusiones.....	44
B. Recomendaciones.....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
ANEXOS.....	53

## LISTA DE TABLAS

TABLA N°1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LÚCUMA FRESCA POR 100 GRAMOS.....	21
TABLA N°2 DISEÑO EXPERIMENTAL (DECODIFICADO).....	23
TABLA N°3 CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE LÚCUMA.....	24
TABLA N°4 ABSORBANCIAS OBTENIDAS DEL BARRIDO 450-480 NM.....	25
TABLA N°5 CARACTERIZACIÓN DE CAROTENOIDES TOTALES DE PULPA DE LÚCUMA.....	27
TABLA N°6 DATOS OBTENIDOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	28
TABLA N°7 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL.....	38
TABLA N°8 RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	38

## I. INTRODUCCIÓN

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.

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  $0.2753 \pm 0.031$  mg  $\beta$ - caroteno/g BS.

Estas muestras fueron comparadas con la muestra sin aditivos y con la liofilizada. 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.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1 Descripción del problema

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. La vitamina A (retinol y sus derivados retinales 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. 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.

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. La lúcuma (*Pouteria lúcuma*) 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. 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. Su deficiencia resulta en una ocurrencia de problemas de salud, especialmente ceguera y en casos extremos mortalidad. 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.

## 2.2 Pregunta de investigación general

¿Cuáles son los análisis de los efectos de los aditivos y el secado convectivo en los carotenoides totales en la industria de snack en Ica, 2021?

## 2.3 Pregunta de investigación específica

- ¿Cuál es la relación química y física de la materia prima en la industria de snack en Ica, 2021?
- ¿Cuál es el producto microbiológico sensorial y el fisicoquímico de la materia prima en la industria de snack en Ica, 2021?
- ¿Cuál es el tratamiento de la mezcla de los parámetros y aditivos en el proceso del secado en convectivo, relacionado con la función de los carotenoides totales de la materia prima en la industria de snack en Ica, 2021?

## 2.4 Justificación e importancia

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. 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.

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. 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. 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.

## 2.5 Objetivo General

Determinar los análisis de los efectos de los aditivos y el secado convectivo en los carotenoides totales en la industria de snack en Ica, 2021.

## 2.6 Objetivos Específicos

- Investigar es la relación química y física de la materia prima en la industria de snack en Ica, 2021.
- Detallar el producto microbiológico sensorial y el fisicoquímico de la materia prima en la industria de snack en Ica, 2021.

- Relacionar el tratamiento de la mezcla de los parámetros y aditivos en el proceso del secado en convectivo, relacionado con la función de los carotenoides totales de la materia prima en la industria de snack en Ica, 2021.

## 2.7 Alcances y Limitaciones

- Tiempo para aplicar el instrumento.
- Población disminuida debido a la pandemia que estamos cursando.
- Financiamiento económico limitado.
- Mal llenado del instrumento, tabulación de resultados.

### III. Marco teórico

#### 3.1 Antecedentes

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 lúcumo constituyen una fuente variada de compuestos funcionales con potencial aplicación en la industria alimentaria.

Sogi et al., (2018). 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 osciló 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., (2017). Estudiaron el efecto de diferentes tipos de secado para deshidratar vainas de paprika, en la cual se evaluó la estabilidad de los carotenoides; aproximadamente 2 Kg. de vainas de paprika 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 ± 0.5h.; 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  $236.6 \pm 0.8$  mg/Kg en base seca, sobre  $153.6 \pm 10.4$ ,  $161 \pm 8.7$  mg/Kg en base seca respectivamente.

Mai et al., (2019). 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.

Barrena et al., (2019). 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 casos como trabajando a temperaturas mayores a la misma velocidad, la pulpa de lúcuma tiende a oscurecerse.

Siriamornpun et al., (2017). Estudiaron los cambios en color, actividades antioxidantes y carotenoides de la Damasquina (*Tagetes 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 damasquina. Los resultados indicaron que el color de la damasquina 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 damasquina para preservar su color, propiedad antioxidante y compuestos bioactivos y proporcionar información útil para la producción de harina de la damasquina.

Gamboa et al., (2017). 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 E-7 m<sup>2</sup>/s.

### 3.2 Bases teóricas

#### 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, cónica,

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. 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,

Respecto a los pigmentos, esta fruta se caracteriza por presentar en la pulpa un significativo contenido de beta-caroteno el cual funciona como antioxidante. El exocarpo o cáscara es muy delgado y quebradizo, lampiño o algo escamoso. El mesocarpo o pulpa es de grosor variable y textura harinosa a pastosa y de firmeza blanda a dura.

La lúcuma es la segunda fruta en poseer la mayor cantidad de provitamina A después del aguaje. La lúcuma tiene 2 tipos: lúcuma seda, que posee una firmeza blanda a semidura; y lúcuma palo, que posee una pulpa de firmeza 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 endocarpo u hollejo delgado de color amarillo claro.

#### 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)

## Carotenoides

Son pigmentos orgánicos del grupo de los isoprenoides que se encuentran de forma natural en plantas y otros organismos fotosintéticos. Los carotenos, tales como alfa y beta caroteno, además licopeno, son hidrocarburos, donde xantofilas son derivados oxigenados de carotenos e incluyen los componentes beta- criptoxantina, luteína, y zeaxantina. La absorción de vitamina A y su almacenamiento en el hígado ocurre esencialmente en la forma de ésteres de ácidos grasos.

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. El procesamiento de alimentos y almacenamiento puede llevar a un 5 a 40% de destrucción de vitamina A y carotenoides. 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. El requerimiento diario de vitamina A es medido como ingesta de retinol en 75%, mientras que el restante 25% es a través de  $\beta$ -

caroteno y otros carotenoides provitaminicos. 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 importancia nutricional de carotenoides viene principalmente de la actividad como provitamina A del beta-caroteno. Debido a la limitada extensión de desdoblamiento de carotenoides, al menos 6 gramos de  $\beta$ -caroteno se requieren para obtener 1 gramos de retinol. Alimentos deshidratados son particularmente sensibles a la degradación oxidativa. 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.

En la ausencia de oxígeno y a altas temperaturas, como fue experimentado en cocimiento y esterilización, las principales reacciones son isomerización y fragmentación. La velocidad de oxidación es influenciada por la presión parcial de oxígeno, actividad de agua, temperatura, etc. 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. 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.

#### a. Degradación de carotenoides en procesos alimentarios

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 provitaminas A (incluyendo el  $\beta$ -

caroteno) seguido de la vitamina C, vitamina B9, vitamina B1. La provitamina A es estable bajo atmósfera inerte, sin embargo, rápidamente pierde su actividad cuando se calienta en presencia de oxígeno a altas temperatura, reportaron que existen muchos estudios de la estabilidad de todos los  $\beta$ -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. 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. La cocción reduce la actividad de la provitamina A de 25 a 55%, 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 pérdidas fueron de 15, 18 y 43% respectivamente.

Así mismo, se ha estudiado el efecto que las operaciones de procesado, cortado, lavado, envasado y conservación, tienen sobre el contenido de estas moléculas. 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. Durante el procesamiento y almacenamiento la oxidación y los cambios estructurales al aplicar calor son los principales factores que los alteran. Entre éstos la temperatura e intensidad de la luz tienen una gran influencia en el contenido de carotenoides.

### 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. 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. 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.

#### Secado convectivo por aire caliente

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. Este tipo de secadores son ampliamente usados en la producción de galletas, frutas secas, vegetales picadas y alimentos para animales domésticos. 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. Para lograr productos deshidratados con alta calidad a un costo razonable, la deshidratación debe ocurrir rápidamente. El aire es calentado al ingreso del secador por un intercambiador de calor o directamente por una mezcla de gases que hacen combustión. La elección del método de secado para un producto alimenticio es determinada por los atributos de calidad deseados, materia prima y economía. 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.).

## Aditivos alimentarios

Son todas aquellas sustancias que en su uso intencionado sirva para cambiar o afectar de manera razonable las características de cualquier alimento. Los aditivos alimentarios directos son aquellos que son añadidos a un alimento para un propósito específico en 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. 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.

La mayoría de aditivos directos son identificados en la etiqueta de ingredientes de los alimentos.

## Encapsulantes

Son aditivos alimentarios que sirven para recubrir nutrientes en procesos donde las condiciones no son favorables. Existen encapsulantes tales como: Maltodextrina, dextrosa monohidratada, CMC, gomas y dextrinas. Estos sistemas pueden constituir una barrera fisicoquímica contra elementos oxidantes tales como radicales libres, oxígeno, o UV. 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. La encapsulación constituye una promisoría aproximación las propiedades nativas en el tiempo. Se utiliza en la industria como humectante y espesante, para estabilizar alimentos con muchas grasas, para dispersar ingredientes secos, para favorecer el secado por aspersion 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. 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. 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. 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.

#### Antiapelmazantes

Son todos aquellos productos que se añaden a los productos alimenticios para evitar que pierdan la textura que requieren para su uso. Asimismo, la autooxidación de productos vegetales permite la pérdida de valor nutricional; 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. 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. 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. 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. 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. El dióxido de silicio, también conocido como sílica, es un compuesto químico conocido desde tiempos antiguos. Sin embargo, estas tienen múltiples aplicaciones como agente de control de viscosidad, estabilizador de emulsiones, suspensión y agente de dispersión. Así pues, conviene autorizar un límite máximo superior para los sustitutos. 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. 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. En la industria alimentaria, la más importante aplicación ha sido como agente antiapelmazante en mezclas en polvo, aderezos, y blanqueadores de café.

### 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 resultado es que la utilización de antioxidantes retrasa la alteración oxidativa del alimento, pero no la evita de una forma definitiva. Físicamente es un polvo cristalino blanco que puede presentarse de manera anhidra o como monohidrato, considerado un triácido carboxílico. Es considerado un ácido carboxílico versátil y ampliamente utilizado en el campo de la alimentación, de los productos farmacéuticos y cosméticos, entre otros. 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 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. 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. El constante aumento en su consumo cada año, genera la necesidad de encontrar nuevas alternativas para su obtención. Los antioxidantes frenan la reacción de oxidación, pero a costa de destruirse ellos mismos.

### 3.3 Marco conceptual

- 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.
- 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.
- 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.

## IV. METODOLOGÍA

### 4.1 Tipo y diseño 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 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.

### 4.3 Población y Muestra

En la investigación se utilizó lúcuma de la variedad "seda"; la población utilizada fue de aproximadamente 20. 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.

#### 4.4 Hipótesis general y específicas

##### Hipótesis general

Existen los análisis de los efectos de los aditivos y el secado convectivo en los carotenoides totales en la industria de snack en Ica, 2021.

##### Hipótesis específicas

- Existe la relación química y física de la materia prima en la industria de snack en Ica, 2021.
- Existe el producto microbiológico sensorial y el fisicoquímico de la materia prima en la industria de snack en Ica, 2021.
- Existe el tratamiento de la mezcla de los parámetros y aditivos en el proceso del secado en convectivo, relacionado con la función de los carotenoides totales de la materia prima en la industria de snack en Ica, 2021.

#### 4.5 Identificación de Variables

##### Variables dependientes

- Contenido de carotenoides totales en el producto.

##### Variables independientes

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

## 4.6 Operalización de Variables

### OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

En el contexto de la evaluación de la estabilidad de carotenoides totales en snacks de lúcumas (*Pouteria lucuma*) deshidratadas mediante secado convectivo

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
VARIABLE I Contenido de ácido ascórbico	Cantidad de aditivo añadido en función de la cantidad de materia prima	Porcentaje de la cantidad máxima permitida en el producto.
VARIABLE II Contenido de <u>maltodextrina</u>	Cantidad de aditivo añadido en función de la cantidad de materia prima	Porcentaje de la cantidad máxima permitida en el producto.
VARIABLE III Contenido de dióxido de silicio	Cantidad de aditivo añadido en función de la cantidad de materia prima	Porcentaje de la cantidad máxima permitida en el producto.
VARIABLE IV Temperatura de secado	Intensidad de calor	Grados centígrados
VARIABLE V Estabilidad de carotenoides totales	Cantidad total de carotenoides	Concentración

Evaluar la estabilidad de los carotenoides totales en snacks de lúcumas deshidratadas mediante secado convectivo.

Caracterizar la materia prima mediante sus características físicas y químicas

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 mediante sus propiedades físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales.

#### 4.7 Recolección de los datos

Las técnicas de recolección de datos que se utilizaron en la presente investigación que fue realizado en el Laboratorio de Procesos Industriales; 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).

La recepción de 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).

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.

## V. RESULTADOS

Los resultados de la caracterización físico-química de la materia prima, consistió primero en realizar las primeras operaciones del diagrama de flujo para determinar rendimiento de los componentes de la lúcuma, los cuales se calcularon mediante las ecuaciones de porcentaje de rendimiento, 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  $19.07 \pm 0.04$  % 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  $9.81 \pm 0.04$ , respectivamente.

#### 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 en los ensayos. Todas las pruebas se realizaron por triplicado, obteniéndose el promedio con su respectiva desviación estándar.

#### TABLA N°3 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE LÚCUMA

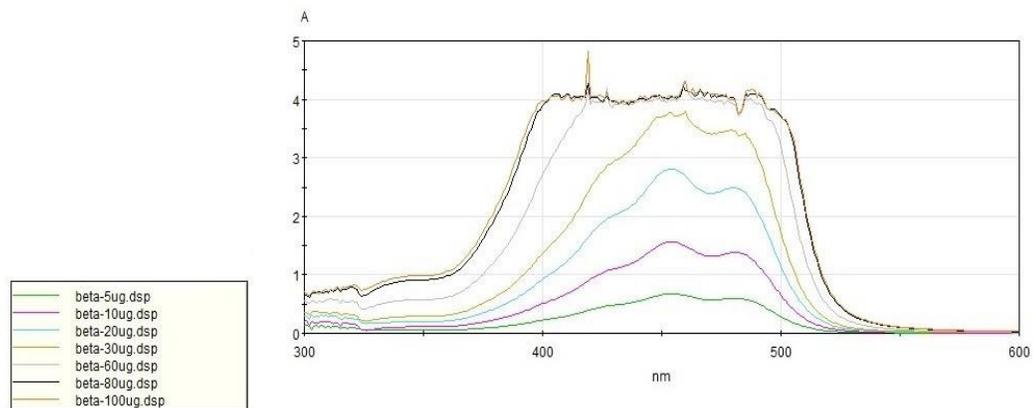
ENSAYO	RESULTADO
Humedad (%)	64.28 ± 0.01
Actividad de agua	0.931 ± 0.01
Concentración sólidos solubles (°Bx)	24.79 ± 0.77
pH	5.36 ± 0.10
Acidez titulable (% ácido cítrico)	1.31 ± 0.079

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos podemos observar que la pulpa tiene una humedad de 64.28 ± 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 (°Bx), pH de 5.36 ± 0.10, y una acidez titulable expresado en porcentaje de ácido cítrico de 0.131 ± 0.016 %. En la determinación de la cantidad de carotenoides totales, los cuales se expresan en miligramos de  $\beta$ -caroteno, se tuvo que realizar varias

concentraciones (5-80  $\mu\text{g/ml}$ ) del estándar  $\beta$ -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.

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).

TABLA N°4

ABSORBANCIAS OBTENIDAS DEL BARRIDO 450-480 NM

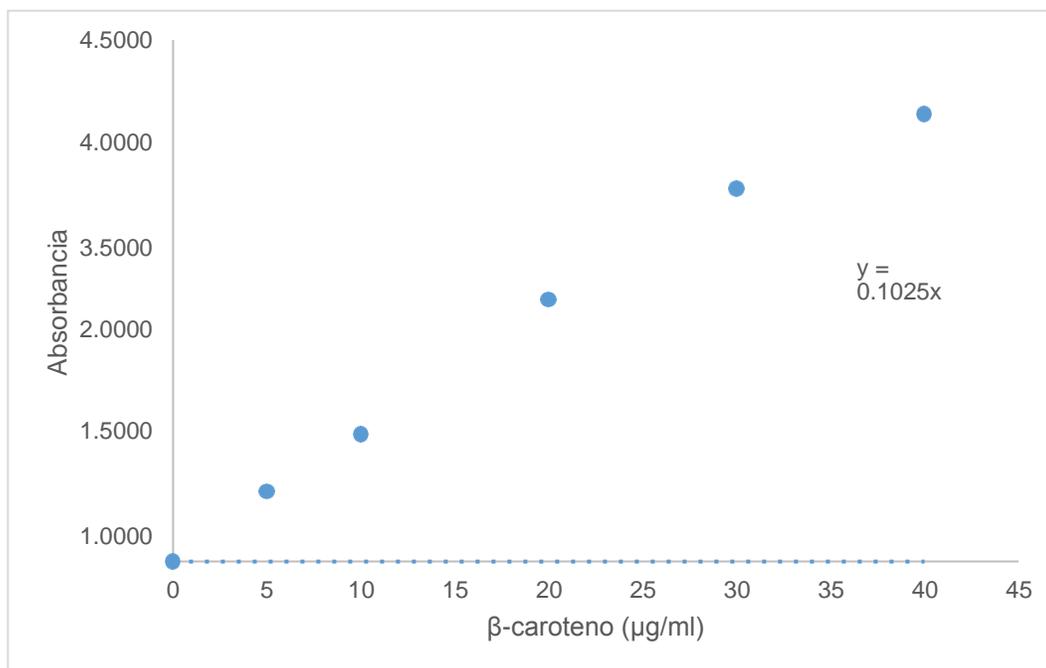
<b>CONCENTRACIÓN (µg β-caroteno/ml)</b>	<b>450 nm</b>	<b>454 nm</b>	<b>480 nm</b>
5	0.6 64	0.6 81	0.60 1
10	1.5 27	1.5 66	1.38 3
20	2.7 54	2.8 15	2.49 3
30	3.7 24	3.7 47	3.47 1
60	3.9 80	3.9 83	3.95 3
80	4.0 27	4.0 75	4.02 7

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 µg β-caroteno/ml de solución, el cual debe observarse un patrón de linealidad; sin embargo, a partir de la solución de 50 µg β-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. La curva de calibración presentó una tendencia lineal, con un ajuste adecuado donde

obtuvimos un  $R^2 = 0.9884$ , para determinar la cantidad de  $\beta$ -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  $\beta$ -caroteno por gramo de materia seca o base seca (BS). La pulpa fresca fue la de mayor contenido de carotenoides totales con  $0.2942 \pm 0.0141$ ; seguido de la pulpa liofilizada con  $0.2495 \pm 0.0385$ . Las pulpas deshidratadas a 50°C y 70°C resultaron con  $0.1021 \pm 0.0049$  y  $0.0317 \pm 0.0012$ , 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.

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

<b>MUESTRA</b>	<b>RESULTADOS</b> (mg $\beta$ -caroteno/g BS)
Carotenoides totales de pulpa fresca	$0.2942 \pm 0.0141$
Carotenoides totales de pulpa liofilizada	$0.2495 \pm 0.0385$
Carotenoides totales de pulpa deshidratada a 50°C	$0.1021 \pm 0.0049$
Carotenoides totales de pulpa deshidratada a 70°C	$0.0317 \pm 0.0012$

Fuente: Elaboración propia

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 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, donde son expresados en miligramos de  $\beta$ -caroteno sobre gramos de base seca (BS).

TABLA N°6  
DATOS OBTENIDOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

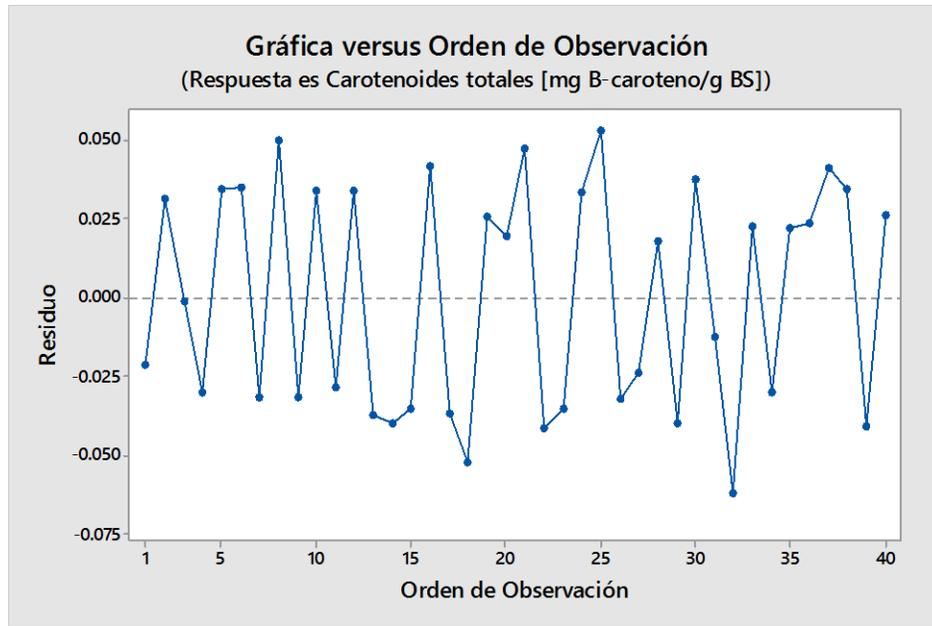
Corrida	FACTOR 1			FACTOR 2	RESPUESTA		RESPUESTA
	Maltodextrina	Ácido ascórbico	Dióxido de Silicio	Temperatura	Carotenoides Totales		Humedad (%) $\pm$ 0.03
1	16.67%	16.67%	66.67%	50	0.2672	0.3016	9
2	16.67%	66.67%	16.67%	70	0.2010	0.2664	9.6
3	50.00%	50.00%	0.00%	70	0.2061	0.2589	9.7
4	16.67%	66.67%	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

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.

### GRÁFICA N°3

#### RESIDUOS vs ORDEN DE OBSERVACIÓN

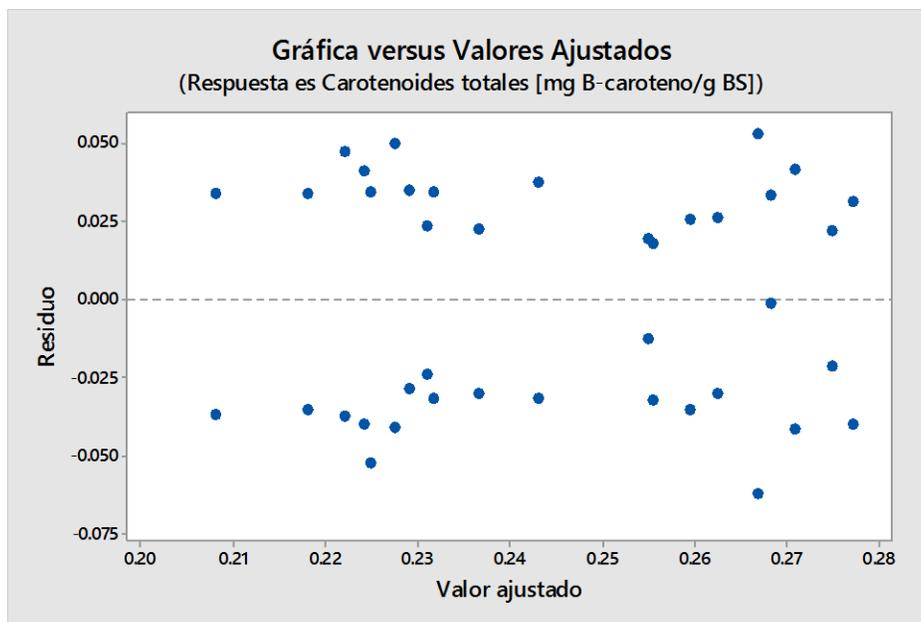


Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, 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



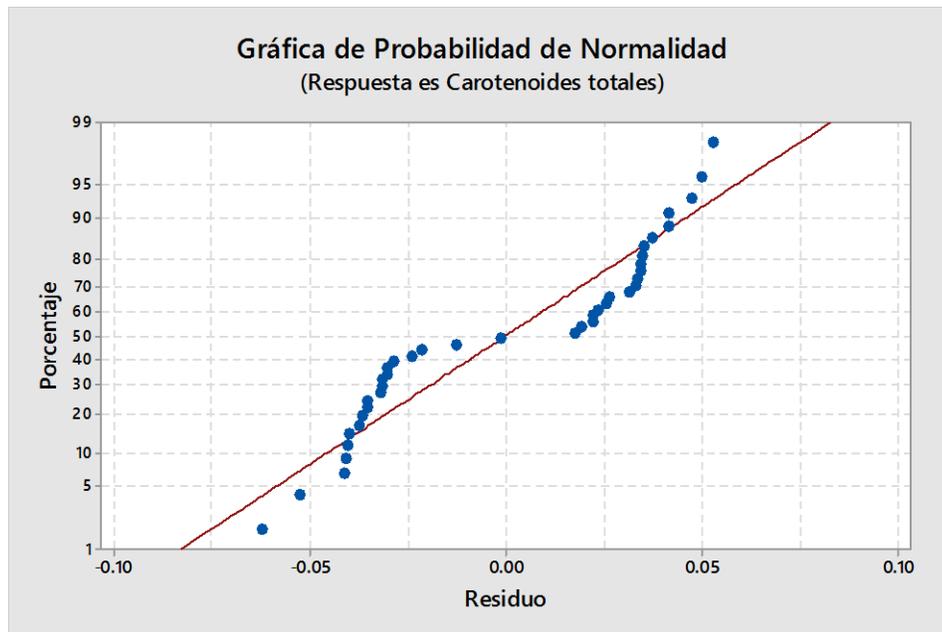
Fuente: Elaboración propia.

Esto último también se puede comparar 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



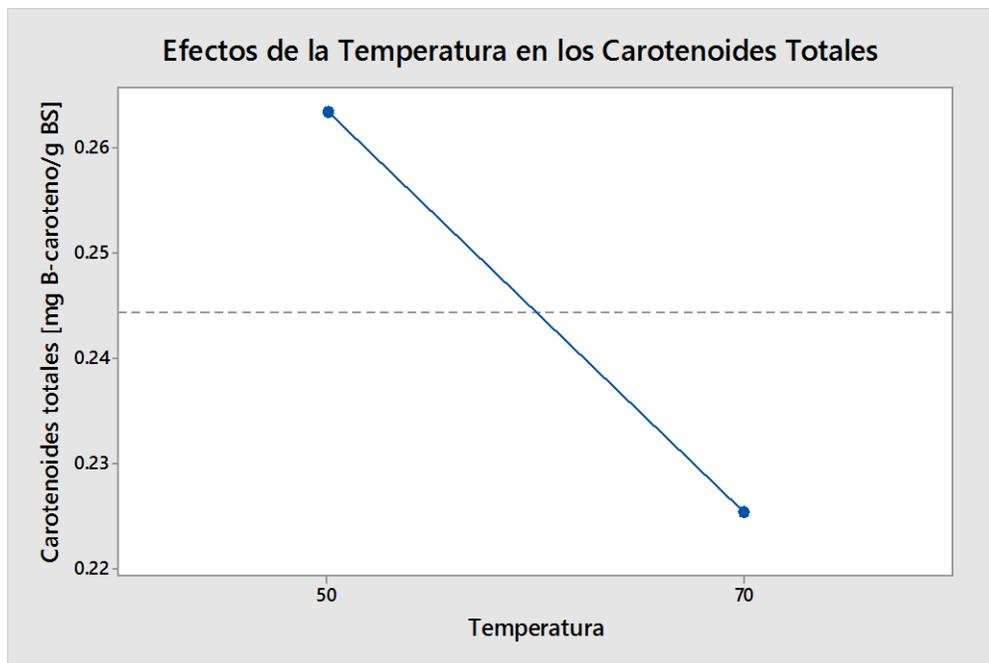
Fuente: Elaboración propia.

La variable de proceso óptima es la temperatura de aire de deshidratación de 50°C, con un promedio de contenido de carotenoides totales de  $0.263 \pm 0.036$  mg  $\beta$ - caroteno/g BS, en comparación con el contenido promedio de  $0.225 \pm 0.038$  mg  $\beta$ - caroteno/g BS obtenido por la variable de proceso de 70°C. La 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 lúcumo en cualquiera de los tratamientos investigados permite retener de manera significativa la cantidad de carotenoides totales de las láminas de lúcumo.

#### GRÁFICA N°6.

#### EFFECTOS DE LA VARIABLE DE PROCESO EN LA RETENCIÓN DE CAROTENOIDES TOTALES

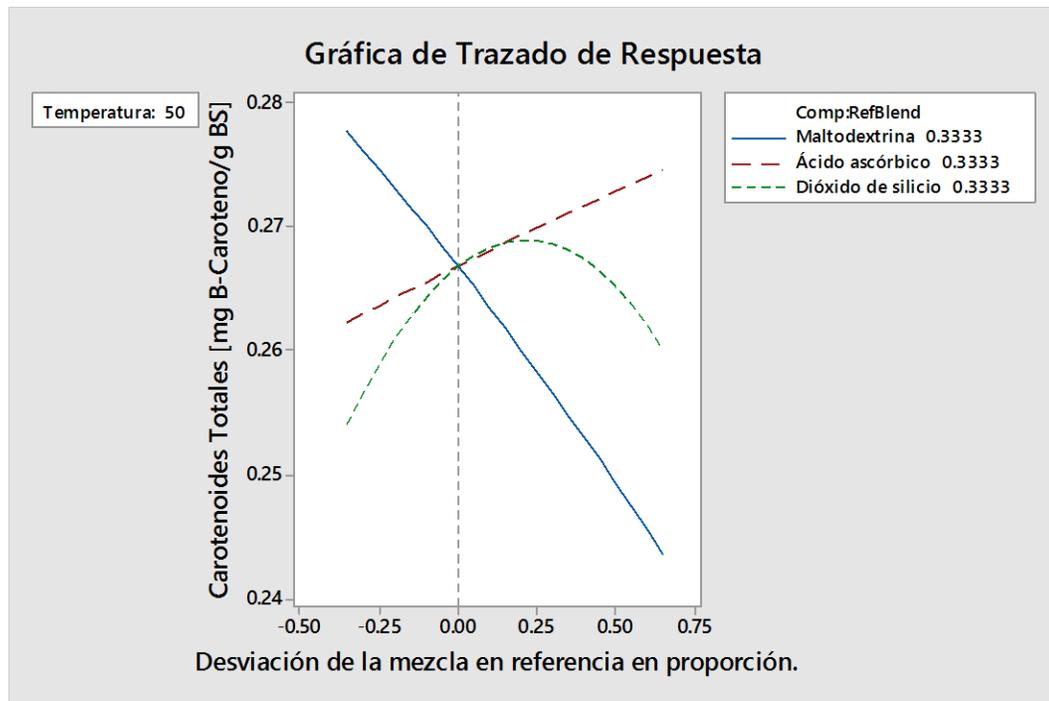


Fuente: Elaboración propia.

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, 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

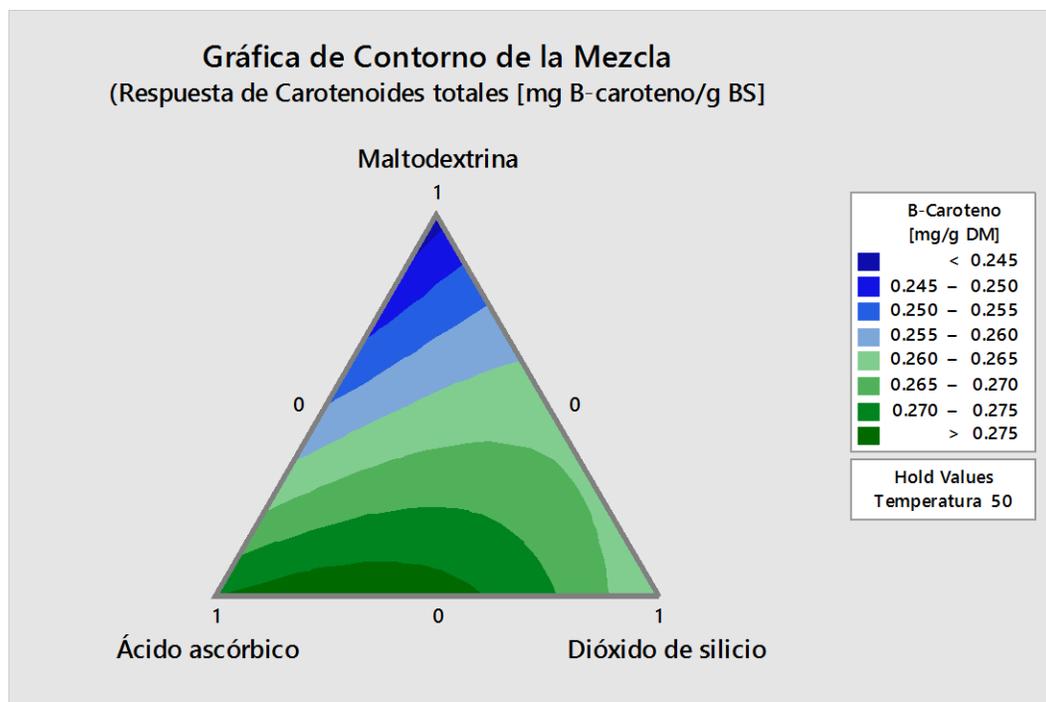


Fuente: Elaboración propia.

Como se observa 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 aumentando su contenido tiene un efecto contrario.

### GRÁFICA N°8

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



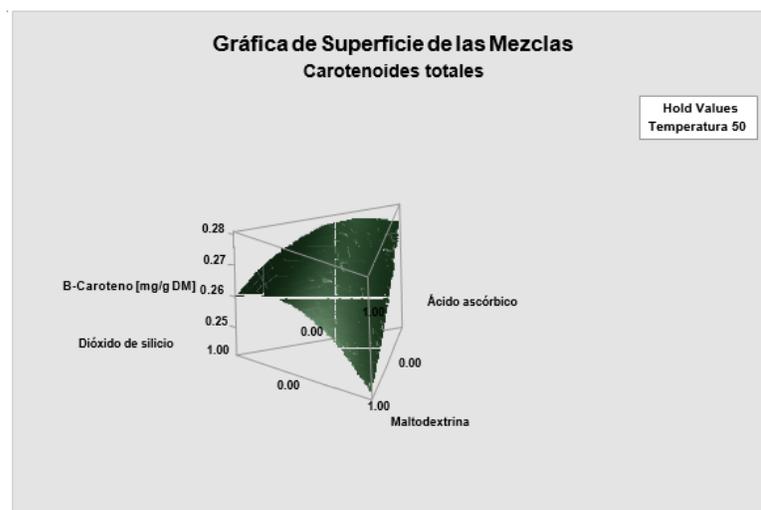
Fuente: Elaboración propia.

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



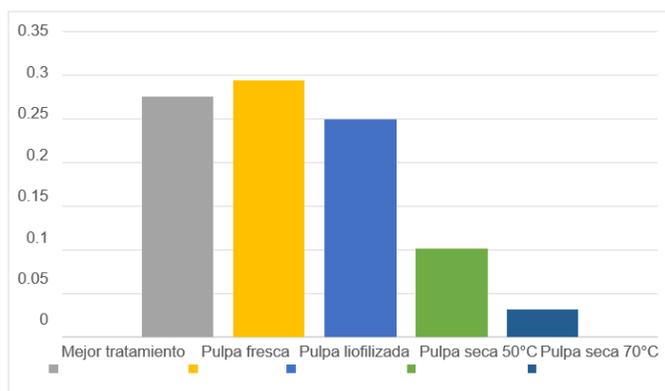
Fuente: Elaboración propia.

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  $\beta$ -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

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  $0.345 \pm 0.01$ , una concentración de sólidos solubles de  $24.54 \pm 0.09$  grados Brix ( $^{\circ}Bx$ ), pH de  $5.10 \pm 0.16$ , acidez titulable expresado en porcentaje de ácido cítrico de  $2.16 \pm 0.097$ , y una cantidad de carotenoides totales de  $0.2753 \pm 0.031$  mg  $\beta$ -caroteno/g BS.

TABLA N°7 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL

<b>ENSAYO</b>	<b>RESULTADO</b>
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. Podemos observar los resultados obtenidos de los ensayos microbiológicos.

TABLA N°8

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

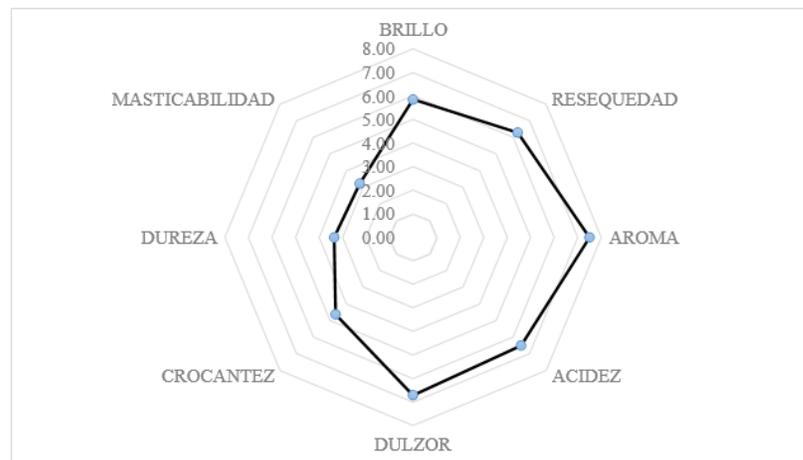
<b>MICROORGANISMOS</b>	<b>CONTEO</b>
Mohos	< 100 ufc
Levaduras	< 100 ufc
Escherichia coli	< 10 ufc
Salmonella sp.	Ausencia

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  $7.5 \pm 0.76$  de puntaje, siendo la característica de mayor puntaje; el segundo atributo con mayor puntaje fue el dulzor con un promedio de  $6.71 \pm 1.38$ , 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 ( $6.50 \pm 1.74$ ), resequeidad ( $6.29 \pm 1.38$ ), brillo ( $5.86 \pm 1.96$ ), crocantez ( $4.64 \pm 1.08$ ), dureza ( $3.73 \pm 0.84$ ), y masticabilidad ( $3.21 \pm 1.25$ ); siendo estas 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.

### GRÁFICA N°11

#### GRÁFICA DE CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL PRODUCTO FINAL

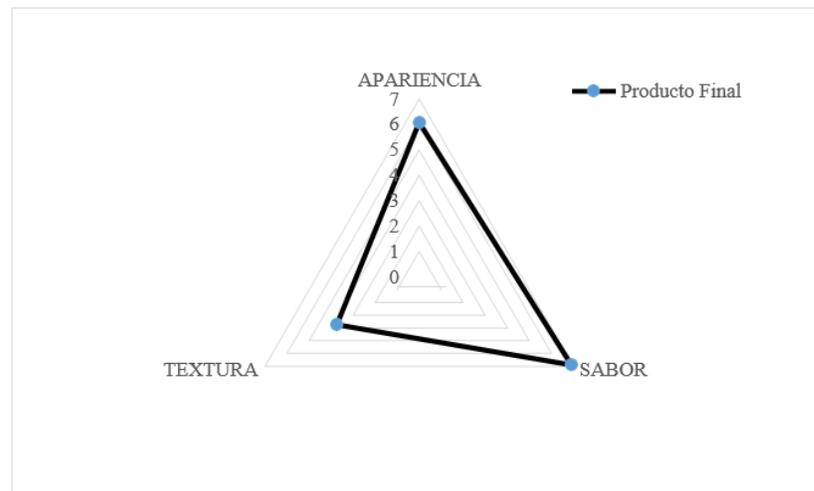


Fuente: Elaboración propia

Respecto a los atributos, los puntajes promedio obtenidos fueron: Apariencia ( $6.07 \pm 1.68$ ), Sabor ( $6.90 \pm 1.39$ ), y Textura ( $3.73 \pm 1.23$ ); 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. 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

## VI. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 6.1 Comparación resultados con marco teórico

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. El análisis estadístico mostró relevancia en los resultados obtenidos por las láminas de pulpa de lúcuma con aditivos respecto a los tratamientos 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.

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  $2.98 \pm 0.03$  %, 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.

Asimismo, las demás características fisicoquímicas mostraron resultados 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 está dentro del rango determinado por algunas investigaciones que es entre  $0.22 \pm 0.01$  y  $0.50 \pm 0.06$ . 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  $\beta$ -caroteno/100g en peso fresco para diferentes biotipos de lúcuma; el cual estos límites varían en función a la variedad y estado de madurez de la fruta.

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). En la caracterización del rendimiento de lúcuma 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). 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 lúcuma y especies ricas en carotenoides. La retención de carotenoides totales se debe de manera directa a la utilización de aditivos, en niveles mayores que incluso la liofilización. 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 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.

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

Respecto al análisis sensorial, fue realizada mediante escala hedónica. 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; 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.

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. 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. (2018) en donde el objetivo era buscar que aditivos son relevantes en una variable de estudio. Otras investigaciones mostraron que la presencia de componentes con

alta capacidad antioxidante, logran una retención significativa de carotenoides totales durante el secado convectivo.

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, con lo cual el modelo puede ser utilizado en la predicción del contenido de carotenoides totales. 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.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### A. Conclusiones

- 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.
- 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.
- 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.

- 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.
- El mejor tratamiento resulta inocuo, y con una ligera aceptación por parte del público.

## B. Recomendaciones

- 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.
- Evaluar la capacidad antioxidante de los tratamientos para saber cuántos de estos carotenoides totales retenidos, pueden ocasionar efectos positivos en los consumidores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alegre Caballero MG, Ticse 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](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  $\alpha$ -carotene,  $\gamma$ -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 Lúcumá (*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/B978075067126250004>
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](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](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](http://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](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](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/RM591MINSANORM A.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 Atkins 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>

# ANEXOS

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

### “ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LOS ADITIVOS Y EL SECADO CONVECTIVO EN LOS CAROTENOIDES TOTALES EN LA INDUSTRIA DE SNACK EN ICA, 2021”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Cuáles son los análisis de los efectos de los aditivos y el secado convectivo en los carotenoides totales en la industria de snack en Ica, 2021?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Determinar los análisis de los efectos de los aditivos y el secado convectivo en los carotenoides totales en la industria de snack en Ica, 2021.</p>	<p><b>HIPOTESIS GENERAL</b></p> <p>Existen los análisis de los efectos de los aditivos y el secado convectivo en los carotenoides totales en la industria de snack en Ica, 2021.</p>	<p>Variables dependientes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Contenido de carotenoides totales en el producto.</li> </ul>	<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><b>PROBLEMA ESPECIFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•¿Cuál es la relación química y física de la materia prima en la industria de snack en Ica, 2021?</li> <li>•¿Cuál es el producto microbiológico sensorial y el fisicoquímico de la materia prima en la industria de snack en Ica, 2021?</li> <li>•¿Cuál es el tratamiento de la mezcla de los parámetros</li> </ul>	<p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Investigar es la relación química y física de la materia prima en la industria de snack en Ica, 2021.</li> <li>•Detallar el producto microbiológico sensorial y el fisicoquímico de la materia prima en la industria de snack en Ica, 2021.</li> </ul>	<p><b>HIPOTESIS ESPECIFICAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Existe la relación química y física de la materia prima en la industria de snack en Ica, 2021.</li> <li>•Existe el producto microbiológico sensorial y el fisicoquímico de la materia prima en la industria de snack en Ica, 2021.</li> <li>•Existe el tratamiento de la mezcla de los parámetros y aditivos en el proceso del secado en convectivo,</li> </ul>	<p>Variables independientes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Contenido de ácido ascórbico</li> <li>•Contenido de maltodextrina</li> <li>•Contenido de dióxido de silicio</li> <li>•Temperatura de secado convectivo</li> </ul>	<p><b>POBLACION Y MUESTRA</b></p> <p>En la investigación se utilizó lúcumo de la variedad “seda”; la población utilizada fue de aproximadamente 20. Se obtuvo 40 muestras aleatorias de 150 gramos para cada tratamiento y</p>

<p>y aditivos en el proceso del secado en convectivo, relacionado con la función de los carotenoides totales de la materia prima en la industria de snack en Ica, 2021?</p>	<p>•Relacionar el tratamiento de la mezcla de los parámetros y aditivos en el proceso del secado en convectivo, relacionado con la función de los carotenoides totales de la materia prima en la industria de snack en Ica, 2021.</p>	<p>relacionado con la función de los carotenoides totales de la materia prima en la industria de snack en Ica, 2021.</p>		<p>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>
---	---	--	--	--

## INSTRUMENTO



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ICA

## “ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LOS ADITIVOS Y EL SECADO CONVECTIVO EN LOS CAROTENOIDES TOTALES EN LA INDUSTRIA DE SNACK EN ICA, 2021”

### 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.

### 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		

RECOLECCIÓN DE DATOS DE CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTO FINAL

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

Fuente: Elaboración propia

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:  
 \_\_\_\_\_