

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

AGROINDUSTRIAL



INFORME DE TESIS

**INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE AIRE
SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y
SENSORIALES EN EL DESHIDRATADO DE
GUAYABA (*PSIDIUM GUAJAVA L.*)**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR:

Bach. SULVI ANDREA ARROYO TAPIA

TACNA – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA

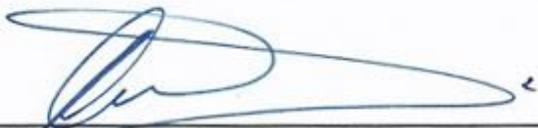
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL

Tesis

Influencia de la temperatura y velocidad de aire sobre
las características fisicoquímicas y sensoriales en el
deshidratado de guayaba (*Psidium guajava* L.)

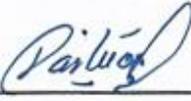
Tesis sustentada y aprobada el 18 de octubre del 2018; estando el jurado
calificador integrado por:

PRESIDENTE:



M. Sc. RAUL CARTAGENA CUTIPA

SECRETARIO:



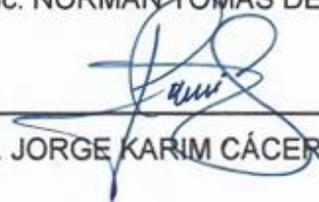
ING. DANNY DANIEL CARHUAZ VALDEZ

VOCAL:



M. Sc. NORMAN TOMAS DELGADO CABRERA

ASESOR:



ING. JORGE KARIM CÁCERES SÁNCHEZ

TACNA – PERÚ

2018

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, SULVI ANDREA ARROYO TAPIA, en calidad de: BACHILLER de la Escuela Profesional de INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado (a) con DNI 71223034.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor (a) de la tesis titulada:
Influencia de la temperatura y velocidad de aire sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en el deshidratado de guayaba (*Psidium guajava* L.)

La misma que presento para optar:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

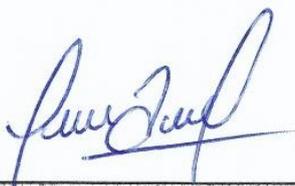
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros

con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, martes 13 de noviembre de 2018



Bachiller SULVI ANDREA ARROYO TAPIA

DNI 71223034

DEDICATORIA

A mi Madre, por su coraje y esfuerzo que has tenido para levantarme ante cualquier adversidad, por todas sus enseñanzas que me has dado, por el apoyo incondicional que siempre, por tener siempre la fortaleza de salir adelante sin importar los obstáculos, por haberme formado como la mujer de bien y por darme ánimos siempre diciéndome lo orgullosa que te siento, muchas gracias, mamá.

A mi familia, por brindarme el calor de su hogar durante toda mi carrera, por ayudarme a crecer y a ser más fuerte para enfrentar a la vida, por las palabras de aliento y sus buenos deseos.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, por brindarme su paciencia y constancia en el apoyo incondicional que me brindaron para alcanzar las metas propuestas durante toda mi carrera.

*Y a todas aquellas personas que supieron brindarme su apoyo profesional y emocional durante el desarrollo de esta investigación, a ellos, gracias ...
totales.*

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Formulación del problema	2
1.2.1 Problema general	2
1.2.2 Problemas específicos	3
1.3 Justificación e importancia	3
1.3.1 Justificación económica	3
1.3.2 Justificación tecnológica	3
1.3.3 Justificación social	4
1.3.4 Justificación ambiental	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Hipótesis	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes del estudio	6
2.2 Bases teóricas	9
2.2.1 La guayaba	9
2.2.2 El secado y la deshidratación de alimentos	12
2.2.3 Mecanismos de deshidratación	12
2.2.4 Proceso de secado	13
2.3 Definición de términos	14
2.3.1 Temperatura de secado	14
2.3.2 Velocidad del aire	14
2.3.3 Escala hedónica	14
2.3.4 La metodología de superficie de respuesta (MSR)	15
2.3.5 La optimización simultánea	16
2.3.6 Método de la función de deseabilidad	16
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	17
3.1 Tipo y diseño de la investigación	17
3.1.1 Tipo de investigación	17
3.1.2 Diseño de investigación	17

3.2	Población y/o muestra de estudio.....	17
3.3	Operacionalización de variables.....	18
3.4	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	19
3.4.1	Procedimiento experimental	19
3.4.2	Técnicas analíticas	22
3.4.3	Instrumentos.....	24
3.5	Procesamiento y análisis de datos	25
CAPÍTULO IV. RESULTADOS		26
4.1	Características fisicoquímicas de la materia prima.....	26
4.2	Evaluación del efecto de la temperatura y velocidad de aire sobre las características fisicoquímicas.....	26
4.2.1	Efecto sobre la humedad.....	27
4.2.2	Efecto sobre la acidez titulable	28
4.2.3	Efecto sobre el pH.....	30
4.3	Evaluación del efecto de la temperatura y velocidad del aire sobre las características sensoriales	31
4.3.1	Efecto sobre el olor.....	32
4.3.2	Efecto sobre el sabor.....	33
4.3.3	Determinación de las mejores condiciones de deshidratación de la guayaba	35
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN.....		39
5.1	Características fisicoquímicas de la materia prima.....	39
5.2	Características fisicoquímicas del deshidratado.....	39
5.3	Características sensoriales del deshidratado en polvo	40
CONCLUSIONES		42
RECOMENDACIONES.....		43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		44
ANEXOS		48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis comparativo de las guayabas con otras frutas (Contenido en 100 g de parte comestible)	11
Tabla 2. Factores (variables) y sus niveles reales del diseño experimental.....	17
Tabla 3. Tratamientos que intervendrán en el proceso de secado	18
Tabla 4. Operacionalización de las variables independientes y dependientes.....	18
Tabla 5. Resultados de la caracterización físico-química de la materia prima	26
Tabla 6. Resultados del análisis fisicoquímico	26
Tabla 7. Resultados del análisis sensorial	31
Tabla 8. Solución numérica para la optimización del proceso de deshidratado de la guayaba de Tacna.....	36
Tabla 9. Análisis de Varianza	50
Tabla 10. Coeficientes codificados	50
Tabla 11. Análisis de Varianza.....	51
Tabla 12. Coeficientes codificados	51
Tabla 13. Análisis de Varianza.....	52
Tabla 14. Coeficientes codificados	52
Tabla 15. Análisis de varianza	54
Tabla 16. Coeficientes codificados	54
Tabla 17. Análisis de varianza	55
Tabla 18. Coeficientes codificados	55
Tabla 19. Pesos del secado de la guayaba.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Guayaba de la pulpa blanca	10
Figura 2. Variación del peso del producto en un proceso de secado.	13
Figura 3. El óptimo simultáneo (global) es una solución de compromiso.	16
Figura 4. Flujo experimental para la investigación de la guayaba deshidratada.....	21
Figura 5. Gráfico de Pareto sobre la humedad	27
Figura 6. Curvas de nivel para la humedad de la guayaba deshidratada	28
Figura 7. Gráfico de Pareto sobre la acidez titulable	29
Figura 8. Curvas de nivel para la acidez de la guayaba deshidratada.....	29
Figura 9. Gráfico de Pareto sobre el pH.....	30
Figura 10. Curvas de nivel para el pH de la guayaba deshidratada	31
Figura 11. Curvas de nivel sobre el olor del polvo de guayaba deshidratada en infusión.....	32
Figura 12. Curvas de nivel para el olor del polvo de guayaba deshidratada en infusión.....	33
Figura 13. Gráfico de Pareto sobre el sabor del polvo de guayaba en infusión	34
Figura 14. Curvas de nivel para el sabor del polvo de guayaba deshidratada en infusión.....	35
Figura 15. Curvas de nivel para la solución óptima en el deshidratado de la guayaba.....	37
Figura 16. Flujo definitivo en operación de deshidratado de la guayaba	38
Figura 17. Curvas de secado según el tiempo de secado y el peso final	56
Figura 18. Guayabas frescas seleccionadas y lavadas.....	57
Figura 19. Laminado de la guayaba.....	57
Figura 20. Distribución en las bandejas	57
Figura 21. Tratamientos o muestras de guayaba en proceso de deshidratado.....	58
Figura 22. Molienda de las rodajas deshidratadas de guayaba.....	58
Figura 23. Muestras de harina de guayaba tamizadas.....	59
Figura 24. Presentación de la guayaba como infusión y cata.....	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	49
Anexo 2. Análisis estadístico para la humedad.....	50
Anexo 3. Análisis estadístico para la acidez titulable	51
Anexo 4. Análisis estadístico para el pH	52
Anexo 5. Ficha de cata hedónica estructurada	53
Anexo 6. Análisis estadístico para la aceptabilidad del olor	54
Anexo 7. Análisis estadístico para la aceptabilidad del sabor	55
Anexo 8. Datos de pérdida de peso según condiciones de secado de la guayaba	56
Anexo 9. Evidencias gráficas	57

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la influencia del proceso de secado por aire caliente sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de la guayaba (*Psidium guajava* L.) deshidratada. Considerando como variables independientes a la temperatura y velocidad de aire de secado, y en base a sus niveles propuestos, se escogió un diseño factorial 3 x 2 la cual se ejecutó en 6 corridas o muestras diseñadas, las que se analizaron aplicando la metodología de superficie de respuesta.

El análisis de las características fisicoquímicas de la guayaba fresca reporto una humedad de 86,08 %; una acidez titulable de 0,61 % como ácido cítrico un pH de 4,08 y solidos soluble en 10,3 °Brix.

La influencia de la temperatura y velocidad de aire de secado sobre las características fisicoquímicas de la guayaba deshidratada no resultaron significativas (p valor $>0,05$) probablemente por la escasa variabilidad de la acidez que fue de 0,28 % a 0,4 % y a un evidente corto rango de variación del pH de 5 a 5,25.

La influencia sobre las características sensoriales de guayaba en infusión no fue significativa (p valor $>0,05$); pero si resulto significativo (p valor $<0,05$) para el sabor que fue influenciada por la velocidad del aire de secado alcanzando un máximo de 6,5 en la escala hedónica de 9 puntos.

Finalmente, las mejores condiciones del proceso de deshidratado en la obtención de la guayaba deshidratada fueron temperatura 55°C; velocidad del aire 1m/s, dicha condición óptima resulta en proceso que ofrece una guayaba deshidratada y molida con humedad 11,5 %; acidez 0,36% a. cítrico; pH 5,13; olor 6,62; sabor 6,6.

Palabras clave: deshidratación, influencia, características sensoriales.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate the influence of the hot air drying process on the physicochemical and sensorial characteristics of the dehydrated guava (*Psidium guajava* L.). Considering as independent variables the temperature and air speed of drying, and based on their proposed levels, a 3 x 2 factorial design was chosen which was executed in 6 runs or designed samples, which were analyzed applying the surface methodology of response.

The analysis of the physico-chemical characteristics of fresh guava reported a humidity of 86,08%; a titratable acidity of 0,61% as citric acid a pH of 4,08 and solids soluble in 10,3 ° Brix.

The influence of the temperature and air speed of drying on the physicochemical characteristics of dehydrated guava was not significant (p value $>0,05$) probably due to the low variability of the acidity that was from 0,28% to 0,4% and an obvious short range of pH variation from 5 to 5,25.

The influence on the sensory characteristics of guava in infusion was not significant (p value $>0,05$); but it was significant (p value = 0,05) for the flavor that was influenced by the speed of the drying air reaching a maximum of 6,5 on the hedonic scale of 9 points.

Finally, the best conditions of the dehydration process in the obtaining of the dehydrated guava were temperature 55°C; air speed 1m / s, said optimum condition results in a process that offers a dehydrated and milled guava with moisture 11,5%; acidity 0,36% a. citric; pH 5.13; odor 6,62; flavor 6,6.

Key words: dehydration, influence, sensory characteristics.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tuvo como finalidad evaluar experimentalmente el proceso de secado de la guayaba a través de la temperatura y velocidad de aire, este proceso viene siendo aplicado en otros casos para varios tipos de frutas, hortalizas y cereales que además de obtener un producto con alto valor nutritivo, estas pueden llegar a tener un valor económico diferenciado al igual que sus propiedades organolépticas, las cuales varían de acuerdo con el fruto.

Este estudio abarca todas las etapas del proceso de obtención del deshidratado (desde el acopio de fruta hasta el envasado), las cuales arrojarán datos que deberán ser comparados.

El capítulo I trata sobre el origen de la guayaba, lo altamente perecedero, su comercialización como fruta fresca presenta cierta dificultad y como la deshidratación, busca una simple preservación.

El capítulo II trata acerca de las generalidades de la guayaba; se dan a conocer sus características físicas químicas y sus nutrientes además de las características del proceso de secado considerando la temperatura y velocidad de aire.

El capítulo III describe la información técnica de los equipos utilizados. Se describen las experiencias. También se explican los métodos que permitirán realizar los tratamientos a los cuales fueron sometidos para la obtención de un deshidratado de guayaba, además los métodos de análisis para el control de calidad del producto tanto durante su procesamiento como al final.

En el capítulo IV se da conocimiento de los resultados obtenidos y la comparación con los autores para la discusión correspondiente.

CAPÍTULO I.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

«El consumo de frutas y vegetales disminuye el riesgo de desarrollar enfermedades crónicas como hipertensión, artritis reumatoide, osteoporosis, asma y cataratas debido a su composición nutricional» (Boeing et al., 2012). «No obstante, las pérdidas de post cosecha ocasionan una disminución en la calidad nutricional de las frutas y vegetales disminuyendo los efectos benéficos mencionados anteriormente» (Lin y Zhao, 2007).

«La guayaba (*Psidium guajava* L) pertenece a la familia de las Myrtaceae y tiene elevados contenidos de vitamina C. *P. guajava* L. es un fruto estacional, que se encuentra principalmente en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Los principales países productores del fruto son: Brasil, India, Sur África, México, Colombia, Cuba, Kenia y Taiwán» (Patil et al., 2014).

«Aunque varios productos se pueden obtener a partir de este fruto, la guayaba es consumida principalmente en fresco y exhibe una elevada velocidad de respiración y una rápida maduración, lo cual conlleva a un rápido deterioro durante el almacenamiento» (Hong et al., 2012).

Por este motivo, la idea de la conservación de la guayaba en forma deshidratada, plantea el investigar las condiciones del proceso de secado, por ello se propuso evaluar la influencia de la temperatura y velocidad del aire de secado sobre las características fisicoquímicas de la guayaba deshidratada y sus características sensoriales.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la influencia de la temperatura y velocidad de aire sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en el deshidratado de guayaba (*Psidium guajava* L.)?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo influyen la temperatura y la velocidad del aire sobre las características fisicoquímicas de la guayaba deshidratada?
- ¿Cómo influyen la temperatura y la velocidad de aire sobre las características sensoriales de la guayaba deshidratada en infusión?
- ¿Cuáles son las condiciones óptimas de secado de la guayaba?

1.3 Justificación e importancia

1.3.1 Justificación económica

La recolección de la guayaba se da cuando la fruta no está todavía madura para facilitar su transporte, este fruto madura perfectamente después de 8 días de haber sido recolectada.

Las frutas deshidratadas y en polvo, permiten disponer de todas las cualidades de la fruta en épocas en las que no hay producción. Permitiendo dicho valor agregado el que los productores de guayaba que desarrollen la actividad de la deshidratación tengan oportunidad de otros ingresos.

Las nuevas tendencias de los consumidores son a preferir alimentos saludables y en esa línea la fruta seca se adapta perfectamente. Aumenta la vida de la fruta, reduce costos de transporte y el valor nutricional de la fruta se multiplica por un efecto de concentración. «Es un mercado que ha crecido a cifras de doble dígito en los últimos años, especialmente en Estados Unidos que es el mayor consumidor de fruta deshidratada. Por lo que esto representa una gran oportunidad para la industria peruana que ya exporta a Estados Unidos y quiere aumentar su cartera de productos» (Deshidratado e industrialización, 2018).

1.3.2 Justificación tecnológica

«La deshidratación de las frutas permite prolongar su periodo de consumo y que sigan conteniendo nutrientes. Existen diferentes métodos de secado y un mayor número de modificaciones de estos. El método escogido depende del tipo de alimento que se va a deshidratar, el nivel de calidad que se puede alcanzar y el costo que se

puede justificar. Existen entre los métodos de secado por convección del aire, secadores de tambor o rodillo y secadores al vacío. Algunos de estos sirven para alimentos líquidos y otros para sólidos. Cada uno de estos métodos tiene un número mayor de variantes que se ajustan a las necesidades de volúmenes y características de productos finales» (QuimiNet, 2009). Por lo tanto, el aportar con los parámetros necesarios para las operaciones de secado incidiendo en la calidad del producto final, es un valioso aporte para los productores de dicha materia prima que desee industrializar la guayaba deshidratándola.

1.3.3 Justificación social

«La industria de la fruta deshidratada puede crecer en Perú, más aún cuando se ha calculado que en 2020 se consumirán unos 4 millones de toneladas de este tipo de productos en todo el planeta. En nuestro país la materia prima no es un problema, pero donde sí se notan ciertas falencias es en el manejo de tecnología para el secado de la fruta, un proceso que muchas veces es subestimado. Para subsanarlo, señalan los expertos, la capacitación resulta fundamental» (Deshidratado e industrialización, 2018). Por tanto, una vez obtenidos los resultados, la presente tesis será un valioso documento donde se consignará las características del proceso de secado que permitirá obtener un producto final como es la guayaba deshidratada en las condiciones óptimas posibles. Lo que a su vez generara un impacto social al crear trabajo en las zonas rurales productoras de frutas generando nuevas fuentes de empleo.

1.3.4 Justificación ambiental

Debido al exceso de fruta, se genera también un gran desperdicio, es decir que en promedio se pierde fruta simplemente porque no se le da otro destino, cual es el consumo directo, por tanto, la fruta que no se comercializa está expuesta a las plagas (moscas, hormigas y pájaros principalmente) pues por la abundancia de fruta a veces no se logra recolectar toda. Es por estos factores también que surgió la idea de generar conocimiento tecnológico que aporte beneficios al medio ambiente al reducir el desperdicio proponiendo un nuevo destino de la fruta sin comercializar como fresco, procesándola como fruta deshidratada.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la influencia de la temperatura y velocidad de aire sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en el deshidratado de guayaba (*Psidium guajava* L.).

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la influencia de temperatura y velocidad del aire sobre las características fisicoquímicas de la guayaba deshidratada.
- Determinar la influencia de temperatura y velocidad del aire sobre las características sensoriales de la guayaba deshidratada en infusión.
- Determinar las mejores condiciones del proceso de deshidratado de la guayaba.

1.5 Hipótesis

La temperatura y velocidad de aire de secado influirán sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en el deshidratado de guayaba (*Psidium guajava* L.).

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

Pedraza y Torres (2015) realizaron una investigación titulada “Temperatura y velocidad del aire en harina de guayaba (*Psidium guajava* L.) con máxima vitamina C”. «El objetivo fue determinar la influencia de temperatura y velocidad de aire en obtención de harina de guayaba (*Psidium guajava* L.) con máximo contenido de vitamina C. Se recolectaron de Rodríguez de Mendoza frutos de dos variedades (blanca y rosada) 14,57 (índice de madurez). Se secó mesocarpio en secador de bandejas a tres temperaturas ($t_1=40$, $t_2=50$ y $t_3=60$ °C) y velocidades de aire ($V_1=3,0$; $V_2=3,5$ y $V_3=4,0$ m/s), transcurrido tres horas, se molió. La determinación vitamina C se realizó por iodometría. Se empleó un DCA del tipo 3Ax3B con tres réplicas, para determinar contenido de vitamina se efectuó análisis de varianza y prueba Tukey (95% de confianza). El mayor contenido de vitamina C (168,33 mg/100 g) se obtuvo empleando temperatura de 50 °C y 3,5 m/s de velocidad, mostrando color característico. De esta harina se realizó el análisis fisicoquímico después de 30 días, con resultados de 11,11 % de humedad, acidez titulable en porcentaje de ácido cítrico 0,201 %; pH 4,09; sólidos solubles de 4 °Brix y 3,19 % de cenizas».

García (2005) estudio la “Determinación de los parámetros técnicos y evaluación sensorial en la deshidratación de mango (*Mangifera indica*) variedad Haden y champiñón (*Agaricus bisporus*) en la Escuela Agrícola Panamericana”. «Usó un diseño factorial $3 \times 3 \times 2$ para mango, evaluando tres temperaturas (57,2°C, 62,7°C y 68,3°C), tres tipos de corte (6, 8 y 10 mm) y dos pre-tratamientos (ósmosis y no-ósmosis). En el mango deshidratado se encontraron diferencias significativas en los atributos sensoriales color, aroma, sabor, textura, apariencia y aceptación general. El mango deshidratado a 62,7°C con un grosor de 6 mm fue el de mayor aceptación y estabilidad a las 6 semanas de estudio. En el champiñón se encontraron diferencias significativas en los atributos color, sabor, textura, apariencia y aceptación general».

Mahecha (2011) determinó experimentalmente los parámetros necesarios para la simulación matemática del proceso de deshidratación de la Uchuva (*Physalis peruviana* L). «Para ello se evaluó el proceso de deshidratación con aire caliente para dos pre-tratamientos: escaldado, osmodeshidratado y testigo sin ningún tratamiento

especial. Como parámetros para la simulación matemática del proceso de deshidratación de la uchuva se determinaron las ecuaciones para el Contenido de Humedad en Equilibrio (CHEq), velocidad de secado, calor latente de vaporización y calor específico del producto. Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la uchuva deshidratada antes y después del proceso. Con los resultados obtenidos se realizó la simulación matemática del proceso de deshidratación utilizando el modelo matemático de secado en capa delgada de Roa, modificado para las condiciones del sistema de deshidratación de la uchuva. Se encontró que las mejores condiciones de operación del sistema de deshidratación corresponden a una temperatura del aire de 60°C y una velocidad de aire de 3 m/s para una carga de producto de 13,3 kg/m². Para la obtención de los parámetros de secado se utilizó una cámara experimental de secado diseñada y construida por el Grupo de Investigación en Diseño de Máquinas GIDMAQ de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá y la metodología establecida por el Grupo de Investigación en Postcosecha de productos Agrícolas para la ecuación de velocidad de secado, para la ecuación de contenido de humedad en equilibrio una cámara de secado y para la ecuación de calor específico un calorímetro isoperibólico».

Carranza y Sánchez (2002) investigaron la “Cinética de secado de *Musa paradisiaca* L. (plátano) y *Manihot esculenta* Grantz (Yuca)” «Se utilizó un horno secador de bandejas por convección forzada. Con el plátano de la variedad “dominico” en estado verde, se hicieron pruebas, con temperaturas de 40°C, 50°C, 60°C, velocidades de aire en 5,08 m/s, 7,62 m/s, 9,65 m/s y espesor del producto a secar: 0,2 cm de espesor con 2,0 cm de ancho. La yuca con temperatura de 50°C y velocidad de aire de 7,62 m/s y 0,2 cm de espesor, 2,0 cm de ancho y 3,0 cm de largo presentaron las siguientes características: secado a velocidad constante con un tiempo corto de duración de 0,325 h para el plátano y 0,330 h para la yuca; secado a velocidad decreciente, por un tiempo de 2,67 h para el plátano y la yuca. Ambos productos fueron molidos y transformados en harinas y almacenados en bolsas de polietileno de mediana densidad a temperatura ambiente durante cuatro meses, tras el cual se les realizó un análisis fisicoquímico, que permitió observar las óptimas condiciones de conservación».

Carballo (1993) determinó las condiciones óptimas para el proceso de secado de la manzana variedad Anna. «Se escaldó la manzana en soluciones de ácido ascórbico y cítrico a diferentes concentraciones y en vapor de agua a 100 °C, variando en todos ellos el tiempo desde 1 a 3,5 min. Se evaluaron los tratamientos

en base a la inactivación de la enzima polifenoloxidasas; seleccionando para el estudio el escaldado con vapor a 100 °C durante 3,5 min para emplearlo en las corridas experimentales del diseño; las cuales se llevaron a cabo en un secador de gabinete con aire forzado (secador por convección). La optimización se llevó a cabo a través de la metodología de superficie de respuesta partiendo de un diseño experimental 4x2x2 con niveles de temperatura (61, 66, 71 y 78 °C), velocidad de aire (2,1 y 3,1 m/s) y espesor (1,0 y 1,8 cm). El modelo matemático obtenido permitió concluir que las condiciones óptimas del proceso de secado son 66 °C a una velocidad de aire de 3,1 m/s y espesor de la rodaja de 1,0 cm».

Cerquena et al (2013) caracterizó la pulpa de maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) y determinar las variables de secado adecuadas para la obtención de pulpas deshidratadas en lámina. «Se dimensionó y construyó un equipo para pruebas de secado estático y se caracterizó la pulpa de maracuyá (contenido de humedad, sólidos solubles, pH y acidez). Se obtuvieron las curvas de secado con aire forzado para diferentes condiciones de temperatura (50, 55, 60 y 65°C) y velocidad del aire (178,3; 206,1 y 231,4 m/min) encontrándose que una temperatura del aire de secado de 65°C y una velocidad del aire de 231,4 m/min son las condiciones más adecuadas para la deshidratación de las pulpas de maracuyá utilizadas en la fase experimental. Los productos deshidratados fueron evaluados por el panel de jueces, con buena aceptación por parte de los panelistas; esta evaluación sirvió como base para la determinación de las condiciones más adecuadas para la deshidratación desde el punto de vista sensorial. El comportamiento de los productos obtenidos con relación a sus parámetros de conservación fue satisfactorio; los recuentos microbiológicos estuvieron dentro de los rangos aceptables para productos deshidratados, lo que fue favorecido por la reducida actividad de agua alcanzada en el producto deshidratado».

Muñiz et al., (2013) evaluaron el método de secado convectivo de papaya (*Carica papaya* L.) variedad Maradol roja, combinado con la aplicación de pretratamientos de osmosis (DOSC) y escaldado simple (ESSC), mediante el efecto de los factores tecnológicos del secador: temperatura (40 y 60°C) y velocidad del flujo de aire (2,5 y 1,5 m/s) sobre el comportamiento de las propiedades de calidad de la fruta deshidratada y la cinética del proceso. «El pretratamiento de escaldado simple se realizó en agua destilada caliente a 70°C durante 15 minutos y la deshidratación osmótica u osmosis a 60°C por 4 horas a frutas cortadas en cubos de 1,5± 0,2 cm de largo por 1,0±0,01 cm de espesor, utilizando una solución de sacarosa comercial a 50°Brix. Como diseño experimental se empleó un Diseño Factorial Completo 2² y

para el procesamiento estadístico de los datos el software STATGRAPHICS Plus 5.1. Como principales resultados se obtuvo que en ambos procesos el aumento de la temperatura a 60°C y la reducción de la velocidad del flujo de aire a 1,5 m/s disminuyó el tiempo de secado con valores de $R^2 > 0,95$ y $\alpha < 0,01$. Mediante el secado a 40°C con 1,5 m/s se preserva el color y se minimiza la pérdida de peso en la fruta deshidratada con R^2 superior al 90% ($\alpha < 0,01$)».

Jiménez et al., (2012) desarrollaron sólidos obtenidos por deshidratación de frutos enteros de guayaba se utilizaron para la producción de tabletas enriquecidas en vitamina C y para la obtención de una tisana (infusión) natural de guayaba. «Los resultados de la evaluación sensorial de las tabletas mostraron que, aunque su sabor y aroma fueron calificados como agradables y similares a los de la fruta; la textura, por la sensación terrosa que presenta, fue catalogada como desagradable. Teniendo en cuenta estos resultados, se sugiere la tisana como el producto más promisorio pues al empacar el sólido en una bolsa se elimina el inconveniente de la percepción de la textura terrosa. Al hacer ensayos de liberación del aroma retenido en el sólido se encontró que, al preparar la infusión por inmersión de la bolsa en agua en ebullición, durante 15 minutos, se produce un aroma característico a guayaba que persiste después de suspender el calentamiento. El calentamiento permite una mayor liberación de los compuestos volátiles que son los que le confieren aroma al producto. También se encontró que, al adicionar azúcar, el aroma de guayaba se intensifica. Esta clase de presentación tiene la ventaja adicional de actuar como una barrera para evitar la acción de agentes externos que puedan degradar o reducir las propiedades sensoriales y nutricionales del producto».

2.2 Bases teóricas

2.2.1 La guayaba

2.2.1.1 Definición de la guayaba

La guayaba (*Psidium guajava* L.) es originaria de América tropical, posiblemente entre México y Perú. «Es una planta arbórea, de 2 a 8 m, pero puede llegar a crecer hasta 12 m dependiendo de las condiciones climáticas. En otros países se le conoce como guayabo, guará, arrayana, luma y guava (inglés). Se desarrolla en climas con una temperatura entre 18 y 28 °C. Pertenece a la familia de las Mirtáceas que incluye más de 200 especies» (Morales, 2009).



Figura 1. Guayaba de la pulpa blanca

Fuente: <https://mejorconsalud.com/conoce-los-milagrosos-beneficios-de-la-guayaba/>

2.2.1.2 Generalidades de la guayaba

«El guayabo se ha extendido ampliamente en todas las áreas tropicales y subtropicales del mundo porque prospera en variedad de suelos, se propaga fácilmente, y dan frutos relativamente rápido. El tiempo que transcurre desde la emergencia de la flor hasta la maduración del fruto es de 5 a 6 meses, lo cual depende del clima y del material genético» (Ruehle, 2000).

Escobar (2005) indica que de acuerdo a INIPA que «la guayaba ha tomado gran importancia comercial por su agradable aroma a lo que se suma el gran contenido de vitamina "C", calorías, escasas proteínas y su reconocida propiedad de efecto laxante, así se convierte en la fruta de mayor opción para la alimentación. Las plantas de guayaba crecen rápido y viven aproximadamente entre 30 y 40 años, pero su producción declina a partir del año número quince. El desarrollo de la fruta se da en un período de dos y cuatro años a partir de la semilla».

2.2.1.3 Importancia de la guayaba

La guayaba es muy apetecida por su sabor y aroma especial. «Se consume como zumo, refresco, en postre como jalea, en pasta para la elaboración de diversas clases de bocadillo que, mezclado con un alto contenido de azúcar, es el producto principal de exportación con una importancia económica en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y los Santanderes en Colombia. Industrialmente la guayaba es una fruta altamente procesada, cuyo principal producto, el bocadillo, se ha logrado colocar en los mercados internacionales» (Köni, Ruff., 1998).

2.2.1.4 Composición química

«La guayaba, inicialmente verde y dura, pasa a un estado de maduración en el transcurso de 15 días después de alcanzar su máximo diámetro. La cáscara, se torna de amarilla a rojiza dependiendo de la variedad. A medida que avanza la maduración se vuelve más aromática, menos dura y el contenido de azúcares aumenta considerablemente» (Calderón, 1995).

«El agua es el componente mayoritario de las frutas frescas, posee un bajo contenido calórico, pero indiscutiblemente la propiedad más importante es el contenido de vitamina C, de seis a siete veces mayor que el encontrado en cítricos como la naranja» (Calderón, 1995).

Sin embargo, algunas de sus propiedades varían ligeramente de una variedad a otra que, en general, se clasifican por su color; como guayaba blanca (*Glum Salí*) y guayaba roja (Palmira ICA-1). La siguiente tabla presenta el potencial nutritivo de la guayaba, con relación a otras frutas.

Tabla 1. Análisis comparativo de las guayabas con otras frutas (Contenido en 100 g de parte comestible).

Análisis	Guayaba Blanca	Guayaba Roja	Guayaba Verde	Naranja	Mandarina	Limón
Humedad (%)	80	84	84,3	88,5	90,1	89,3
Calorías (g)	71	56	55	40	35	30
Proteína (g)	0,8	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5
Extracto Etéreo (g)	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2
Carbohidratos Totales(g)	18,4	14,7	14,7	20,1	8,6	9,7
Fibra /g)	6,1	5,6	4,4	0,4	0,5	0
Ceniza (g)	0,5	0,6	0,4	0,6	0,4	0,3
Calcio (mg)	32	17	30	23	19	18
Fósforo (mg)	15	23	11	51	17	14
Hierro (mg)	0,1	0,3	0	0,2	0,3	0,5
Caroteno (mg)	0,02	0	0,02	0,05	0,03	0
Tiamina (mg)	0,05	0,04	0,04	0,09	0,06	0,03
Riboflavina (mg)	0,06	0,05	0,06	0,04	0,05	0,03
Niacina (mg)	0,44	1,04	0,66	0,36	0,3	0,11
Ácido Ascórbico(mg)	124	187	147	92,3	49	44,2

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición. Tabla de composición de alimentos ecuatorianos. (1999)

«Es un recurso muy utilizado, gracias a su alto contenido de ácido ascórbico el cual puede llegar hasta 300 mg /100 g de pulpa. Es rica en fósforo, calcio, vitaminas y tiene una buena fuente de pectinas sobre todo cuando está madura» (Calderón, 1995).

2.2.2 El secado y la deshidratación de alimentos

«El secado o deshidratación consiste en la extracción del agua contenida en los alimentos, por medios físicos, hasta que el nivel de agua sea adecuado para su conservación por largos períodos. En los alimentos deshidratados, debido a la mínima actividad de agua, los microorganismos no pueden proliferar y quedan detenidas la mayoría de las reacciones químicas y enzimáticas. Es así como los procesos de secado se convierten en una alternativa eficiente para la conservación de alimentos y el incremento de su vida útil» (Barbosa y Vega, 2000)

«En el secado, la fruta pierde su contenido de humedad, dando como resultado el aumento en la concentración de nutrientes; las vitaminas, proteínas, carbohidratos, están presentes en mayor cantidad en los alimentos secados que en los frescos. El secado natural causa grandes pérdidas en el contenido nutritivo, no sucediendo así en la deshidratación artificial controlada» (Greiffenstein, 1998).

«Secadores en bandejas o charolas: funciona mediante un ventilador que recircula aire calentado con vapor paralelamente sobre la superficie de las charolas, también puede usar calor eléctrico» (Geankoplis, 1998).

2.2.3 Mecanismos de deshidratación

El secado se define como la eliminación de la humedad de un producto, y en la mayoría de las situaciones prácticas la etapa principal durante el secado es la transferencia interna de materia. «En los procesos de secado, los mecanismos de transferencia de agua en el producto que se está secando se pueden resumir en los siguientes: movimiento de agua bajo fuerzas capilares, difusión del líquido por gradientes de concentración, difusión superficial, difusión del vapor de agua en los poros llenos de aire, flujo debido a gradientes de presión, y flujo debido a la vaporización-condensación del vapor de agua. Las fuerzas capilares son responsables de la retención del agua en los poros de los sólidos de construcción rígida, mientras que, en sólidos formados por agregados de polvos finos, es la presión osmótica la responsable de esta retención, así como en la superficie del sólido» (Ibarz y Barbosa, 2005).

«El tipo de material que se desea secar es un factor muy importante en todos los procesos de secado, ya que sus propiedades físicas y químicas juegan un papel importante durante el secado, debido a los posibles cambios que puedan ocurrir y al efecto de estos cambios en la eliminación del agua del producto. Un material higroscópico es aquél que contiene agua ligada que ejerce una presión de vapor menor que el agua líquida a la misma temperatura». «Productos en los que la base principal son carbohidratos, es de suponer que se comporten de forma higroscópica, pues los grupos hidroxilos alrededor de las moléculas de azúcar permiten que se creen puentes de hidrógeno con el agua. La interacción entre las moléculas de agua y los grupos hidroxilo conllevan la solvatación o solubilización de los azúcares. En proteínas solubles en agua, tal como la mayoría de las proteínas globulares, los aminoácidos polares están distribuidos uniformemente en la superficie, mientras que los grupos hidrófobos tienden a localizarse en el interior de la molécula. Esta disposición ocasiona la formación de puentes de hidrógeno con el agua, lo que explica la solubilidad de este tipo de proteínas» (Ibarz y Barbosa G., 2005).

2.2.4 Proceso de secado

En los procesos de secado, los datos suelen expresarse como la variación que experimenta el peso del producto que se está secando con el tiempo (Figura 2). Ibarz y Barbosa (2005) indican que «Aunque a veces los datos de secado pueden expresarse en términos de velocidad de secado. El contenido en humedad del producto se define como la relación entre la cantidad de agua en el alimento y la cantidad de sólidos secos», y se expresa como:

$$Y_t = \frac{w_T - w'_s}{w'_s}$$

En la que w_T es el peso total de material en un tiempo determinado, siendo w'_s el peso de los sólidos secos, e Y_t la humedad expresada como peso de agua/peso de sólido seco.

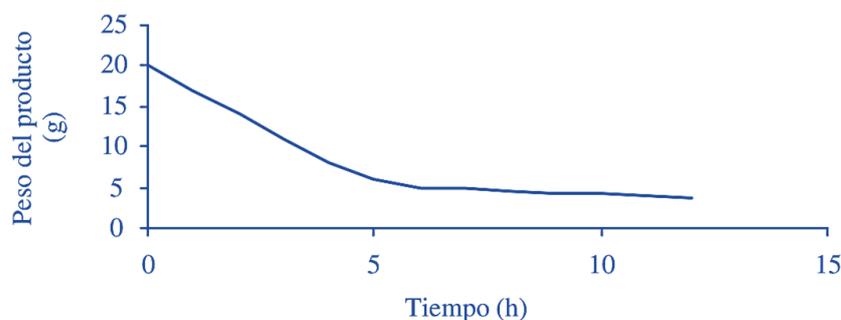


Figura 2. Variación del peso del producto en un proceso de secado.

Fuente: Ibarz y Barbosa G., (2005).

2.3 Definición de términos

2.3.1 Temperatura de secado

Mientras mayor sea el diferencial de temperatura entre el medio calórico y el producto, mayor será la intensidad de transferencia del calor al producto, permitiendo una mayor energía para extraer la humedad. «Cuando el medio calórico es el aire, la temperatura juega un rol secundario importante. Mientras el agua se extrae del producto como vapor, éste debe ser transportado afuera. De lo contrario, la masa de aire se saturará de humedad, retardando la extracción de mayor caudal de agua. Mientras más caliente sea el aire, mayor será la humedad que podrá portar antes de saturarse. De ahí que una mayor temperatura del aire alrededor del producto pueda extraer más humedad que un aire más frío. El factor de arrastre es la capacidad del aire para retirar humedad y fluctúa entre un 30% y 50% de la cantidad teórica. También un mayor volumen de aire será capaz de extraer mayor vapor que uno menor» (Irezabal, 2010).

2.3.2 Velocidad del aire

«No sólo el aire caliente es capaz de extraer más humedad que el aire frío, sino que el aire en movimiento será más efectivo. Una mayor velocidad del aire extraerá con una mayor intensidad la humedad que se desplaza hacia la superficie del producto desde su núcleo e impide que la masa de aire llegue a saturarse» (Irezabal, 2010).

2.3.3 Escala hedónica

Según la NORMA TÉCNICA PERUANA NTP-ISO 5492 2008 referido al Análisis sensorial; es la escala para expresar la intensidad del agrado o desagrado.

Asimismo, Watts et al., (1992) afirman que «las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuánto agrada o desagradan un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferente número de categorías y que comúnmente van desde "me gusta muchísimo", pasando por "no me gusta ni me disgusta", hasta "me disgusta muchísimo". Los panelistas indican el grado en que les agrada cada muestra, escogiendo la categoría apropiada».

2.3.4 La metodología de superficie de respuesta (MSR)

«La MSR es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas utilizadas para modelar y analizar problemas en las que una variable de interés es influenciada por otras. El objetivo de utilizar esta herramienta estadística es diseñar un experimento que proporcione valores razonables de la variable de respuesta y determinar un modelo matemático que mejor se ajusta a los valores obtenidos» (Aguilar et al., 2017).

La forma de la función f que determina la relación entre los factores y la variable de respuesta es en general, desconocida, «por lo que el primer objetivo de la metodología de superficie de respuesta consiste en establecer experimentalmente una aproximación apropiada de la función f . Para ello, se propone un modelo de ecuación, generalmente polinómico, en los k factores X_1, X_2, \dots, X_k y se selecciona un conjunto de tratamientos sobre los que se realizan las observaciones experimentales, que se utilizarán tanto para obtener estimaciones de los coeficientes en el modelo propuesto como para obtener una estimación de la variación del error experimental (es necesario tener al menos 2 observaciones por cada tratamiento). Los polinomios usados más frecuentemente como funciones de aproximación son los órdenes uno y dos» (Aguilar et al., 2017).

Modelos de primer orden: Cuando no se tiene suficiente información acerca de la forma que presenta la superficie de respuesta, el primer intento de ajuste se hace, generalmente, aproximando a través de un modelo de primer orden. La forma general de un modelo de primer orden con k factores, X_1, X_2, \dots, X_k , es como se muestra a continuación.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \varepsilon$$

- Y = Variable respuesta
- β_0, β_i = Coeficientes (Parámetros desconocidos)
- X_i = Variable independiente
- ε = Error aleatorio

2.3.5 La optimización simultánea

Es típico considerar diversas características (variables) para lograr productos con mejor calidad y propiedades. Un alimento tiene varias propiedades como: textura, pH, color, sabor, apariencia, etc., y todas son importantes para que el alimento sea bien aceptado por los consumidores. «Si la optimización sólo se hace para una característica del producto podrían resultar condiciones inadecuadas para las otras características. Por ello es imprescindible contar con técnicas que optimicen simultáneamente todas las respuestas de interés. El problema de la optimización simultánea radica en que, por lo general, los óptimos individuales no son las mismas combinaciones de los factores de control (X_1, X_2, \dots, X_k)». «Esto hace necesario buscar una solución donde todas las variables tengan un nivel satisfactorio. A esa solución se denomina óptimo simultáneo. En la Figura 9 se muestran las superficies de dos respuestas en una misma región experimental. Si en ambas respuestas interesara el mínimo, es claro que los óptimos individuales se encuentran en extremos opuestos de la región experimental» (Gutiérrez y De la Vara 2008).

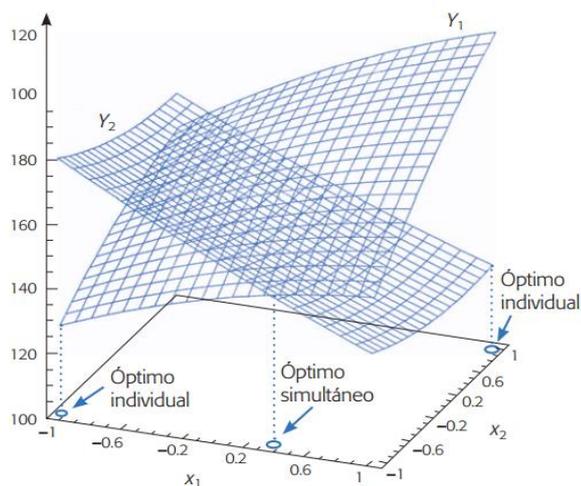


Figura 3. El óptimo simultáneo (global) es una solución de compromiso.
Fuente: Gutiérrez y De la Vara (2008)

2.3.6 Método de la función de deseabilidad

Este método fue propuesto por Harrington (1965) y después mejorado por Derringer y Suich (1980) y Derringer (1994). Es una función en el espacio de factores que estima la deseabilidad global (DG) del producto; de esta forma, convierte el problema de optimización multivariado en un problema de optimización univariado. Basta maximizar DG para obtener el punto óptimo buscado. «Para la optimización simultánea se puede aplicar en varios softwares, como Statgraphics, Minitab y Design Expert, esta última cuenta con un graficador más avanzado. En cualquier software, el primer paso es ajustar un modelo jerárquico para cada variable y verificar su calidad» (Gutiérrez y De la Vara, 2008).

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y diseño de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación es del tipo experimental y analítico porque según Supo (2013) «son aquellas investigaciones donde se estudia la relación causa-efecto entre las variables independientes y dependientes». Que para la presente investigación corresponde al efecto del proceso de secado sobre las respuestas evaluadas.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño es experimental “verdadero” o “puro” pues según Supo (2013) son aquellas investigaciones donde el investigador manipulan directamente las variables independientes y asimismo, Hernández et al (2010) afirma que un diseño experimental "puro" es aquel donde hay manipulación de la variable independiente (niveles).

3.2 Población y/o muestra de estudio

Gutiérrez y De la Vara (2008) consideran que «las poblaciones pueden ser k métodos de producción, k tratamientos, k grupos, etc, y su número es determinado por el investigador, dependiendo del problema particular de que se trata». Y considerando los niveles de las variables propuestas en estudio (Tabla 2), se escogió un diseño de 2 factores 3 x 2 la cual se ejecutó en 6 corridas o muestras diseñadas (Tabla 3).

Tabla 2. Factores (variables) y sus niveles reales del diseño experimental

Factores	Niveles			Unidades
	Bajo	Medio	Alto	
X1: Temperatura	55	65	75	°C
X2: Velocidad del aire	0,8	---	1	m/s

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Tratamientos que intervendrán en el proceso de secado

Tratamientos	X1: Temperatura	X2: Velocidad del aire
	(°C)	(m/s)
T1	65	0,8
T2	65	1,0
T3	55	0,8
T4	75	0,8
T5	55	1,0
T6	75	1,0

Fuente: Elaboración propia

3.3 Operacionalización de variables

La Tabla 4 la operacionalización de las variables en estudio, así como los instrumentos utilizados para la medición de los mismos.

Tabla 4. Operacionalización de las variables independientes y dependientes

Variable	Dimensión	Indicador	Instrumento de medición
Variable independiente			
Deshidratación	Temperatura	X1: Temperatura de deshidratado (°C)	Termostato
	Velocidad	X2: Velocidad del aire (m/s)	Anemómetro
Variables dependientes			
Guayaba deshidratada	Características fisicoquímicas	Y1: Humedad (%)	Estufa y balanza
		Y2: Acidez (%)	Equipo gravimétrico
		Y3: pH	Potenciómetro
	Características sensoriales:	Y4: Olor	Escala hedónica 9 puntos
		Y5: Sabor	

Fuente: Elaboración propia (2018)

3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

El área en el cual se va a desarrollar el proceso de deshidratación se realizó en el laboratorio de análisis de la Universidad Privada de Tacna.

3.4.1 Procedimiento experimental

La figura 2 presenta las principales etapas de la investigación de tipo experimental que a continuación se describen:

- a. Recepción de la materia prima: En el momento de la recolección hay que tener en cuenta las prácticas higiénicas de cosecha (canastillas limpias, manipuladores con manos limpias, no se tomaron guayabas del suelo), solo las que cumplían en el momento de cosecha y lo que normalmente se hace en un proceso de recolección de guayaba.
- b. Selección y clasificación: Se seleccionaron sin defectos en la cáscara.
- c. Análisis de la materia prima: se realizaron los análisis fisicoquímicos de la materia prima a fin de conocer sus condiciones iniciales antes del deshidratado.
- d. Lavado: El lavado se usa no sólo para retirar las impurezas del campo, como la tierra, el polvo y la suciedad que están adheridas al producto, además de las materias extrañas que puedan estar presentes. El lavado sirve también para sacar los microorganismos, además de fungicidas, insecticidas y otros pesticidas, perjudiciales en el producto.
- e. Laminado de la materia prima: La guayaba fue cortada en rodajas iguales para poder obtener de unas mismas dimensiones 0,5 cm de espesor.
- f. Pre-Tratamiento: Se realizó un sulfitado sumergiendo en solución de metabisulfito por 3 minutos para reducir el pardeamiento no enzimático e inhibir el crecimiento de microorganismos.
- g. Distribución en bandejas: Una vez que el producto ha sido trozado, se vierte en bandejas. Los trozos fueron del mismo grosor, se colocaron en una sola capa sin traslaparse ni los bordes toparse para evitar que se peguen.

- h. Deshidratación: Se llevó las bandejas para la deshidratación en el secador la velocidad propuesta según el diseño experimental 0,8 y 1 m/s. En esta etapa se controlaron las variables, hasta peso constante, donde se da por finalizado el proceso de deshidratación.
- i. Análisis: las muestras ya elaboradas y codificadas fueron analizadas a nivel de sus características fisicoquímicas sensoriales.

Acondicionamiento para el análisis sensorial.

- a) Molienda: Una vez secado las rodajas, se procede a pasar este producto seco al molino para pulverizarlo. En esta etapa también se debe evitar la contaminación del producto.
- b) Tamizado: Se procedió a pasar lo molido por el tamiz de la malla 180 micras de diámetro para obtener una harina uniforme.
- c) Envasado: El producto molido se envasó en bolsas filtrantes con un peso de 3 g cada bolsa filtrante.
- d) Almacenamiento: Se almacenaron en un lugar fresco y seco para su posterior análisis sensorial.

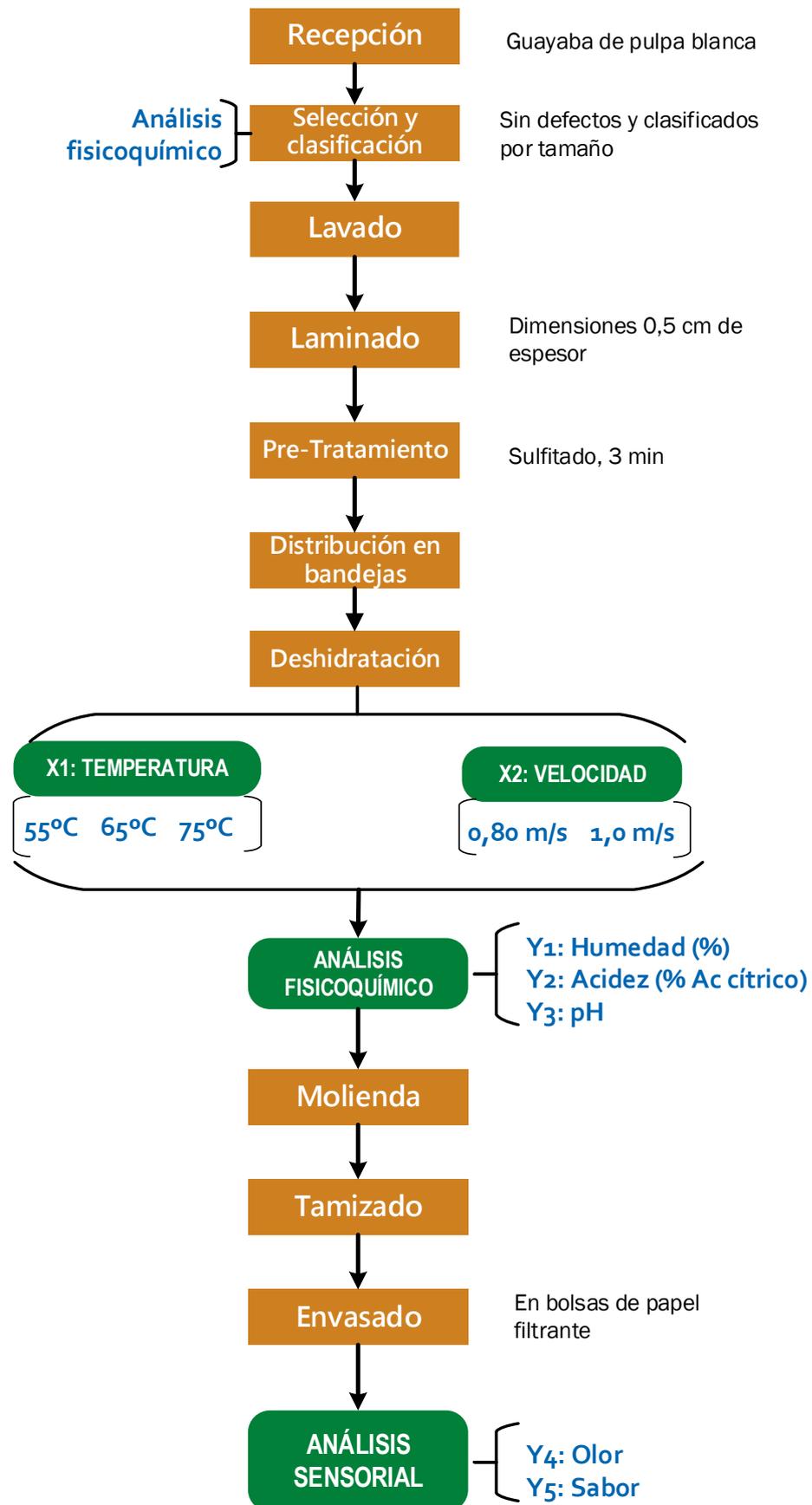


Figura 4. Flujo experimental para la investigación de la guayaba deshidratada

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Técnicas analíticas

3.4.2.1 En la materia prima (*Guayaba fresca*)

a) Determinación de humedad

La humedad por el método AOAC 20,013, (A.O.A.C 1980) para frutas ricas en azúcar.

- Pesar 9 g de muestra en 3 recipientes previamente tarados e identificados.
- Llevar a la estufa a 105°C y luego de aproximadamente 5 horas, transferir para el desecador.
- Enfriar en el desecador y pesar.
- Determinar la humedad con la siguiente formula

$$\% H = \frac{a - b}{p} \times 100$$

Donde:

a = peso de las placas con la muestra fresca (g)

b = peso del recipiente con la muestra seca (g)

p = peso de la muestra fresca

b) Determinación de °Brix

El sólido soluble con un refractómetro de escala de 0 a 85°brix siguiendo el método AOAC 932,12 (A.O.A.C 1980).

c) Determinación de acidez titulable

AOAC Official Method 942.15. Acidity (Titrable) of Fruit Producís. Official method of Analysis of AOAC International, ed. 18, 2005.

- Para jarabes y zumos de fruta, concentrados o bien listos para el consumo humano, pesar 20 g de la muestra en un vaso de precipitado de 250 ml. Llevar a un volumen aproximado de 100 mL con agua desionizada. Mezclar bien antes de comenzar la titulación.
- Llenar una bureta con al menos 25 ml de la solución estandarizada de NaOH. Montar su bureta en un pedestal con su abrazadera y nuez correspondientes.
- Manteniendo su muestra en agitación, titular rápidamente hasta llegar a un pH cercano a 6. Entonces adicionar la solución más lentamente hasta llegar a pH 7.

$$\% \text{ acidez } \left(\frac{\text{g ácido cítrico}}{100 \text{ mL}} \right) = \frac{V_{[M_x]} \times C_{[M_x]} \times f_{[\text{ácido cítrico}]} \times 100}{C_{[\text{NaOH } 0,1\text{N}]} \times \text{muestra (g)}}$$

- Donde:
- $V_{[M_x]}$ = Volumen de gasto de la solución de NaOH estandarizada.
- $C_{[M_x]}$ = Concentración de la solución de NaOH estandarizada.
- $C_{[\text{NaOH } 0,1\text{N}]}$ = Concentración ideal de la solución de NaOH (0,1N).
- $f_{(\text{ácido cítrico})}$ = factor de conversión de equivalencia de 1 mL de NaOH 0,1N a Ácido cítrico anhidro (0,006404)
- Se informa como % de ácido cítrico con al menos un decimal.

d) Determinación de pH: Guía de prácticas de laboratorio.

- Pesar 1g de, transferir a un vaso, adicionar 50 mL de agua destilada y homogeneizar durante 1 min.
- Filtrar.
- Tomar el líquido problema en un vaso de precipitado.
- Introducir el electrodo.
- Esperar unos 30 s.
- Tomar la lectura.

3.4.2.2 En los tratamientos

a) Determinación de humedad:

NTP INDECOPI (ITINTEC) 205.037- Harinas. Junio 1975.

- Pesar cerca de 9 g de muestra en 3 recipientes previamente tarados e identificados.
- Llevar a la estufa a 105 °C y luego de aproximadamente 5 horas, transferir para el desecador.
- Enfriar en el desecador y pesar.
- Determinar la humedad con la siguiente formula

$$\%H_2O = \frac{a - b}{p} \times 100$$

Donde:

a = peso de las placas con la muestra fresca (g)

b = peso del recipiente con la muestra seca (g)

p = peso de la muestra fresca

b) Determinación de acidez titulable:

- Determinación de acidez titulable: NTP INDECOPI (ITINTEC) 205.039-Harinas, junio 1975.
- Pesar 1g de muestra, transferir en un vaso de licuadora con agua destilada y homogeneizar durante 1 min.
- Filtrar para eliminar el exceso de tejido conectivo, recibir el filtrado en un matraz aforado de 250mL y aforar con agua destilada.
- Realizar esta determinación por triplicado.
- Reportar en porcentaje de ácido sulfúrico aplicando la siguiente:

$$\text{Acidez titulable} = \frac{(\text{Gasto})(N)(\text{Factor})(\text{volumen dilución}) \times 100}{(\text{Peso de la muestra}) \times (\text{alícuota})}$$

Determinación de pH: lectura del filtrado de muestra siguiendo el método de determinación de acidez titulable en harinas NTP INDECOPI (ITINTEC) 205.039-Harinas, junio 1975.

- c) Rendimiento: porcentaje de harina con respecto a la materia prima (guayaba fresca).

3.4.3 Instrumentos

3.4.3.1 Materiales

- Agua destilada.
- Cronómetro.
- Fiolas de 50, 100, 250 y 500 mL. Marca: SCHOTT Modelo: DURAN
Precisión: $\pm 0,1$ mL 20 °C
- Matraz Erlenmeyer de 100 y 250 mL.
Marca: SCHOTT Modelo: DURAN
- Mortero.
- Pipetas graduadas de 1, 2, 5, 10 y 20 mL.
Marca: KYNTEL Ex 20 °C
- Placas Petri
- Probetas de 100 y 250 mL. Marca: LBY In 20 °C Precisión: ± 1 mL
- Vasos de precipitado graduados de 20, 50, 100 y 250 mL. Marca: Borosil
- Cortador.

- Malla (colador).
- Bolsa de papel filtrante.

3.4.3.2 Equipos

- Balanza digital Modelo: KD TAC15 Máxima capacidad: 15 kg
- Balanza analítica Marca ADAM Modelo: PW254 Máxima capacidad: 250 g.
- Desecador de bandejas.
- Estufa Marca: MMM Medcenter Einrichtungen GmbH Modelo: LSIS-B2V / EC55 Máxima temperatura: 250 °C
- pH metro Marca: WTW Wissenschaftlich – Technische Werkstätten) Modelo: pH 3210.
- Secador de bandejas piloto Marca: Cove Modelo: SBP.
- Refractómetro ABBE de 0 a 30°.

3.4.3.3 Reactivos

- Fenolftaleína.
- Metabisulfito de sodio al 1%.
- Solución de NaOH 0,1 N.

3.5 Procesamiento y análisis de datos

- Se desarrolló un modelo lineal y se utilizó el diagrama de Pareto para determinar la magnitud e importancia de los efectos de los parámetros del modelo. El diagrama muestra una línea referencial a un test t student al 0,05 y las barras que la cruzan corresponde a los efectos estadísticamente significativas.
- La significancia del modelo lineal fue juzgada estadísticamente mediante un test de valor F con una probabilidad (p) de 0,05.
- El valor R^2 muestra el porcentaje de ajuste del modelo a los datos.
- La Función deseada (D) evalúa la manera en que la configuración optimiza las respuestas de interés para optimizar de manera simultánea. Tiene un rango de cero a uno. Uno (1) representa la situación ideal; cero (0) indica que una o más respuestas están fuera de los límites aceptables.

Los datos fueron procesados con la ayuda del software estadísticos Statgraphics Centurion V.15 y Design Expert 11.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Características fisicoquímicas de la materia prima

En la tabla 5 se muestran los resultados de los análisis físicos químicos de la materia prima realizados a condiciones normales. La humedad reporto 86,08 % en base húmeda. La acidez estuvo en 0,61 % expresado en ácido cítrico; el pH se encontró 4,08 unidades. Los sólidos solubles se obtuvieron 10,3° Brix.

Tabla 5. Resultados de la caracterización fisicoquímica de la materia prima

Parámetros	Resultados
Humedad (%)	86,08%
Acidez titulable (% ácido cítrico)	0,61 %
pH	4,08
Solidos solubles	10,3 °Brix

Fuente: Elaboración propia (2018)

4.2 Evaluación del efecto de la temperatura y velocidad de aire sobre las características fisicoquímicas

La Tabla 6 presenta los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de las 6 muestra de guayaba luego del proceso de deshidratado.

Tabla 6. Resultados del análisis fisicoquímico

T	X1: Temperatura °C	X2: Velocidad del aire m/s	Y1: Humedad (%)	Y2: Acidez titulable (% ácido cítrico)	Y3: pH
T1	65	0,8	10,9	0,315	5,3
T2	65	1,0	10,9	0,28	5,38
T3	55	0,8	11,63	0,42	4,84
T4	75	0,8	10,80	0,28	5,08
T5	55	1,0	11,62	0,385	5,04
T6	75	1,0	10,79	0,35	5,2

Fuente: Elaboración propia (2018)

4.2.1 Efecto sobre la humedad

Los resultados promedio de la humedad de la guayaba deshidratada se sometieron a análisis de regresión en función a los niveles de los factores de proceso de deshidratado y se determinó que los coeficientes del modelo lineal que relaciona la temperatura y la velocidad del aire con la humedad se muestran en la Ecuación 1:

$$\text{Humedad (\%)} = +13,83 - 0,0415 \cdot X_1 - 0,033 \cdot X_2 + 1,81799 \cdot 10^{-15} \cdot X_1 \cdot X_2 \quad [1]$$

De acuerdo con la gráfica de Pareto (Figura 5) puede observarse que en general ningún coeficiente del modelo lineal para la humedad de la guayaba deshidratada presentó efecto significativo. Aunque se puede destacar que el efecto más importante es la temperatura del aire.

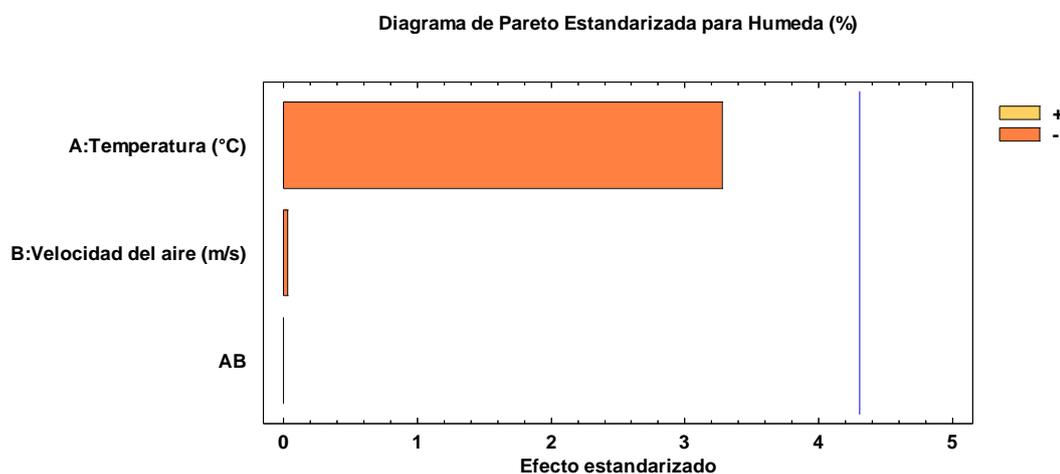


Figura 5. Gráfico de Pareto sobre la humedad
Fuente: elaboración propia (2018)

El análisis del modelo, aplicado a la variabilidad de la humedad de la guayaba deshidratada (Anexo 3) según la prueba F (p valor = 0,2258), aunque, se obtuvo un valor de coeficiente de determinación lineal (R^2) de 0,8432 valor muy cercano a 1; estos resultados permiten afirmar si bien el modelo no se relaciona con la respuesta humedad, sin embargo se puede explicar el 84,32 % de los datos obtenidos, es decir que las variables de proceso no explican necesariamente todo el comportamiento de la variación de la humedad de la guayaba deshidratada a escala de laboratorio.

La Figura 6, muestra las curvas de nivel construida con el modelo lineal completo para la variación de la humedad de la guayaba deshidratada en función de las variables Temperatura (°C) y velocidad del aire de secado (m/s), identifica que la región de máxima humedad (en color naranja) esta con un valor estimado de más del

11, 4 % que se alcanza a medida que disminuye la temperatura del aire de secado. Una humedad menor ocurrirá básicamente a mayores niveles de temperatura de secado. Esta Figura 6 deja en evidencia que el factor temperatura es el más importante en la variación de la humedad, dejando de lado el efecto de la velocidad del aire de secado.

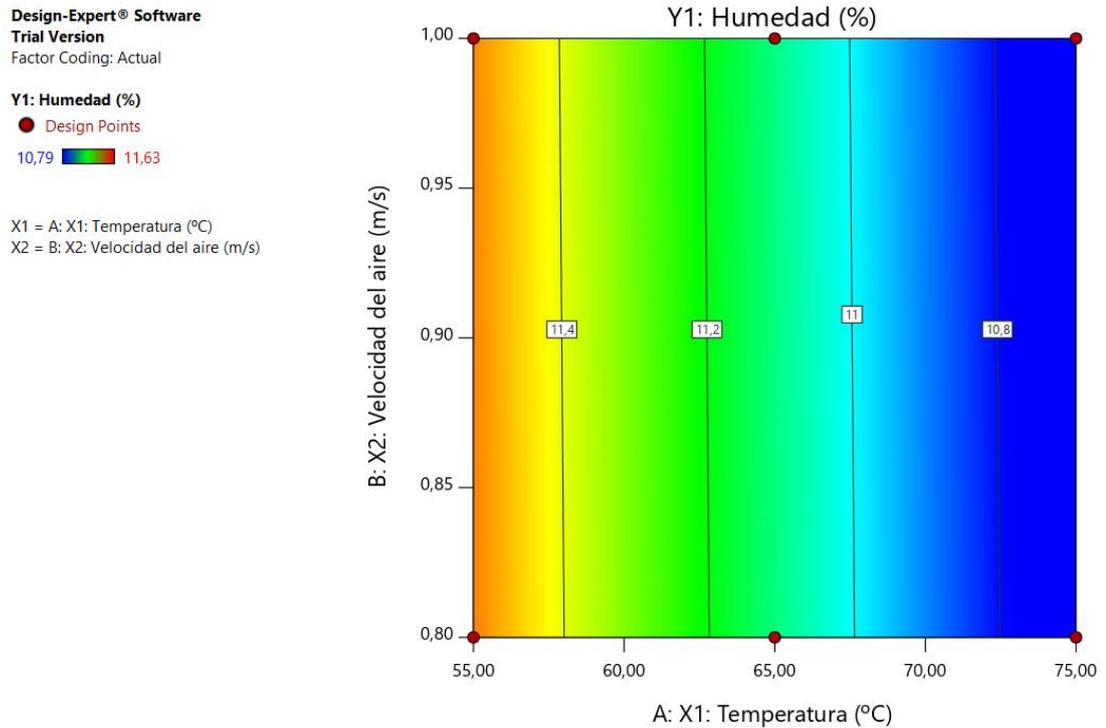


Figura 6. Curvas de nivel para la humedad de la guayaba deshidratada
Fuente: elaboración propia (2018)

4.2.2 Efecto sobre la acidez titulable

Los resultados promedio de la acidez titulable expresado en ácido cítrico de la guayaba deshidratada se sometieron a análisis de regresión en función a los niveles de los factores de proceso de deshidratado y se determinó que los coeficientes del modelo lineal que relaciona la temperatura y la velocidad del aire con la acidez titulable se muestran en la Ecuación 2:

$$\text{Acidez titulable (\%)} = 2,15833 - 0,028 \cdot X_1 - 1,70625 \cdot X_2 + 0,02625 \cdot X_1 \cdot X_2 \quad [2]$$

De acuerdo con la gráfica de Pareto (Figura 6) puede observarse que en general ningún coeficiente del modelo lineal para la acidez de la guayaba deshidratada presentó efecto significativo.

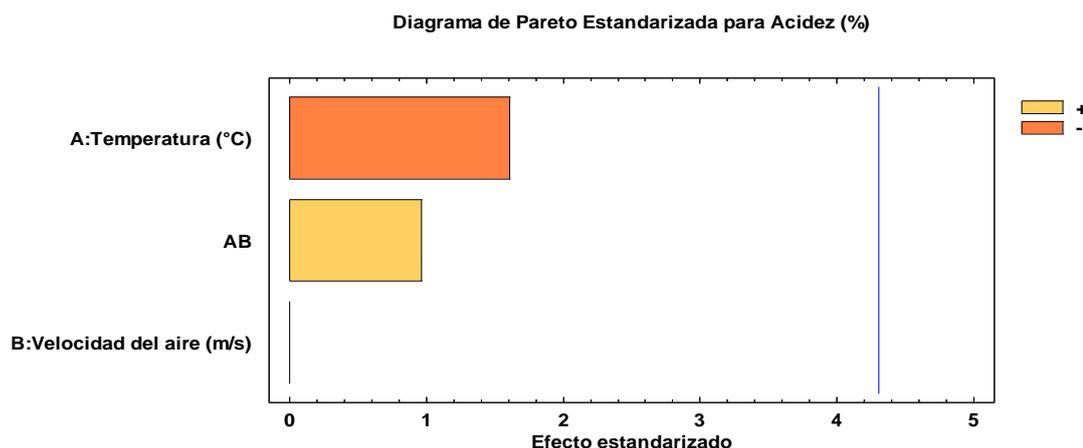


Figura 7. Gráfico de Pareto sobre la acidez titulable
Fuente: elaboración propia (2018)

El análisis del modelo, aplicado a la variabilidad de la acidez de la guayaba deshidratada (Anexo 4) según la prueba F (p valor = 0,4910) es decir es un modelo no significativo en su relación con la temperatura y velocidad de secado, aunque, se obtuvo un valor de coeficiente de determinación lineal (R^2) de 0,6375 valor relativamente cercano a 1; estos resultados permiten afirmar que si bien el modelo no se relaciona con la respuesta acidez, sin embargo se puede explicar el 63,75 % de los datos obtenidos, es decir que las variables de proceso no explican necesariamente todo el comportamiento de la variación de la acidez visualizada en la Figura 7 de curvas de nivel construida con el modelo para la acidez de la guayaba deshidratada escala de laboratorio.

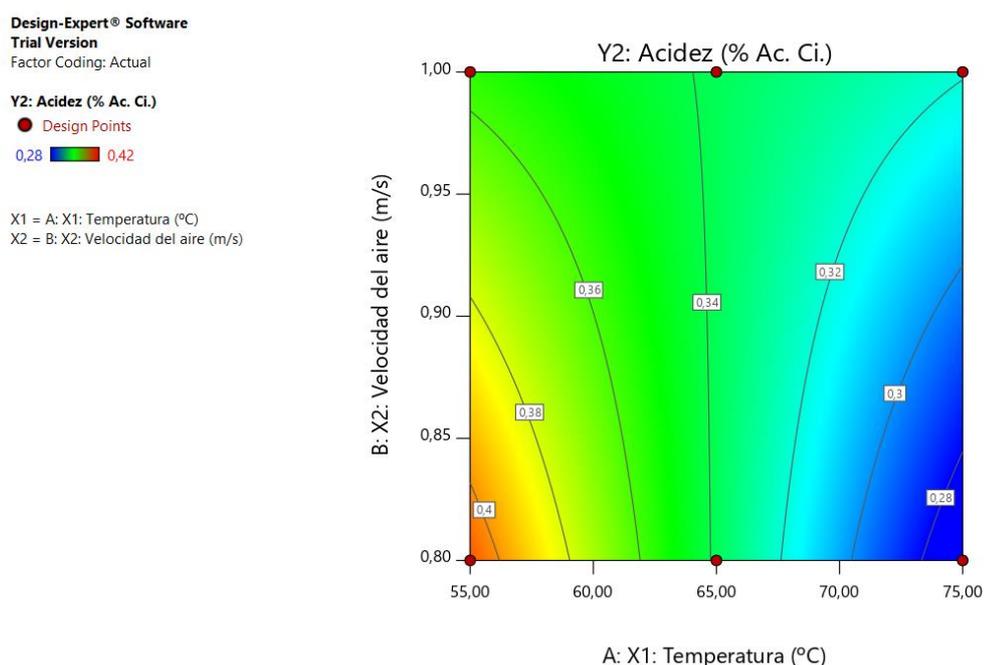


Figura 8. Curvas de nivel para la acidez de la guayaba deshidratada
Fuente: elaboración propia (2018)

4.2.3 Efecto sobre el pH

Los resultados promedio del pH de la guayaba deshidratada se sometieron a análisis de regresión en función a los niveles de los factores de proceso de deshidratado y se determinó que los coeficientes del modelo lineal que relaciona la temperatura y la velocidad del aire con el pH se muestran en la Ecuación 3:

$$\text{pH} = 2,72 + 0,028 * X_1 + 1,96667 * X_2 - 0,02 * X_1 * X_2 \quad [3]$$

De acuerdo con la gráfica de Pareto (Figura 8) se observa que ningún coeficiente del modelo lineal para el pH de la guayaba deshidratada presentó efecto significativo.

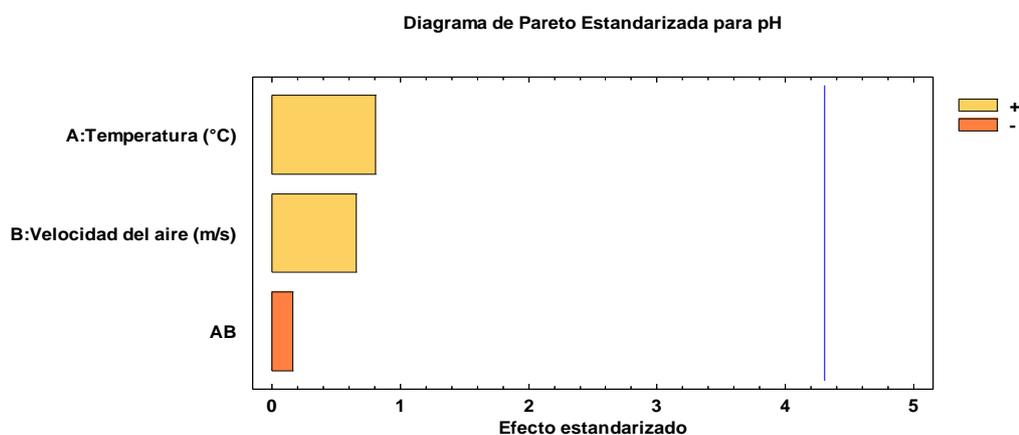


Figura 9. Gráfico de Pareto sobre el pH
Fuente: elaboración propia (2018)

El análisis del modelo, aplicado a la variabilidad del pH de la guayaba deshidratada (Anexo 5) según la prueba F (p valor = 0,7852) demostró que el modelo con el cual se construye las curvas de nivel que se visualiza gráficamente en la Figura 9, no es significativo en su relación con la temperatura y velocidad de secado, además se obtuvo un valor de coeficiente de determinación lineal (R^2) de 0,3585 valor muy alejado de 1.

Estos resultados permiten afirmar que el modelo lineal múltiple no se relaciona con la respuesta pH, y además apenas explica el 35,85 % de los datos obtenidos, es decir, las variables de secado no explican el comportamiento de la variación del pH de la guayaba deshidratada a escala de laboratorio.

Design-Expert® Software
Trial Version
Factor Coding: Actual

Y3: pH

● Design Points
4,84  5,38

X1 = A: X1: Temperatura (°C)
X2 = B: X2: Velocidad del aire (m/s)

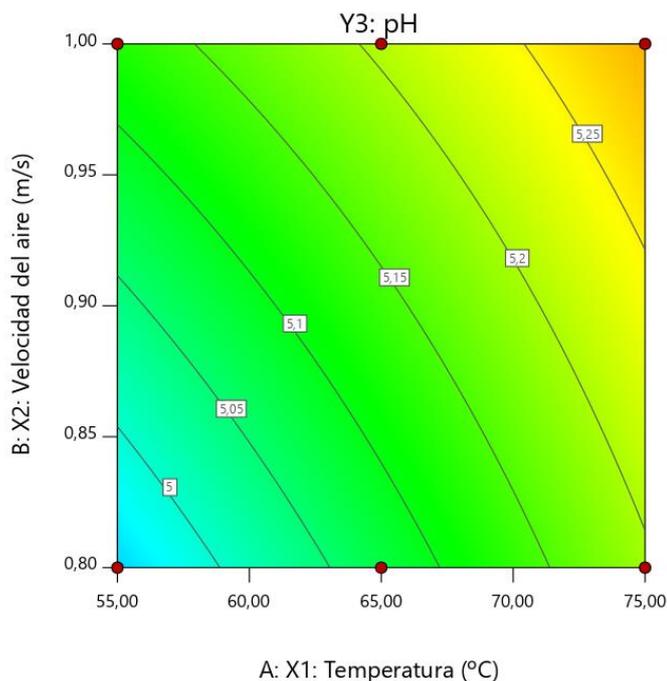


Figura 10. Curvas de nivel para el pH de la guayaba deshidratada
Fuente: elaboración propia (2018)

4.3 Evaluación del efecto de la temperatura y velocidad del aire sobre las características sensoriales

Los 6 tratamientos o muestras de guayaba se sometieron a molienda y el polvo resultante se evaluó sensorialmente mediante una infusión, aplicando la prueba hedónica estructurada de 9 puntos con panelistas semi-entrenados y los resultados promedio del análisis sensorial efectuado se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Resultados del análisis sensorial

T	X1: Temperatura (°C)	X2: Velocidad del aire (m/s)	Y4: Olor	Y5: Sabor
T1	65	0,8	5,75	5,81
T2	65	1	6,63	6,31
T3	55	0,8	5,19	6
T4	75	0,8	5,63	5,87
T5	55	1	6,44	6,62
T6	75	1	5,75	6,13

Fuente: elaboración propia (2018)

4.3.1 Efecto sobre el olor

Los resultados promedio de la aceptabilidad del olor de la guayaba deshidratada se sometieron a análisis de regresión en función a los niveles de los factores de proceso de deshidratado y se determinó que los coeficientes del modelo lineal que relaciona la temperatura y la velocidad del aire la aceptabilidad del olor se muestra en la Ecuación 4:

$$Y_6: \text{Olor} = -13,6 + 0,248 * X_1 + 22,1 * X_2 - 0,283 * X_1 * X_2 \quad [4]$$

De acuerdo con la gráfica de Pareto (Figura 10) puede observarse que en general ningún coeficiente del modelo lineal para la aceptabilidad del olor del polvo de guayaba en infusión presentó efecto significativo. Aunque el de mayor efecto fue la velocidad del aire de secado.

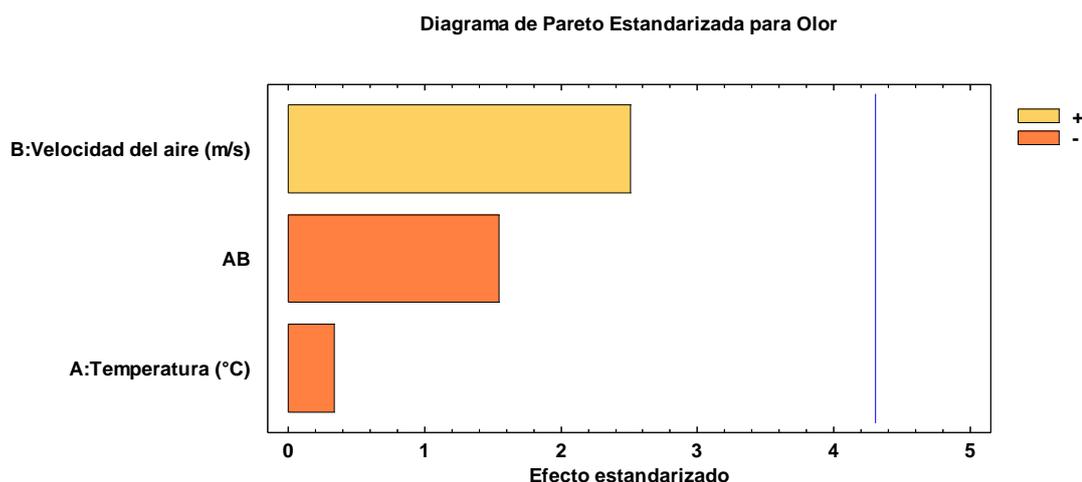


Figura 11. Curvas de nivel sobre el olor del polvo de guayaba deshidratada en infusión

Fuente: elaboración propia (2018)

El análisis del modelo, aplicado a la variabilidad del olor en infusión de la harina de guayaba (Anexo 6) según la prueba F (p valor = 0,2645) es decir que el modelo utilizado para construir las curvas de nivel que se representa gráficamente en la Figura 10, no resultó significativo en su relación con la temperatura y velocidad de secado.

Design-Expert® Software
Trial Version
Factor Coding: Actual

Y6: Olor

● Design Points
5,19  6,63

X1 = A: X1: Temperatura (°C)
X2 = B: X2: Velocidad del aire (m/s)

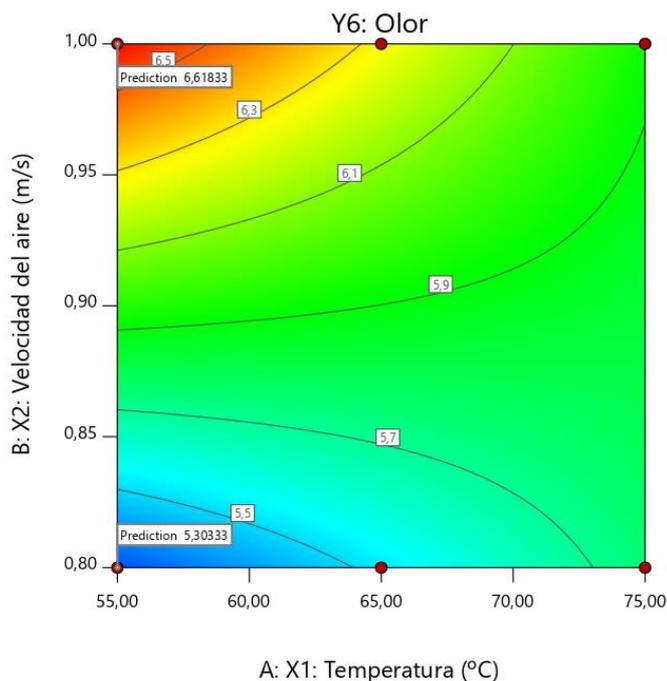


Figura 12. Curvas de nivel para el olor del polvo de guayaba deshidratada en infusión
Fuente: elaboración propia (2018)

Aunque, se obtuvo un valor de coeficiente de determinación lineal (R^2) de 0,8148 valor relativamente cercano a 1; estos resultados permiten afirmar que, si bien el modelo no se relaciona con la aceptabilidad del olor, sin embargo, se puede explicar el 81,48 % de los datos obtenidos, es decir que las variables de proceso no explican necesariamente todo el comportamiento de la variación de la aceptabilidad del olor en infusión del polvo de guayaba deshidratada a escala de laboratorio.

4.3.2 Efecto sobre el sabor

Los resultados promedio de la aceptabilidad del sabor de la guayaba deshidratada se sometieron a análisis de regresión en función a los niveles de los factores de proceso de deshidratado y se determinó que los coeficientes del modelo lineal que relaciona la temperatura y la velocidad del aire la aceptabilidad del sabor se muestra en la Ecuación 5:

$$Y7: \text{Sabor} = -0,20 + 0,0655 \cdot X_1 + 8,15 \cdot X_2 - 0,0900 X_1 \cdot X_2 \quad [5]$$

De acuerdo con la gráfica de Pareto (Figura 12) puede observarse que la aceptabilidad del sabor de la harina presenta una relación lineal, directa y significativa

con respecto a la velocidad de secado. Pues dichos coeficientes del modelo de regresión resultaron con p- valor $< 0,05$ y demuestra su influencia en la variación del sabor del polvo de guayaba deshidratada en infusión.

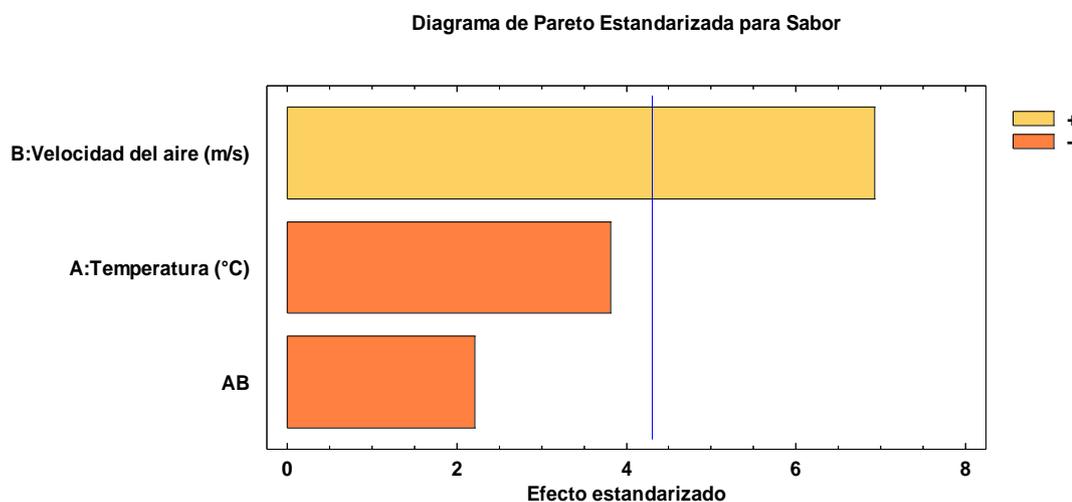


Figura 13. Gráfico de Pareto sobre el sabor del polvo de guayaba en infusión
Fuente: elaboración propia (2018)

El análisis del modelo aplicado a la variabilidad del sabor en la obtención de polvo de guayaba (Anexo 7) según el test de significación global (p valor = 0,0429) resultó significativa. Además, se obtuvo un valor de coeficiente de determinación múltiple (R^2) de 0,9712 (97,12 %) valor cercano a 100 %; estos resultados permiten afirmar que el modelo lineal obtenido es estadísticamente significativo, y sí es posible explicar el comportamiento de la variación de la aceptabilidad del sabor de la infusión del polvo de guayaba a escala de laboratorio, por efecto de las variables de proceso de secado de la guayaba (temperatura y velocidad del aire de secado).

En la Figura 13, se muestra el diagrama de superficie de respuesta construida con el modelo lineal completo que relaciona la variación del sabor en infusión del polvo de guayaba con las variables Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y velocidad del aire de secado (h), donde la región de máxima respuesta (rojo) que incrementa su valor a medida que disminuye la temperatura y aumenta la velocidad de secado, resultando una infusión de harina con un estimado de 6,59 en la escala hedónica de 9 puntos. Una menor aceptabilidad ocurrirá a mayores niveles de temperatura, pero con menores valores de velocidad de secado. Esta Figura 12 deja en evidencia que es el factor velocidad de secado quien con mayor efecto favorece el sabor de la infusión de la guayaba deshidratada en polvo.

Design-Expert® Software
Trial Version
Factor Coding: Actual

Y7: Sabor

● Design Points
5,81  6,62

X1 = A: X1: Temperatura (°C)
X2 = B: X2: Velocidad del aire (m/s)

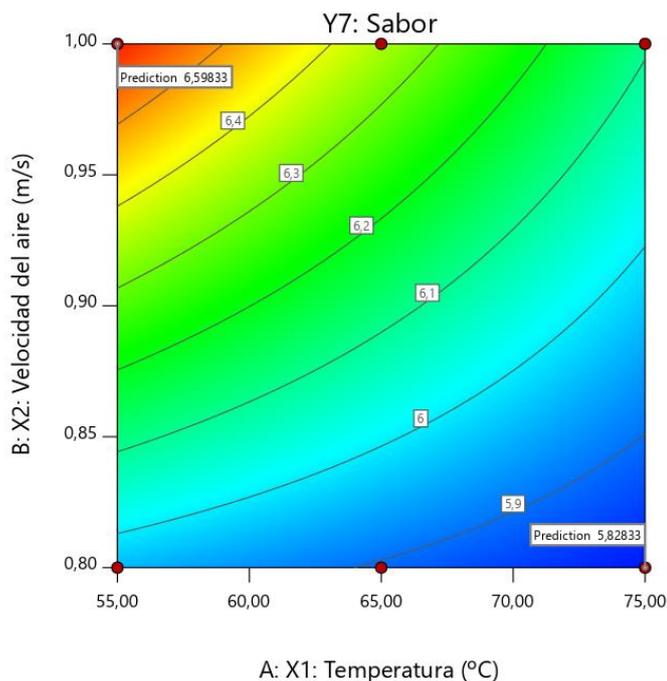


Figura 14. Curvas de nivel para el sabor del polvo de guayaba deshidratada en infusión

Fuente: elaboración propia (2018)

4.3.3 Determinación de las mejores condiciones de deshidratación de la guayaba

Según lo recomendado por Gutiérrez y De la Vara (2008) indican que para que el alimento sea bien aceptado por los consumidores el optimizar sólo una de las características del producto hace que las otras propiedades se vean afectadas y el resultado es un producto con peor calidad global que antes. De aquí la importancia de localizar el punto de operación del proceso o tratamiento en el que todas las variables tienen "el mejor desempeño posible".

Por ello, una vez finalizado el análisis individual de la influencia de la temperatura y velocidad de deshidratación sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de la guayaba deshidratada, se determinó los parámetros de las variables independientes según la aceptabilidad sensorial, cuyo resultado será considerado óptimo para el proceso final.

Por lo tanto, para la optimización simultánea se realizó las siguientes condiciones:

- Variables independientes: mantener en rango de estudio a las variables temperatura y velocidad de deshidratación.
- Variables dependientes: maximizar la aceptabilidad de los atributos sensoriales (olor y sabor) manteniendo en rango de predicción a las demás variables.

Granato y Ares (2014) recomiendan considerar como óptima a aquella combinación con valor de deseabilidad mayor a 0,7. Para los cálculos de optimización múltiple se siguió lo recomendado por Gutiérrez y De la Vara (2008) aplicando el programa estadístico Desig Expert.

Aplicando la metodología de función deseada mediante el paquete estadístico Desig expert 11, se obtuvo las soluciones que se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Solución numérica para la optimización del proceso de deshidratado de la guayaba de Tacna

Factor	Criterio	Valor mínimo	Valor máximo	Óptimo
A:X1: Temperatura (°C)	en rango	55	75	55
B:X2: Velocidad del aire (m/s)	en rango	0,8	1	1
Y1: Humedad (%)	en rango	10,8	11,6	11,5
Y2: Acidez (% Ac. Ci.)	en rango	0,28	0,42	0,36
Y3: pH	en rango	4,84	5,38	5,13
Y4: Olor	maximizar	5,19	6,63	6,63
Y5: Sabor	maximizar	5,81	6,62	6,62
Desirability				0,98

Fuente: elaboración propia (2018)

En la Figura 15 se muestra las curvas de nivel del efecto combinado de las variables temperatura y velocidad de deshidratación para la solución óptima, donde se ubica la región óptima para un “modelo ascendente”, donde se destaca el valor de

función deseada de 0,98 que indica la probabilidad de que al volver a repetir el proceso de deshidratación con las condiciones óptimas de la solución hallada, es probable que se obtengan similares respuesta de condiciones de deshidratado, características fisicoquímicas y de aceptabilidad de olor y sabor óptimos.

Design-Expert® Software

Trial Version

Factor Coding: Actual

Desirability

● Design Points

0 1

X1 = A: X1: Temperatura (°C)

X2 = B: X2: Velocidad del aire (m/s)

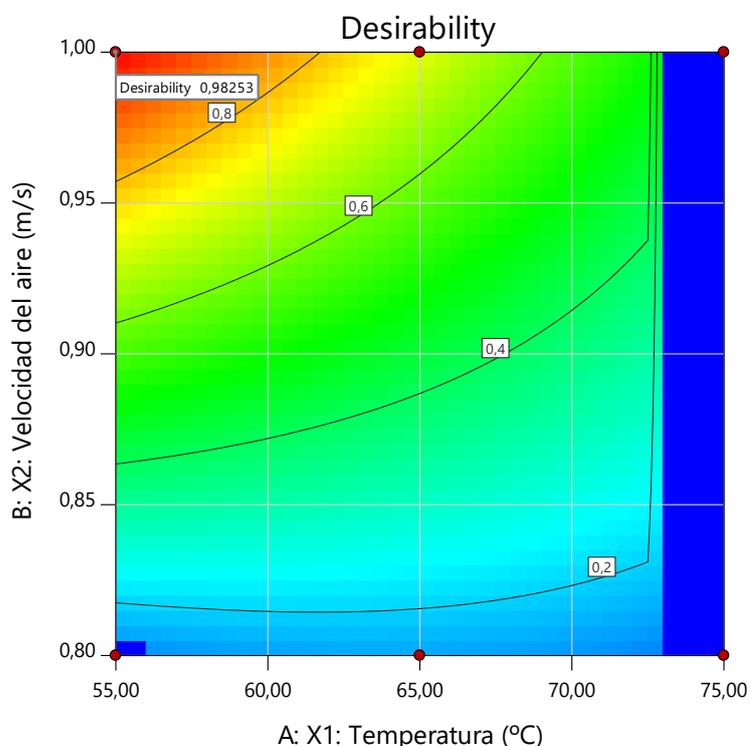


Figura 15. Curvas de nivel para la solución óptima en el deshidratado de la guayaba
Fuente: elaboración propia (2017)

La Figura 16, muestra los parámetros finales obtenidos en la operación de deshidratado de la guayaba, que dan como resultado las características fisicoquímicas propios de un producto deshidratado de baja humedad. Y además se muestran los resultados óptimos según la aceptabilidad sensorial de la guayaba deshidratada en polvo durante su infusión.

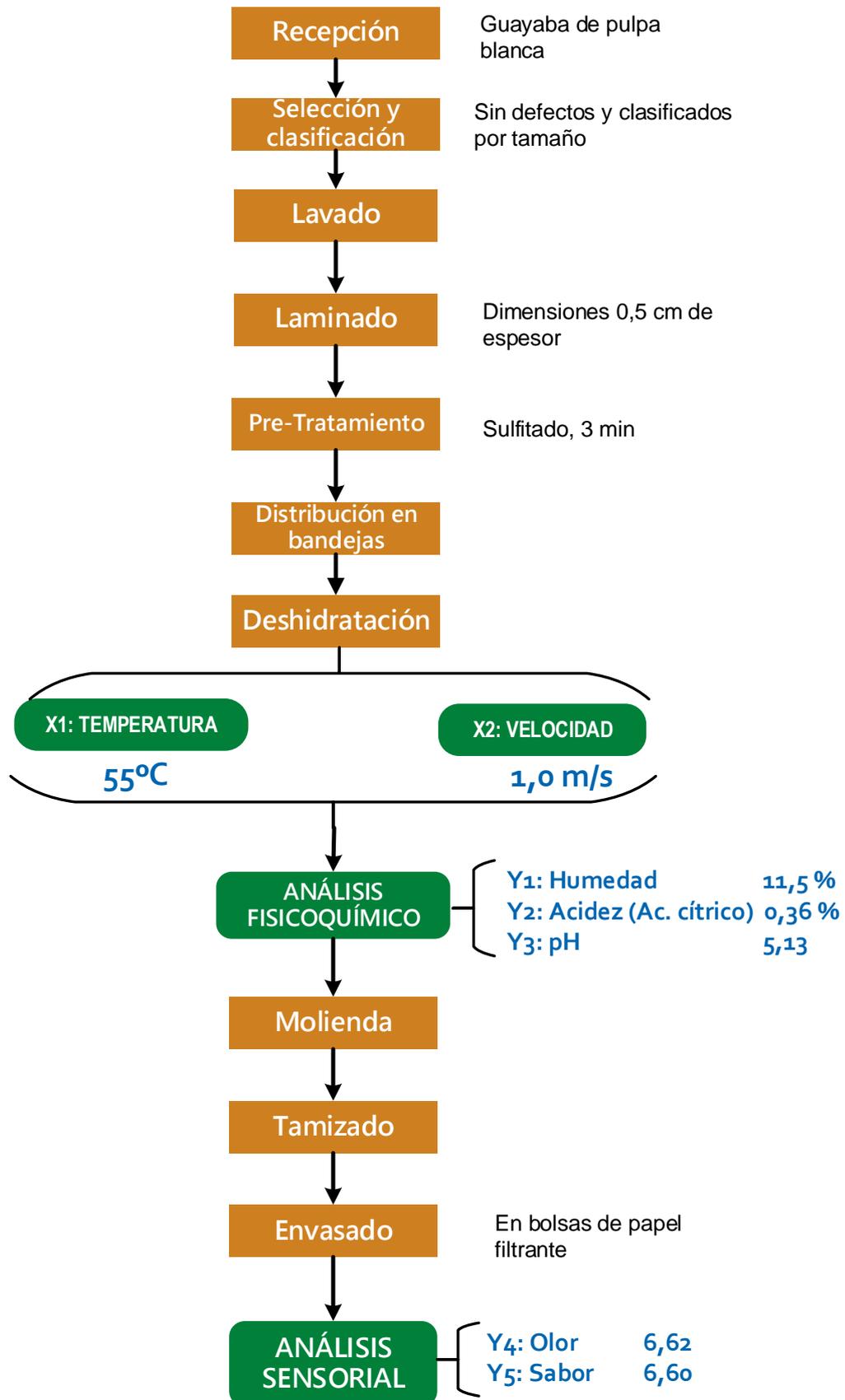


Figura 16. Flujo definitivo en operación de deshidratado de la guayaba
Fuente: elaboración propia (2018)

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

5.1 Características fisicoquímicas de la materia prima

La determinación de humedad en la guayaba reportó un 86,08 % en base húmeda, este valor es similar a lo hallado por Flores (2012) y Pedraza & Torres (2015) de 86,52% y 80,05 % respectivamente.

La acidez titulable que se obtuvo es de 0,61 % expresado en ácido cítrico mientras que según lo obtenido por Pedraza & Torres (2015) de 0.446 %.

En cuanto al pH se encontró un valor de 4,08 unidades siendo proximal a 3,394 hallado por Pedraza & Torres (2015).

El porcentaje de sólidos solubles fue de 10, 3^o Brix a 20°C. Correspondiendo el límite superior del rango a los frutos maduros, mientras que según Medina & Pagano (2003) y Pedraza & Torres (2015) de 13,82 y 6,50 respectivamente.

5.2 Características fisicoquímicas del deshidratado

La humedad que presenta la guayaba deshidratada de los seis tratamientos reportaron un aproximado de un 11,5 % en base húmeda, este valor es similar Pedraza y Torres (2015) de 11,11%. Lo presentado en la tabla en los tratamientos 2 y 4 presentan un porcentaje de humedad de similar valor siendo dos temperaturas distintas.

Gamboa et al., (2014) afirman que lo más, importante no es llegar a humedades, ni tan bajas ni tan altas, sino humedades cerca del 10%, condición que puede ser vista con un análisis de superficie de respuesta, como también se ha comprobado en el presente estudio para el caso de la guayaba deshidratada se alcanzaron humedades de 10, 6 % a 10,8 % cuando la temperatura de secado es mayor a 72,5°C.

La acidez titulable obtenida fue de 0,36 % expresado en ácido cítrico mientras que según lo obtenido por Pedraza & Torres (2015) de 0,201 %. En cuanto al parámetro de pH se encontró un valor de 5,13 unidades de un promedio general siendo proximal a 4,098 hallado por Pedraza y Torres (2015), quienes también

determinaron que el mayor contenido de vitamina C (168,33 mg/100 g) se obtuvo empleando temperatura de 50 °C y 3,5 m/s de velocidad, mostrando color característico.

Pedraza y Torres (2015) determinó la influencia de temperatura y velocidad de aire en obtención de harina de guayaba (*Psidium guajava* L.) con máximo contenido de vitamina C. El mayor contenido de vitamina C (168,33 mg/100 g) se obtuvo empleando temperatura de 50 °C y 3,5 m/s de velocidad. De esta harina se realizó el análisis físico-químico después de 30 días, con resultados de 11,11 % de humedad, acidez titulable en porcentaje de ácido cítrico 0,201 %; pH 4,09; sólidos solubles de 4 °Brix y 3,19 % de cenizas.

5.3 Características sensoriales del deshidratado en polvo

Carballo (1993) determinó las condiciones óptimas para el proceso de secado de la manzana variedad Anna en función al pardeamiento de las rodajas deshidratadas. «La optimización se llevó a cabo a través de la metodología de superficie de respuesta. El modelo matemático obtenido permitió concluir que las condiciones óptimas del de secado son 66 °C a una velocidad de aire de 3,1 m/s y espesor de la rodaja de 1,0 cm». Mientras que para la guayaba deshidratada sus condiciones óptimas según su aceptabilidad en olor y sabor son menores pues reportan 55°C con 1 m/s para un espesor de 0,5 cm.

García., (2005) estudio el mango deshidratado y encontró diferencias significativas en los atributos sensoriales color, aroma, sabor, textura, apariencia y aceptación general. «El mango deshidratado a 62,7°C con un grosor de 6 mm fue el de mayor aceptación y estabilidad en las 6 semanas de estudio. Para el champiñón se encontraron diferencias significativas en los atributos sensoriales de color, sabor, textura, apariencia y aceptación general». Para el caso del polvo de guayaba deshidratada las mayores aceptabilidades tanto en olor y sabor se consigue a temperaturas menores 50°C con velocidades del aire de 1 m/s.

Figuroa et al., (2005) en el secado solar de lúcuma como harina, determinaron que sus características organolépticas del producto final seguían teniendo el color, olor y sabor característico. Que, en comparación con la guayaba deshidratada en

infusión, se destaca que el proceso de secado afecto el olor, ya que solo el sabor resulto con significativos por efecto de las condiciones de procesos.

Jiménez et al., (2012) determinaron que, en ensayos de liberación del aroma retenido en la harina de guayaba, se encontró que, al preparar la infusión por inmersión de la bolsa en agua en ebullición, durante 15 minutos, se produce un aroma característico a guayaba que persiste después de suspender el calentamiento. «El calentamiento permite una mayor liberación de los compuestos volátiles que son los que le confieren aroma al producto». Dicho comportamiento fue corroborado para el caso del polvo de guayaba de Tacna, donde para la infusión se destaca la influencia o relación directa de la velocidad del aire de secado sobre la aceptabilidad del sabor de la infusión, que en la escala de 9 puntos calificó con 6,6 es decir, califica entre “me gusta poco” y me “gusta algo”, calificación que evidentemente fue influenciada por la cantidad de azúcar añadida.

Cerquena et al., (2013) encontró que una temperatura del aire de secado de 65°C y una velocidad del aire de 231,4 m/min son las condiciones más adecuadas para la deshidratación de las pulpas de maracuyá. «Los productos deshidratados fueron evaluados por el panel de jueces, con buena aceptación; esta evaluación sirvió como base para la determinación de las condiciones más adecuadas para la deshidratación desde el punto de vista sensorial».

Muñiz et al., (2013) obtuvo como resultados que el aumento de la temperatura a 60°C y la reducción de la velocidad del flujo de aire a 1,5 m/s disminuyó el tiempo de secado con valores de $R^2 > 0,95$ y $\alpha < 0,01$. Mediante el secado a 40°C con 1,5 m/s se preserva el color y se minimiza la pérdida de peso en la fruta deshidratada con R^2 superior al 90% ($\alpha < 0,01$).

CONCLUSIONES

1. La influencia de temperatura y velocidad del aire caliente sobre las características fisicoquímicas de la guayaba deshidratada no fueron significativas (p valor $>0,05$) probablemente a la escasa variación de la acidez que fue de 0,28 % a 0,4 % y a un evidente corto rango de variación del pH de 5 a 5,25.
2. La influencia de temperatura y velocidad del aire sobre las características sensoriales del polvo de guayaba en infusión no fue significativa (p valor $>0,05$) para el olor para un máximo de 6,61 en la escala hedónica de 9 puntos; pero si resultado significativo (p valor $<0,05$) para el sabor que fue influenciada por la velocidad del aire de secado alcanzando un máximo de 6,5 en la escala hedónica de 9 puntos.
3. Las mejores condiciones del proceso de deshidratado de la guayaba fueron Temperatura 55°C; Velocidad del aire 1m/s, dicha condición óptima resulta en un producto con humedad 11,5 %; acidez 0,36 % a. cítrico; pH 5,13; asimismo el análisis sensorial resultó con olor 6,62 y sabor 6,6 con un valor de función deseada de 0,98.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar el tiempo de conservación de la guayaba deshidratada molida (en bolsitas filtrantes) en función al contenido de humedad.
2. Evaluar el contenido de agua necesaria para la rehidratación.
3. Evaluar el contenido de vitamina C por efecto del proceso de deshidratación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. 1980. Official methods of Analysis. 16 th Edition. Association of official Analytical Chemists. Washington D.C; USA.
- Agama. E. Islas J., Osorio, P. Rendón R., Utrilla R., Ángulo, O. y Bello. L (2009). Pasta with unripe banana flour: physical. texture and preference study. *Journal of Food Science*, 74(6). 90-95.
- Aguilar, C., Sepúlveda, L., Aseado J., Buenrostro J., De la Cruz R., Rodríguez R., Contreras J., Aguilera A., (2017). Aspectos fundamentales de los elagitaninos de granada (*Púnica granatum* L). Universidad Autonoma de Coahuila. México.
- AOAC Official Method 942.15. Acidity (Titrable) of Fruit Producís. Official method of Analysis of AOAC International, ed. 18, 2005.
- Barbosa G.; Vega H. (2000). Deshidratación de Alimentos. España. Acribia S. A.
- Bello, L. Agama, E.Osorio. P., Utrilla. R. y García. F. (2011). Banana and mango flours. En Preedy, V., Watson, R. y Patel.V. B. *Flour and breads. and their fortification in health and diseases prevention*. (Primera edición, págs. 235-244). San Diego. CA: Elsevier.
- Boeing, H., Bechthold, A., Bub, A., Ellinger, S., Haller, Dv Kroke, A., and Stehle, P. (2012). Critical review: vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases. *European Journal of Nutrition* 51(6): 637-663.
- Carballo L. (1993). Optimización del proceso de secado para manzana variedad Anna: por el método de superficie de respuesta. Universidad de Sonora. México.
- Carranza J.; Sánchez M. (2002) "Cinética de secado de *Musa paradisiaca* L. (Plátano) y *Manihot esculenta* Grantz (YUCA)".
- Cerquera N., Parra A., Camacho -J. (2012). Determinación de variables de secado en lámina para la deshidratación de pulpa de maracuyá. *REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS* - Vol. 6 - No. 2 - pp. 172-182.
- Deshidratado e industrialización (2018). Cuando el negocio está en dar valor agregado a la fruta de descarte. En: <http://www.redagricola.com/pe/cuando-el-negocio-esta-en-dar-valor-agregado-a-la-fruta-de-descarte/>
- Design-Expert® Software Version 11 de evaluación. En: <https://www.statease.com/software/dx-academic.html>

- Escobar, W. (2005). Evaluación de la colección de trabajo de guayaba *Psidium guajava* L. del ICA-CORPOICA, Palmira. Doctoral dissertation. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- Figueroa A.; Calderón E., Vega L. De Florio E. (2005). Secado solar técnico de lúcuma (*Lucuma obovata* H.P.K.). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna-Perú.
- Gamboa D., Ibáñez D., Meléndez M., Paredes E., Siche R. (2014). Secado de lúcuma (*Pouteria obovatá*) empleando la técnica de Ventana Refractante. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo Perú.
- García G. (2005) "Determinación de los parámetros técnicos y evaluación sensorial en la deshidratación de mango (*Mangifera indica*) variedad Haden y champiñón (*Agaricus bisporus*) en la Escuela Agrícola Panamericana"
- Geankopolis, C.J. (1998). Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. Tercera edición. CECSA. México.
- Granato Daniel y Ares Gastón (2014) *Mathematical and statistical methods in food science and technology/* edited by WILEY Blackwell. West Sussex, UK.
- Greiffenstein, A. (1988). Secado y Manejo de Cereales y Granos. Manual de Capacitación en Manejo y Control de Granos Almacenados. Quito-Ecuador.
- Gutiérrez H. y De la Vara R. (2008) *Análisis y diseño de experimentos*. 2da Ed. Mc Graw Hill. México.
- Hernández, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. McGraw Hill. Mexico D.F.
- Hong, K., Xie, J., Zhang, L, Sun, D. and Gong, D. (2012). Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L) fruit during cold storage. *Scientia Hoiticultrae* 144, 172-178.
- Ibarz A. y Barbosa G. (2005). Operaciones Unitarias en La Ingeniería De Alimentos Ediciones Mundi-Prensa. Universidad de Lleida. Lleida, España.
- Instituto Nacional de Nutrición (1999). Tabla de Composición de Alimentos ecuatorianos.
- Irezabal, M. L. (2010). Deshidratación de Alimentos. Ed. Trillas. México.
- Jiménez A., Barbosa H., Morales A., Osorio C. (2012). Deshidratación de la guayaba, una opción para su aprovechamiento integral. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- König, T.; Ruff, C.; Kleinschnitz, M.; Schreier, P.; Fischer, N., Neugebauer, W. (1998). Enantiomeric distribution of 2-pentanethiol in Guava Fruit (*Psidium guajava* L.) by Multidimensional Gas Chromatography with Sulfur Chemiluminescence Detection. *Journal of High Resolution Chromatography*.

- Lavado Soto, Yenque Dedios & Robles Calderón (2012). Estudio de rendimiento de harina de lúcuma a partir del fruto fresco. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú.
- Lin, D., Zhao, Y. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 6, 60-75.
- Mahecha J. (2011) Determinación de los parámetros para la simulación matemática del proceso de deshidratación de la uchuva (*Physalis Peruviana* L.). Maestría thesis, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Molano, I., Serna, c. y Castaño, C. (1996). Deshidratación de Pina Variedad Cayena Lisa por Métodos Combinados. En: *Revista Ccnicafé*. Vol. 47, No. 3; p.140-158.
- Morales, R, A. (2009). Frutoterapia y usos medicinales. II. Trillas. México.
- Muñiz S., Hernández A., García A., Méndez L. (2013). Empleo del método de secado convectivo combinado para la deshidratación de papaya (*Carica papaya* L.), variedad Maradol roja. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-1010-2760, RNPS-0111, Vol. 22, No. Esp.
- NTP INDECOPI (ITINTEC) 205.039-Harinas, junio 1975.
- Ovando. M. (2008). *Pasto adicionado con harina de plátano: digestibilidad y capacidad antioxidante*. Tesis de maestría no publicada. Instituto Politécnico Nacional. Morelos. México.
- Panadés, G. et al. Pulse Vacuum Osmotic Deshidratation of Guava. En: *Food Science And Tecnology International*. Vol 2 (1996); p. 301 -306.
- Patil, V., Chauhan, A. y Singh, R. (2014). Optimization of the spiy-drying process for developing guava powder using response surface methodology. *Powder Technology* 253, 230-236.
- Pedraza S., Torres E. (2015). Temperatura y velocidad del aire en harina de guayaba (*Psidium guajava* L.). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Amazonas-Perú.
- QuimiNet, (2009). Los beneficios de las frutas deshidratadas. En: <https://www.quiminet.com/articulos/los-beneficios-de-las-frutas-deshidratadas-41306.htm>
- Ruehle G. El cultivo de la guayaba en Florida. *Agrie trop*. 1964; 20: 555-564 Citado por: Mata I, Rodríguez A. *Cultivo y producción de guayabo*. 2ª ed. Trillas; México DF.
- Serna. S. (2005). *Químico, almacenamiento e industrialización de cereales* (2a edición). ACT Ediciones. México, D.F.

STATGRAPHICS Centurion XVII versión de evaluación (2018) En:
<https://statgraphics.net/descargas-centurion-xvii/>

Watts B.M, Ylimaki G.L. Jeffery L.E. Elias L.G (1992). Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. International Development Research Centre Ottawa, Ontario, Canadá.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	VARIABLES	Indicadores	Índices	Métodos
Independientes:						
¿Cuál es la influencia de la temperatura y velocidad de aire de secado sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en el deshidratado de guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.)?	Evaluar la influencia de la temperatura y velocidad de aire de secado sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en el deshidratado de guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.).	La temperatura y velocidad de aire de secado influirán sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en el deshidratado de guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.).	Temperatura de secado	X1: Temperatura	55°C 65 °C 75°C	Se realizó el registro de la temperatura mediante lectura de los instrumentos que presenta del secador de bandejas
			Velocidad del aire caliente	X2: Velocidad	0,8 m/s 1,0 m/s	
Dependientes						
¿Cómo influyen la temperatura y la velocidad del aire de secado sobre las características fisicoquímicas de la guayaba deshidratada?	Determinar la influencia de temperatura y velocidad del aire de secado sobre las características fisico-químicas de la guayaba deshidratada.		Características fisicoquímicas	Y1: Humedad Y2: acidez Y3: pH	% Humedad % acidez pH	Análisis gravimétrico
¿Cómo influyen la temperatura y la velocidad de secado sobre las características sensoriales de la guayaba deshidratada en infusión?	Determinar la influencia de temperatura y velocidad del aire de secado sobre las características sensoriales de la guayaba deshidratada en infusión.		Características sensoriales	Y4: Olor Y5: Sabor	Aceptabilidad del Olor Aceptabilidad del Sabor	Escala hedónica de 9 puntos
¿Cuáles son las condiciones óptimas de secado de la guayaba?	Determinar las mejores condiciones del proceso de deshidratado de la guayaba.					

Fuente: elaboración propia (2018)

Anexo 2. Análisis estadístico para la humedad

Tabla 9. Análisis de Varianza

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	0,6890	3	0,2297	3,58	0,2258	not significant
X1: Temperatura (°C)	0,6889	1	0,6889	10,75	0,0818	
X2: Velocidad del aire (m/s)	0,0001	1	0,0001	0,0010	0,9772	
AB	0,0000	1	0,0000	0,0000	1,0000	
Residual	0,1282	2	0,0641			
Cor Total	0,8171	5				

Resumen del modelo

Std. Dev.	0,2531
Mean	11,11
C.v. %	2,28
R ²	0,8432

Tabla 10. Coeficientes codificados

Término	Efecto	Coef	E. coef.	Valor T	Valor p
Constante		11,107	0,1033	107,47	0,00
X1:Temperatura (°C)	-0,83	-0,415	0,127	-3,28	0,082
X2: Velocidad del aire (m/s)	-0,007	0,003	0,103	-0,03	0,977
X1.X2	-0,00	-0,000	0,127	-0,00	1,00

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\text{Humedad (\%)} = +13,83 - 0,0415 \cdot \text{Temperatura } ^\circ\text{C} - 0,033 \cdot \text{Velocidad del aire m/s} + 1,81799\text{E-}15 \cdot \text{Temperatura } ^\circ\text{C} \cdot \text{Velocidad del aire m/s}$$

Anexo 3. Análisis estadístico para la acidez titulable

Tabla 11. Análisis de Varianza

Source	Sum of	df	Mean	F-value	p-value	
Modelo	0,0104125	3	0,0034708	1,172413	0,4909	not significant
X1:Temperatura (°C)	0,00765625	1	0,0076562	2,586206	0,2490	
X2: Velocidad del aire (m/s)	1,7347E-18	1	1,7347E-18	5,8597E-16	0,9999	
X1.X2	0,00275625	1	0,0027562	0,931034	0,4363	
Residual	0,00592083	2	0,0029604			
Cor Total	0,01633333	5				

Resumen del modelo

Std. Dev.	0,05440971
Mean	0,33833333
C.V. %	16,081688
R ²	0,6375

Tabla 12. Coeficientes codificados

Término	Efecto	Coef	E. coef.	Valor T	Valor p
Constante		0,3383	0,0222	15,23	0,004
X1:Temperatura (°C)	-0,0875	-0,0437	0,0272	-1,61	0,249
X2: Velocidad del aire (m/s)	0	0	0,0222	0	1
X1.X2	0,0525	0,0262	0,0272	0,96	0,436

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

Acidez titulable (% ácido cítrico = $2,15833 - 0,028 \cdot \text{Temperatura } ^\circ\text{C} - 1,70625 \cdot \text{Velocidad del aire m/s} + 0,02625 \cdot \text{Temperatura } ^\circ\text{C} \cdot \text{Velocidad del aire m/s}$)

Anexo 4. Análisis estadístico para el pH

Tabla 13. Análisis de Varianza

Source	Sum of	df	Mean	F-value	p-value	
Model	0,0682666	3	0,0227555	0,372634	0,7853096	not significant
X1:Temperatura (°C)	0,04	1	0,04	0,655021	0,5033003	
X2: Velocidad del aire (m/s)	0,0266666	1	0,0266666	0,436681	0,5766662	
X1.X2	0,0016	1	0,0016	0,026200	0,8862852	
Residual	0,12213333	2	0,06106667			
Cor Total	0,1904	5				

Resumen del modelo

Std. Dev.	0,24711671
Mean	5,14
C.V. %	4,80771803
R ²	0,35854342

Tabla 14. Coeficientes codificados

Término	Efecto	Coef	E. coef.	Valor T	Valor p
Constante		5,14	0,101	50,95	0
X1:Temperatura (°C)	0,2	0,1	0,124	0,81	0,503
X2: Velocidad del aire (m/s)	0,133	0,067	0,101	0,66	0,577
X1.X2	-0,04	-0,02	0,124	-0,16	0,886

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\text{pH} = 2,72 + 0,028 \cdot \text{Temperatura } ^\circ\text{C} + 1,96667 \cdot \text{Velocidad del aire m/s} - 0,02 \cdot \text{Temperatura } ^\circ\text{C} \cdot \text{Velocidad del aire m/s}$$

Anexo 5. Ficha de cata hedónica estructurada

NOMBRE: _____ FECHA: _____

Frente a usted hay muestras codificadas las cuales debe probar una a la vez, luego marque con una X en el casillero correspondiente a la escala de cada muestra según su percepción.

ATRIBUTO: OLOR

ESCALA	MUESTRAS					
	410	351	314	497	442	363
Me gusta muchísimo						
Me gusta mucho						
Me gusta algo						
Me gusta un poco						
Me es indiferente						
Me disgusta un poco						
Me disgusta algo						
Me disgusta mucho						
Me disgusta muchísimo						

Comentarios: _____

ATRIBUTO: SABOR

ESCALA	MUESTRAS					
	410	351	314	497	442	363
Me gusta muchísimo						
Me gusta mucho						
Me gusta algo						
Me gusta un poco						
Me es indiferente						
Me disgusta un poco						
Me disgusta algo						
Me disgusta mucho						
Me disgusta muchísimo						

Comentarios: _____

Anexo 6. Análisis estadístico para la aceptabilidad del olor

Tabla 15. Análisis de varianza

Source	Sum of	df	Mean	F-value	p-value	
Model	1,1786	3	0,3929	2,9331	0,2645	not significant
X1:Temperatura (°C)	0,0156	1	0,0156	0,1167	0,7652	
X2: Velocidad del aire (m/s)	0,8438	1	0,8438	6,2994	0,1288	
X1.X2	0,3192	1	0,3192	2,3833	0,2626	
Residual	0,2679	2	0,1339			
Cor Total	1,4465	5				

STD. DEV.	0,3660
------------------	---------------

MEAN	5,8983
-------------	--------

C.V. %	6,2048
---------------	--------

R²	0,8148
----------------------	--------

Tabla 16. Coeficientes codificados

Término	Efecto	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante		5,898	0,149	39,48	0,001
X1:Temperatura (°C)	-0,125	-0,063	0,183	-0,34	0,765
X2: Velocidad del aire (m/s)	0,75	0,375	0,149	2,51	0,129
X1.X2	-0,565	-0,282	0,183	-1,54	0,263

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

Y6: Olor = -13,6 + 0,248 X1: Temperatura (°C) + 22,1 X2: Velocidad del aire (m/s) - 0,283 X1: Temperatura (°C)*X2: Velocidad del aire (m/s)

Anexo 7. Análisis estadístico para la aceptabilidad del sabor

Tabla 17. Análisis de varianza

Source	Sum of	df	Mean	F-value	p-value	
Model	0,4459	3	0,1486	22,4635	0,0429	significant
X1: Temperatura (°C)	0,0961	1	0,0961	14,5239	0,0625	
X2: Velocidad del aire (m/s)	0,3174	1	0,3174	47,9698	0,0202	
X1.X2	0,0324	1	0,0324	4,8967	0,1574	
Residual	0,0132	2	0,0066			
Cor Total	0,4591	5				

STD. DEV.	0,0813
MEAN	6,1233
C.V. %	1,3284
R²	0,9712

Tabla 18. Coeficientes codificados

Término	Efecto	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante		6,1233	0,0332	184,39	0
X1:Temperatura (°C)	-0,31	-0,155	0,0407	-3,81	0,062
X2: Velocidad del aire (m/s)	0,46	0,23	0,0332	6,93	0,02
X1.X2	-0,18	-0,09	0,0407	-2,21	0,157

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$Y7: \text{Sabor} = -0,20 + 0,0655 X1: \text{Temperatura (°C)} + 8,15 X2: \text{Velocidad del aire (m/s)} \\ - 0,0900 X1: \text{Temperatura (°C)} * X2: \text{Velocidad del aire (m/s)}$$

Anexo 8. Datos de pérdida de peso según condiciones de secado de la guayaba

Tabla 19. Pesos del secado de la guayaba

Tiempo / min	T1	T2	T3	T4	T5	T6
0	237	220	156	179	165	229
60	193	162	126	141	126	171
120	160	121	101	110	94	121
180	127	82	78	87	72	101
240	103	60	61	72	51	86
300	85	57	48	59	40	73
360	70	48	43	50	34	46
420	58	32	38	43	29	42
480	44	30	34	39	24	38
540	40	29	32	38	19	37
600	38	29	30	37	15	36
660	37	29	29	36	15	36
720	37		29			

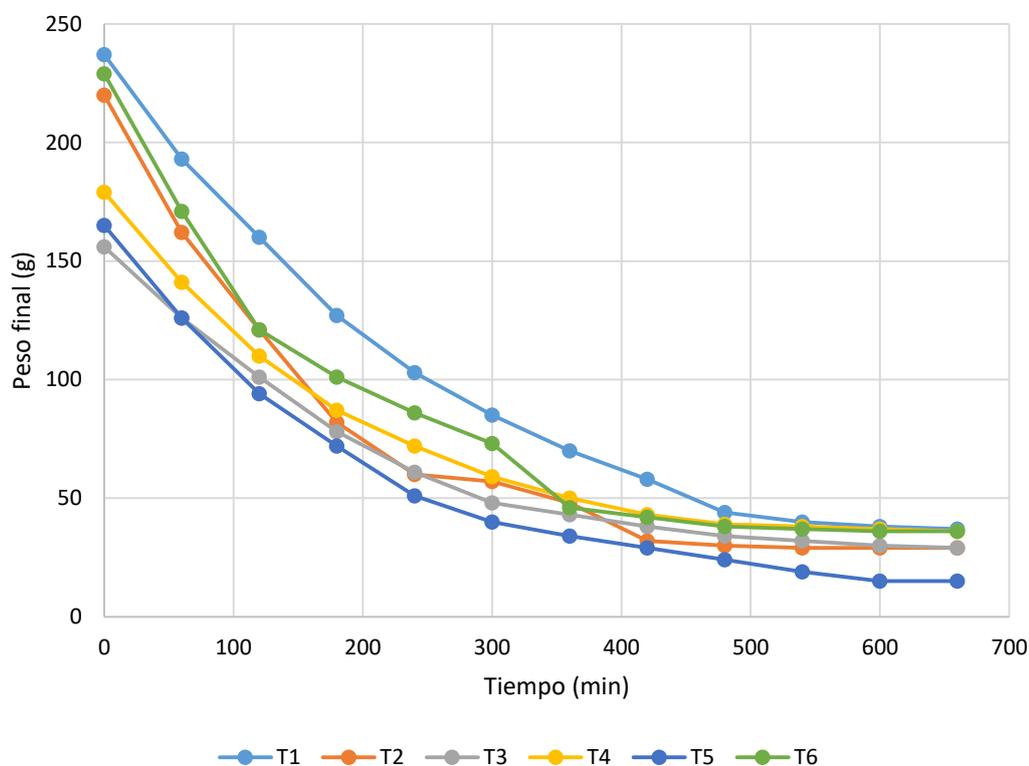


Figura 17. Curvas de secado según el tiempo de secado y el peso final

Anexo 9. Evidencias gráficas



Figura 18. Guayabas frescas seleccionadas y lavadas



Figura 19. Laminado de la guayaba



Figura 20. Distribución en las bandejas



Figura 21. Tratamientos o muestras de guayaba en proceso de deshidratado



Figura 22. Molienda de las rodajas deshidratadas de guayaba



Figura 23. Muestras de harina de guayaba tamizadas



Figura 24. Presentación de la guayaba como infusión y cata

Anexo 10. Norma técnica del análisis sensorial

NORMA TÉCNICA PERUANA	NTP-ISO 5492 2008
--------------------------	----------------------

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

ANÁLISIS SENSORIAL. Vocabulario

SENSORY ANALYSIS. Vocabulary

(EQV. ISO 5492:1992 Sensory analysis -- Vocabulary)

2008-06-25
1ª Edición

R.0094-2008/INDECOPI-CRT. Publicado el 2008-07-11

Precio basado en 30 páginas

I.C.S: 01.040.67; 67.240

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Análisis sensorial, vocabulario

Prohibida su reproducción total o parcial

ANÁLISIS SENSORIAL. Vocabulario

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana presenta una lista de términos con sus definiciones relativos al análisis sensorial.

NOTA: Las formas gramaticales de los términos han sido indicadas cuando se ha considerado que esta información podía ser de utilidad.

Esta Norma Técnica Peruana es aplicable a todos los sectores industriales en los que se pueda realizar la evaluación de sus productos por medio de los sentidos.

Los términos se han dividido en los siguientes bloques:

1. Términos de carácter general
2. Términos de carácter relativo a los sentidos
3. Términos relativos a los atributos organolépticos
4. Términos relativos a los métodos.

1. TÉRMINOS DE CARÁCTER GENERAL

1.1 **Análisis sensorial:** Exámen de las propiedades organolépticas de un producto realizable con los sentidos.

1.2 **Sensorial (adj.):** Relativo a los órganos de los sentidos.

1.3 **Organoléptico (adj.):** Califica los atributos de un producto, que son perceptibles por los órganos de los sentidos.

1.4 **Sensación (sust.):** Reacción subjetiva que se produce por la estimulación sensorial.

1.5 **Juez (sensorial) (sust.):** Cualquier persona que toma parte en una prueba sensorial.

NOTA: Un juez novato es una persona que cumple con un criterio particular. Un juez con experiencia es una persona que ya ha participado en una prueba sensorial.

1.6 **Catador (sust.):** Persona seleccionada por su capacidad para llevar a cabo una prueba sensorial.

1.7 **Experto (sust.):** Persona competente que, por sus conocimientos en torno a un producto, es capaz de efectuar individualmente o en grupo, el análisis y valoración sensorial de dicho producto.

En análisis sensorial se definen dos tipos de expertos, el “juez experto” y “juez experto especializado”

1.7.1 **Juez experto:** Catador con un grado elevado de sensibilidad sensorial y experiencia en su metodología, que es capaz de efectuar un juicio fiable de diversos productos por medio del análisis sensorial.

1.7.2 **Juez experto especializado:** Juez experto que tiene además experiencia probada como especialista en el producto en su proceso de fabricación o de comercialización, que es capaz de efectuar el análisis sensorial del producto y evaluar o prever los efectos debido a la variación en materias primas, formulaciones, condiciones de fabricación, de almacenamiento, de envejecimiento, etc.

1.8 **Jurado, panel (sust.):** Grupo de personas seleccionadas para participar en una prueba sensorial.

- 1.9 **Consumidor (sust.):** Toda persona que utiliza un producto.
- 1.10 **Degustador (sust.):** Juez, catador o experto que realiza una degustación con objeto de analizar y apreciar los caracteres organolépticos de un alimento, principalmente cuando lo tienen en la boca.
- 1.11 **Degustación (sust.):** Evaluación sensorial de un alimento en la boca.
- 1.12 **Atributo (sust.):** Característica perceptible.
- 1.13 **Aceptabilidad (sust.):** Condición de un producto que le hace ser aceptado por un individuo o una población determinada, en función de sus propiedades organolépticas.
- 1.14 **Aceptación (sust.):** Acto que consiste en que un individuo o una población determinada, acepte un producto que responda favorablemente a sus expectativas.
- 1.15 **Preferencia (sust.):** Describe el estado o reacción de predilección de una persona que ha encontrado un producto mejor que otro u otros.
- 1.16 **Aversión (sust.):** Sentido de repulsa provocado por un estímulo.
- 1.17 **Discriminación (sust.):** Distinción cualitativa y/o cuantitativa entre dos o más estímulos.
- 1.18 **Apetito (sust.):** Estado psicológico que se manifiesta por el deseo de ingerir un alimento y/o una bebida.
- 1.19 **Apetitoso (adj.):** Califica un alimento que excita el apetito.
- 1.20 **Palatabilidad (sust.):** Combinación de las propiedades de un producto que da placer al consumirlo.