



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR**

TESIS
**“EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LAS
CONDICIONES DE OPERACIÓN QUE INFLUYEN EN
LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE LA FRUTA
CONFITADA DE PAPAYA (*Carica papaya*)”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR**

Autor:
Bach. Carhuajulca Campos Julio Federico

Pimentel, 07 de diciembre del 2016

EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN QUE INFLUYEN EN LA DESHIDRATACION OSMOTICA DE LA FRUTA CONFITADA DE PAPAYA (*Carica papaya*).

Aprobación del Informe de Investigación

Ing. Símpalo López Walter Bernardo
Asesor Metodólogo

Ing. Símpalo López Walter Bernardo
Asesor Especialista

Ms. Mechato Anastasio Augusto Antonio
Presidente del jurado de tesis

Ms. Castillo Martínez Williams Esteward
Secretario del jurado de tesis

Ing. Símpalo López Walter Bernardo
Vocal del jurado de tesis

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la oportunidad y la dicha de la vida, siendo un apoyo incondicional para lograrlo ya que sin él no hubiera podido.

Con mucho cariño a queridos padres: Antero y Catalina que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final.

AGRADECIMIENTO

Agradezco además a los miembros integrantes del jurado calificador de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior; a mis compañeros de carrera y académicos por todo su apoyo y afecto, sin el cual, hubiese sido difícil concretar esta misión.

A mis padres quienes me apoyaron de manera incondicional para el desarrollo de esta exitosa investigación y así permitirme concretar este sueño.

Y a DIOS, nuestro Padre, por los beneficios y los momentos difíciles que nos ha enseñado a tenerle siempre confianza, por permitir que en cada paso que nos oriente en esta carrera que hemos emprendido con fortaleza, rectitud, paciencia, sabiduría y amor.

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INDICE

INDICE DE TABLAS

INDICE DE CUADROS

INDICE DE FIGURAS

RESUMEN.....	1
ABSTRAC.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
I. PROBLEMA DE LA INVESTIGACION.....	5
1.1 Situacion problemática	
1.2 Formulación del Problema.....	7
1.3 Delimitación de la investigación	
1.4 Justificación e importancia	
1.5 Limitación de la Investigación.....	9
1.6 Objetivos de la investigación.....	10
II. MARCO TEORICO.....	11
2.1 Antecedentes de estudio	
2.2 Estado del arte.....	16
2.3 Bases teóricas científicas.....	17
2.2 Definición de los términos básicos.....	32
III. Marco metodológico.....	34
3.1 Tipo y diseño de la investigación	
3.2 Población y muestra	
3.3 Hipótesis.....	35
3.4 Variables	
3.5 Operacionalizacion.....	36
3.6 Aborde metodológico, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38
3.7 Procedimientos para la recolección de datos.....	42
3.8 Análisis estadístico e interpretación de los datos.....	44

3.9 Principios éticos	
3.10 Criterios de rigor científicos	
IV. Análisis e interpretación de los Resultado.....	46
4.1 Resultados en tablas y gráficas	
4.2 Discusión de resultados.....	91
V. Conclusiones y Recomendaciones.....	92
5.1 Conclusiones	
5.2 Recomendaciones.....	93
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	94
ANEXOS.....	96

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.Operacionalizacion de variables dependientes e independientes.....	36
Tabla 2. Matriz Operacional de ensayos.....	37
Tabla 3. Materiales de laboratorio.....	38
Tabla 4.Composición química de la papaya verde (<i>Carica Papaya</i>).....	46
Tabla 5.Optimización fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas de la fruta confitada de papaya (<i>carica papaya</i>).....	47
Tabla 6. Análisis estadístico para la variable repuesta °Brix.....	48
Tabla 7. Resumen estadístico del modelo para la variable °Brix	
Tabla 8. Análisis de varianza ANOVA de superficie Repuesta Modelo cubico para la variable repuesta °Brix.....	49
Tabla 9. Resumen de los coeficientes estadístico del modelo para la variable Repuesta °Brix	
Tabla 10. Análisis estadístico para la variable repuesta pH.....	52
Tabla 11. Resumen estadístico del modelo para la variable pH	
Tabla 12. Análisis de varianza ANOVA de superficie Repuesta Modelo cubico para la variable repuesta pH.....	53
Tabla 13. Resumen de los coeficientes estadístico del modelo para la variable Repuesta pH.....	54
Tabla 14. Análisis estadístico para la variable repuesta Acidez.....	56
Tabla 15. Resumen estadístico del modelo para la variable Acidez	
Tabla 16. Análisis de varianza ANOVA de superficie Repuesta Modelo cubico para la variable repuesta Acidez	
Tabla 17. Resumen de los coeficientes estadístico del modelo para la variable Repuesta Acidez.....	57
Tabla 18. Análisis estadístico para la variable repuesta Color.....	60
Tabla 19. Resumen estadístico del modelo para la variable Color	
Tabla 20. Análisis de varianza ANOVA de superficie Repuesta Modelo cubico para la variable repuesta Color.....	61
Tabla 21. Resumen de los coeficientes estadístico del modelo para la variable Repuesta Color.....	62
Tabla 22. Análisis estadístico para la variable repuesta Sabor.....	64
Tabla 23. Resumen estadístico del modelo para la variable Sabor	

Tabla 24. Análisis de varianza ANOVA de superficie Repuesta	
Modelo cubico para la variable repuesta Sabor.....	65
Tabla 25. Resumen de los coeficientes estadístico del modelo	
para la variable Repuesta Sabor.....	66
Tabla 26. Análisis estadístico para la variable repuesta Olor.....	68
Tabla 27. Resumen estadístico del modelo para la variable Olor	
Tabla 28. Análisis de varianza ANOVA de superficie Repuesta	
Modelo cubico para la variable repuesta Olor.....	69
Tabla 29. Resumen de los coeficientes estadístico del modelo	
para la variable Repuesta Olor.....	70
Tabla 30. Análisis estadístico para la variable repuesta Textura.....	72
Tabla 31. Resumen estadístico del modelo para la variable Textura	
Tabla 32. Análisis de varianza ANOVA de superficie Repuesta	
Modelo cubico para la variable repuesta Textura.....	73
Tabla 33. Resumen de los coeficientes estadístico del modelo	
para la variable Repuesta Textura.....	74
Tabla 34. Análisis estadístico para la variable repuesta Apariencia General.....	77
Tabla 35. Resumen estadístico del modelo para la variable Apariencia General	
Tabla 36. Análisis de varianza ANOVA de superficie Repuesta	
Modelo cubico para la variable repuesta Apariencia General.....	78
Tabla 37. Resumen de los coeficientes estadístico del modelo	
para la variable Repuesta Apariencia General.....	79
Tabla 38. Descripción de los diferentes corridas empleadas en la	
elaboración de fruta confitada	81
Tabla 39. Valores de los parametros cineticos Kw y Kss.....	82
Tabla 40. Caracterización del °Brix del confitado de papaya.....	83
Tabla 41. Caracterización del pH del confitado de papaya.....	84
Tabla 42 Caracterización del acidez del confitado de papaya.....	85
Tabla 43. Caracterización del color del confitado de papaya.....	86
Tabla 44. Caracterización del sabor del confitado de papaya.....	87
Tabla 45. Caracterización del olor del confitado de papaya.....	88
Tabla 46 Caracterización de la textura del confitado de papaya.....	89
Tabla 47. Caracterización de la apariencia general del confitado de papaya.....	90

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estrategia para una experimentación eficiente.....	27
Figura 2. Superficie de repuesta reactor.....	28
Figura 3 Superficie de repuesta.....	29
Figura 4. Estrategia de primer orden.....	30
Figura 5. Flujograma de proceso de fruta confitada de papaya.....	43
Figura 6. Interacción de las variables dependientes Grados °Brix y Tiempo, para un tamaño de arista de 7 mm. en el cubo de fruta confitada.....	51
Figura 7. Interacción de las variables dependientes Grados °Brix y Tiempo, para un tamaño de arista de 10 mm. en el cubo de fruta confitada.....	51
Figura 8. Interacción de las variables dependientes Grados pH y Tiempo, para un tamaño de arista de 7 mm. en el cubo de fruta confitada.....	55
Figura 9. Interacción de las variables dependientes pH y Tiempo, para un tamaño de arista de 10 mm. en el cubo de fruta confitada.....	55
Figura 10. Interacción de las variables dependientes Acidez y Tiempo, para un tamaño de arista de 7 mm. en el cubo de fruta confitada.....	59
Figura 11. Interacción de las variables dependientes Acidez y Tiempo, para un tamaño de arista de 10 mm. en el cubo de fruta confitada.....	59
Figura 12. Interacción de las variables dependientes Color y Tiempo, para un tamaño de arista de 7 mm. en el cubo de fruta confitada.....	63
Figura 13. Interacción de las variables dependientes Color y Tiempo, para un tamaño de arista de 10 mm. en el cubo de fruta confitada.....	63
Figura 14. Interacción de las variables dependientes Sabor y Tiempo, para un tamaño de arista de 7 mm. en el cubo de fruta confitada.....	67
Figura 15. Interacción de las variables dependientes Sabor y Tiempo, para un tamaño de arista de 10 mm. en el cubo de fruta confitada.....	67
Figura 16. Interacción de las variables dependientes Olor y Tiempo, para un tamaño de arista de 7 mm. en el cubo de fruta confitada.....	71
Figura 17. Interacción de las variables dependientes Olor y Tiempo, para un tamaño de arista de 10 mm. en el cubo de fruta confitada.	71
Figura 18. Interacción de las variables dependientes Textura y Tiempo, para un tamaño de arista de 7 mm. en el cubo de fruta confitada.....	74
Figura 19. Interacción de las variables dependientes Textura y Tiempo, para un tamaño de arista de 10 mm. en el cubo de fruta confitada.....	74

Figura 20. Interacción de las variables dependientes Apariencia general y Tiempo, para un tamaño de arista de 7 mm. en el cubo de fruta confitada.....	80
Figura 21. Interacción de las variables dependientes Apariencia general y Tiempo, para un tamaño de arista de 10 mm. en el cubo de fruta confitada.....	80
Figura 22. Porcentajes de °Brix.....	83
Figura 23. Porcentajes de Ph.....	84
Figura 24. Porcentajes de Acidez.....	85
Figura 25. Porcentajes de Color.....	86
Figura 26. Porcentajes de Sabor.....	87
Figura 27. Porcentajes de Olor.....	88
Figura 28. Porcentajes de Textura.....	89
Figura 29. Porcentajes de Apariencia General.....	90
Figura 30. Termómetro y Cristalería de Laboratorio.	96
Figura 31. Refractómetro Manual.	
Figura 32. Barnier Manual.	
Figura 33. Balanzas.....	97
Figura 34. Recepción de la Papaya	
Figura 35. Escaldado de la Papaya (T°=75-95°C / 5min)	
Figura 36. Pelado de la Papaya.....	98
Figura 37. Partido y Despepitado	
Figura 38. Lavado y Selección	
Figura 39. Cocción de la papaya (T°= 105-115°C / 5 min.).....	99
Figura 40. Enfriado de la Papaya	
Figura 41. Selección y Cubeteado de la Papaya	
Figura 42. Zarandeo, Selección y pesado.....	100
Figura 43. Dosificado de la preparación del jarabe	
Figura 44. Confitado de la Papaya	
Figura 45. Escurrido de la Papaya Confitada.....	101
Figura 46. Análisis de Acidez de la Fruta Confitada	
Figura 47. Análisis de Grados Brix de la Fruta Confitada.	
Figura 48. Envasado y Pesado de la Papaya Confitada.....	102

RESUMEN

Trozos de papaya (*Carica papaya*) de 7*7mm y 10*10mm fueron sometidos a un proceso de osmo-deshidratación usando como agente edulcorante: la sacarosa en medio acuosa final 72 °Brix, a temperatura final de 100°C y 12 horas de inmersión por cambio. Los resultados estadísticos mostraron que los trozos de 7*7mm tienen mayor capacidad osmodeshidratante y el menor trozos de 10*10mm. Además, los análisis cinéticos indicaron que la máxima transferencia de masa ocurre en las primeras cuatro horas del proceso y la máxima pérdida de masa del producto que puede ser alcanzada fue de 32 % con un contenido de humedad final en los frutos de papaya osmodeshidratada de 41,3 %.

En el presente trabajo de investigación se ha evaluado las condiciones de operaciones que influyen en la deshidratación osmótica de la papaya (*Carica papaya*). El tiempo de proceso y la relación materia prima/solución se determinaron mediante pre-ensayos, siendo 12 horas y relación 1:1 y 1:2. Se definieron las condiciones óptimas de proceso como método de deshidratación osmótica directa, la concentración de la solución osmótica a 72% sacarosa con pH de 4.00- 4.50 para la aplicación a nivel laboratorio de la deshidratación de la papaya (*Carica papaya*).

Se realizó un análisis sensorial con un panel no entrenado para evaluar la aceptabilidad de la papaya deshidratada osmóticamente, obteniendo una preferencia total del 81% y una preferencia intermedia del 19%.

Palabras claves: Análisis, Deshidratación Osmótica, Disolución, Optimización, Operación.

ABSTRACT

Chunks of Papaya (*Carica papaya*) 7 * 7mm and 10 * 10mm underwent a process of osmotic dehydration using as a sweetening agent: sucrose in the middle watery end 72 °Brix, a final temperature of 100 ° C and 12 hours of immersion by change. The statistical results showed that pieces of 7 * 7mm osmotic dehydration have greater capacity and lower pieces 10 * 10mm. In addition, the kinetic analysis indicated that the maximum mass transfer occurs in the first four hours of the process and the maximum loss of mass of the product that can be achieved was 32%, with a final moisture content in the fruits of papaya osmotically dehydrated 41, 3 %.

In the present research work has been evaluated the conditions of operations that influence the osmotic dehydration of papaya (*carica papaya*). The process time and the raw material / solution ratio were determined by pre-tests, being 12 hours and ratio 1: 1 and 1: 2. The optimum process conditions were defined as the direct osmotic dehydration method, the concentration of the solution Osmotic at 72% sucrose with pH of 4.00- 4.50 for the laboratory application of dehydration of papaya (*carica papaya*).

A sensory analysis was performed with a non-trained panel to evaluate the acceptability of the osmotically dehydrated papaya, obtaining a total preference of 81% and an intermediate preference of 19%.

Key Words: Analysis, Osmotic dehydration, Dissolution, Optimization, Operation.

INTRODUCCIÓN

En países Latinoamericanos como Colombia, Venezuela, Ecuador, Chile, Argentina, Brasil, Costa Rica, Cuba, México, Nicaragua, Puerto Rico y Uruguay, por medio del programa de CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo) de Latinoamérica, han investigado sobre la posibilidad de desarrollar alternativas de aprovechamiento y preservación de ciertos alimentos, en especial de frutas tropicales; con tecnologías relativamente sencillas y con bajos montos de inversión. La deshidratación osmótica (DO) ha cobrado gran interés debido a que aplicada como un pre-tratamiento en los procesos tradicionales de conservación, mejora la calidad organoléptica del producto final con un bajo consumo de energía. Año tras año la elaboración de fruta confitada sigue ganando terreno en el mercado Internacional de la fruticultura. Esta fruta está siendo más demandada por nuevos mercados y nuevos consumidores en todo el mundo.

En efecto, una viscosidad demasiado elevada se opone a un buen escurrido de las frutas, una vez terminado el confitado propiamente dicho; tal viscosidad tiene por efecto hacer que las frutas queden pegajosas y adherentes. La cristalización y el amasado deben evitarse en la fruta confitada; los cambios de textura que de ello se desprenden hacen que el producto acabado no sea comercializable. “OFICINA ESPAÑOLA DE ~ PATENTES Y MARCAS ESPAÑA”.

Inventor/es: Ambid, Christian y Taillan, Eric Año 04.03.92

Es factible obtener un jarabe, con una concentración de 72 % de sacarosa a una temperatura de 100 °C y con un tiempo de maceración de 8 a 12 horas, es idóneo para obtener fruta confitada con características aceptables en grados brix, pH, acidez, color, sabor, olor, textura y apariencia general.

Evaluar y optimizar las condiciones de operación (temperatura de proceso, concentración de la disolución y tiempo de tratamiento) que influyen durante la deshidratación osmótica de la fruta confitada de papaya (*Carica Papaya*).

En la actualidad es vital para el consumidor ingerir alimentos que además de los beneficios originales que éste le pueda aportar, le ayude en el mantenimiento de su salud y en la prevención de enfermedades; es así que actualmente un buen porcentaje de la producción mundial de frutas está siendo utilizada en procesos de producción de alimentos funcionales (Milacatl, 2003).

Investigaciones han determinado que existen varios factores que influyen en la velocidad de deshidratación osmótica. Estos factores están estrechamente relacionados con las características propias de la fruta y del jarabe, y de las condiciones en que se pongan en contacto estos componentes de la mezcla.

Evaluar y optimizar las condiciones de operación (temperatura de proceso, concentración de la disolución y tiempo de tratamiento) que influyen durante la deshidratación osmótica de la fruta confitada de papaya (*Carica Papaya*).

Ha: Un jarabe para fruta confitada, con una concentración de 72 % de sacarosa a una temperatura de 100 °C y con un tiempo de maceración de 12 horas, es idóneo para obtener una fruta confitada con características aceptables en °Brix, pH, acidez, color, sabor, olor, textura y apariencia general.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Situación problemática.

En países Latinoamericanos como Colombia, Venezuela, Ecuador, Chile, Argentina, Brasil, Costa Rica, Cuba, México, Nicaragua, Puerto Rico y Uruguay, por medio del programa de CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo) de Latinoamérica, han investigado sobre la posibilidad de desarrollar alternativas de aprovechamiento y preservación de ciertos alimentos, en especial de frutas tropicales; con tecnologías relativamente sencillas y con bajos montos de inversión. La deshidratación osmótica (DO) ha cobrado gran interés debido a que aplicada como un pre-tratamiento en los procesos tradicionales de conservación, mejora la calidad organoléptica del producto final con un bajo consumo de energía. Año tras año la elaboración de fruta confitada sigue ganando terreno en el mercado Internacional de la fruticultura. Esta fruta está siendo más demandada por nuevos mercados y nuevos consumidores en todo el mundo.

Las condiciones de viscosidad constituyen un criterio importante, particularmente en el caso del jarabe, que es un fluido a base de agua, azúcar y acidulantes que evitan su inversión, donde se va incrementando la concentración del azúcar en un proceso progresivo. De esta manera nos lleva a un incremento de la viscosidad de jarabe al final del proceso.

En efecto, una viscosidad demasiado elevada se opone a un buen escurrido de las frutas, una vez terminado el confitado propiamente dicho; tal viscosidad tiene por efecto hacer que las frutas queden pegajosas y adherentes. La cristalización y el amasado deben evitarse en la fruta confitada; los cambios de textura que de ello se desprenden hacen que el producto acabado no sea comercializable. "OFICINA ESPAÑOLA DE ~ PATENTES Y MARCAS ESPAÑA".
Inventor/es: Ambid, Christian y Taillan, Eric Año 04.03.92

Los almíbares de confitado utilizados deben simultáneamente satisfacer condiciones de viscosidad, de ausencia de cristalización (precipitación de la sacarosa) y de amasado (precipitación de la dextrosa) y buenos rendimientos de confitado.

El Perú busca introducir la elaboración de fruta confita a su oferta exportable, hoy este proceso de elaboración está seduciendo por igual a grandes compañías y a pequeños productores, principalmente por su alta rentabilidad y por la oportunidad de ocupar una ventana comercial en una época en que existe desabastecimiento en todo el mundo; la optimización en este tipo de proceso aún no se ha determinado concretadamente; por lo que una elevada concentración en solutos puede provocar la ruptura de la estructura celular y alterar el comportamiento en lo que respecta a la ganancia de sólidos y pérdidas de agua (Isse y Schubert, 1991).

La cristalización y el amasado deben evitarse en la fruta confitada; los cambios de textura que de ello se desprenden hacen que el producto acabado no sea comercializable. Midial 192, Avenue Charles de Gaulle F-92522 Neuilly-sur-Seine Cédex, FR.

La inadecuada aplicación del proceso de deshidratación, lo que causaría que los productos deshidratados no cuenten con las características de sabor y textura que gustan a los consumidores, a nivel departamental de Lambayeque según los datos estadísticos no existen empresa que elabora este producto, sin embargo los productos deshidratados son procesados empíricamente.

El producto confitado puede ser distribuido a Pequeños comerciantes de mercados modelos y bodegas que compran para revender el producto, ya sea a consumidores finales o a empresas de catering.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son los parámetros de optimización (tiempo de tratamiento, concentración de la disolución y proporción fruta: jarabe), durante la deshidratación osmótica de la fruta confitada de papaya?

1.3. Delimitación de la investigación.

Los experimentos de evaluación y optimización de las condiciones de operación que influyen en la deshidratación osmótica de la fruto confitada de papaya (*Carica papaya*), tuvo lugar en el departamento de Lambayeque en la planta piloto de la Universidad Señor de Sipán.

1.4. Justificación e importancia

En la actualidad es vital para el consumidor ingerir alimentos que además de los beneficios originales que éste le pueda aportar, le ayude en el mantenimiento de su salud y en la prevención de enfermedades; es así que actualmente un buen porcentaje de la producción mundial de frutas está siendo utilizada en procesos de producción de alimentos funcionales (Milacatl, 2003). La papaya (*carica papaya*) que constituyen la base alimenticia del poblador no puede escapar de esta tendencia y podrían ser revalorizados utilizando una tecnología adecuada para darle un valor agregado. El secado es una forma de aprovechar la papaya, mientras que la deshidratación osmótica es aplicada como un tratamiento previo al secado por aire caliente de la papaya (*carica papaya*) reduciendo los costos de producción al ahorrarse energía además de obtener un producto con mejores propiedades organolépticas y nutricionales. Tanto madura como verde, la papaya contiene carotenoides de luteína y de zeaxantina, que pueden proteger los ojos ante diferentes enfermedades oculares como las cataratas y el glaucoma.

En este sentido son necesarios métodos de conservación que mantengan al máximo las características originales del producto. Una posibilidad es utilizar la deshidratación osmótica como un método de pretratamiento que permite obtener alimentos parcialmente deshidratados de alta humedad o de humedad intermedia más estables que el producto fresco. Este método permite obtener fruta deshidratada de gran calidad, ya que se minimiza el daño por calor, reduce los cambios de color del producto final sin necesidad de aditivos, y aumenta la retención de volátiles y pigmentos (Krokida et al 2000). En este sentido la optimización de los métodos de secado que minimicen los daños químicos y estructurales en aras a una buena rehidratación y calidad permitiría el desarrollo de productos de baja humedad de alta calidad, rentables económicamente y más acordes con las nuevas exigencias del consumidor.

Para la aplicación de dicha técnica en las condiciones óptimas de procesado, se necesitan estudios previos de cinéticas de proceso que permitan conocer las temperaturas y tiempos óptimos, a través de la aplicación de las diferentes técnicas y la medición de los parámetros de calidad más relevantes en cada caso. Una vez obtenido el producto con baja humedad, también es necesario conocer las condiciones bajo las cuales, dicho producto se mantendrá estable durante su almacenamiento y transporte.

La aplicación del fenómeno de ósmosis en la deshidratación de frutas se puede lograr debido a que un buen número de frutas, como es el caso de la fresa, papaya, mango o melón entre otras, cuentan con los elementos necesarios para inducir la osmosis.

Cabe recalcar que es muy importante que el departamento de Lambayeque posea una Planta de procesos de deshidratación osmótica de fruta confitada, que cumpla con todas las necesidades de los clientes, con el fin de que nuestra ciudad tenga una buena imagen de crecimiento.

El departamento de Lambayeque cuenta grandes plantas exportadora, de las cuales importan al extranjero una variedad de productos, pero de los cuales no logran satisfacer y abarcar con todas las necesidades del consumidor extranjero, debido a la gran cantidad de población existente, y por el exigente control en calidad de productos; los factores que dependen de la fruta son: la permeabilidad y características estructurales de las paredes o membranas celulares: la cantidad de superficie que se ponga en contacto con el jarabe y la composición de los jugos interiores de la pulpa.

1.5. Limitaciones de la investigación.

Durante tiempos cortos de tratamientos retrasa la penetración de sólidos en las células de la fruta de la papaya (*Carica papaya*).

1.6. Objetivos de la investigación

Objetivo general

Evaluar y optimizar las condiciones de operación, que influyen durante la deshidratación osmótica de la fruta confitada de papaya (*Carica Papaya*).

Objetivos específicos

- a. Determinar las concentraciones óptimas de la disolución de sacarosa a emplear en el proceso de deshidratación osmótica de la papaya (*carica papaya*).
- b. Determinar la temperatura óptima en la deshidratación osmótica de la papaya (*carica papaya*).
- c. Establecer el tiempo óptimo de la deshidratación osmótica de la papaya (*carica papaya*).
- d. Caracterizar la fruta confitada sometida a los parámetros de calidad según la Norma Técnica Peruana-ISO 22000-2006.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudios

En el departamento de tecnología de alimentos de la universidad politécnica de valencia. Se trabajó la investigación titulada optimización de las condiciones de operación de tratamientos osmóticos destinados al procesado mínimo de mango (*Mangifera indica L.*) desarrollado por Da AMPARO CHIRALT BOIX, CATEDRÁTICA Y Da ISABEL ESCRICHE ROBERTO, Año 2007, quienes concluyeron lo siguiente:

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en este estudio, el mango es una fruta adecuada para la obtención de un producto mínimamente procesado a nivel industrial aplicando tratamientos osmóticos suaves. Del estudio realizado, se podría recomendar como más adecuado el tratamiento llevado a cabo a presión atmosférica en disoluciones de sacarosa de 45 °Brix, sin adición de lactato cálcico, llevando al producto a una concentración de 20 °Brix. Con este tratamiento, se preserva en gran medida tanto el perfil aromático como las características ópticas (color), sin una modificación notable de las propiedades mecánicas del producto. Los tratamientos con calcio con aplicación de pulso de vacío conllevan una mejor conservación de las propiedades mecánicas y el calcio supone una mayor protección contra el crecimiento microbiano. No obstante, el pulso de vacío modifica negativamente las propiedades ópticas del producto y la presencia de calcio, en las proporciones utilizadas, parecen conllevar una aceleración de la senescencia de la fruta, fomentando el pardeamiento y la generación de compuestos aromáticos no deseados.

En este trabajo de investigación se concluye que es recomendable trabajar el tratamiento llevado a cabo a presión atmosférica.

En el Departamento de Ingeniería en Alimentos, Universidad de La Serena, Box 599, La Serena, Chile, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Carretera Moncada-Náquera, S/n, Box 46113, Valencia, España. Se trabajó la investigación titulada Deshidratación osmótica de la papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*) e influencia de la temperatura y concentración de la solución sobre la cinética de transferencia de materia. Desarrollado por VEGA-GÁLVEZ, Marlene PALACIOS; Marlene PALACIOS, Francisca BOGLIO, Catarina PÁSSARO, Catalina JERÉZ, Roberto LEMUS-MONDACA en el **Año:** 18/7/2007 (001720) quienes concluyeron lo siguiente:

Se realizó una regresión lineal múltiple, con el fin de describir la relación existente de las constantes cinéticas K_w y K_{ss} con las variables del proceso: temperatura y concentración, consideradas factores independientes, de donde se obtuvieron las ecuaciones 15 y 16.

$$K_w = 0,00927518 - 0,000190919 * T - 0,000459589 * C \quad (15)$$

$$K_{ss} = 0,00586581 - 0,000200329 * T - 0,000259812 * C \quad (16)$$

Del mismo modo, se realizó un modelo de regresión lineal múltiple para ver la influencia de las variables de proceso (temperatura y concentración) sobre las difusividades efectivas de agua y de sólidos, de donde se obtuvieron las ecuaciones 17 y 18. Según se observa, tanto para las difusividades efectivas de agua y de sólidos solubles como para las constantes cinéticas K_w y K_{ss} en todas estas ecuaciones la variable concentración (C) es de mayor relevancia con respecto a la temperatura (T) de la solución osmótica.

$$D_{we} = 3,6998 * 10^{-9} - 3,94168 * 10^{-12} * T + 1,20678 * 10^{-10} * C \quad (17)$$

$$D_{sse} = 2,0153 * 10^{-9} - 5,5585 * 10^{-12} * T + 5,8663 * 10^{-11} * C \quad (18)$$

En este trabajo de investigación se concluye que en todas las ecuaciones la variable concentración (C) es de mayor relevancia con respecto a la temperatura (T) de la solución osmótica.

En el departamento de tecnología de alimentos de la universidad politécnica de valencia, se trabajó la investigación titulada optimización del secado por aire caliente de pera blanquilla, desarrollada por D^a CHELO GOZÁLEZ MARTINEZ PROFESORA Y D^a MARIA TERESA CHÁFER NÁCHER PROFESORA TITULAR DE UNVIERSIDAD **Año:** 2004 quienes concluyeron lo siguiente:

Se ha analizado el efecto de los tratamientos osmóticos llevados a cabo en mango bajo diferentes condiciones (concentración de las disoluciones osmóticas, presión atmosférica o aplicación de pulso de vacío, adición o no de lactato de calcio y diferentes niveles de deshidratación de la fruta) en distintas propiedades relacionadas con la calidad de la fruta mínimamente procesada: perfil de volátiles, color, propiedades mecánicas y aceptación sensorial. Además, se ha estudiado la evolución durante el almacenamiento del mango mínimamente procesado (hasta 20 °Brix) y refrigerado a 10 °C, a través de la respiración, la calidad microbiológica, las propiedades físicas (color y mecánicas) y el perfil de volátiles.

En este trabajo de investigación se concluye que es recomendable utilizar la impregnación a vacío o tratamientos osmóticos largos, para un mejor mantenimiento del color.

En la Universidad Nacional del Colombia, se trabajó la investigación titulada Deshidratación osmótica de frutos de papaya hawaiana (*Carica papaya L.*) desarrollada por RÍOS, M. MÁRQUEZ, C. Y CIRO, V. (U.N.C) quienes concluyeron lo siguiente: Año: 2005

Lograron someter trozos de papaya en cuatro agentes edulcorante, lograron someter trozos de papaya hawaiana (*Carica papaya L.*) usando cuatro agentes edulcorantes: miel de abejas, miel de caña, crema de miel de abejas y sacarosa en medio acuoso a 79 °Brix, temperatura de 20 °C y 23 horas de inmersión. Los resultados estadísticos mostraron que el agente de mayor capacidad deshidratante fue la miel de abejas y el menor la sacarosa. Además, los análisis cinéticos indicaron que la máxima transferencia de masa ocurre en las primeras cuatro horas del proceso y la máxima pérdida de masa del producto que puede ser alcanzada fue de 32 % con un contenido de humedad final en los frutos de papaya osmodeshidratada de 41,3 % base húmeda.

En esta investigación se concluye que el agente mayor de capacidad deshidratante es la miel de abejas y el menor la sacarosa.

En la Universidad Rafael Landívar (1997) se trabajó la investigación titulada optimizar el secado de banano por ósmosis, por ROLTZ, J. quien concluyo lo siguiente:

En su tesis Empleo de un diseño experimental para utilizó azúcares invertidos para realizar el proceso (78-80 °Brix) colocando el banano rodajado en la solución osmótica con temperatura controlada. Se lavó con agua fría y se colocó en papel de aluminio en un horno de bandejas por 19 horas, con esto se obtuvo un 2 producto con buenas condiciones organolépticas. También realizó un diseño factorial en la experimentación concluyendo que los valores más convenientes de concentración y temperatura del jarabe son 55 °Brix y 55 °C.

En este trabajo de investigación se concluye que los valores más convenientes de concentración y temperatura del jarabe son 55°brix y 55°C.

En la Universidad del Valle de Guatemala (UVG, 1994) se trabajó la investigación titulada Producción, caracterización y utilización de zapote deshidratado por ósmosis y aire caliente, desarrollada por PINTO, C. quien concluyo lo siguiente:

Utilizó soluciones de azúcar, panela y miel para la deshidratación de zapote. Se sometió al proceso osmótico durante cuatro horas reduciendo el contenido de la fruta en un 25-30%. De los tres endulzantes comprobó que no existe diferencia significativa en la deshidratación osmótica utilizando miel y azúcar y al utilizar panela gustó poco. Al comparar los resultados de la deshidratación osmótica con la deshidratación por medio de aire caliente, ésta última fue la menos apreciada.

En este trabajo de investigación se concluyó que es recomendable utilizar el proceso de deshidratación osmótica.

2.2. Estado del arte

En el departamento de tecnología de alimentos de la universidad politécnica de valencia. Se trabajó la investigación titulada optimización de las condiciones de operación de tratamientos osmóticos destinados al procesado mínimo de mango (*Mangifera indica L.*) desarrollado por Da AMPARO CHIRALT BOIX, CATEDRÁTICA Y Da ISABEL ESCRICHE ROBERTO (Año 2007), quienes escriben en su resumen lo siguiente:

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en este estudio, el mango es una fruta adecuada para la obtención de un producto mínimamente procesado a nivel industrial aplicando tratamientos osmóticos suaves. Del estudio realizado, se podría recomendar como más adecuado el tratamiento llevado a cabo a presión atmosférica en disoluciones de sacarosa de 45 °Brix, sin adición de lactato cálcico, llevando al producto a una concentración de 20 °Brix. Con este tratamiento, se preserva en gran medida tanto el perfil aromático como las características ópticas (color), sin una modificación notable de las propiedades mecánicas del producto. Los tratamientos con calcio con aplicación de pulso de vacío conllevan una mejor conservación de las propiedades mecánicas y el calcio supone una mayor protección contra el crecimiento microbiano. No obstante, el pulso de vacío modifica negativamente las propiedades ópticas del producto y la presencia de calcio, en las proporciones utilizadas, parecen conllevar una aceleración de la senescencia de la fruta, fomentando el pardeamiento y la generación de compuestos aromáticos no deseados.

En este trabajo de investigación se concluye que es recomendable trabajar el tratamiento llevado a cabo a presión atmosférica.

2.3. Bases teórico científicas

a. Fenómeno osmótico

El fenómeno osmótico se produce durante a transferencia de agua a través de la membrana celular semipermeable de la fruta hacia la solución osmótica en tres situaciones:

Transferencia célula-célula (intercelular).

Transferencia célula-espacio intercelular.

Transferencia célula-disolución (superficial).

La transferencia de solutos por este mecanismo está limitada por la permeabilidad selectiva de las membranas celulares. La fuerza impulsora responsable del fenómeno osmótico, que provoca la transferencia de agua, viene dada por la diferencia de potencial químico del agua en las células y en la disolución osmótica (Chirife, 1982). El potencial químico (μ) está a su vez relacionado con la a_w y con la presión osmótica (π) de cada una de las fases líquidas (ecuaciones 1 y 2) (Chirife, 1982).

$$V^{\circ} = \text{volumen molar del agua pura.}$$

$$\mu_w = \mu_w^{\circ} + RT \ln a_w \quad (1)$$

$$\pi = \frac{-RT \ln a_w}{V^{\circ}} \quad (2)$$

Dónde:

μ_w° = potencial químico del estado de referencia.

T = temperatura.

R = constante de los gases.

b. Fenómeno difusional.

La difusión de agua y los solutos en el producto durante la DO ocurren dentro de cada una de las fases líquidas (compartimentadas en las células) y en los espacios intercelulares, a través del líquido presente en los mismos (Karel, 1973; Levi et al., 1983; Fito, 1994). La fuerza impulsora para la difusión de los diferentes componentes en el sistema son las diferencias de potencial químico de los mismos en los diferentes puntos del sistema. Cuando estas diferencias desaparecen, el sistema alcanza el equilibrio y no hay transferencia de materia. El agua es el componente que difunde mayoritariamente durante los procesos de DO, debido a su pequeño tamaño molecular y a la alta permeabilidad que presentan las membranas celulares a este componente de. Las condiciones de equilibrio para el agua serán:

$$\mu_{w, SO} = \mu_{w, FPL} \quad (3)$$

Dónde:

$\mu_{w, SO}$ = potencial químico del agua en la disolución osmótica.

$\mu_{w, FPL}$ = potencial químico del agua en la fracción líquida del producto.

La ecuación 4 expresa las diferentes contribuciones al valor del potencial químico del agua en frutas:

$$\mu_w - \mu_w^{\circ} = RT \ln a_w + \frac{v_w}{V_w} \Delta P + \Delta \Psi \quad (1)$$

El primer término ($RT \ln a_w$) está asociado con el valor de la a_w y contribuye en gran medida a las diferencias de potencial químico en el sistema alimento disolución osmótica externa. El segundo término ($v_w \Delta P / V_w$) no influye si no hay gradientes de presión en el sistema. Esto se cumple una vez que las células han perdido su turgencia, lo cual ocurre en las primeras etapas del proceso. El tercer término ($\Delta \Psi$) corresponde al llamado potencial

métrico (asociado a las interacciones agua-matriz estructural de la fruta). Este término es despreciable para contenidos de humedad altos, como los obtenidos en DO. De este modo, durante la mayor parte del tiempo del proceso de DO la relación de equilibrio para el agua puede ser simplificada a la ecuación 5:

$$a_{w\ SO} = a_{w\ FPL}(5)$$

Dónde:

$a_{w\ SO}$ = actividad del agua de la disolución osmótica.

$a_{w\ FPL}$ = actividad del agua de la fracción líquida del producto.

Si en la fruta y en la disolución osmótica los solutos mayoritarios son los mismos, la ecuación 1.6 se simplifica a:

$$X_{w\ ,\ SO} = X_{w\ ,\ FPL}(1.6)$$

Dónde:

$X_{w\ ,\ SO}$ = fracción masica de agua en la disolución osmótica.

$X_{w\ ,\ FPL}$ = fracción masica de agua en la fracción líquida del producto.

Esta es la base de la definición habitual de la fuerza impulsora reducida (Y) para la transferencia de un componente "i" en el sistema, en términos de las diferencias de sus fracciones másicas (ecuación 7).

$$Y = \frac{X_{it} - X_{ie}}{X_{it} + X_{ie}}$$

Dónde:

X_i = fracción masica de i aun tiempo t.

X_{ie} = fracción masica de i en el equilibrio.

$$X_{ie} = \text{fracción masica de i a un tiempo } t = 0$$

c. Fenómeno de Fick:

Las ecuaciones basadas en el modelo de Fick proporcionan la relación entre la fuerza impulsora reducida (dependiente de la concentración), el tiempo de proceso y la posición el sistema. No obstante, la aplicación de estas ecuaciones sistemas de estructura compleja no isotrópica, como las frutas, las convierte en ecuaciones empíricas, debido a que no se cumplen las condiciones de contorno en las que se deducen las ecuaciones fickianas integradas (Barat et al., 1997a; Fito y Chiralt, 1997).

$$q = -k \nabla T$$

Dónde:

q : es el vector de flujo de calor por unidad de superficie (W m⁻²).

k : es una constante de proporcionalidad, llamada conductividad térmica (W m⁻¹ K⁻¹).

∇T : es el gradiente del campo de temperatura en el interior del material (K m⁻¹).

Modelo de Azuara (1992):

Azuara modeló la pérdida de agua y la ganancia de sólidos en la OD a partir de los balances de masa, obteniendo ecuaciones que requieren dos parámetros ajustables (Azuara, et al., 1992a, Azuara et al., 1998; Azuara et al., 2002; Walizsewski et al., 2002, Parjoko et al., 1996, Kaymak-Ertekin y Sultanoglu, 2000). Balance de masa para el agua.

$$\Delta M_t^w = \Delta M_\infty^w - M_m^w \quad (9)$$

Donde w_m M es el agua capaz de difundirse que permanece en el alimento en un tiempo t. Como la pérdida de agua es función del agua que

es capaz de difundirse y del tiempo (si se tienen la concentración de la disolución osmótica y la temperatura constantes), entonces:

$$\Delta M_t^w = S_1 t M_m^w$$

Reemplazando (9) en (10) y reorganizado se obtiene:

$$\Delta M_t^{ss} = \frac{S_2 t \Delta M_\infty^{ss}}{1 + S_2 t} \quad (11)$$

Haciendo un tratamiento similar, se obtiene la expresión para la ganancia de sólidos.

$$\Delta M_t^{ss} = \frac{S_2 t \Delta M_\infty^{ss}}{1 + S_2 t} \quad (12)$$

S_1 y S_2 son parámetros que pueden definirse como constantes de velocidad relativas a la pérdida de agua y a la ganancia de sólidos respectivamente (Parjoko et al., 1996).

Linealizando las ecuaciones (11) y (12) se obtiene:

$$\frac{t}{\Delta M_t^w} = \frac{1}{S_1 \Delta M_\infty^w} + \frac{t}{\Delta M_\infty^w} \quad (13)$$

$$\frac{t}{\Delta M_t^{ss}} = \frac{1}{S_2 \Delta M_\infty^{ss}} + \frac{t}{\Delta M_\infty^{ss}} \quad (14)$$

Con

$$\Delta M_t^w = \frac{(M_0^0 x_0^w) - (M_t^0 x_t^w)}{M_0^0} \quad (15)$$

$$\Delta M_t^{ss} = \frac{M_t^0 (1 - x_t^w) - M_0^0 (1 - x_0^w)}{M_0^0} \quad (16)$$

Las ecuaciones (15) y (16) son propuestas por Beristaín et al. (1990) (citado por Parjoko et al., 1996) y son utilizadas por la mayoría de los autores (Moreno et al., 2004; Mavroudis et al., 1998; Parjoko et al., 1996; Azuara et al., 1998; Giraldo et al., 2003; Kaymak-Ertekin y Sultanoglu, 2000) para el

cálculo de pérdida de agua y ganancia de sólidos a partir de datos experimentales. Estas ecuaciones corresponden a un balance general de agua y de sólidos respectivamente, suponiendo que no hay salida de solutos.

Azuara propone calcular el coeficiente de difusión efectivo relacionando su modelo con la ecuación simplificada de Fick para láminas semi-infinitas de acuerdo a la siguiente ecuación (Azuara, 1992b).

$$D_{e,w} = \frac{\pi t}{4} \left[\left(\frac{S_1 l}{1 + S_1 t} \right) \left(\frac{\Delta M_{\infty}^{w, mod}}{\Delta M_{\infty}^{w, exp}} \right) \right]^2 \quad (17)$$

Donde $\Delta M_{\infty}^{w, mod}$ corresponde a la pérdida de agua en el equilibrio calculada a partir de la ecuación (13) y $\Delta M_{\infty}^{w, exp}$ es el valor obtenido experimentalmente. El modelo de Azuara es un modelo empírico que se basa en el ajuste de una ecuación a los datos experimentales. Su mayor ventaja es que no se requiere llegar al equilibrio para predecirlo. Su gran desventaja es su validez, que se limita al rango experimental para el que se obtuvieron los parámetros. Este método, al igual que los demás modelos empíricos no tiene en cuenta las dimensiones, la forma ni la estructura del material.

Modelo de Crank (1964)

Consiste en un grupo de soluciones de la ley de difusión de Fick para diferentes geometrías, condiciones límite y condiciones iniciales desarrolladas por Crank. Este modelo ha sido empleado por muchos autores ya que es el modelo fenomenológico más conocido para representar el mecanismo difusional (Giraldo et al., 2003; Park et al., 2002; Walizsewski et al., 2002; Rodríguez et al., 2003; Azuara et al., 2002; Salvatori et al., 1999; El Aouar et al., 2003, Kaymak-Ertekin y Sultanoglu, 2000). Con el modelo de Crank, se estiman la difusividad efectiva (D_e) del agua y del soluto, simulando los experimentos con condiciones límites y resolviendo las ecuaciones analítica o numéricamente, pero las suposiciones que se hacen

no siempre son fáciles de lograr lo que implica grandes limitaciones (Parjoko et al., 1996). Las limitaciones del modelo de difusión de Fick para propósitos prácticos son: (1) se asume un cuerpo semiinfinito por lo tanto la transferencia de masa es unidireccional, (2) se asume que el agente osmótico es un medio semi-infinito, por lo tanto se requiere una relación disolución/alimento muy grande, (3) aunque tiene en cuenta la forma y las dimensiones, sólo hay soluciones analíticas para láminas planas, cilindros, cubos y esferas, entonces se requieren técnicas numéricas para materiales irregulares, (4) el punto de equilibrio tiene que determinarse experimentalmente, (5) se asume que sólo se presenta el mecanismo de difusión para la extracción de agua, (6) no hay efecto de los sólidos ganados ni de los solutos perdidos sobre la pérdida de agua, (7) se desprecia el encogimiento debido a la transferencia de masa y (8) se desprecia la resistencia externa a la transferencia de masa, pero esto no se puede lograr a baja temperatura ni a alta concentración de soluto (Parjoko et al., 1996). La difusividad efectiva explica al mismo tiempo la variación de las propiedades físicas del tejido y la influencia de las características de la disolución y de las variables de proceso, por lo tanto, observando simplemente la magnitud de D_e no se entiende explícitamente el impacto de los diferentes parámetros sobre el proceso de OD (Yao y Le Maguer, 1997b). En las ecuaciones (1) a la (4) se presenta la solución para láminas planas semi-infinitas (Crank, 1964; Barat, 1998; Rastogi y Raghavarao, 2002):

Para tiempos largos:

$$\left(\frac{M_0^j - M_t^j}{M_0^j - M_\infty^j} \right) = 1 - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{8}{(2n+1)^2 \pi^2} \exp \left\{ -(2n+1)^2 \frac{\pi^2 Fo}{4} \right\} \quad (1)$$

Donde el número de Fourier (Fo) está dado por:

$$Fo = D_e^j t / l^2$$

Para tiempos cortos:

$$\left(\frac{M_0^j - M_t^j}{M_0^j - M_\infty^j}\right) = 2(Fo)^{0.5} \left\{ \pi^{-0.5} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \operatorname{ierfc} \frac{n}{Fo} \right\} \quad (2)$$

ierfc: integral de la función de error complementaria. El modelo puede simplificarse usando únicamente el primer término de la serie, de acuerdo a las ecuaciones (3) y (4), aunque es menos riguroso matemáticamente.

Para tiempos largos:

$$\left(\frac{M_0^j - M_t^j}{M_0^j - M_\infty^j}\right) = 1 - \frac{8}{\pi^2} \exp\left\{-\frac{\pi^2 - Fo}{4}\right\} \quad (3)$$

Para tiempos cortos:

$$\left(\frac{M_0^j - M_t^j}{M_0^j - M_\infty^j}\right) = 2 \left(\frac{Fo}{\pi}\right)^{0.5} \quad (4)$$

A partir de las ecuaciones (1) a la (4), se determina el Fo para cada punto experimental y con una gráfica de Fo vs. tse infiere el valor de la difusividad efectiva je D (Rastogi et al., 1997; Shi y Le Maguer, 2002b).

Las formas de presentar las soluciones de Crank varían entre autores, y cada uno ha encontrado el coeficiente de difusión efectivo que se ajusta a sus datos experimentales como se muestra en la tabla 2. Aunque las diferencias entre los valores pueden atribuirse a la diversidad de los productos y de condiciones utilizadas en el ensayo, también puede considerarse que se deben a que no se cumplen todas las hipótesis sobre las cuales se desarrolló el modelo (Spiazzi y Mascheroni, 1997) y a la existencia de mecanismos no fickianos. Por lo tanto el uso del modelo de Crank se convierte en un procedimiento empírico para ajustar a los datos experimentales y De en un parámetro cinético fuertemente dependiente de las condiciones experimentales y del método matemático (Salvatori, 1999; Shi y Le Maguer, 2002b).

Modelo de Magee (1978)

Este modelo fue propuesto por Hawkes y Flink (1978) (citado por Moreira et al., 2003) pero varios autores lo atribuyen a Magee, quien hizo algunas modificaciones (Parjoko et al., 1996; Giraldo et al., 2003).

$$\frac{M_0^j - M_t^j}{M_t^o} = k t^{0.5} + k_o$$

Los valores de k y k₀ son parámetros cinéticos empíricos, pero se les puede asignar un significado físico; k se asocia con las velocidades de transferencia de agua y de solutos que ocurren a través del mecanismo osmótico-difusional (constante cinética de difusión) dado que la transferencia de masa que ocurre por mecanismos difusionales es proporcional a la raíz cuadrada del tiempo en procesos cortos de acuerdo a la ecuación de Crank y k₀ cuantifica la ganancia o pérdida de masa que ocurre después de tiempos de proceso muy cortos debido a la acción del HDM promovido por presiones impuestas o capilares (Giraldo et al., 2003). Este modelo sólo es válido para tiempos cortos (Parjoko et al., 1996).

d. La optimización de los procesos con el diseño de experimentos (DOE)

Antecedentes de diseño de experimentos

DOE fue iniciado en 1920 por Sir Ronald A. Fisher en Rothamsted de Inglaterra.

Estación Experimental. Fisher DOE aplicó por primera vez para aumentar los rendimientos de los cultivos en la agricultura; nunca ya que, DOE ha jugado un papel importante en el aumento de la producción agrícola.

Fisher presentó cuatro principios del DOE:

1. concepto Factorial - variando todos los factores juntos utilizando una cuadrícula factorial en lugar de variando un factor a la vez.
2. La aleatorización - aleatorizar el orden de las corridas experimentales individuales en la rejilla factorial para evitar el sesgo de acecho variables (no identificados).
3. Bloqueo - para reducir el ruido de variable estorbo.
4. Replicación - para reducir el enmascaramiento potencial de los factores experimentales debido al ruido (Impredecible) variación.

Mejora de Procesos con Estadística de Modelos.

DOE es útil cuando usted no puede tener los datos apropiados para resolver un problema - pueden haber recogido datos para un propósito diferente por lo que no es directamente relevante, o la tecla las variables pueden haber sido modificadas de la misma manera al mismo tiempo. A veces en los procesos que se están investigando son tan nuevo que no está limitado de datos previos disponibles.

En estas situaciones, JMP para DOE ayuda a los usuarios definir el plan más rentable para recoger nuevos datos pertinentes y la analizan de forma sencilla y rápida.

A través de estudios de casos reales, se puede descubrir las mejores prácticas para la definición de la nueva, planes de recopilación de datos rentables utilizando los últimos avances en el DOE, modelo estadísticamente los patrones importantes de variación en los datos resultantes, y interactuar visualmente con éstos modelos para identificar las condiciones óptimas de operación y robustos.

Optimización Experimental

Introducción a la metodología de superficies de respuesta.

Experimentación

Significa variar deliberadamente las condiciones habituales de trabajo para encontrar mejores maneras de proceder, y ganar al mismo tiempo un conocimiento más profundo sobre el comportamiento de productos y/o procesos.

Estrategia para una experimentación eficiente:

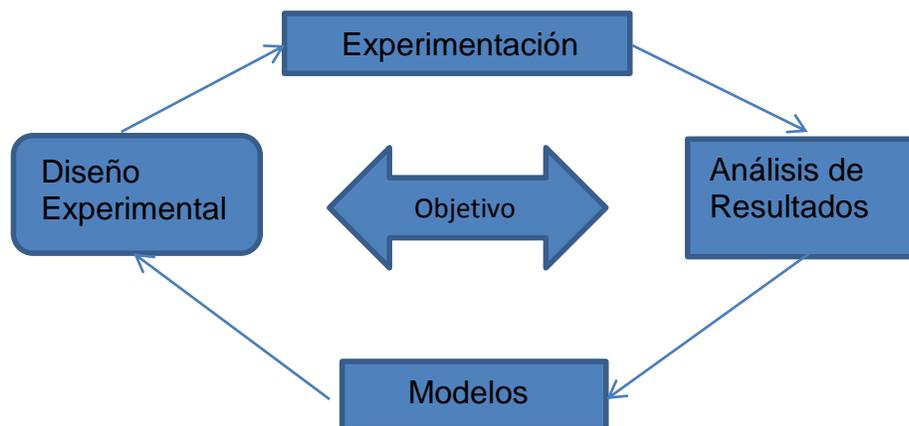


Figura 1. Bloques de Experimentación.

Fuente: *Process Analysis by statistical methods; HIMMELBLAU.*

La metodología de superficies de repuesta.

Conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas útiles para modelar y analizar problemas en los cuales una respuesta de interés es influida por varias variables, y su objetivo es optimizar esta respuesta.

Necesidad de un modelo:

- La capacidad de predecir o explicar el valor de cierta respuesta Y una vez conocidos los valores de otras variables x_i 's.
- El hecho de poder seleccionar aquellas condiciones de los factores x_i 's que permitan optimizar una la respuesta Y.

Superficie de respuesta Reactor

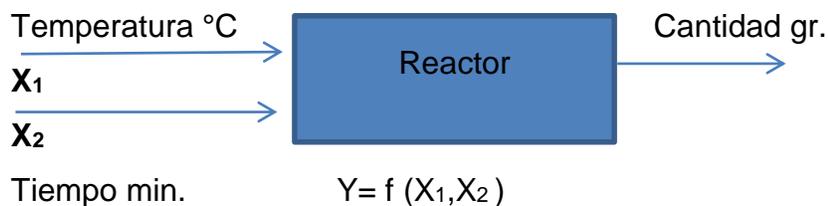


Figura 2. *Reactor repuesta*

Fuente: *Planificación experimental y optimización, ZAMORANO.*

Superficie de respuesta.

Actual Factores:

X = Tiempo

Y = Proporción

Tiempo y Proporción

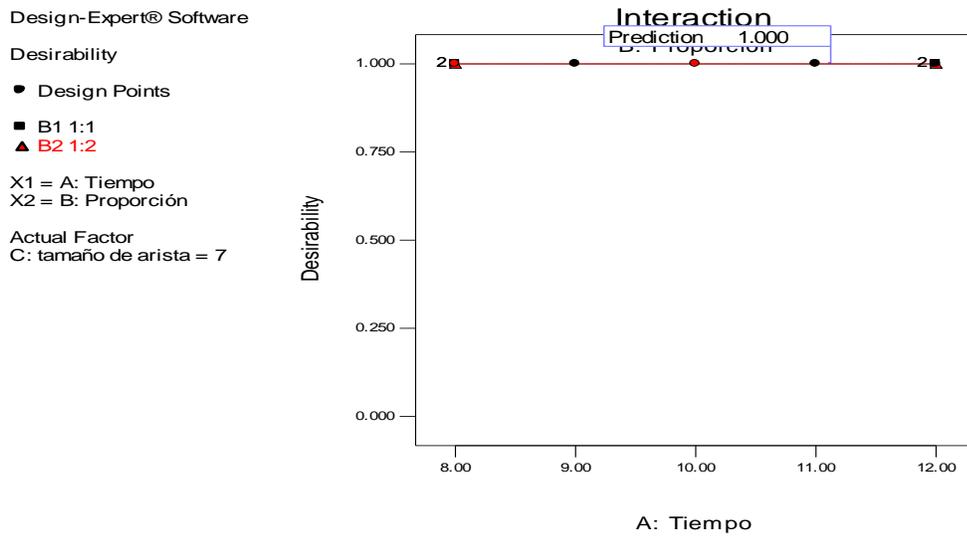


Figura 3. Superficie Repuesta.

Fuente: Principios de optimización de procesos, DIAZ MATA.

Estrategia de Primer Orden

Diseño 2^k Estimación de un modelo lineal por mínimos cuadrados. Uso de mapas de contornos ó curvas de nivel Camino de la máxima pendiente (steepest ascent), Codificación de variables: Diseño de primer orden, Modeló de primer orden, Pendiente Normalizada, Búsqueda del óptimo.

Diseño de Primer Orden

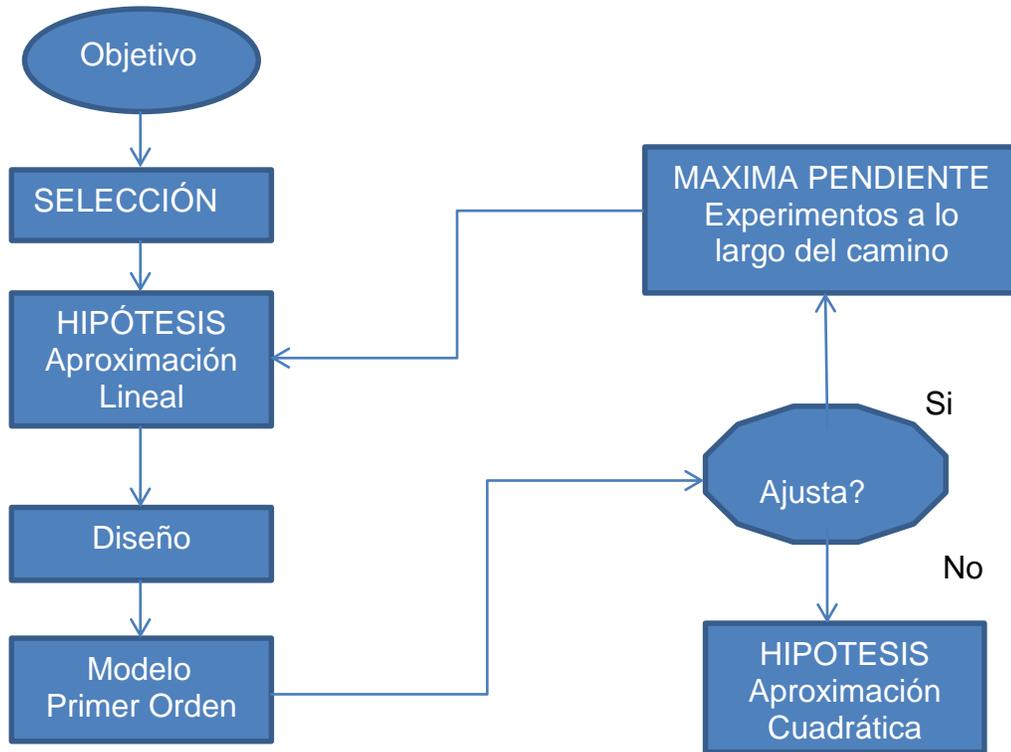


Figura 4. Estrategia de primer orden.

Fuente: Probabilidad y estadística para ingenieros; WALPOLE.

Análisis de regresión

Análisis de regresión es la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos para el análisis de datos experimentales, y el “ajuste” de estos modelos matemáticos a los datos mediante la estimación de parámetros desconocidos de los modelos, Modelos lineales, Modelos no lineales.

Mínimos cuadrados: es la suma de cuadrados de las diferencias entre los valores experimentales y los valores estimados por el modelo:

Ajuste de modelos (Regresión).

Distribución de varianzas en regresión.

Análisis de varianza para regresión.

Estrategias de la metodología de superficie de respuesta.

2.4. Definición de términos básicos

Deshidratación Osmótica

Es un tratamiento de eliminación parcial de agua, donde se sumerge la materia prima en una solución hipertónica que tiene una alta presión osmótica y baja actividad de agua, siendo la fuerza impulsadora para que el agua del alimento.

Optimización

Es la búsqueda y el hecho de mejorar el rendimiento de un proceso, a partir de determinados cambios en los valores de los variables que afectan el mismo.

Disolución

Una disolución, también llamada solución, es una mezcla homogénea a nivel molecular o iónico de dos o más sustancias, que no reaccionan entre sí, cuyos componentes se encuentran en proporción de que varía entre ciertos límites.

Condiciones de operación

Son las diferentes situaciones parametradas que rigen o guían el desarrollo de un proceso de elaboración de un producto alimentario; pudiendo ser manipuladas, controladas y monitoreadas de manera que el proceso siga un curso normalizado.

Papaya

La papaya cuyo nombre científico es *Carica papaya*, pertenece a la familia de las *Caricáceas*, nativa de Centroamérica, posiblemente entre el sur de México y el norte de Nicaragua. La primera mención de la misma fue en el año 1535 y se le atribuye a Oviedo (Gonzalo Fernández de Oviedo_1478_1557, historiador español), quien informó a los reyes de España haber visto plantas de papayas creciendo en dicha región.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación

Tipo de investigación

Este estudio es una investigación cuantitativa. La cuantificación de los resultados serán obtenidos mediante cálculos matemáticos.

Según su contexto la investigación será de laboratorio, lo que conlleva a realizar un apropiado manejo de las variables o condiciones de trabajo para obtención de buenos resultados.

Diseño de la investigación

Nos acoplamos a una investigación experimental, cuyos procedimientos se realizarán en base de parámetros, Brix, PH, acidez.

3.2. Población y muestra

Población

Se trabajará con 50 Kilogramos de papaya verde (*Carica papaya*), siendo recolectadas y previamente seleccionadas de acuerdo a las características requeridas.

Muestra

100 g de pulpa de papaya verde para cada corrida experimental, 13 Corridas.

3.3. Hipótesis

Ha: Es factible obtener un jarabe, con una concentración de 72 % de sacarosa a una temperatura de 100 °C y con un tiempo de maceración de 8 a 12 horas, es idóneo para obtener fruta confitada con características aceptables en grados brix, pH, acidez, color, sabor, olor, textura y apariencia general.

3.4. Variables

3.4.1. Variables dependientes

Grados Brix

pH

Acidez

Color

Sabor

Olor

Textura

Apariencia general

3.4.2. Variables independientes

Proporción de fruta: jarabe

Tiempo

Concentración Jarabe

3.5. Operacionalización

Tabla 1.

Operacionalización de variables dependientes e independientes.

Variable Independiente	Dimensiones	Indicador	Equipo o instrumento
Proporción fruta: jarabe	1:1	g/g	Termómetro
	1:2		
Tiempo	8	h	Cronómetro
	a		
	12		
	52		
Concentración de jarabe	56	%	Refractómetro
	60		
	64		
	68		
	72		
Variable Dependiente	Dimensiones	Indicador	Equipo o instrumento
Grados Brix		°Bx	Refatrometro
pH		pH	pHmetro
Acidez		%	Titulador para acidez
Color		Puntaje	Pruebas Escala hedónica
Sabor		Puntaje	Pruebas Escala hedónica
Olor		Puntaje	Pruebas Escala hedónica
Textura		Puntaje	Pruebas Escala hedónica
Apariencia general		Puntaje	Pruebas Escala hedónica

Fuente: *Elaboración Propia.*

Matriz Operacional

Proporción fruta: jarabe (1:1 y 1:2)

Tiempo (8 a 12 h)

Concentración de jarabe 1er cambio: 52

Concentración de jarabe 2do cambio: 56

Concentración de jarabe 3er cambio: 60

Concentración de jarabe 4to cambio: 64

Concentración de jarabe 5to cambio: 68

Concentración de jarabe 6to cambio: 68 – 72

Tabla 2.

Matriz Operacional de ensayos

Tratamiento	Proporción (pulpa: jarabe)	Tiempo (h)	Tamaño de arista (mm)
1	01:01	9	10
2	01:01	12	7
3	01:02	12	7
4	01:02	8	7
5	01:02	10	7
6	01:02	11	10
7	01:02	12	10
8	01:01	9	7
9	01:01	12	10
10	01:02	8	10
11	01:01	8	10
12	01:01	11	7
13	01:01	8	7

Fuente: *Elaboración Propia.*

3.6. Abordaje Metodológico, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 3. Materiales de laboratorio.

Materiales, Equipos y Reactivos	Cant.
Balanza analítica	1 uni.
Refractómetro Mettler Toledo	1 uni.
pH-metro digital Mettler Toledo	1 uni.
Agitador magnético	1 uni.
Bagueta.	1 uni.
Probeta.	1 uni.
Vaso precipitado de 250ml.	1 uni.
Vernier	1 uni.
Termómetro	1 uni.
Licuada	1 uni.
Fiola de 1tl	1 uni.
Mortero	1 uni.
Matraz de 250 ml	1 uni.
Equipo de titulación: Bureta de 25 MI	1 uni.
Agua destilada.	20 Lt.
NaOH (0.1N).	5 Lt.
Papel tisú	2 Kg.
Solución de Fenolftaleína al 0.5 %	1 Lt.

Fuente: *Elaboración Propia.*

3.6.1. Abordaje Metodológico

Escala hedónica

Análisis sensorial compuesto por pruebas de aceptabilidad con 30 jueces no entrenados de ambos sexos con edades comprendidas entre

16 y 45 años usando la escala hedónica de 9 puntos estructurada anclado en sus extremos los términos como me gusta extremadamente 9 y disgustan extremadamente 1.

Las muestras con un peso de aproximadamente 20 g fueron servidos a temperatura ambiente en vasos de plástico desechables codificados con números de tres dígitos con orden aleatorio de la presentación, y el agua para la limpieza de boca entre las evaluaciones de muestra. Tiempo de muestreo fue de entre 9 y 12 am y las 2 y las 5 pm. Se evaluaron los siguientes parámetros: general aceptación, aroma, sabor, color y textura.

Métodos de Análisis AOAC

Determinación de Sólidos solubles totales (°Brix) 932.12/90 de la A.O.A.C adaptado (Bernal, 1993).

La determinación de sólidos solubles (°Brix) se hizo según el método 932.12/90 de la A.O.A.C, para el efecto se realizó un macerado de la pulpa de la papaya confitada, que fue filtrado para medir el contenido de sólidos solubles totales (SST) con refractómetro en una escala de 0 - 30% y corrección por temperatura y acidez (Icontec-NTC4086, 1996), de acuerdo con la relación: $S.S.T. \text{ corregido} = 0.194 * A + S.S.T.$, donde A es el porcentaje de ácido málico y S.S.T. son los sólidos solubles totales

Determinación de pH 981.12/90 de la A.O.A.C adaptado (Bernal, 1993).

Métodos de Análisis AOAC

Determinación de Sólidos solubles totales (°Brix) 932.12/90 de la A.O.A.C adaptado (Bernal, 1993).

La determinación de sólidos solubles (°Brix) se hizo según el método 932.12/90 de la A.O.A.C, para el efecto se realizó un macerado de la pulpa de la papaya confitada, que fue filtrado para medir el contenido de sólidos solubles totales (SST) con refractómetro en una escala de 0 - 30% y corrección por temperatura y acidez (Icontec-NTC4086, 1996), de acuerdo con la relación: $S.S.T. \text{ corregido} = 0.194 * A + S.S.T.$, donde A es el porcentaje de ácido málico y S.S.T. son los sólidos solubles totales

Determinación de pH 981.12/90 de la A.O.A.C adaptado (Bernal, 1993).

3.6.2. Técnicas de recolección de datos

Caracterización de la materia prima mediante análisis fisicoquímicos, se determinarán ciertas características de la papaya (pH, acidez, sólidos totales, color e índice de madurez) en el diferente estado de madurez, esto me permitirá estandarizar las condiciones de la fruta y minimizar el efecto de los cambios fisicoquímicos y fisiológicos sobre los resultados.

Determinación de pH

La determinación de pH se utiliza un pH-metro digital previamente calibrado con buffer pH 4,01 - 7,00 (Mettler Toledo). Se tomarán 10 g de pulpa de papaya en un vaso de precipitado, haciendo la lectura en el pH-

metro digital a temperatura ambiente (25 °C). Las medidas se realizarán por triplicado y el resultado se expresará como valor promedio \pm desviación estándar.

Determinación de acidez

- Se pesara 10g de muestra en un vaso de precipitado.
- Se añadirá 40ml de agua destilada y enrazar hasta 50 ml
- Homogenizar en un agitador magnético
- Agitar la solución.
- Enrasar la bureta con la solución de NaOH (0.1N) ya valorada, titular.
- Medir constantemente el pH de la solución hasta obtener un pH de 7.
- Luego titular lentamente hasta llegar a un pH = 8.10.
- Llegado el valor de pH deseado, ver la cantidad de gasto de NaOH y registrar el dato.
- Para obtener el % de acidez utilizar la formula.

$$\% \text{ Acidez} = \frac{N \times G \times \text{meq Ac. citrico} \times \text{Factor}}{w} \times 100$$

Dónde:

% = Ácido cítrico.

N = Normalidad.

G = Gasto tituable.

W= Peso de la Muestra.

F = Factor de corrección del alcalino.

Meq. (Ácido cítrico) = 0,064.

Sólidos solubles totales

Para determinar el contenido de sólidos solubles totales de la muestra se utilizará un refractómetro Mettler Toledo colocando de 1 a 2 gotas del pulpa de papaya y midiendo en la escala superior el índice de refracción, el resultado se expresará como °Brix.

3.6.3. Instrumentos de recolección de datos

Para las consultas bibliográficas y búsqueda electrónica de datos, requerimos de una computadora y una impresora multifuncional.

3.7. Procedimiento para la recolección de datos.

Observación

A través de esta técnica se puede observar cómo y cuándo las personas realizan las pruebas sensoriales, además proporciona al análisis detalles que no se podrían obtener de otra forma. Es el registro visual de lo que ocurre en una situación real, clasificando, consignando los acontecimientos pertinentes de acuerdo con algún esquema previsto y según el problema que se estudia.

Variable Descriptiva

Es el acopio, ordenación, análisis y resumen de todos aquellos datos contenidos en los registros de análisis de la investigación.

Flujograma de Proceso de Fruta Confitada de Papaya.

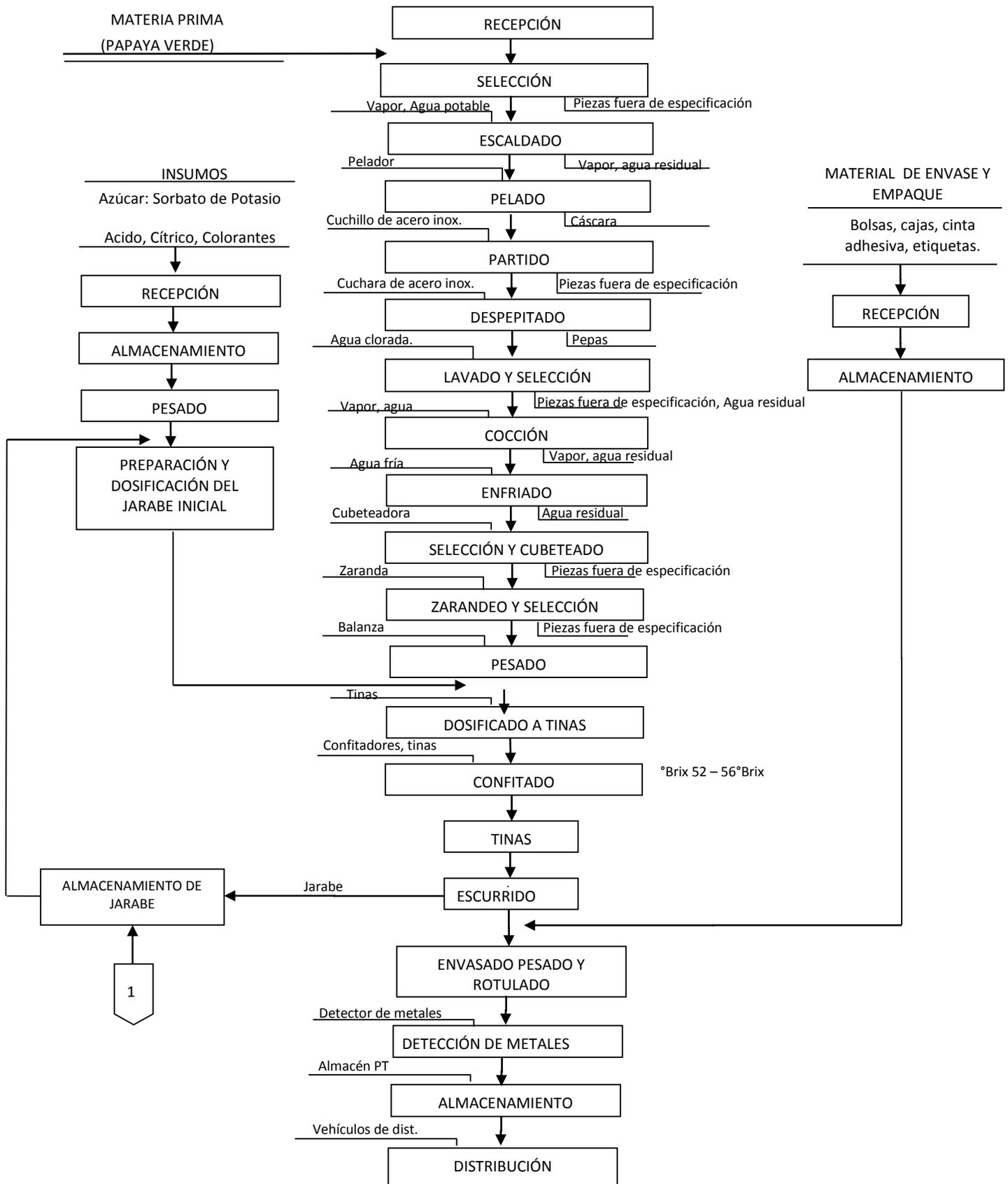


Figura 5. Proceso para la elaboración de fruta confitada

3.8. Análisis estadístico e interpretación de los datos

La se evaluará mediante un ANOVA.

Las curvas de calibración se obtendrán utilizando el programa Microsoft Excel 2014. Y para el análisis estadístico y la generación de gráficas se llevará a cabo empleando MINITAB 16 con licencia académica.

3.9. Principios éticos

3.9.1. Buenas prácticas de laboratorio

Las normas BPL constituyen, en esencia, una filosofía de trabajo; son un sistema de organización de todo lo que de alguna forma interviene en la realización de un estudio o procedimiento encaminado a un propósito definido, que pueda tener impacto sobre las especies: humana y animal. Las normas inciden en todo el proceso, cómo se debe trabajar a lo largo de todo el estudio, desde su diseño hasta el archivo.

3.9.2. Sistema de gestión de la inocuidad de los alimentos

Amparada por la Norma Técnica Peruana-ISO 22000-2006.

3.10. Criterios de rigor científico

La medición se realizó según método oficial AOAC.

Las mediciones de grados Brix se realizaron con un refractómetro Atago, Cole Palmer Instrument Co., 02940-32 EA, 0-90°Brix según método oficial AOAC 932.12 [18].

Fenómeno de Fick

Las ecuaciones basadas en el modelo de Fick proporcionan la relación entre la fuerza impulsora reducida (dependiente de la concentración), el tiempo de proceso y la posición en el sistema. No obstante, la aplicación de estas ecuaciones a sistemas de estructura compleja no isotrópica, como las frutas, las convierte en ecuaciones empíricas, debido a que no se cumplen las condiciones de contorno en las que se deducen las ecuaciones fickianas integradas (Barat et al., 1997a; Fito y Chiralt, 1997).

$$q = -k \nabla T$$

Dónde:

q: es el vector de flujo de calor por unidad de superficie ($W m^{-2}$).

k: es una constante de proporcionalidad, llamada conductividad térmica ($W m^{-1} K^{-1}$).

∇T : es el gradiente del campo de temperatura en el interior del material ($K m^{-1}$).

CAPITULO IV: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

4.1. Resultados en tablas y gráficas

A continuación en el Tabla 4.1 y 4.2, se muestra la composición química de la papaya antes de iniciar el proceso de confitado, para los diversos tratamientos experimentales. La papaya empleada presenta un contenido de humedad del 88.6 gr%. En cuanto a la composición de la fruta confitada de papaya presenta las características fisicoquímicas indicadas en el Tabla 4.2

Tabla 4.

Composición química de la papaya Verde (Carica Papaya) en base a 100 gr.

Componente	Porcentaje
Proteína	0.47 gr
Hidratos de Carbono	10.82 gr
Agua	88.6 gr
Potasio	182 mg

Fuente: *Ficha comercial USDA National Nutrient Database for Standard Reference Release 28 slightly revised May, 2016 Full Report (All Nutrients) 09226, Papayas, raw*

Tabla 5.

Optimizaciones fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas de la fruta confitada de papaya (carica papaya) en base a 100 gr.

Físico químicas	Cantidad
°Brix	72
pH	4-4.50
Impurezas	Libre de Impurezas
Materias Extrañas	Libre de materias extrañas
Tamaño	7 - 10 mm
Sensoriales	
Aspecto	Cubos de fruta brillantes
Color	Característico
Olor y Sabor	Dulce Agradable, libre de olores o sabores que denote fermentación o sabor extraño
Textura	Firme y Suave
Microbiológicas	
Recuento Aerobios mesofilos (ufc/g)	< 10 ²
Mohos (ufc/g)	<5*10

Fuente: Norma Técnica P. n°591-2008/minsa. AOAC 990.12- AOAC® 991.14;(NTP 203.105:1985)
(ITINTEC 203.15).

Análisis estadístico para la variable respuesta °Brix

Tabla 6.

Modelo Secuencial de Suma de cuadrados para la variable respuesta °Brix.

Fuente	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Media vs Total	56628	1	56628			
Lineal vs Media	175.199668	3	58.3998893	77.2901966	< 0.0001	Sugerido
2FI vs Lineal	0.25383744	3	0.08461248	0.07754912	0.9698	
Cuadrática vs 2FI	0.02202527	1	0.02202527	0.01687897	0.9017	
Cubico vs Cuadr.	6.17673275	4	1.54418319	4.44066881	0.3401	
Residual	0.34773663	1	0.34773663			
Total	56810	13	4370			

Fuente: *Desing-Expert® software*

Tabla 7.

Resumen estadístico del modelo para la variable respuesta °Brix.

Fuente	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS	
Lineal	0.86924821	0.96263554	0.95018072	0.92998352	12.743	Sugerida
2FI	1.04454892	0.96403025	0.9280605	0.86034576	25.417072	
Cuadrática	1.14231952	0.96415127	0.91396304	0.79560189	37.2004559	
Cubico	0.58969198	0.99808936	0.97707231		+	

Fuente: *Desing-Expert® software*

Tabla 8.

Análisis de varianza ANOVA de Superficie Respuesta Modelo cúbico para la variable respuesta •Brix.

Fuente	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Modelar	175.475531	7	25.0679329	19.2107063	0.0025	significativa
A-Tiempo	160.82797	1	160.82797	123.249847	0.0001	
B-Proporción	4.80385387	1	4.80385387	3.68141346	0.1131	
C-tamaño de arista	1.73528499	1	1.73528499	1.32982844	0.3010	
AB	0.25182392	1	0.25182392	0.19298421	0.6788	
AC	0.00973561	1	0.00973561	0.00746084	0.9345	
BC	0.00017167	1	0.00017167	0.00013156	0.9913	
A^2	0.02202527	1	0.02202527	0.01687897	0.9017	
Residual	6.52446938	5	1.30489388			
Cor Total	182	12				

Fuente: *Desing-Expert® software*

El modelo F-valor de 19,21 implica el modelo es significativo. Solo hay una posibilidad 0,25% de que un "modelo F-Valor" este grande podría ocurrir debido al ruido. Los valores de "Prob> F" menos de 0,0500 indican los términos del modelo son significativas. En este caso A son los términos del modelo significativos. Valores superiores a 0.1000 indican los términos de modelo no son significativas. Si hay muchos términos modelo insignificante (sin contar los que permiten la jerarquía), la reducción de modelo puede mejorar su modelo.

Tabla 9.

Resumen de los coeficientes estadístico del modelo para la variable respuesta •Brix

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	1.14231952	R-Squared	0.96415127
Media	66	Adj R-Squared	0.91396304
C.V. %	1.73078714	Pred R-Squared	0.79560189
PRESS	37.2004559	Adeq Precision	11.7562453

Fuente: *Desing-Expert® software*

Ecuaciones Finales en Condiciones de los factores actuales para la variable respuesta °Brix:

Proporción: 1:1 y tamaño de arista: 7

$$\text{Grados Brix} = +47.98722 + 1.50399 * \text{Tiempo} + 0.026565 * \text{Tiempo}^2$$

Proporción 1:2 y tamaño de arista: 7

$$\text{Grados Brix} = +47.52670 + 1.67460 * \text{Tiempo} + 0.02656 * \text{Tiempo}^2$$

Proporción 1:1 y tamaño de arista: 10

$$\text{Grados Brix} = +46.91422 + 1.53724 * \text{Tiempo} + 0.026565 * \text{Tiempo}^2$$

Proporción 1:2 y tamaño de arista: 10

$$\text{Grados Brix} = +46.43889 + 1.70785 * \text{Tiempo} + 0.026565 * \text{Tiempo}^2$$

Interacción de tiempo y proporción

Design-Expert® Software
 Grados Brix
 ● Design Points
 ■ B1 1:1
 ▲ B2 1:2
 X1 = A: Tiempo
 X2 = B: Proporción
 Actual Factor
 C: tamaño de arista = 7

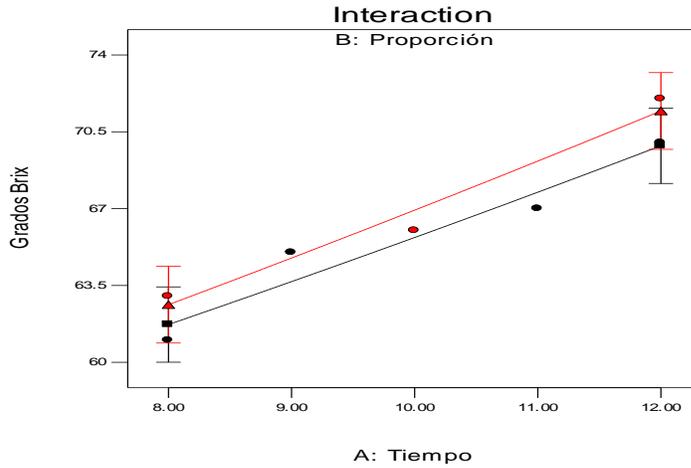


Figura 6.

Interacción de las variables dependientes Grados °Brix y Tiempo, para un tamaño de arista de 7 mm. en el cubo de fruta confitada.

Fuente: Desing-Expert® software

Design-Expert® Software
 Grados Brix
 ● Design Points
 ■ B1 1:1
 ▲ B2 1:2
 X1 = A: Tiempo
 X2 = B: Proporción
 Actual Factor
 C: tamaño de arista = 10

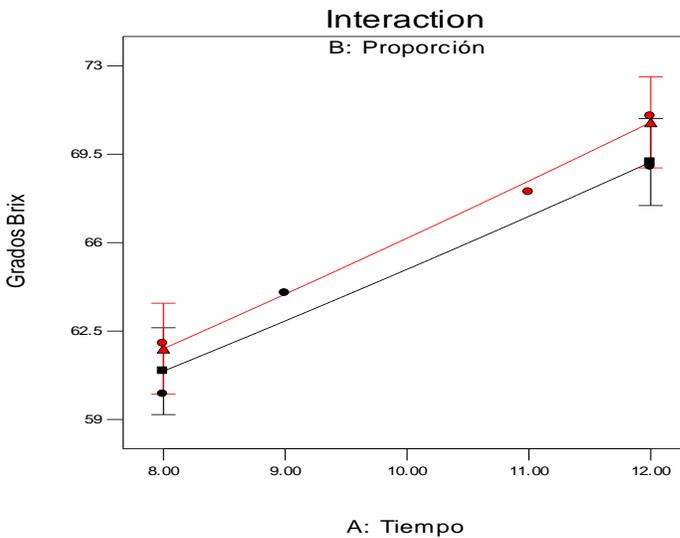


Figura 7.

Interacción de las variables dependientes Grados °Brix y Tiempo, para un tamaño de arista de 10 mm. en el cubo de fruta confitada.

Fuente: Desing-Expert® software

Análisis estadístico para la variable respuesta pH

Tabla 10.

Modelo Secuencial de Suma de cuadrados para la variable respuesta pH.

Sum of Source	Mean Squares	F df	p-value Square	Value	Prob > F	
Media vs Total	233.54	1	233.54			
Lineal vs Media	0.32	3	0.11	79.6	< 0.0001	Sugerido
2FI vs Linear	2.14E-03	3	7.13E-04	0.43	0.7373	
Cuadrático vs 2FI	1.42E-04	1	1.42E-04	0.073	0.7982	
Cubico vs Cuadrático	7.68E-03	4	1.92E-03	0.93	0.641	
Residual	2.06E-03	1	2.06E-03			
Total	233.87	13	17.99			

Fuente: *Desing-Expert® software*

"Secuencial Modelo Suma de cuadrados [Tipo I]": Seleccione el polinomio de orden más alto, donde los términos adicionales son significativas y el modelo no tiene un alias.

Tabla 11.

Resumen estadístico del modelo para la variable respuesta pH.

Std. Source	Adjusted Dev.	Predicted R-Squared	R-Squared	R-Squared	PRESS	
Lineal	0.037	0.9637	0.9516	0.9264	0.024	Sugerido
2FI	0.041	0.9701	0.9403	0.8175	0.06	
cuadrático	0.044	0.9706	0.9294	0.7503	0.083	
Cubico	0.045	0.9938	0.9254	+		

Fuente: *Desing-Expert® software*

Tabla 12.

Análisis de varianza ANOVA de Superficie Respuesta Modelo cúbico para la variable respuesta pH.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Modelo	0.32	7	0.046	23.56	0.0015	significativa
A-Tiempo	0.29	1	0.29	147.3	< 0.0001	
B-Proporción	0.011	1	0.011	5.57	0.0647	
C-tamaño de arista	5.87E-03	1	5.87E-03	3.01	0.143	
AB	6.57E-04	1	6.57E-04	0.34	0.5866	
AC	4.85E-04	1	4.85E-04	0.25	0.6389	
BC	8.56E-04	1	8.56E-04	0.44	0.5367	
A^2	1.42E-04	1	1.42E-04	0.073	0.7982	
Residual	9.73E-03	5	1.95E-03			
Cor Total	0.33	12				

Fuente: *Desing-Expert® software*

El modelo F-valor de 23,56 implica el modelo es significativo. Sólo hay una posibilidad de que un 0,15% "Modelo F-Valor" este grande podría ocurrir debido al ruido.

Los valores de "Prob> F" menos de 0,0500 indican los términos del modelo son significativas. En este caso A son los términos del modelo significativos. Valores superiores a 0.1000 indican los términos de modelo no son significativas. Si hay muchos términos modelo insignificante (sin contar los que permiten la jerarquía), la reducción de modelo puede mejorar su modelo.

Tabla 13.

Resumen de los coeficientes estadístico del modelo para la variable respuesta ph.

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.044	R-Squared	0.9706
Mean	4.24	Adj R-Squared	0.9294
C.V. %	1.04	Pred R-Squared	0.7503
PRESS	0.083	Adeq Precision	13.386

Fuente: *Desing-Expert*® software

Ecuaciones Finales en Condiciones de los factores actuales para la variable respuesta pH:

Proporción: 1:1 y tamaño de arista: 7

$$\text{pH} = +3.03423 + 0.14090 * \text{Tiempo} - 2.12924\text{E-}003 * \text{Tiempo}^2$$

Proporción: 1:2 y tamaño de arista: 7

$$\text{pH} = +3.19671 + 0.13219 * \text{Tiempo} - 2.12924\text{E-}003 * \text{Tiempo}^2$$

Proporción: 1:1 y tamaño de arista: 10

$$\text{pH} = +3.08148 + 0.13348 * \text{Tiempo} - 2.12924\text{E-}003 * \text{Tiempo}^2$$

Proporción: 1:2 y tamaño de arista: 10

$$\text{pH} = +3.21092 + 0.12477 * \text{Tiempo} - 2.12924\text{E-}003 * \text{Tiempo}^2$$

Interacción de tiempo y proporción

Design-Expert® Software

pH

● Design Points

■ B1 1:1

▲ B2 1:2

X1 = A: Tiempo

X2 = B: Proporción

Actual Factor

C: tamaño de arista = 7

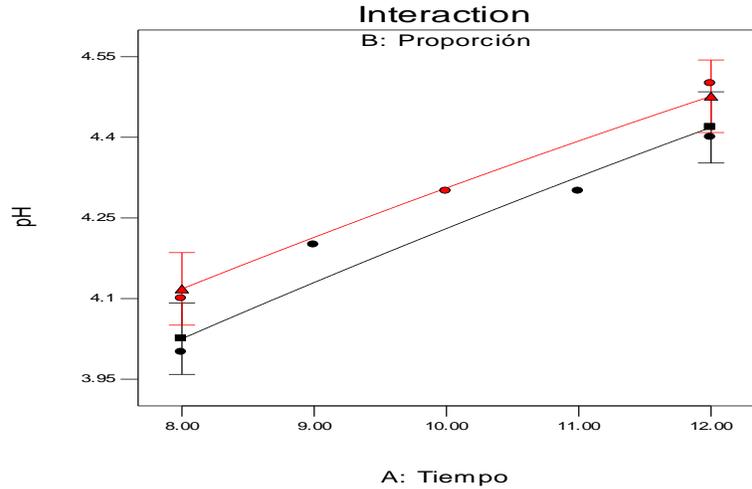


Figura 8.

Interacción de las variables dependientes Grados pH y Tiempo, para un tamaño de arista de 7 mm. en el cubo de fruta confitada.

Fuente: Desing-Expert® software

Design-Expert® Software

pH

● Design Points

■ B1 1:1

▲ B2 1:2

X1 = A: Tiempo

X2 = B: Proporción

Actual Factor

C: tamaño de arista = 10

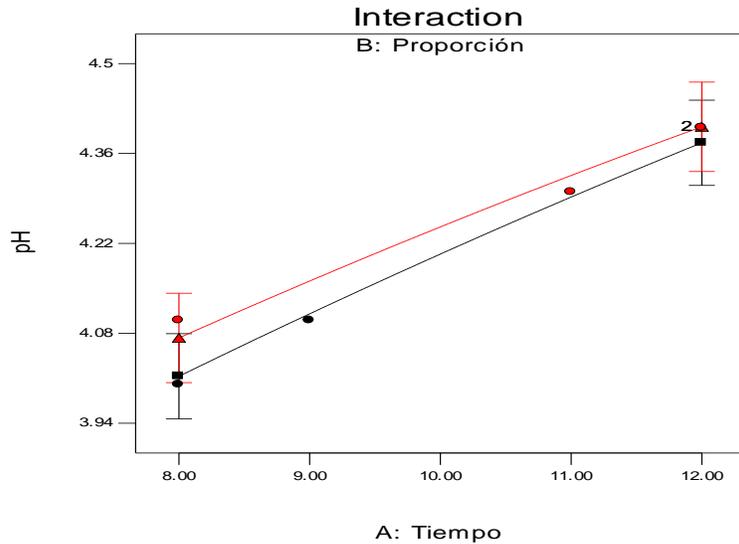


Figura 9.

Interacción de las variables dependientes pH y Tiempo, para un tamaño de arista de 10 mm. en el cubo de fruta confitada.

Fuente: Desing-Expert® software

Análisis estadístico para la variable respuesta Acidez

Tabla 14.

Modelo Secuencial de Suma de cuadrados para la variable respuesta Acidez.

Sum of Source	Mean Squares	F df	p-value Square	Value	Prob > F	
Mean vs Total	1.24	1	1.24			
Linear vs Mean	8.12E-04	3	2.71E-04	30.24	< 0.0001	Sugerido
2FI vs Linear	2.89E-06	3	9.65E-07	0.075	0.9715	
Quadratic vs 2FI	1.31E-05	1	1.31E-05	1.02	0.3591	
Cubic vs Quadratic	5.13E-05	4	1.28E-05	0.97	0.6317	
Residual	1.32E-05	1	1.32E-05			
Total	1.24	13	0.096			

Fuente: *Desing-Expert® software*

Tabla 15.

Resumen estadístico del modelo para la variable respuesta acidez.

Source	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS	
Linear	2.99E-03	0.9097	0.8797	0.8329	1.49E-04	Sugerido
2FI	3.60E-03	0.913	0.826	0.5803	3.75E-04	
Quadratic	3.59E-03	0.9277	0.8265	0.5933	3.63E-04	
Cubic	3.63E-03	0.9852	0.8229			+

Fuente: *Desing-Expert® software*

Tabla 16.

Análisis de varianza ANOVA de Superficie Respuesta Modelo cúbico para la variable respuesta Acidez.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	8.12E-04	3	2.71E-04	30.24	< 0.0001	significativa
A-Tiempo	7.95E-04	1	7.95E-04	88.85	< 0.0001	
B-Proporción	2.42E-08	1	2.42E-08	2.71E-03	0.9596	
C-tamaño de arista	9.00E-06	1	9.00E-06	1.01	0.3422	
Residual	8.05E-05	9	8.95E-06			
Cor Total	8.92E-04	12				

Fuente: *Desing-Expert® software*

El modelo F-valor de 30,24 implica el modelo es significativo. Sólo hay una posibilidad de que un 0,01% "Modelo F-Valor" este grande podría ocurrir debido al ruido.

Los valores de "Prob> F" menos de 0,0500 indican los términos del modelo son significativas. En este caso A son los términos del modelo significativos.

Valores superiores a 0.1000 indican los términos de modelo no son significativas.

Si hay muchos términos modelo insignificante (sin contar los que permiten la jerarquía), la reducción de modelo puede mejorar su modelo.

Tabla 17.

Resumen de los coeficientes estadístico del modelo para la variable respuesta Acidez.

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	2.99E-03	R-Squared	0.9097
Mean	0.31	Adj R-Squared	0.8797
C.V. %	0.97	Pred R-Squared	0.8329
PRESS	1.49E-04	Adeq Precision	12.439

Fuente: *Desing-Expert® software*

Ecuaciones Finales en Condiciones de los factores actuales para la variable respuesta Acidez:

Proporción 1:1 y tamaño de arista 7

$$\text{Acidez} = +0.26276 + 4.71980\text{E-}003 * \text{Tiempo}$$

Proporción 1:2 y tamaño de arista 7

$$\text{Acidez} = +0.26285 + 4.71980\text{E-}003 * \text{Tiempo}$$

Proporción 1:1 y tamaño de arista 10

$$\text{Acidez} = +0.26109 + 4.71980\text{E-}003 * \text{Tiempo}$$

Proporción 1:2 y tamaño de arista 10

$$\text{Acidez} = +0.26118 + 4.71980\text{E-}003 * \text{Tiempo}$$

Interacción de tiempo y proporción

Design-Expert® Software

Acidez

● Design Points

X1 = A: Tiempo

Actual Factors

B: Proporción = 1:1

C: tamaño de arista = 7

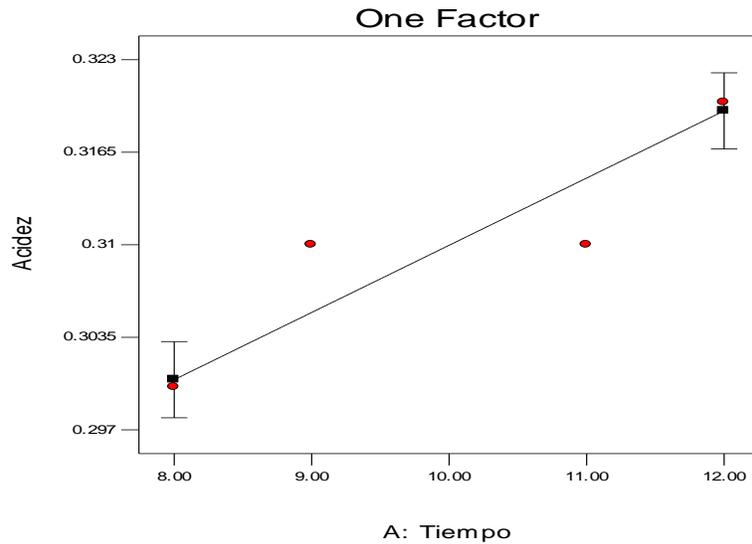


Figura 10.

Interacción de las variables dependientes Acidez y Tiempo, para un tamaño de arista de 7 mm. en el cubo de fruta confitada.

Fuente: Desing-Expert® software

Design-Expert® Software

Acidez

● Design Points

X1 = A: Tiempo

Actual Factors

B: Proporción = 1:1

C: tamaño de arista = 10

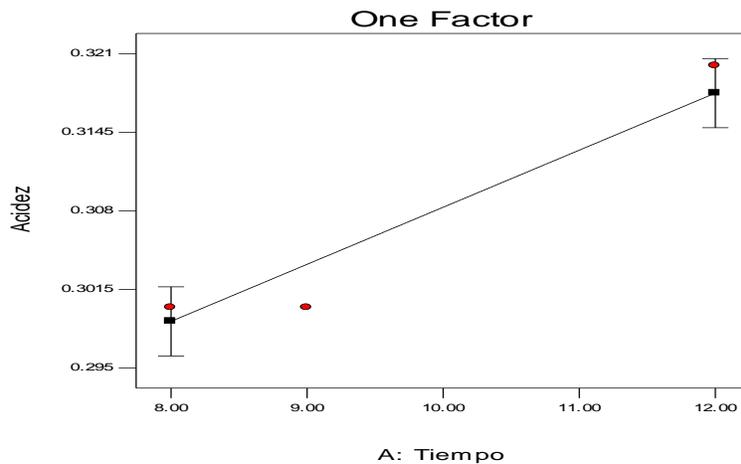


Figura 11.

Interacción de las variables dependientes Acidez y Tiempo, para un tamaño de arista de 10 mm. en el cubo de fruta confitada.

Fuente: Desing-Expert® software

Análisis estadístico para *la variable respuesta Color*

Tabla 18.

Modelo Secuencial de Suma de cuadrados para la variable respuesta Color

Sum of Source	Mean Squares	df	Square	F Value	p-value Prob > F	
Mean vs Total	637	1	637			
Linear vs Mean	9.08	3	3.03	29.55	< 0.0001	Sugerido
2FI vs Linear	0.19	3	0.064	0.53	0.6804	
Quadratic vs 2FI	3.29E-04	1	3.29E-04	2.25E-03	0.964	
Cubic vs Quadratic	0.2	4	0.051	0.096	0.9679	
Residual	0.53	1	0.53			
Total	647	13	49.77			

Fuente: *Desing-Expert® software*

"Secuencial Modelo Suma de cuadrados [Tipo I]": Seleccione el polinomio de orden más alto, donde los términos adicionales son significativas y el modelo no tiene un alias.

Tabla 19.

Resumen estadístico del modelo para la variable respuesta Color.

Source	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS	
Linear	0.32	0.9078	0.8771	0.8358	1.64	Sugerido
2FI	0.35	0.927	0.8541	0.7326	2.67	
Quadratic	0.38	0.9271	0.825	0.6485	3.51	
Cubic	0.73	0.9473	0.3679		+	

Fuente: *Desing-Expert® software*

Tabla 20.

Análisis de varianza ANOVA de Superficie Respuesta Modelo cúbico para la variable respuesta Color.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Model	9.27	7	1.32	9.08	0.0137 signific
A-Tiempo	8.55	1	8.55	58.64	0.0006
B-Proporción	0.074	1	0.074	0.51	0.5084
C-tamaño de arista	3.05E-04	1	3.05E-04	2.09E-03	0.9653
AB	0.023	1	0.023	0.16	0.7087
AC	0.073	1	0.073	0.5	0.5105
BC	0.074	1	0.074	0.51	0.507
A^2	3.29E-04	1	3.29E-04	2.25E-03	0.964
Residual	0.73	5	0.15		
Cor Total	10	12			

Fuente: *Desing-Expert® software*

El modelo F-valor de 9,08 indica que el modelo es significativo. Solo hay la oportunidad de que un 1,37% "Modelo F-Valor" este grande podría ocurrir debido al ruido.

Los valores de "Prob> F" menos de 0,0500 indican los términos del modelo son significativas.

En este caso A son los términos del modelo significativos.

Valores superiores a 0.1000 indican los términos de modelo no son significativas.

Si hay muchos términos modelo insignificante (sin contar los que permiten la jerarquía), la reducción de modelo puede mejorar su modelo.

Tabla 21.

Resumen de los coeficientes estadístico del modelo para la variable respuesta Color.

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.38	R-Squared	0.9271
Mean	7	Adj R-Squared	0.825
C.V. %	5.46	Pred R-Squared	0.6485
PRESS	3.51	Adeq Precision	8.216

Fuente: *Desing-Expert® software*

Ecuaciones Finales en Condiciones de los factores actuales para la variable respuesta Color:

Proporción 1:1 y tamaño de arista 7

$$\text{Color} = +3.10022 + 0.35672 \quad * \text{Tiempo} + 3.24456\text{E-}003 \quad * \text{Tiempo}^2$$

Proporción 1:2 y tamaño de arista 7

$$\text{Color} = +2.58596 + 0.40809 \quad * \text{Tiempo} + 3.24456\text{E-}003 \quad * \text{Tiempo}^2$$

Proporción 1:1 y tamaño de arista 10

$$\text{Color} = +2.02456 + 0.44788 \quad * \text{Tiempo} + 3.24456\text{E-}003 \quad * \text{Tiempo}^2$$

Proporción 1:2 y tamaño de arista 10

$$\text{Color} = +1.81853 + 0.49926 \quad * \text{Tiempo} + 3.24456\text{E-}003 \quad * \text{Tiempo}^2$$

Interacción de tiempo y proporción

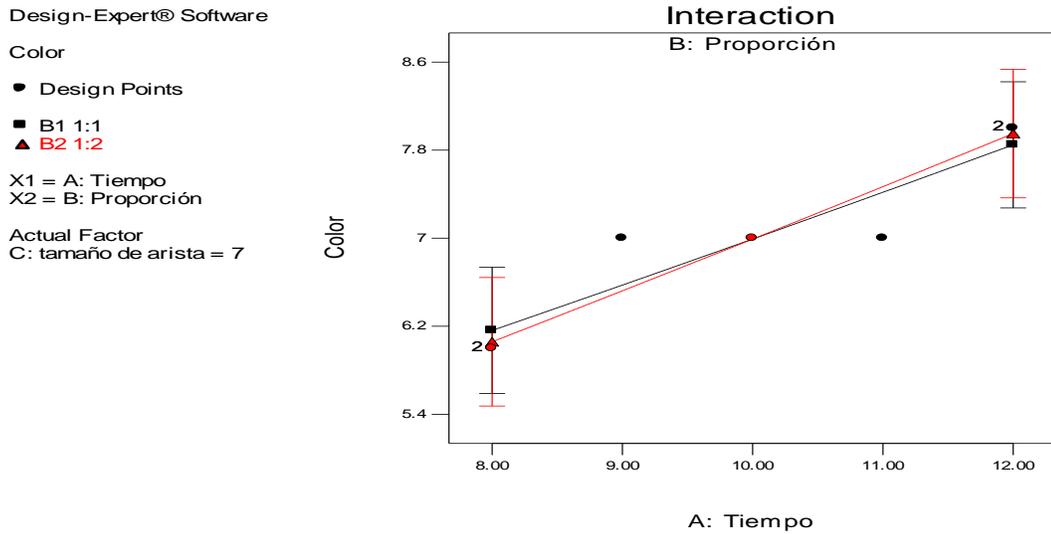


Figura 12.

Interacción de las variables dependientes Color y Tiempo, para un tamaño de arista de 7 mm. en el cubo de fruta confitada.

Fuente: Desing-Expert® software

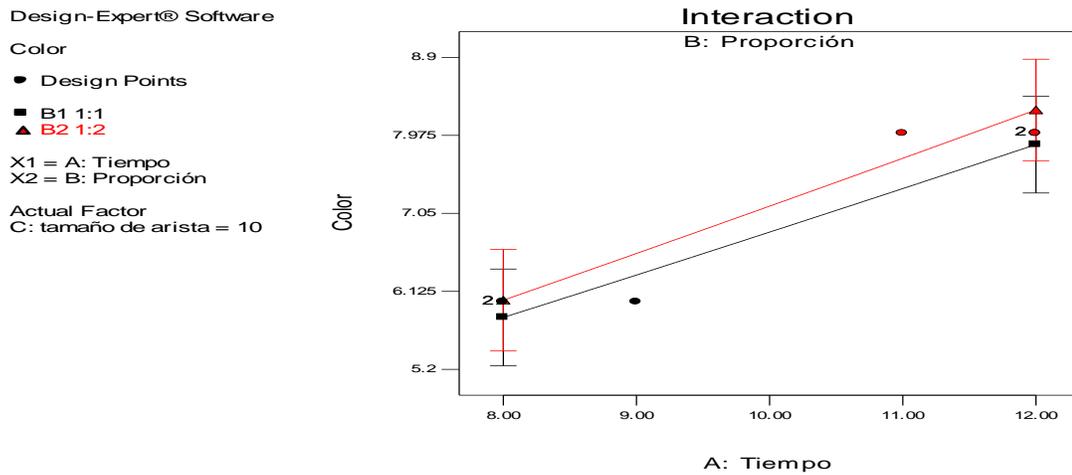


Figura 13.

Interacción de las variables dependientes Color y Tiempo, para un tamaño de arista de 10 mm. en el cubo de fruta confitada.

Fuente: Desing-Expert® software

Análisis estadístico para *la variable respuesta Sabor*

Tabla 22.

Modelo Secuencial de Suma de cuadrados para la variable respuesta Sabor

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Mean vs Total	492.31	1	492.31			
Linear vs Mean	14.12	3	4.71	26.86	< 0.0001	Sugerido
2FI vs Linear	0.76	3	0.25	1.88	0.2345	
Quadratic vs 2FI	0.27	1	0.27	2.42	0.1805	
Cubic vs Quadratic	0.2	4	0.05	0.14	0.9421	
Residual	0.35	1	0.35			
Total	508	13	39.08			

Fuente: *DDesing-Expert® software*

"Secuencial Modelo Suma de cuadrados [Tipo I]": Seleccione el polinomio de orden más alto, donde los términos adicionales son significativas y el modelo no tiene un alias.

Tabla 23.

Resumen estadístico del modelo para la variable respuesta Sabor.

Std. Source	Adjusted Dev.	Predicted R-Squared	R-Squared	R-Squared	PRESS	
Linear	0.42	0.8995	0.866	0.8064	3.04	Sugerido
2FI	0.37	0.9482	0.8963	0.7616	3.74	
Quadratic	0.33	0.9651	0.9162	0.8309	2.65	
Cubic	0.59	0.9778	0.7341		+	

Fuente: *Desing-Expert® software*

Tabla 24.

Análisis de varianza ANOVA de Superficie Respuesta Modelo cúbico para la variable respuesta Sabor.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	15.14	7	2.16	19.73	0.0023	significativo
A-Tiempo	12.81	1	12.81	116.85	0.0001	
B-Proporción	0.63	1	0.63	5.72	0.0622	
C-tamaño de arista	0.024	1	0.024	0.22	0.662	
AB	0.74	1	0.74	6.78	0.048	
AC	0.035	1	0.035	0.32	0.5981	
BC	0.053	1	0.053	0.48	0.5196	
A^2	0.27	1	0.27	2.42	0.1805	
Residual	0.55	5	0.11			
Cor Total	15.69	12				

Fuente: *Desing-Expert® software*

El modelo F-valor de 19,73 implica el modelo es significativo. Sólo hay una posibilidad de que un 0,23% "Modelo F-Valor" este grande podría ocurrir debido al ruido.

Los valores de "Prob> F" menos de 0,0500 indican los términos del modelo son significativas. En este caso A, AB son los términos del modelo significativos.

Valores superiores a 0.1000 indican los términos de modelo no son significativas.

Si hay muchos términos modelo insignificante (sin contar los que permiten la jerarquía), la reducción de modelo puede mejorar su modelo.

Tabla 25.

Resumen de los coeficientes estadístico del modelo para la variable respuesta Sabor.

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.33	R-Squared	0.9651
Mean	6.15	Adj R-Squared	0.9162
C.V. %	5.38	Pred R-Squared	0.8309
PRESS	2.65	Adeq Precision	12.03

Fuente: *Desing-Expert® software*

Ecuaciones Finales en Condiciones de los factores actuales para la variable respuesta Sabor:

Proporción 1:1 y tamaño de arista 7

$$\text{Sabor} = +10.73683 - 1.41873 \text{ * Tiempo} + 0.092200 \text{ * Tiempo}^2$$

Proporción 1:2 y tamaño de arista 7

$$\text{Sabor} = +8.12320 - 1.12557 \text{ * Tiempo} + 0.092200 \text{ * Tiempo}^2$$

Proporción 1:1 y tamaño de arista 10

$$\text{Sabor} = +9.89234 - 1.35596 \text{ * Tiempo} + 0.092200 \text{ * Tiempo}^2$$

Proporción 1:2 y tamaño de arista 10

$$\text{Sabor} = +7.53767 - 1.06280 \text{ * Tiempo} + 0.092200 \text{ * Tiempo}^2$$

Interacción de tiempo y proporción

Design-Expert® Software

Sabor

● Design Points

■ B1 1:1

▲ B2 1:2

X1 = A: Tiempo

X2 = B: Proporción

Actual Factor

C: tamaño de arista = 7

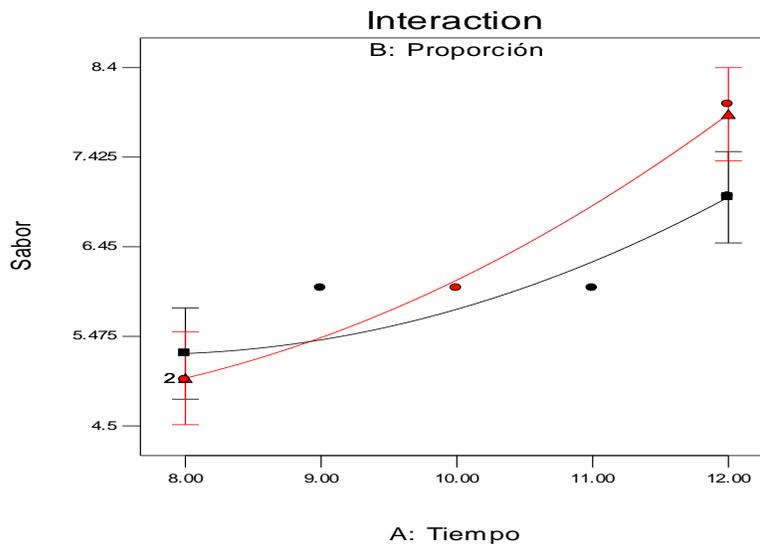


Figura 14.

Interacción de las variables dependientes Sabor y Tiempo, para un tamaño de arista de 7 mm. en el cubo de fruta confitada.

Fuente: Desing-Expert® software

Design-Expert® Software

Sabor

● Design Points

■ B1 1:1

▲ B2 1:2

X1 = A: Tiempo

X2 = B: Proporción

Actual Factor

C: tamaño de arista = 10

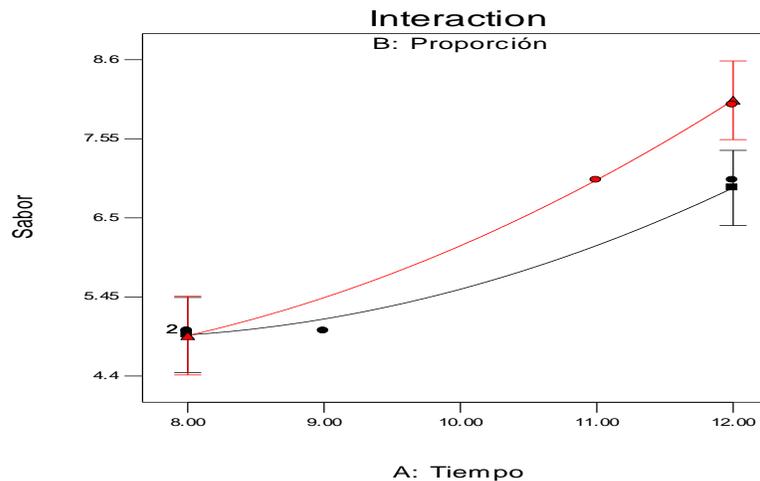


Figura 15.

Interacción de las variables dependientes Sabor y Tiempo, para un tamaño de arista de 10 mm. en el cubo de fruta confitada.

Fuente: Desing-Expert® software

Análisis estadístico para *la variable respuesta Olor*

Tabla 26.

Modelo Secuencial de Suma de cuadrados para la variable respuesta Olor

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Mean vs Total	637	1	637		
Linear vs Mean	12.63	3	4.21	27.75	< 0.0001 Suggested
2FI vs Linear	0.84	3	0.28	3.22	0.1038
Quadratic vs 2FI	0.23	1	0.23	3.97	0.1028
Cubic vs Quadratic	0.22	4	0.054	0.73	0.692
Residual	0.074	1	0.074		
Total	651	13	50.08		

Fuente: *Desing-Expert® software*

"Secuencial Modelo Suma de cuadrados [Tipo I]":

Seleccione el polinomio de orden más alto, donde los términos adicionales son significativas y el modelo no tiene un alias.

Tabla 27.

Resumen estadístico del modelo para la variable respuesta Olor.

Source	Std. Dev.	Adjusted Dev.	Predicted R-Squared	R-Squared	R-Squared	PRESS
Linear		0.39	0.9024	0.8699	0.8033	2.75 Suggested
2FI		0.3	0.9626	0.9252	0.8282	2.41
Quadratic		0.24	0.9792	0.95	0.7715	3.2
Cubic		0.27	0.9947	0.9365		+

Fuente: *DesingExpert® software*

Tabla 28.

Análisis de varianza ANOVA de Superficie Respuesta Modelo cúbico para la variable respuesta Olor.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Model	13.71	7	1.96	33.58	0.0007 significant
A-Tiempo	11.21	1	11.21	192.11	< 0.0001
B-Proporción	0.091	1	0.091	1.56	0.2664
C-tamaño de arista	0.17	1	0.17	2.98	0.1449
AB	0.11	1	0.11	1.95	0.2217
AC	0.17	1	0.17	3	0.1438
BC	0.52	1	0.52	8.87	0.0309
A ²	0.23	1	0.23	3.97	0.1028
Residual	0.29	5	0.058		
Cor Total	14	12			

Fuente: *Desing-Expert® software*

El modelo F-valor de 33,58 implica el modelo es significativo. Sólo hay una posibilidad de que un 0,07% "Modelo F-Valor" este grande podría ocurrir debido al ruido.

Los valores de "Prob> F" menos de 0,0500 indican los términos del modelo son significativas. En este caso A, BC son los términos del modelo significativos.

Valores superiores a 0.1000 indican los términos de modelo no son significativas.

Si hay muchos términos modelo insignificante (sin contar los que permiten la jerarquía), la reducción de modelo puede mejorar su modelo.

Tabla 29.**Resumen de los coeficientes estadístico del modelo para la variable respuesta Olor.**

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.24	R-Squared	0.9792
Mean	7	Adj R-Squared	0.95
C.V. %	3.45	Pred R-Squared	0.7715
PRESS	3.2	Adeq Precision	16.514

Fuente: *Desing-Expert® software***Ecuaciones Finales en Condiciones de los factores actuales para la variable respuesta Olor:**

Proporción 1:1 y tamaño de arista 7

$$\text{Olor} = -6.66212 + 2.27459 * \text{Tiempo} - 0.086184 * \text{Tiempo}^2$$

Proporción 1:2 y tamaño de arista 7

$$\text{Olor} = -5.75202 + 2.16002 * \text{Tiempo} - 0.086184 * \text{Tiempo}^2$$

Proporción 1:1 y tamaño de arista 10

$$\text{Olor} = -8.71486 + 2.41557 * \text{Tiempo} - 0.086184 * \text{Tiempo}^2$$

Proporción 1:2 y tamaño de arista 10

$$\text{Olor} = -6.99220 + 2.30100 * \text{Tiempo} - 0.086184 * \text{Tiempo}^2$$

Interacción de tiempo y proporción

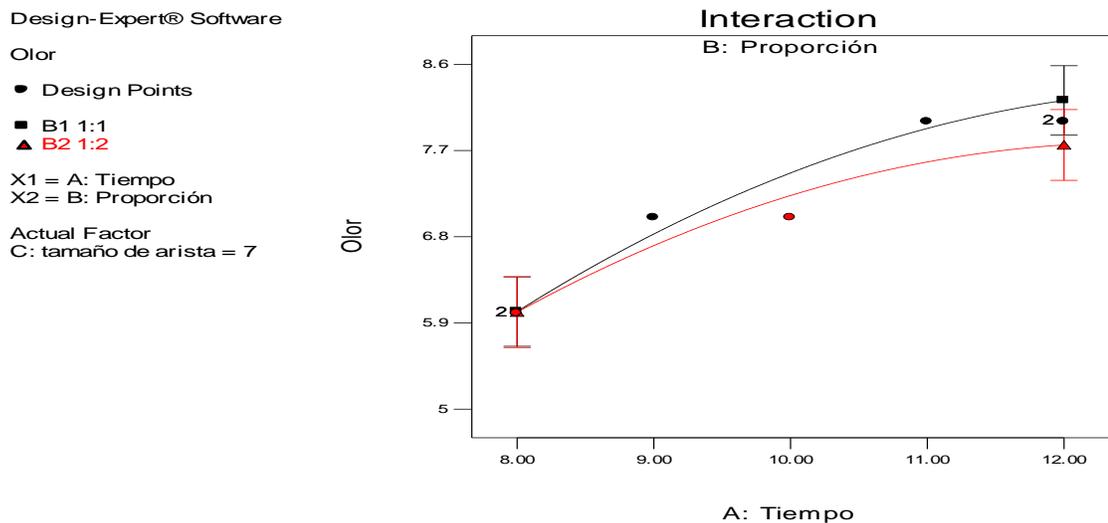


Figura 16.

Interacción de las variables dependientes Olor y Tiempo, para un tamaño de arista de 7 mm. en el cubo de fruta confitada.

Fuente: Desing-Expert® software

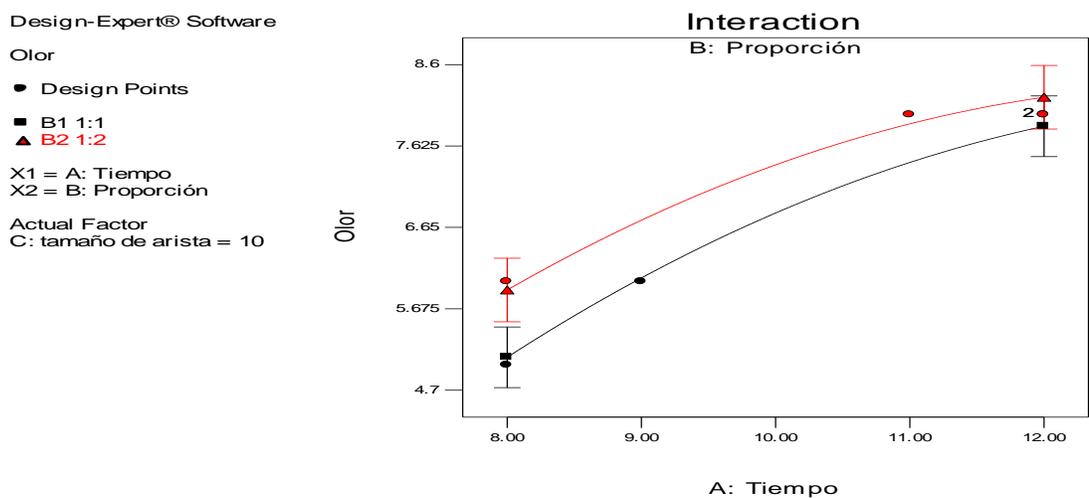


Figura 17.

Interacción de las variables dependientes Olor y Tiempo, para un tamaño de arista de 10 mm. en el cubo de fruta confitada.

Fuente: Desing-Expert® software

Análisis estadístico para *la variable respuesta Textura*

Tabla 30.

Modelo Secuencial de Suma de cuadrados para la variable respuesta Textura

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Mean vs Total	665.31	1	665.31			
Linear vs Mean	10.12	3	3.37	19.34	0.0003	Suggested
2FI vs Linear	0.53	3	0.18	1.03	0.4455	
Quadratic vs 2FI	1.79E-03	1	1.79E-03	8.63E-03	0.9296	
Cubic vs Quadratic	0.79	4	0.2	0.79	0.6764	
Residual	0.25	1	0.25			
Total	677	13	52.08			

Fuente: *D Desing-Expert® software*

Tabla 31.

Resumen estadístico del modelo para la variable respuesta Textura.

Source	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS	
Linear	0.42	0.8657	0.821	0.7314	3.14	Suggested
2FI	0.42	0.9112	0.8225	0.6267	4.37	
Quadratic	0.46	0.9114	0.7873	0.4332	6.63	
Cubic	0.5	0.9787	0.7445	+		

Fuente: *Desing-Expert® software*

Tabla 32.

Análisis de varianza ANOVA de Superficie Respuesta Modelo cúbico para la variable respuesta Textura.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	10.66	7	1.52	7.35	0.0216	significant
A-Tiempo	10.03	1	10.03	48.4	0.0009	
B-Proporción	0.088	1	0.088	0.42	0.5441	
C-tamaño de arista	3.26E-03	1	3.26E-03	0.016	0.905	
AB	0.39	1	0.39	1.9	0.2263	
AC	0.04	1	0.04	0.19	0.6787	
BC	0.088	1	0.088	0.42	0.5441	
A ²	1.79E-03	1	1.79E-03	8.63E-03	0.9296	
Residual	1.04	5	0.21			
Cor Total	11.69	12				

Fuente: *Desing-Expert® software*

El Modelo F-valor de 7,35 indica que el modelo es significativo. Sólo hay una posibilidad de que un 2,16% "Modelo F-Valor" este grande podría ocurrir debido al ruido.

Los valores de "Prob> F" menos de 0,0500 indican los términos del modelo son significativas. En este caso A son los términos del modelo significativos.

Valores superiores a 0.1000 indican los términos de modelo no son significativas.

Si hay muchos términos modelo insignificante (sin contar los que permiten la jerarquía), la reducción de modelo puede mejorar su modelo.

Tabla 33.

Resumen de los coeficientes estadístico del modelo para la variable respuesta Textura

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.46	R-Squared	0.9114
Mean	7.15	Adj R-Squared	0.7873
C.V. %	6.36	Pred R-Squared	0.4332
PRESS	6.63	Adeq Precision	7.733

Fuente: *Desing-Expert® software*

El "Pred R²" de 0.4332 no es tan cerca de la "Adj R-Squared" de 0.7873 como uno podría esperar normalmente. Esto puede indicar un gran efecto de bloque o un posible problema con su modelo y / o datos. Cosas a tener en cuenta son la reducción de modelo, tranformation respuesta, valores atípicos, etc.

"Adeq precisión" mide la relación señal a ruido. Una mayor proporción de 4 es deseable. Su razón de 7.733 indica una señal adecuada. Este modelo se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño.

Ecuaciones Finales en Condiciones de los factores actuales para la variable respuesta Textura:

Proporción 1:1 y tamaño de arista 7

Textura = +1.65504

+0.61209 * Tiempo

-7.57064E-003 * Tiempo²

Proporción 1:2 y tamaño de arista 7

Textura = -0.14501

+0.82556 * Tiempo

-7.57064E-003 * Tiempo²

Proporción 1:1 y tamaño de arista 10

Textura = +2.46406

+0.54468 * Tiempo

-7.57064E-003 * Tiempo²

Proporción 1:2 y tamaño de arista 10

Textura = +0.32941

+0.75815 * Tiempo

-7.57064E-003 * Tiempo²

Interacción de tiempo y proporción

Design-Expert® Software

Textura

● Design Points

■ B1 1:1

▲ B2 1:2

X1 = A: Tiempo

X2 = B: Proporción

Actual Factor

C: tamaño de arista = 7

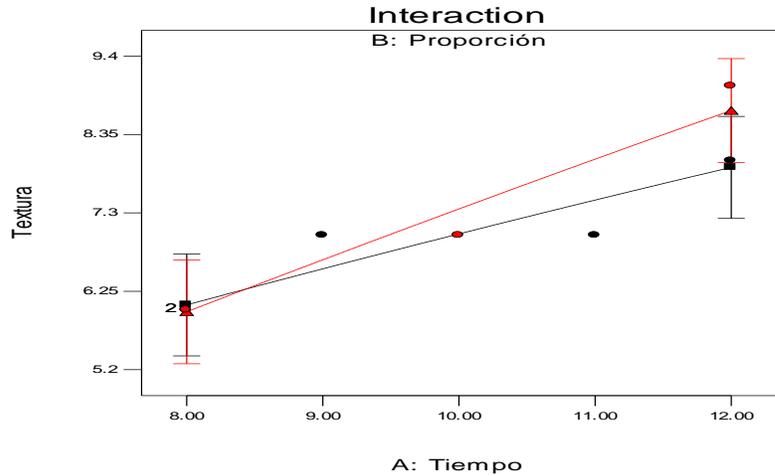


Figura 18.

Interacción de las variables dependientes Textura y Tiempo, para un tamaño de arista de 7 mm. en el cubo de fruta confitada.

Fuente: Desing-Expert® software

Design-Expert® Software

Textura

● Design Points

■ B1 1:1

▲ B2 1:2

X1 = A: Tiempo

X2 = B: Proporción

Actual Factor

C: tamaño de arista = 10

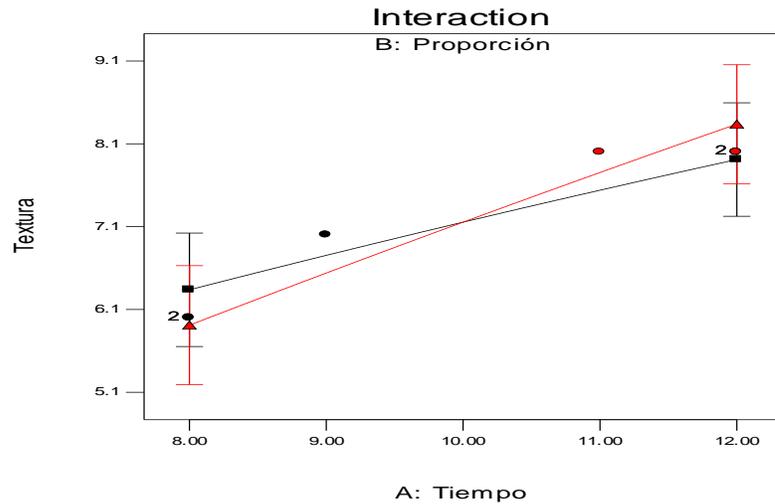


Figura 19.

Interacción de las variables dependientes Textura y Tiempo, para un tamaño de arista de 10 mm. en el cubo de fruta confitada.

Fuente: Desing-Expert® software

Análisis estadístico para la variable respuesta Apariencia General

Tabla 34.

Modelo Secuencial de Suma de cuadrados para la variable Apariencia General

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Mean vs Total	694.23	1	694.23	Suggested	
Linear vs Mean	8.42	3	2.81	2.44	0.1311
2FI vs Linear	4.14	3	1.38	1.33	0.3485
Quadratic vs 2FI	2.82	1	2.82	4.17	0.0968 Suggested
Cubic vs Quadratic	2.3	4	0.57	0.53	0.7593
Residual	1.09	1	1.09		
Total	713	13	54.85		

Fuente: DFuente: *Desing-Expert® software*

Tabla 35.

Resumen estadístico del modelo para la variable respuesta Apariencia General.

Source	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS
Linear	1.07	0.4487	0.265	-0.1117	20.87
2FI	1.02	0.6692	0.3385	-0.8157	34.08
Quadratic	0.82	0.8196	0.567	-0.2912	24.23 Suggested
Cubic	1.04	0.942	0.3041	+	

Fuente: *Desing-Expert® software*

Tabla 36.

Análisis de varianza ANOVA de Superficie Respuesta Modelo cúbico para la variable respuesta Apariencia General.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	15.38	7	2.2	3.24	0.1068	not significant
A-Tiempo	7.87	1	7.87	11.62	0.0191	
B-Proporción	0.1	1	0.1	0.15	0.7145	
C-tamaño de arista	0.7	1	0.7	1.03	0.3567	
AB	3.05	1	3.05	4.5	0.0873	
AC	0.92	1	0.92	1.36	0.2957	
BC	0.49	1	0.49	0.73	0.4323	
A ²	2.82	1	2.82	4.17	0.0968	
Residual	3.39	5	0.68			
Cor Total	18.77	12				

Fuente: *Desing-Expert® software*

El "Modelo F-valor" de 3.24 implica que el modelo no es significativo en relación con el ruido. Existe la posibilidad de que un 10,68% "Modelo F-valor" este grande podría ocurrir debido al ruido.

Los valores de "Prob> F" menos de 0,0500 indican los términos del modelo son significativas.

En este caso A son significativos terms.Values modelo de más de 0,1000 indican los términos que intervienen no significant.If hay muchos términos modelo insignificante (sin contar los que permiten la jerarquía), reducción de modelos puede mejorar su modelo.

Tabla 37.

Resumen de los coeficientes estadístico del modelo para la variable respuesta Apariencia General.

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.82	R-Squared	0.8196
Mean	7.31	Adj R-Squared	0.567
C.V. %	11.26	Pred R-Squared	-0.2912
PRESS	24.23	Adeq Precision	5.771

Fuente: *Desing-Expert® software*

Ecuaciones Finales en Condiciones de los factores actuales para la variable respuesta Apariencia General:

Proporción 1:1 y tamaño de arista 7

Apariencia general = +36.67602 -5.99939 * Tiempo +0.30066 * Tiempo²

Proporción 1:2 y tamaño de arista 7

Apariencia general = +30.52102 -5.40557 * Tiempo +0.30066 * Tiempo²

Proporción 1:1 y tamaño de arista 10

Apariencia general = +32.56645 -5.67554 * Tiempo +0.30066 * Tiempo²

Proporción 1:2 y tamaño de arista 10

Apariencia general = +27.20515 -5.08172 * Tiempo +0.30066 * Tiempo²

Interacción de tiempo y proporción

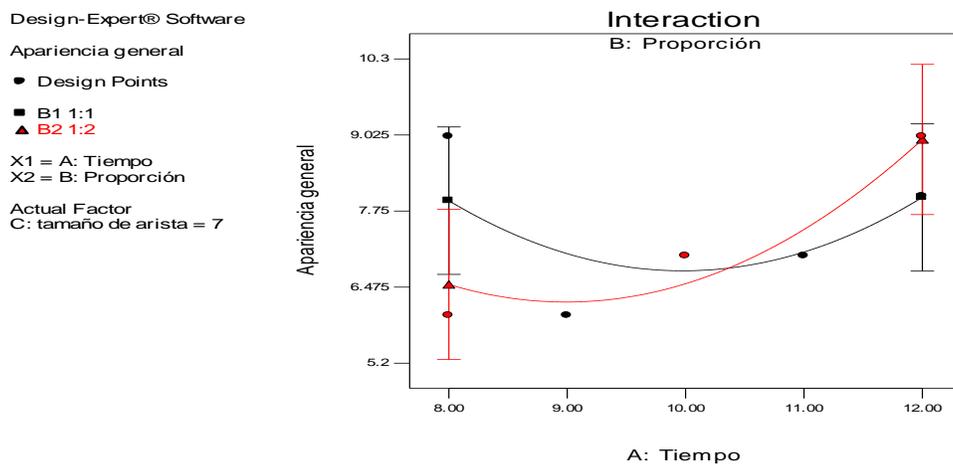


Figura 20.

Interacción de las variables dependientes Apariencia general y Tiempo, para un tamaño de arista de 7 mm. en el cubo de fruta confitada.

Fuente: Desing-Expert® software

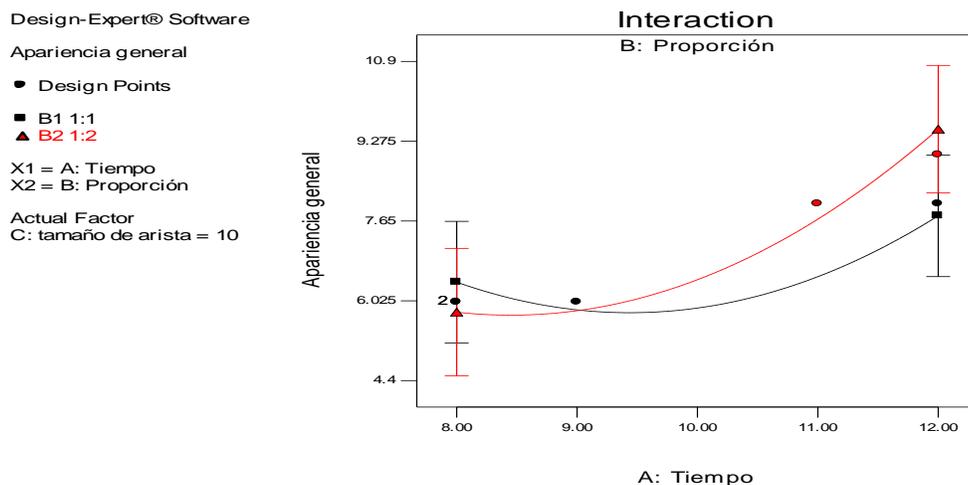


Figura 21

Interacción de las variables dependientes Apariencia general y Tiempo, para un tamaño de arista de 10 mm. en el cubo de fruta confitada.

Fuente: Desing-Expert® software

Descripción de los Tratamientos

En el tabla 38, se indica la clasificación de los trece tratamientos, cada tratamiento es de seis repeticiones cada uno. Es necesario señalar que las repeticiones de fruta confitada se realizaron según el tiempo programado de cada corrida.

Tabla 38. Descripción de las diferentes corridas empleadas en la elaboración de fruta confitada.

Corridas	Arista	Tiempo	Proporción	Temp.°C	°Brix
1	10	9	01:01	95	64
2	7	12	01:01	95	70
3	7	12	01:02	100	72
4	7	8	01:02	97	63
5	7	10	01:02	97	66
6	10	11	01:02	98	68
7	10	12	01:02	100	71
8	7	9	01:01	98	65
9	10	12	01:01	98	69
10	10	8	01:02	98	62
11	10	8	01:01	95	60
12	7	11	01:01	96	67
13	7	8	01:01	95	61

Fuente: *Elaboración Propia.*

Cálculo de los parámetros cinéticos Kw y Kss.

De acuerdo a los valores obtenidos en la Tabla 39, se observa que la concentración de la solución osmótica es más influyente que la temperatura en la cinética de pérdida de agua (Kw) y de ganancia de sólidos solubles (Kss). Ya que con el aumento de la concentración para todas las temperatura de trabajo, el valor absoluto promedio de estas constantes (Kw y Kss) va en aumento.

Tabla 39. *Valores de los parámetros cinéticos Kw y Kss.*

Experimento	Kw-10-3	Kss-10-3
1	-13,78 ± 0,12	10,21 ± 0,18
2	-17,78 ± 0,17	13,77 ± 0,18
3	-18,31 ± 0,14	13,54 ± 0,13
4	-20,50 ± 0,10	12,40 ± 0,05
5	-20,14 ± 0,22	16,02 ± 0,01
6	-23,83 ± 0,29	17,19 ± 0,08
7	-23,65 ± 0,11	15,11 ± 0,20
8	-26,60 ± 0,19	18,99 ± 0,21
9	-27,20 ± 0,08	19,01 ± 0,22

Fuente: *Departamento de Ingeniería en Alimentos, Universidad de La Serena, Box 599, La Serena, Chile*

Al evaluar la influencia de la temperatura sobre las constantes cinéticas Kw y Kss, mediante la ecuación Arrhenius, se pudo observar una cierta dependencia de la temperatura sobre Kw para una concentración de 40 y 60% dado que su valor $r^2 \geq 0,84$, no así para una concentración del 50%, donde el coeficiente de correlación fue muy bajo. Sin embargo, al analizar estadísticamente el factor temperatura mediante el test de las menores diferencias significativas de Fisher (Least Significant Difference, LSD), éste arrojó un valor $p > 0,05$, no existiendo diferencia estadísticamente significativa entre las medias de Kw para todas las concentraciones de trabajo.

°Brix

En la (tabla 40), se indican los resultados de los diferentes tratamientos de fruta confitada correspondientes a °Brix.a

Tabla 40. Caracterización del °Brix del confitado de papaya.

Corridas	Proporción	Tiempo	Arista	°Brix
1	01:01	9	10	64
2	01:01	12	7	70
3	01:02	12	7	72
4	01:02	8	7	63
5	01:02	10	7	66
6	01:02	11	10	68
7	01:02	12	10	71
8	01:01	9	7	65
9	01:01	12	10	69
10	01:02	8	10	62
11	01:01	8	10	60
12	01:01	11	7	67
13	01:01	8	7	61

Fuente: *Elaboración Propia.*

El ° Brix de las diferentes frutas confitadas a nivel de corridas el que mejor valor alcanzó fue el C3 con un promedio de 72°Brix seguido por el C7 con °Brix 71 y en último lugar se ubicó el C11.

°Brix

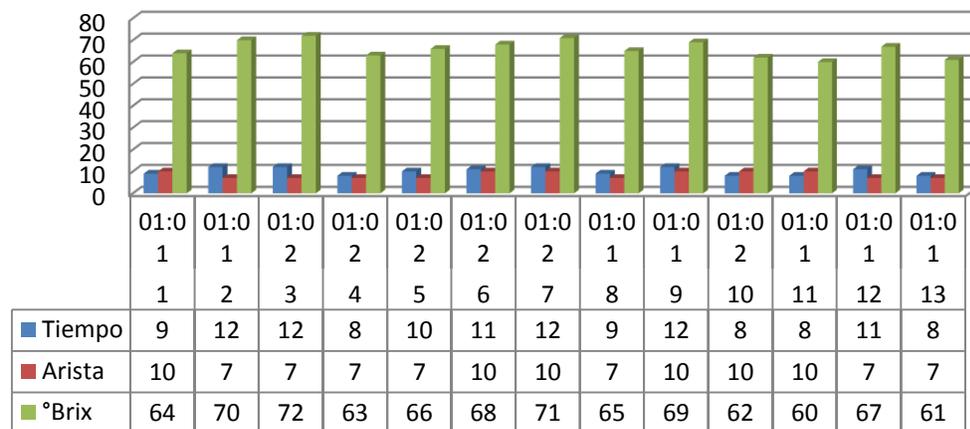


Figura 22. Porcentajes de Grados Brix.

pH:

En la (Tabla 41) se muestra los resultados de las diferentes corridas de fruta confitada correspondientes a pH.

Tabla 41. Caracterización del pH del confitado de papaya.

Corridas	Proporción	Tiempo	Arista	Ph
1	01:01	9	10	4.1
2	01:01	12	7	4.4
3	01:02	12	7	4.5
4	01:02	8	7	4.1
5	01:02	10	7	4.3
6	01:02	11	10	4.3
7	01:02	12	10	4.4
8	01:01	9	7	4.2
9	01:01	12	10	4.4
10	01:02	8	10	4.1
11	01:01	8	10	4
12	01:01	11	7	4.3
13	01:01	8	7	4

Fuente: *Elaboración Propia.*

El sabor de las diferentes frutas confitadas a nivel de tratamientos el que mejor valor alcanzó fue el T8 con un promedio de 3,2 seguido por el T4 con 3,00 y en último lugar se ubicó el T1 con 1,3.

Ph

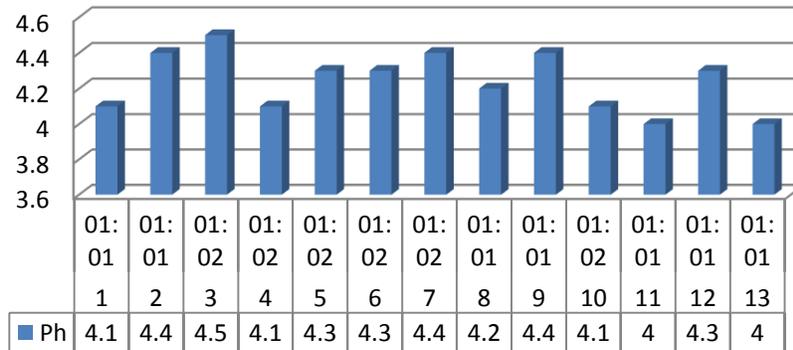


Figura 23. Porcentajes de ph.

Acidez:

En la (tabla 42) se presenta los resultados de los diferentes tratamientos de fruta confitada correspondientes a olor.

Tabla 42. Caracterización del acidez del confitado de papaya.

Corridas	Proporción	Tiempo	Arista	Acidez
1	01:01	9	10	0.3
2	01:01	12	7	0.32
3	01:02	12	7	0.32
4	01:02	8	7	0.3
5	01:02	10	7	0.31
6	01:02	11	10	0.31
7	01:02	12	10	0.32
8	01:01	9	7	0.31
9	01:01	12	10	0.32
10	01:02	8	10	0.3
11	01:01	8	10	0.3
12	01:01	11	7	0.31
13	01:01	8	7	0.3

Fuente: *Elaboración Propia.*

Las diferentes corridas frutas confitadas a nivel de corridas el rango establecidos de acidez es 0.30 a 0.32 %.

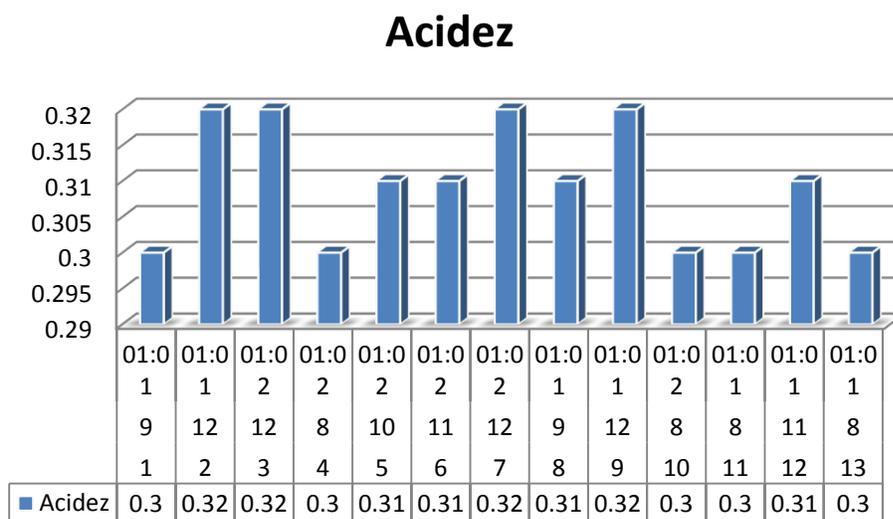


Figura 24. Porcentajes de Acidez.

Color

En la (tabla 43), se muestran los resultados de los diferentes corridas de fruta confitada correspondientes a color.

Tabla 43. Caracterización del color del confitado de papaya

Corridas	Proporción	Tiempo	Arista	Color
1	01:01	9	10	6
2	01:01	12	7	8
3	01:02	12	7	8
4	01:02	8	7	6
5	01:02	10	7	7
6	01:02	11	10	8
7	01:02	12	10	8
8	01:01	9	7	7
9	01:01	12	10	8
10	01:02	8	10	6
11	01:01	8	10	6
12	01:01	11	7	7
13	01:01	8	7	6

Fuente: *Elaboración Propia.*

El color de las diferentes frutas confitadas a nivel de corridas el que mejor valor alcanzó fue el C2,3,6,7,9 con un promedio de 8 seguido por el C5,8,12 con 7 y en último lugar se ubicó el C1,4,13 con 6.

Color

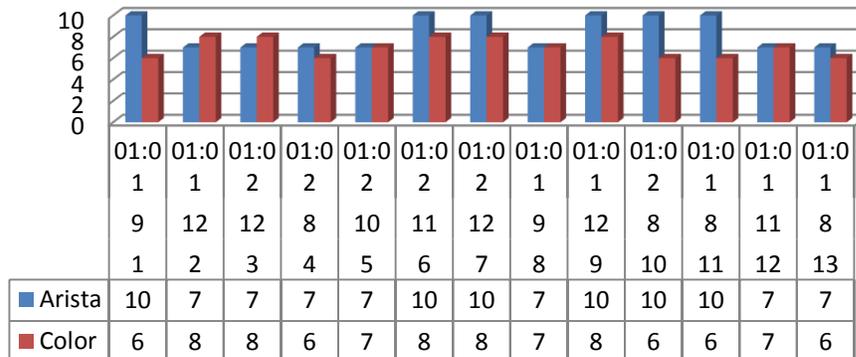


Figura 25. Porcentajes de Color.

SABOR

En la (tabla 44), se muestran los resultados de los diferentes corridas de fruta confitada correspondientes a sabor.

Tabla 44. Caracterización del Sabor del confitado de papaya.

Corridas	Proporción	Tiempo	Arista	Sabor
1	01:01	9	10	5
2	01:01	12	7	7
3	01:02	12	7	8
4	01:02	8	7	5
5	01:02	10	7	6
6	01:02	11	10	7
7	01:02	12	10	8
8	01:01	9	7	6
9	01:01	12	10	7
10	01:02	8	10	5
11	01:01	8	10	5
12	01:01	11	7	6
13	01:01	8	7	5

Fuente: *Elaboración Propia.*

El sabor de las diferentes frutas confitadas a nivel de corridas el que mejor valor alcanzó fue el C3 y 7 con un promedio de 8 seguido por el C2,6,9 con 7 y en último lugar se ubicó el C1,4,10,13 con 5.

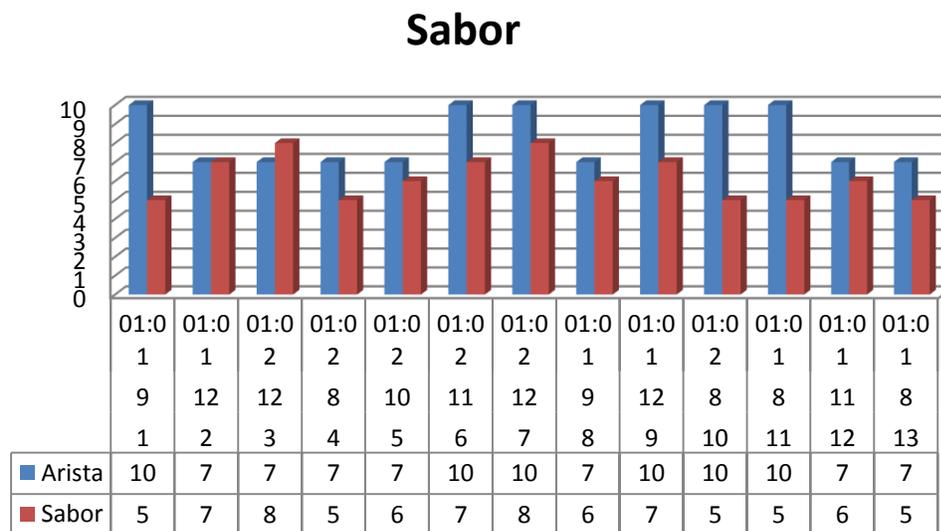


Figura 26. Porcentajes de Sabor.

Olor

En la (tabla 45), se muestran los resultados de los diferentes corridas de fruta confitada correspondientes a olor.

Tabla 45. Caracterización del olor del confitado de papaya

Corridas	Proporción	Tiempo	Arista	Olor
1	01:01	9	10	6
2	01:01	12	7	8
3	01:02	12	7	8
4	01:02	8	7	6
5	01:02	10	7	7
6	01:02	11	10	8
7	01:02	12	10	8
8	01:01	9	7	7
9	01:01	12	10	8
10	01:02	8	10	6
11	01:01	8	10	5
12	01:01	11	7	8
13	01:01	8	7	6

Fuente: *Elaboración Propia.*

El olor de las diferentes frutas confitadas a nivel de corridas el que mejor valor alcanzó fue el C2, 3, 6, 7, 9,12 con un promedio de 8 seguido por el C5, 8 con 7 y en último lugar se ubicó el C11 con 5.

Olor

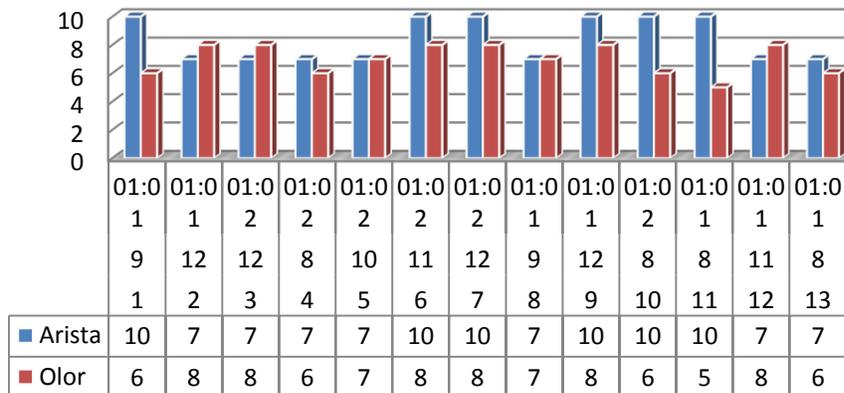


Figura 27. Porcentajes de olor.

Textura

En el (tabla 46), se muestran los resultados de los diferentes corridas de fruta confitada correspondientes a textura.

Tabla 46. Caracterización de la textura del confitado de papaya.

Corridas	Proporción	Tiempo	Arista	Textura
1	01:01	9	10	7
2	01:01	12	7	8
3	01:02	12	7	9
4	01:02	8	7	6
5	01:02	10	7	7
6	01:02	11	10	8
7	01:02	12	10	8
8	01:01	9	7	7
9	01:01	12	10	8
10	01:02	8	10	6
11	01:01	8	10	6
12	01:01	11	7	7
13	01:01	8	7	6

Fuente: *Elaboración Propia.*

El textura de las diferentes frutas confitadas a nivel de corridas el que mejor valor alcanzó fue el C3 con un promedio de 9 seguido por el C2,3,6,7,9 con 8 y en último lugar se ubicó el C4,10,11,13 con 6.

Textura

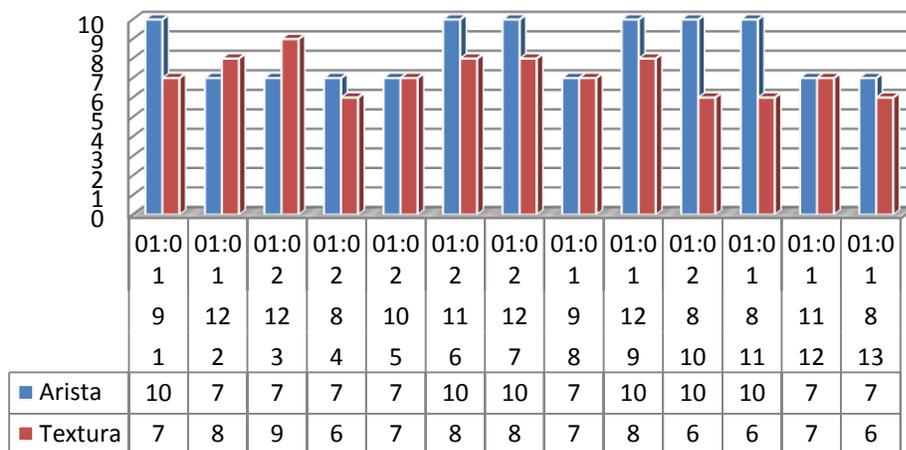


Figura 28. Porcentajes de Textura.

Apariencia General

En el (tabla 47), se muestran los resultados de los diferentes corridas de fruta confitada correspondientes a apariencia general.

Tabla 47. Caracterización de la apariencia general del confitado de papaya.

Corridas	Proporción	Tiempo	Arista	Apariencia G.
1	01:01	9	10	6
2	01:01	12	7	8
3	01:02	12	7	9
4	01:02	8	7	6
5	01:02	10	7	7
6	01:02	11	10	8
7	01:02	12	10	9
8	01:01	9	7	6
9	01:01	12	10	8
10	01:02	8	10	6
11	01:01	8	10	6
12	01:01	11	7	7
13	01:01	8	7	9

Fuente: *Elaboración Propia.*

La apariencia general de las diferentes frutas confitadas a nivel de corridas el que mejor valor alcanzó fue el C3,7,13 con un promedio de 9 seguido por el C2,6,9 con 8 y en último lugar se ubicó el C1,4,8,10,11 con 6.

Apariencia G.

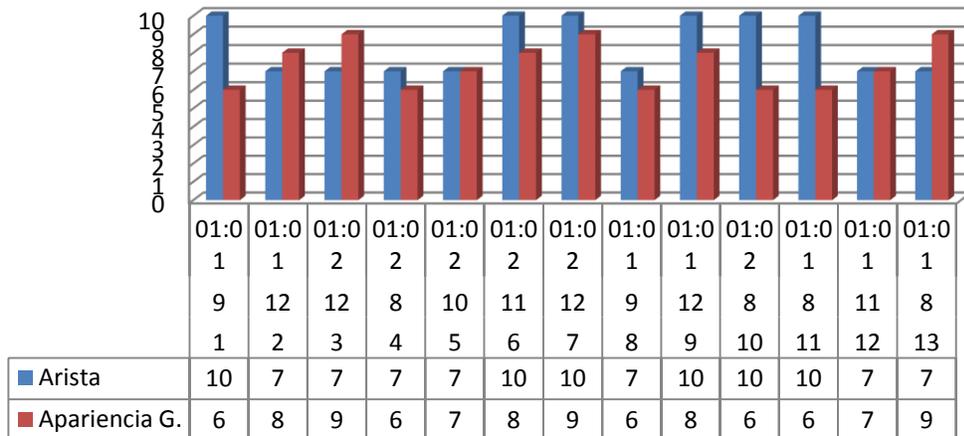


Figura 29. Porcentajes de Apariencia General.

4.2. Discusiones de Resultados

Un factor adicional que puede modificar el intercambio agua/sólidos es el pH del jarabe; La transferencia de masa aumenta con la disminución del pH a causa de la acidificación. Camacho y Díaz, 1997, citados por Maestrelli, 1997, el pH óptimo del agente osmótico depende también del tipo de fruta o vegetal.

La velocidad del jarabe con respecto al producto los coeficientes de difusión D tanto para la WL como para la SG dependen del movimiento relativo que exista entre el jarabe y el producto a deshidratar, se ha encontrado que por medio de la circulación del jarabe, de concentración constante, el valor D para WL es aproximadamente 25 % mayor y 16 % menor para SG, en comparación con el proceso en el cual el jarabe es estático (Palou, López, Argaíz y Welti, 1993).

El principal efecto del vacío es el incremento en la pérdida de peso principalmente en las primeras etapas del proceso de deshidratación osmótica, y a medida que transcurre el tiempo la ganancia de sólidos se empieza a hacer también significativa (Castro *et al.*, 1997; Panadés *et al.*, 1996).

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones

Luego de realizar el análisis, interpretación y discusión de los resultados de cada una de las variables en estudio se concluye lo siguiente:

- Se determinó la concentración óptima de la disolución de sacarosa a 72°brix empleado en el proceso de deshidratación osmótica de la papaya (*carica papaya*).
- Se determinó la temperatura óptima de proceso de la inmersión de solución de sacarosa a 100°C/ cambio de jarabe en la deshidratación osmótica de la papaya (*carica papaya*).
- Se estableció el tiempo óptimo de deshidratación osmótica de la papaya (*carica papaya*) de 12h/cambio de jarabe.
- Se evaluó el producto terminado determinando las condiciones de calidad fisicoquímicos se evaluó aspecto color brillante y textura firme y ligeramente blanda y con pH aceptable de 4.50, % de Acidez 0.32.

5.2. Recomendaciones

De los resultados discusiones y conclusiones obtenidas en el presente trabajo se propone las siguientes recomendaciones:

- Elaborar frutas confitadas porque tiene aceptación en cuanto a características sensoriales y organolépticas.
- Confitar la papaya por su mejor rendimiento y comportamiento.
- Reducir los costos de producción para la venta en el momento del envasado, combinando jarabe confitado.
- Realizar procedimientos de tratamientos al 65 °Brix como producto terminado.
- Realizar procedimientos tiempo de maceración en 8 horas por cambio.
- Elaborar muestreos con diferentes calibres de papaya.
- Realizar procesos de confitado con diferentes frutas y vegetales.

Bibliografía

- Alfredo, Ayala. (2001). *Aplicación de la deshidratación osmótica y la impregnación a vacío en la crioprotección de mango*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- A Lenart, & j., Flink J.M. (1984). *Osmotic concentration of potato. spatial distribution of the osmotic effect*. Journal of food Technology.
- Heng, K., S. Guilbert & J.L., Cuq. (1991). *Osmotic dehydration of kiwi fruits: Influence of process variables on the colour and ascorbic acid content*.
- Pinnavala G, Daliarosa M, Bartolucci L. (1989). *Osmotic dehydration of fruit: Influence of osmotic agents on drying behavior and product quality*.
- V. Pavasovic, M. Stefanovic R. Stefanovic Dalla Rosa, G. Pinnavaia (1977). *The osmotic dehydration of fruit*.
- Camacho, G. (1997). *Deshidratación Osmótica Directa de Vegetales*. Bogotá: Instituto de Ciencias y Tecnología de alimentos.
- Camacho, G. (1997). *Deshidratación Osmótica Directa de Vegetales*. Bogotá: Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos.
- Castro. (1997). *Deshidratación Osmótica a Vacío Pulsante. Estudio de las Variables del Proceso*.
- D., T. (1993). *Osmotic dehydration in fruit and vegetables processing*.
- Guillermo Segundo Arrazola, D. G. (1980). *Official Methods of Analysis*. AOAC. Washington: Association of official analytical Chemists.
- Holguin M, C. G. (1992). *Efecto de la Reutilización del Agente Osmodeshidratación de la Conservación de Mango (Tommy Atkins)*. Bogotá: Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos.
- Humberto, Z. M., & Gilberto., C. Q. (1999). *Deshidratación osmótica de frutas y vegetales*. Medellín: Facultad Nacional de Agronomía.
- Juan Diego Torres Oquendo (2007). *Optimización de las condiciones de operación de tratamientos osmóticos destinados al proceso mínimo de mango (Mangifera indica L.)*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Norma Mundial de Seguridad Alimentaria BRC*. (Junio 2011). Londres: 6.
- National Nutrient Database for Standard*. (2016). USA.

Holguín (1992). *Efecto de la reutilización del agente osmodeshidratante en la conservación de mango Tomy Atkins*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Pascual Anderson, M. R., y Calderón y Pascual V (2000). *Microbiología Alimentaria*. Madrid: Diaz de Santos.

Maria Ríos Pérez, C. J. (s.f.). *Deshidratación Osmótica de Frutos de Papaya Hawaiiiana (Carica papaya L.) En Cuatro Agentes Edulcorantes*.

Potencia Alimentaria. (s.f.). Obtenido de www.chilepotenciaalimentaria.cl

GROSCH, W. (1997). *Introducción a las frutas y hortalizas mínimamente procesadas*. Zaragoza: Acribia.

Ricardo Luis Cardoso, A. A. (s.f.). *Departamento de Agronomía, Facultad de agronomía, Universidad Nacional de Colombia*. Bogotá.

uan Diego Torres O. riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1935/tesisUPV2552.PDF. (s.f.). Recuperado de riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1935/tesisUPV2552.PDF.

Watss, Y. (1992). *Metodos basicos para la evaluacion de alimentos*.

www.espatentes.com/pdf/2064951_t3.pdf. (s.f.). Recuperado de www.espatentes.com/pdf/2064951_t3.pdf.

www.monografias.com/trabajos82/proceso-frutascristalizadas/proceso-frutascristalizadas2.shtml. (s.f.). Recuperado de www.monografias.com/trabajos82/proceso-frutascristalizadas/proceso-frutascristalizadas2.shtml.

www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/11358120509487660. (s.f.). Recuperado de www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/11358120509487660.

ANEXOS.



Figura 30.
Termómetro y Cristalería de Laboratorio.



Figura 31.
Refractómetro Manual.



Figura 32.
Barnier Manual.



Figura 33.
Balanzas



Figura 34.
Recepción de la Papaya.



Figura 35
Escaldado de la Papaya ($T^{\circ}=75-95^{\circ}\text{C} / 5\text{min}$).



Figura 36.
Pelado de la Papaya.



Figura 37.
Partido y Despepitado.



Figura 38.
Lavado y Selección.



Figura 39.
Cocción de la papaya ($T^{\circ} = 105-115^{\circ}\text{C} / 5 \text{ min.}$).



Figura 40.
Enfriado de la Papaya.

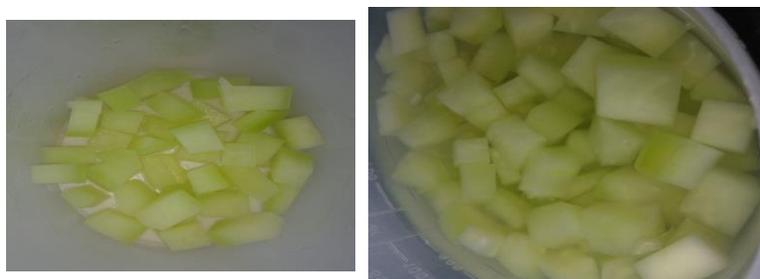


Figura 41.
Selección y Cubeteado de la Papaya.



Figura 42.
Zarandeo, Selección y pesado.



Figura 43.
Dosificado de la preparación del jarabe.



Figura 44.
Confitado de la Papaya.



Figura 45.
Ecurrido de la Papaya Confitada.



Figura 46.
Análisis de Acidez de la Fruta Confitada.

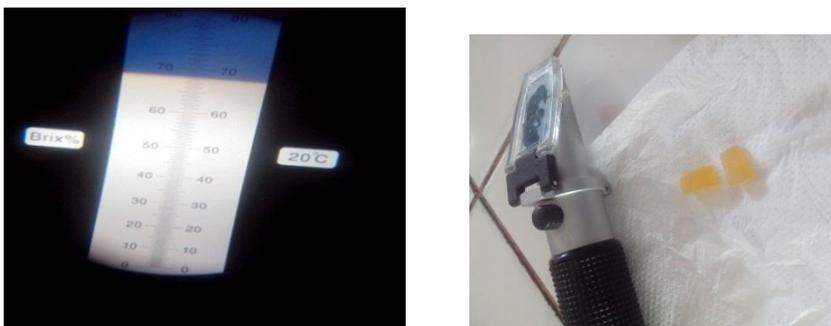


Figura 47.
Análisis de Grados Brix de la Fruta Confitada.



Figura 48.
Envasado y Pesado de la Papaya Confitada.