

UNELLEZ
VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA
Y PROCESOS INDUSTRIALES
PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR
SAN CARLOS-VENEZUELA



EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y
QUÍMICAS DE UNA BARRA ENERGETICA CON LA
INCORPORACIÓN DE TUNA (*Opuntia ficus*) Y PIÑA (*Anana*
***comosus*)**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Agroindustrial.

Br. Obelis Maya. CI: 26.144.609

Tutor: Ing. Yonner Piñero

SAN CARLOS, ENERO 2024



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
“EZEQUIEL ZAMORA”
VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA
Y PROCESOS INDUSTRIALES
PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y MAR
SAN CARLOS - VENEZUELA**

San Carlos, 20 de julio del 2023

Ciudadanos:

Profesor: YONNER PIÑERO

Presidenta y demás miembros de la Comisión Asesora del Programa de Ciencias del Agro y del Mar UNELLEZ San Carlos.

Presente.-

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Yo **Prof. YONNER PIÑERO**, cédula de identidad **Nº 20488990**, hago constar que he leído el Anteproyecto del Trabajo de Grado, titulado “EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE UNA BARRA ENERGÉTICA CON LA INCORPORACIÓN DE TUNA (Opuntia ficus) Y PIÑA (Anana comosus)” presentado por el (los) bachilleres **OBELIS MAYA**, titular de la Cédula de Identidad **Nº 26144609**, para optar al título de Ingeniero Agroindustrial, del Programa Ciencias del Agro y del Mar y acepto asesorar al (los) estudiantes, en calidad de tutor, durante el periodo de desarrollo del trabajo hasta su presentación y evaluación.

En la ciudad de San Carlos, a los 20 días del mes de julio del año 2023

Prof. YONNER PIÑERO

C.I. Nº 20488990



ACTA DE VEREDICTO FINAL DEL JURADO EXAMINADOR DEL TRABAJO DE GRADO (ART. 29 DE LA NORMATIVA)

Hoy 25 de enero del dos mil veinticuatro, siendo las 11:15 am., reunidos en el aula C del Programa **Ciencias del Agro y del Mar** de la UNELLEZ VIPI; los profesores (a), **Prof. Yonner Piñero C.I. 20.488.990; Ávila Enrique C.I. 4.927.080 y Paulys Carmona C.I. 21.136.900**, Tutor (a) y Jurados designados por la Comisión Asesora del Programa **Ciencias del Agro y del Mar** en Resolución **CAPCAM N° 2024/022**, Fecha: **18/01/2024**; Acta N°: **421 EXTRAORDINARIA**; PUNTO N°: **03**, para evaluar la presentación oral y pública de la versión final del Trabajo de Grado titulado: **"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE UNA BARRA ENERGETICA CON LA INCORPORACION DE TUNA (*Opuntia ficus*) Y PIÑA (*Anana comosus*)"**; requisito final para optar al Título de **Ingeniero (a) Agroindustrial** realizado por la bachillere **Br. Obelis Maya C.I. 26.144.609**

Durante la presentación, el Jurado Examinador verificó el cumplimiento de los Artículos 26 y 27 (literal b) de la **Norma Transitoria del Trabajo de Grado para las Carreras de Ingeniería y Medicina Veterinaria del Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales de La UNELLEZ**. Culminado el acto a las 12:00 m, se deliberó para totalizar la **Calificación Parcial (60%)** (Documento y la Presentación), obteniéndose el siguiente resultado:

| EXPOSITOR | NOTA OBTENIDA (1 - 5) |
|---------------------------------|-----------------------|
| Br. Obelis Maya C.I. 26.144.609 | 4.85 |

Por el Jurado:

JURADO PRINCIPAL

JORDY J. GAMEZ V.
14.521.492



YONNER PIÑERO
20.488.990

TUTOR-COORDINADOR

JURADO PRINCIPAL

PAULYS CARMONA
21.136.900

DEDICATORIA

Primeramente, dedico este logro a Dios, y le doy gracias por el don de la vida, por permitirme virtudes y cualidades para cumplir mis metas planteadas.

En segundo lugar, a mi abuela Miriam Aular y mi madre Yeiza Maya, las cuales con sus valiosos esfuerzos me ha impulsado siempre a salir adelante, a darle valor a las cosas, han sido para mí, vivo ejemplo de lucha y constancia, fuente de inspiración y empuje para alcanzar este logro.

En tercer lugar, a mi pareja Daniel Moreno quien me impulsó a terminar mi carrera, me instruyó y apoyó en muchas facetas, también a mis hermanas, mi tío Luis, mis hermanos y a mi papa los cuales siempre han estado allí para acompañarme y motivarme a seguir adelante.

A mis profesores quienes más que amigos se han convertido en promotores de mi futuro, a mis amistades por su acompañamiento y apoyo durante este tiempo de formación académica

Obelis Maya

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la fortaleza y sabiduría, forjar mi camino y cuidarme en cada momento de la vida.

A mi abuela y mi madre, por creer en mí, que, con sus esfuerzos, dedicación, paciencia, buenos consejos y todo el apoyo incondicional me motivaron a seguir adelante y llegar hasta aquí.

A mi familia, especialmente a los que formaron parte importante de este logro, aportando un granito de arena para ayudarme a lograr mis metas.

A mi tutor, el profesor Yonner Piñero, por darme todo el apoyo, con sus asesorías y brindarme toda su enseñanza. En especial a los profesores Gabriel Cravo, Lleylsmar Crespo y José Ramos, quienes me apoyaron durante toda mi carrera y fueron parte fundamental de este logro.

Un valioso reconocimiento a mi casa de estudio la Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora “UNELLEZ”, por mi formación académica y personal, así como también agradezco a cada uno de los Profesores (as), que me acompañaron impartiendo sus conocimientos durante mi formación en el transcurso de estos años.

Obelis Maya

ÍNDICE GENERAL.

| | Pág. |
|--|-------------|
| ACTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR | II |
| ACTA DE VEREDICTO FINAL | III |
| DEDICATORIA | IV |
| AGRADECIMIENTO | V |
| INDICE GENERAL | VI,VII |
| INDICE DE TABLAS | VIII |
| INDICE DE FIGURAS | IX |
| RESUMEN | X |
| SUMMARY | XI |
| INTRODUCCION | 1, 2 |
| CAPITULO I | 3 |
| I.1 EL PROBLEMA | 3 |
| I.1.1 Planteamiento del problema | 3, 6 |
| I.1.2 Formulación de objetivos | 6 |
| I.1.2.1 Objetivo general | 6 |
| I.1.2.2 Objetivos específicos | 6 |
| I.1.3 Evaluación del problema | 7 |
| I.1.3.1 Importancia de la investigación | 7 |
| I.1.3.2 Justificación | 8 |
| I.1.4 Marco legal | 8, 9 |
| I.1.5 Alcances y limitaciones | 10 |
| I.1.5.1 Alcances | 10 |
| I.1.5.2 Limitaciones | 10 |
| I.1.6 Ubicación geográfica | 10 |
| I.1.7 Institución, Investigador (es), Asesores metodológicos y Tutor académico | 10, 11 |
| CAPITULO II | 12 |
| II.1 MARCO TEÓRICO | 12 |
| II.1.1 Antecedentes de la Investigación | 12-14 |
| II.1.2 Bases teóricas | 15 |
| II.1.2.1 Tuna (Opuntia ficus) | 15, 20 |
| II.1.2.2 Piña (Ananas comosus) | 20, 26 |
| II.1.2.3 Miel de abejas (Apis mellifera) | 26, 27 |
| II.1.2.4 Frutos secos | 27, 28 |
| II.1.2.5 Barras nutricionales | 29, 31 |
| II.1.2.6 Deshidratación | 31,32 |
| II.1.2.7 Los software (Statistica y JMP) | 32,33 |
| II.1.2.8 Ingredientes usados en las barras energéticas | 33,34 |
| II.1.3 Definición de términos básicos | 34,35 |
| II.1.4 Formulación del Sistema de Hipótesis | 35-36 |
| II.1.5 Formulación del Sistema de Variables | 36-38 |
| II.1.6 Operacionalización de variables | 38, 39 |

| | |
|---|--------|
| CAPITULO III | 40 |
| III.1 Marco metodológico | 40 |
| III.1.1 Tipo de investigación | 40, 41 |
| III.1.2 Población y muestra | 41 |
| III.1.3 Diseño de la investigación | 41, 42 |
| III.1.4 Método Experimental | 42-50 |
| Capitulo IV | 51 |
| IV.1 Presentación de resultados | 51 |
| IV.1.1 Caracterización física y química de la materia prima Piña (Ananas Comosus) y tuna (Opuntia Ficus) deshidratadas. | 51-52 |
| IV.1.2 Resultados del proceso de deshidratación de las rebanadas de Piña (Ananas Comosus) y tuna (Opuntia Ficus) deshidratadas. | 52-56 |
| IV.1.3 Resultados Estadísticos. | 56,71 |
| Conclusiones | 72, 73 |
| Referencias Bibliográficas | 74,78 |
| Anexos | - |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| 1. Taxonomía de la Tuna | 15 |
| 2. Contenido nutricional tuna..... | 18,19 |
| 3. Taxonomía de la Piña..... | 22 |
| 4. Composición nutricional de la piña..... | 23, 24 |
| 5. Composición nutricional de la miel..... | 27 |
| 6. Composición nutricional por cada 100g de frutos secos..... | 28 |
| 7. Clasificación de Barras Energéticas..... | 31 |
| 8. Variables independientes..... | 52 |
| 9 Variables dependientes..... | 53 |
| Tabla 10. Se muestran los indicadores, rango, tipo de variable y escala de las variables utilizadas en la operacionalización, que en 10 este tipo de investigación cuantitativa ayuda a comprobar empíricamente las variables de las hipótesis. | 39 |
| 11 Matriz “D” de diseño con variables codificadas | 47 |
| 12 Recopilación de datos para el diseño experimental..... | 48 |
| 13 Caracterización física y química de la materia prima: Piña y Tuna... | 51 |
| 14 Deshidratación de Piña..... | 53 |
| 15 Deshidratación de Tuna..... | 54 |
| 16 Matriz De Diseño Con Valores Naturales En El Experimento Final. | 58 |
| 17 Análisis de varianza para la respuesta (Y1) Rendimiento..... | 61 |
| 18 Análisis de varianza para la respuesta para humedad..... | 64,65 |
| 19 Análisis de la varianza para la respuesta pH..... | 67,68 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------|
| 1. Partes del nopal..... | 17 |
| 2. Piña (Anana Comosus)..... | 21 |
| 3. Diagrama de flujo para obtener barras de cereal con frutas deshidratadas tuna y piña..... | 44,45 |
| 4. Curva de secado con relación tiempo y peso de la barra..... | 55 |
| 5. Gráfica de los valores predichos por el modelo ajustado contra los valores medidos experimentalmente para la respuesta rendimiento (Y1)..... | 59 |
| 6. Gráfica de superficie de respuesta para la respuesta rendimiento (Y1)..... | 62 |
| 7. Gráfica de los valores predichos por el modelo ajustado contra los valores medidos experimentalmente para la respuesta humedad (Y2)..... | 63 |
| 8. Gráfica de superficie de respuesta para la respuesta humedad (Y2). | 65 |
| 9. Gráfica de los valores predichos por el modelo ajustado contra los valores medidos experimentalmente para la respuesta pH (Y3)..... | 66 |
| 10. Gráfica de superficie de respuesta para la respuesta pH (Y3)..... | 69 |
| 11. Gráfica de perfiles de respuestas múltiples y de deseabilidad..... | 70 |



UNELLEZ

VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA
Y PROCESOS INDUSTRIALES
PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR
SAN CARLOS-VENEZUELA

Resumen

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE
UNA BARRA ENERGETICA CON LA INCORPORACIÓN DE TUNA
(Opuntia ficus) Y PIÑA (Anana comosus)**

Autor: Obelis Maya, C.I 26144609

Tutor: Prof. Ing. Yonner Piñero

Una barra energética es considerada un suplemento alimenticio en el área agroindustrial, representada también como un producto nutricional que permite reemplazar una fuente de energía alimenticia por carbohidratos complejos. Por este motivo y reconociendo la influencia directa que tiene la alimentación en nuestra salud como seres humanos, el objetivo de este trabajo, fue evaluar las características físicas y químicas de una barra energética con la incorporación de tuna (*Opuntia ficus*) y piña (*Ananas Comosus*) deshidratadas. Inicialmente se caracterizó física y químicamente la materia prima, posterior a esto se estructuró una curva de secado relacionando pérdida de peso y tiempo con respecto al proceso de deshidratación de la tuna y la piña. Por ultimo se trabajó con diseño experimental factorial de tres niveles con dos factores de estudios (32), y 3 puntos centrales adicionales para un total de 12 tratamientos. Los resultados se van estudiar a través de análisis de varianza, gráficos de superficie de respuesta y perfiles de deseabilidad, X1: Piña (%) y X2: Tuna, aplicando ANOVA siendo todos los coeficientes de determinación R² superiores al 80%; para Y1: Rendimiento (%), Y2: Humedad (%) y Y3:pH, las fuentes de variación tratamiento y regresión fueron significativas, influyendo ambas variables sobre la respuesta. Tanto X1 como X2 tienen efecto sobre la respuesta. La co-optimización se obtuvo como resultado con un tratamiento óptimo con una deseabilidad de 97,52%, correspondiente a X1: 20% y X2: 25% tal como lo indica la figura 11b para obtener 96.78% de rendimiento, humedad 9,58% y un pH de 5,24 respectivamente.

Palabras clave: barra energética, deshidratación, análisis de varianza



UNELLEZ
VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA
Y PROCESOS INDUSTRIALES
PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR
SAN CARLOS-VENEZUELA

Resumen

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE
UNA BARRA ENERGETICA CON LA INCORPORACIÓN DE TUNA
(Opuntia ficus) Y PIÑA (Anana comosus)**

Autor: Obelis Maya, C.I 26144609

Tutor: Prof. Ing. Yonner Piñero

An energy bar is considered a food supplement in the agro-industrial area, also represented as a nutritional product that allows replacing a source of food energy with complex carbohydrates. For this reason and recognizing the direct influence that food has on our health as human beings, the objective of this work was to evaluate the physical and chemical characteristics of an energy bar with the incorporation of prickly pear (*Opuntia ficus*) and pineapple (*Ananas Comosus*).) dehydrated. Initially, the raw material was characterized physically and chemically, after which a drying curve was structured relating weight loss and time with respect to the dehydration process of the prickly pear and pineapple. Finally, we worked with a three-level factorial experimental design with two study factors (32), and 3 additional central points for a total of 12 treatments. The results will be studied through analysis of variance, response surface graphs and desirability profiles, X1: Pineapple (%) and X2: Tuna, applying ANOVA with all determination coefficients R² greater than 80%; for Y1: Yield (%), Y2: Humidity (%) and Y3: pH, the sources of variation treatment and regression were significant, both variables influencing the response. Both X1 and X2 have an effect on the response. The co-optimization was obtained as a result with an optimal treatment with a desirability of 97.52%, corresponding to X1: 20% and X2: 25% as indicated in Figure 11b to obtain 96.78% yield, humidity 9.58 % and a pH of 5.24 respectively.

Keywords: nuggets, sea bass pulp, mixture design

INTRODUCCION.

En nuestra cultura el consumo de barras energéticas se encuentra en crecimiento debido a las nuevas costumbres alimenticias relacionadas al cuidado del cuerpo humano, en el mercado se encuentran en distintos sabores, por otra parte la tuna y la piña aportan nutrientes esenciales para la salud y cuidado del cuerpo, por ende se pretende utilizar en este tipo de producto para ser incorporado en una barra energética.

La elaboración de una barra energética con materia prima deshidratada permite de forma sencilla y rápida elaborar un producto compacto para el agrado del consumidor. Su facilidad para el consumo se debe principalmente a su conservación durante un largo periodo tiempo y los nutrientes que esta puede aportar.

La deshidratación de alimentos mediante aire caliente, conduce a un tiempo de secado más corto, mayores rendimientos energéticos y unas mejores características en la calidad del producto final., además de eso el daño térmico es mínimo y no provoca cambio de color ni afecta las características organolépticas de la materia prima. Esta investigación está definida por la aplicación de métodos científicos utilizando análisis de datos, modelos matemáticos que posteriormente permitirán una toma de decisiones, de tal forma que apoyaran la efectividad de las operaciones.

La importancia de este estudio radica en analizar el producto desde el punto de vista físico y químico, dentro del contexto científico, el cual puede arrojar nuevas teorías que garanticen bases para investigaciones posteriores, fomentando la

invención de nuevos productos alimenticios de excelente atributos de calidad y alto valor nutricional.

CAPITULO I

I.1. EL PROBLEMA

I.1.1. Planteamiento del problema

Para identificar el centro de origen de la piña tenemos que situarnos en América del Sur específicamente en la Amazonia entre Brasil y Paraguay, aunque especies salvajes de piña pueden encontrarse en Venezuela (Borjas, 2020).

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Tierra Venezuela se ubica entre los 15 países mayores productores de piña después de Costa Rica (2,6 millones TM), Brasil (2.480TM), Filipinas, Tailandia, Indonesia, India, Nigeria, China, México, Colombia y Vietnam (Pérez, 2022), lo que convierte a este fruto en una alternativa de aprovechamiento gastronómico.

Por otra parte, la tuna se considera originaria de México y posteriormente se expandió por el mundo debido a su fácil proliferación en zonas áridas y semiáridas, algunas variedades fueron domesticadas y desde entonces tienen diversos usos, además es consumida por humanos, siendo utilizada en medicina y para la elaboración de bebidas (Valdez, 2004).

A nivel mundial, la demanda de alimentos funcionales está creciendo a un ritmo más rápido debido a los cambios en los patrones sociales y económicos, el aumento del gasto en alimentos y bebidas, la conciencia acerca de los alimentos saludable y el deseo de probar nuevos productos. Asimismo, los bocadillos para llevar se están

volviendo extremadamente populares, especialmente entre la clase trabajadora y los adolescentes debido a su estilo de vida agitado. Además, el concepto de barra alimenticia para llevar está muy asociado a la facilidad de consumo y manipulación de los productos que ofrecen estas alternativas. Las mismas se envasan en pequeñas cantidades que contienen grandes aportes de energía instantánea, todos los nutrientes y micronutrientes esenciales diarios y están disponibles; han sido ampliamente adoptadas, impulsando el crecimiento este mercado. (Mordor Intelligence, 2023).

En este sentido las barras energéticas o barras de cereales se encuentran dentro del grupo de los alimentos funcionales o también llamados alimentos combinados, enriquecidos o fortificados; debido a los compuestos bioactivos del producto (resveratrol, lignanos, taninos, índoles, polifenoles, entre otros), que contribuyen al beneficio de la salud por las personas que lo consumen. Son un suplemento alimenticio, consumido por atletas u otras personas físicamente activas, para mantener las necesidades caloríficas producidas por su actividad física vigorosa. Como su nombre indica, son una fuente de energía alimenticia, principalmente carbohidratos complejos. Algunas barritas contienen una fuente de proteínas, así como una selección de vitaminas y minerales (Iñarritu y Vega, 2001, p.8), citado por (Luna, 2021, p.3)

El Estudio Venezolano de Nutrición y Salud (Evans, 2015), empleando patrones de consumo para identificar el tipo y variedad de alimentos que consume una población de manera habitual, relacionándolos con la ingesta de energía y macronutrientes dependiendo de factores sociodemográficos como región y clase

social, obtuvo como resultado que un venezolano en promedio consume 911 gramos de alimentos por día, con un aporte de 1.925 kilocalorías, inferior a la recomendación nacional de 2.300 kcal (Hernández Ortega, y Ortega, 2021).

Además, el mercado ofrece muchos productos importados con indicaciones en la etiqueta de propiedades funcionales o de salud que no siempre son comprobables y que en la mayoría de los casos son comercializados por tiendas naturistas. Debido a que en el país todavía no está aprobada la legislación para los alimentos funcionales se deben seguir las normas internacionales o del Codex Alimentarius (Guerra, ob. cit.).

En este aspecto para Venezuela la producción nacional de las barras de cereales se encuentra limitada, en el mercado no existe una barra energética que forme parte de los productos nacionales, teniendo en cuenta que además existe un perfil de consumo de nuevo alimentos por parte de la población, requiriendo alternativas nutricionales fáciles de consumir y elaboradas con materias primas de nuestro país, debido a que la comercialización de estos productos es de origen internacional (Guerra, 2005).

En la actualidad este tipo de alimento es consumido por diferentes grupos de individuos, deportistas, estudiantes, amas de casa, personas con alguna deficiencia nutritiva, existiendo una tendencia por este mercado por razones de salud y estética, debido a que son una excelente fuente de fibra beneficiosa para la digestión,

previenen el estreñimiento, las enfermedades cardiovasculares y reducen los niveles del colesterol (Prochile, 2007).

Por lo antes expuesto, se pretende formular y elaborar una barra a partir de tuna (*Opuntia ficus*), piña (*Anana comosus*), que asegure grandes beneficios para el organismo. Procurando ofrecer al mercado en general un producto alimentario alternativo que garantice características nutricionales de calidad, económico, de agradable presentación, textura y una vida útil prolongada, que pueda ser consumido por cualquier persona, en diferentes horas del día.

I.1.2 Formulación de objetivos

I.1.2.1 Objetivo general

Evaluar las características física y química de una barra energética con la incorporación de tuna (*opuntia ficus*) y piña (*anana comosus*) deshidratadas.

I.1.2.2 Objetivos específicos

- Mediante análisis parcial determinar las características físicas y químicas de la piña y la tuna proveniente de los mercados y zonas locales de San Carlos estado Cojedes.
- Establecer la curva de velocidad de secado de la piña y la tuna en relación al tiempo y temperatura.
- Estudiar la variabilidad de las respuestas tecnológicas; rendimiento, humedad y sólidos solubles, en la barra nutricional.

I.1.3 Evaluación del problema

I.1.3.1 Importancia de la investigación

Las barras energéticas son una fuente de energía rápida y a la vez prolongada, gracias a su proporción de azúcares simples y compuestos (fructosa, glucosa, celulosa, entre otros). Además, son bajas en grasa, se procura utilizar materias prima poco características de las barras energéticas las cuales son tuna, piña y miel como edulcorante, todos estos en distintas proporciones intentando elaborar un producto que genere una repuesta tecnológica y así poder determinar su calidad y aceptabilidad como producto alimenticio.

Por otro lado esta investigación está definida por la aplicación de métodos científicos utilizando análisis de datos, modelos matemáticos que posteriormente permitirán una toma de decisiones, de tal forma que apoyaran la efectividad de las operaciones y gestión de los problemas que se puedan resolver utilizando estos medios.

La importancia de este estudio radica en analizar el producto desde el punto de vista físico y químico, dentro del cotexto científico, el cual puede arrojar nuevas teorías que garanticen bases para investigaciones posteriores, fomentando la invención de nuevos productos alimenticios de excelente atributos de calidad y alto valor nutricional.

I.1.3.2 Justificación

Garantiza a la población un producto nutritivo en forma de barra que ofrece una nueva alternativa de alimentación para el consumidor y se obtiene así una excelente fuente de energía que pueda ser aprovechada, tratando de incrementar de tal forma la gama de productos energéticos dentro del mercado cojedeño y por ende a nivel nacional.

Asimismo, las líneas de investigación de Ciencias del Agro y Mar soberanía y Seguridad Agroalimentaria que rigen nuestra Universidad Nacional Experimental “UNELLEZ” comprenden las investigaciones referidas al estudio de los sistemas de producción agrícola y sus relaciones con los componentes socioeconómicos. La UNELLEZ mantiene desde el punto de vista estratégico los lineamientos para la seguridad alimentaria, considerando el equilibrio que debe existir entre el hombre y el ambiente, promoviendo la orientación necesaria para la producción eficiente y sustentable de alimentos.

I.1.4 Marco legal

❖ Constitución de la República Bolivariana de Venezuela: Título VI del sistema socioeconómico, capítulo I del régimen socioeconómico y de la función del estado en la economía, en su artículo 305 postula que el estado promoverá la agricultura sustentable como base estratégica del desarrollo rural integral, a fin de garantizar la seguridad alimentaria de la población, entendida como la disponibilidad suficiente y

estable de alimentos en el ámbito nacional y acceso oportuno y permanente a estos por parte del público consumidor.

La seguridad alimentaria se alcanzará desarrollando y privilegiando la producción agropecuaria interna, entendiéndose como tal la proveniente de las actividades agrícola, pecuaria, pesquera y acuícola. La producción de alimentos es de interés nacional y fundamental para el desarrollo económico y social de la Nación. A tales fines, el Estado dictara las medidas de orden financiero, comercial, transferencia tecnológica, tenencia de la tierra, infraestructura, capacitación de mano de obra y otras que fueran necesarios para alcanzar niveles estratégicos de autoabastecimiento. Además, promoverá las acciones en el marco de la economía nacional e internacional para compensar las desventajas propias de la actividad agrícola.

❖ Proyecto Nacional Simón Bolívar, Tercer Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2019-2025: En su objetivo nacional 1.4. Lograr la soberanía alimentaria para garantizar el sagrado derecho a la alimentación de nuestro pueblo, apartado 1.4.6. propone brindar acompañamiento científico y tecnológico a los diversos actores del sector agroalimentario para el aprovechamiento efectivo de las potencialidades y capacidades nacionales, que garantice la aplicación de las mejores técnicas y procesos de producción, desde la producción primaria al procesamiento, envasado y distribución de alimentos para el consumo final.

I.1.5 Alcances y Limitaciones

I.1.5.1 Alcances

La presente investigación pretende determinar las propiedades físicas y químicas de una barra energética a base de tuna y piña edulcorada con miel (*Apis mellífera*) modernizando y diversificando la gama de productos energéticos dentro del mercado estatal. Además, servirá de referencia para ampliar información relacionada a los productos energéticos.

I.1.5.2 Limitaciones

Una limitación que esta investigación presenta es que no existe ninguna ley o normativa en Venezuela relacionada a las barras nutricionales y sus características dentro del sistema de producción de alimentos nacional.

Por otro lado los resultados de esta investigación están limitados a la obtención de un producto que pueda que no guste, por las características que adopte al realizar cada uno de los diferentes tratamientos.

I.1.6 Ubicación Geográfica

Esta investigación se ejecutará en el Laboratorio de Ingeniería y Tecnología de Alimentos, del vicerrectorado de infraestructura y procesos industriales (LITA – VIPI), San Carlos, estado Cojedes-Venezuela.

I.1.7 Institución, Investigador (es), Asesor metodológico y Tutor Académico

Institución: Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ – VIPI Núcleo San Carlos-Estado Cojedes.

Investigadores: Br. Obelis Daniela Maya Aular

Tutor Académico: Prof. Yonner Piñero

CAPITULO II

II.1. MARCO TEÓRICO

II.1.1 Antecedentes

Aquilla, (2023) en su diseño de un proceso agroindustrial para elaborar barra de cereales con frutas deshidratadas tuna y piña, evaluó dos tratamientos experimentales correspondientes al deshidratador de bandejas y estufa, utilizando 5 repeticiones a temperaturas de 50, 55, 60, 65 y 70 grados centígrados obteniendo tuna y piña deshidratada, utilizando un diseño de dos muestras pareadas comparando la eficiencia de dos métodos de deshidratación entre el deshidratador de bandejas y estufa. Estableciendo parámetros como temperatura, tiempo y rendimiento; siendo el deshidratador de bandejas el mejor método para deshidratar tuna y piña, obteniendo un rendimiento del 19,75% para tuna por un tiempo de 15 horas a una temperatura de 65 grados centígrados y para piña un rendimiento del 15,01% por un tiempo de 16 horas a una temperatura de 60 grados centígrados.

Teniendo deshidratadas las frutas se elaboró la barra de cereal realizando análisis bromatológicos, microbiológicos y sensoriales, presentando un contenido del 13 % de proteína, 8,88 % de grasa, 6,81 % de fibra y 1,18 % de cenizas. En lo que respecta al análisis microbiológico se determinó ausencia en mohos y E. coli. Presentando una valoración sensorial de me gusta moderadamente. Se realizó los diferentes diagramas de proceso agroindustrial, como son el diagrama de bloques, diagrama de flujo de

proceso, diagrama de tuberías e instrumentación, diagrama físico, flujograma y el diagrama de operaciones para una capacidad de producción de 400 kg al día de barra de cereal con frutas deshidratadas tuna y piña (Auq

Lo descrito anteriormente sirvió como fundamento para establecer el uso de vegetales deshidratados (piña y tuna) en una barra energética, en el caso de la tuna se pretende utilizara solo la hoja (cladodio), principalmente con esto se requiere garantizar un proceso de deshidratado con un buen resultado, donde además se tomaran como referencia algunos análisis bromatológicos que establezcan la aceptabilidad del producto final. Posteriormente en este se concluye que el deshidratador de bandejas es el mejor método para deshidratar tuna y piña con excelentes índices de rendimientos, recomendando deshidratar a temperatura de 65 °C/ 15h para la tuna y 60°C/16h para piña, para ser empleadas en la elaboración de barras de cereal.

Quishpi (2021), en su investigación relacionada a la utilización del nopal en la industria alimentaria para la elaboración de alimentos funcionales, proporcionó información en cuanto a la utilización del nopal o tuna, específicamente la utilización del cladodio deshidratado. Este describe la importancia de este vegetal a nivel industrial ya que puede ser utilizado como alimento, el objetivo fue realizar una búsqueda y revisión bibliográfica acerca de su utilización en la industria de alimentos funcionales, como una nueva alternativa obtuvo harina de nopal mediante un proceso de deshidratación.

El nopal ha sido objeto de estudio gracias a su composición nutrimental y las propiedades que este posee. En el cladodio fresco el porcentaje de nutrientes es bajo, ya que tiene en su composición un mayor contenido de agua, presentando valores de proteína promedio de 1,30%, carbohidratos 4,33% y fibra 5,50%, a diferencia de la harina que presenta porcentajes más elevados en proteína 11,30%, carbohidratos 30,32% y fibra 46,72% debido al proceso de deshidratación, en el cual se elimina la mayor cantidad de agua y existe una mayor concentración de nutrientes.

Villamizar, Cravo y Crespo (2018), en su investigación enmarcada según Hurtado (2012) de tipo exploratoria, caracterizaron física, química y microbiológicamente la chiga, donde en sus resultados, muestran las condiciones alcanzadas para maximizar la producción de la barra nutricional a base de chiga para atletas de alto rendimiento, dichas condiciones experimentales son de H₂O: 2,57 ml; Maní: 5,01 g; Chiga: 10,27 g; Miel: 3,60 ml; Almendra: 4,20 g; Ajonjolí: 5,00 g; Proteína: 7,80 g. Se obtiene una barra nutricional a base de chiga, con alrededor de 5,83 pH, con una humedad de alrededor de 13,66 %, un porcentaje de grasa de 20,11 %, un contenido proteico de 16,43 % y un potencial oxido reducción de 55,35 mV para las condiciones descritas. En este sentido dicha investigación, permitió obtener algunas bases a la hora de la formulación de la barra nutricional, la cual deben satisfacer las expectativas de sus consumidores y su accesibilidad económica, sin olvidar su valor nutricional.

II. 1.2 Bases Teóricas

II.1.2.1 Tuna (*Opuntia ficus*)

La tuna o también conocida como nopal, es una planta que se cultiva en suelos arenosos y calcáreos, logrando alcanzar hasta 5 m de altura. Formada de pencas con tallos aplastados y carnosos conformado por una serie de paletas espinosas, perteneciendo así a la familia de las Cactáceas. La temperatura óptima para que se desarrolle la planta varia de 18 a 26 ° C, requiriendo una precipitación de entre 500 y 600 mm anual lo cual su cultivo no requiere de un cuidado exhaustivo, pero si se deberá realizar periódicamente podas a la planta (FAO, 2014, pp. 71-72).

II.1.2.1.1 Clasificación taxonómica

Tabla 1: Taxonomía de la Tuna

| Reino | Plantae |
|--------------|-----------------|
| Division | Magnoliophyta |
| Clase | Magnoliopsida |
| Orden | Caryophyllales |
| Familia | Cactaceae |
| Subfamilia | Opuntioideae |
| Tribu | Opuntieae |
| Género | Opuntia |
| Subgénero | Opuntia |
| Especie | O. ficus-indica |

Fuente: (L.) Mill., 1768., (Wikipedia).

Se ha podido identificar un aproximado de 125 géneros y 2000 especies, reconociendo que cerca de 377 especies tienen una mayor relevancia, se encuentran

distribuidos desde Canadá hasta la Patagonia Argentina. En la actualidad, ha logrado tener un gran impacto dentro de la industria alimenticia, farmacéutica y cosmética, debido al excelente potencial que este posee (Párraga, E., 2015. p. 31), citado por (Quishpi, ob. cit.)

II.1.2.1.2 Origen de la tuna

(Marino, 2018), citado por (Quishpi, ob. cit.) menciona que la *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, más conocida como tuna, pertenece a la familia de las cactáceas. Su origen e historia están relacionados con las antiguas civilizaciones mesoamericanas. Los nopales están unidos de modo particular a la historia de México y Mesoamérica y se considera que son originarios de América tropical y subtropical, sin embargo, hoy en día, se pueden encontrar en una gran variedad de condiciones agroclimáticas, ya sea en forma silvestre o cultivada, en todo el continente americano.

Desde épocas prehispánicas hasta la actualidad, este cactus ha sido de gran valor alimenticio ya que se considera un importante recurso nutricional para la población de América Latina (Marino, 2018), Citado por (Quishpi, ob. cit.)

II.1.2.1.3 Descripción botánica de la tuna

En la figura 1, se puede observar las diferentes partes del Nopal, (1) cladodio, (2) espinas, (3) flor, (4) fruto. (Pilligua, 2017), en su investigación da a conocer la descripción del Nopal indicando que el sistema radical es extenso, profundo y altamente ramificado. Los cladodios o tallos, también se los conoce como palas o pencas, estos son articulados aplanados y presentan tejidos carnosos; en el centro de

la penca se puede identificar una red bilateral del tejido celulósico que con el transcurso del tiempo se endurece, dándole a ésta una constitución rígida, citado por (Quishpi, ob. cit.)

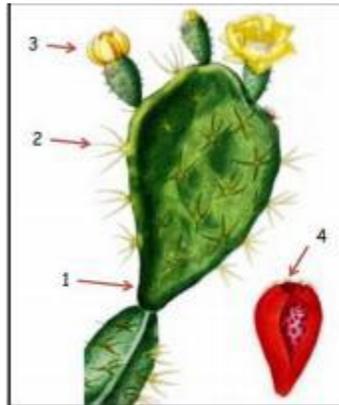


Figura 1. Partes del nopal

Fuente: (Cevallos, E., 2016)

II.1.2.1.4 Aspectos agrícolas

Es considerada una planta xenófila, ya que puede adaptarse a condiciones de extrema sequía, debido a que en el interior de sus pencas guarda reservas de agua que recolecta en las temporadas de lluvia, lo que le permite subsistir en terrenos desérticos, semi desérticos y áridos, por su gran versatilidad de adaptación a las diferentes zonas agroecológicas, el nopal podría ser cultivado en zonas donde la agricultura tradicional presenta dificultades para su desarrollo (Martínez, 2015), Citado por (Quishpi, ob. cit.).

II.1.2.1.5 Producción en Venezuela

En Venezuela, la industrialización de la tuna se encuentra a nivel artesanal, con bajo nivel de producción y procesamiento tecnológico, a pesar de que en el país se cuenta con tierras aptas para la producción de la tuna española, tal como lo señalan Matteucci y Colma, (1997) que en Venezuela los ecosistemas áridos y semiáridos ocupan el 4,6% del territorio nacional (Terán, Nava y Petit, 2015).

II.1.2.1.6 Composición

El principal componente de la tuna es el agua un valor por cada 100 g de fruta de 90,6 g, seguido de sus calorías con un valor de 31 kcal. Los valores de sus sólidos solubles varían de acuerdo con su estado de madures teniendo valores de entre 13 y 15 ° Brix. La tuna indica ser un agente antidiabético por la presencia de saponinas, además posee minerales tales como el calcio, fósforo y hierro. Vitaminas del grupo B como la tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3) y vitamina C (FAO, 2014)

Tabla 2: Contenido nutricional tuna

| Compuesto | Unidad | Valor por 100 g |
|------------------|---------------|------------------------|
| Calorías | kcal | 31 |
| Agua | g | 90.6 |
| Carbohidratos | g | 8 |
| Grasa | g | 0 |
| Proteína | g | 0,5 |
| Fibra | g | 0,5 |
| Cenizas | g | 0,4 |
| Calcio | mg | 22 |

Continuación de la tabla 2

| | | |
|-----------------|----|------|
| Fósforo | mg | 7 |
| Hierro | mg | 0,3 |
| Tiamina | mg | 0,01 |
| Riboflavina | mg | 0,02 |
| Niacina | mg | 0,3 |
| Ácido ascórbico | mg | 30 |

Fuente: (INEN, 2009), descrita por (Auquilla, ob. cit.)

II.1.2.1.7 Propiedades y beneficios

Investigaciones científicas han demostrado que los cladodios del nopal pueden ser usados principalmente como fuentes de nutrientes y fitoquímicos de gran importancia nutricional y funcional. Los cladodios de nopal presentan características funcionales promisorias debido a sus propiedades promotoras de la salud. (Benites, 2019). Los principales beneficios de los cladodios que se pueden evidenciar son contra las enfermedades crónicas, que están asociados a sus fibras y antioxidantes (Msaddak, *et al.* 2017), citado por (Quishpi, ob. cit.).

Se ha podido identificar que el nopal tiene propiedades hipoglucémicas e hipercolesterolémicas, antiinflamatorias, anti genotóxicas, hipotensas, inmunomoduladoras, antivirales, antioxidante y todas estas propiedades están asociadas principalmente a su contenido de fibra. (Rodiles, *et al.* 2016), Aporta una gran cantidad de fibra soluble e insoluble. A la cantidad de fibra soluble le atribuyen una función medicinal que favorece el proceso digestivo. Además, ayuda a reducir el

riesgo de problemas gastrointestinales y es auxiliar en el tratamiento contra la obesidad. De la misma manera, la fibra reduce la cantidad de lipoproteínas y disminuye el colesterol en la sangre al interferir en la absorción de grasas en los intestinos. (Torres, *et al.* 2015), citado por (Quishpi, ob. cit.)

El consumo de nopal ayuda a reducir la absorción de los azúcares por el intestino, efecto que está relacionado a la fibra soluble y a los aminoácidos presentes (proveen de energía), lo que hace que se reduzca la digestión de carbohidratos y la producción de insulina disminuya. (Anrrango y Burbano, 2013), citado por (Quishpi, ob. cit.)

II.1.2.2 Piña (*Ananas comosus*)

La piña es una planta herbácea perenne pequeña, conocida también como *Ananas comosus* siendo su nombre científico perteneciente a la familia bromeliácea del grupo de las monocotiledóneas de origen tropical. Posee una base constituida compacta de varias hojas teniendo una longitud de entre 50 y 150 cm en forma de espada, formando una roseta siendo una planta de origen tropical con tallos cortos (Moreira , *et al.*, 2021), citado por (Auquilla, ob.cit.).

Fruto de forma ovalada o cilíndrica de las plantas de la familia de las Bromeliáceas de color verde a anaranjado dependiendo de su estado de madurez, de sabor dulce levemente ácido. Tiene pulpa carnosa y jugosa de consistencia firme (INEN 1836, 2016)



Figura 2: Piña (Anana Comosus)

Fuente: (INEN 1836, 2016)

II.1.2.2.1 Origen

Para identificar el centro de origen de esta fruta tenemos que situarnos en América del Sur específicamente en la Amazonia entre Brasil y Paraguay, aunque especies salvajes de piña pueden encontrarse hasta Venezuela (UNCTAD, 2020). Una de las pruebas del origen americano de esta fruta la podemos encontrar en su nombre científico que deriva de palabras usadas por los pueblos aborígenes, es así que (*ananás/nana*) significa con gran olor (palabra de origen tupi, arawak y Carib), mientras que *comosus* puede estar referido a la corona que lleva el fruto. Actualmente, esta fruta es conocida como piña (nombre acuñado por los españoles debido al parecido que tiene con los estróbilos de las coníferas), abacaxi (usado en Brasil y Paraguay) y pineapple (Crestani *et al.*, 2010). Como lo señalan Crestani *et al.* (2010), la domesticación de esta planta ocurrió mucho antes de la llegada de los

Europeos (en Las Guayanas), pero fue gracias a ellos que se hizo famosa a nivel mundial (Borjas, Alvarado y Castro, 2020)

II.1.2.2.2 Clasificación Taxonómica

Tabla 3: Taxonomía de la Piña

| Reino: | Plantae |
|---------------|----------------|
| División: | Magnoliophyta |
| Clase: | Liliopsida |
| Subclase: | Commelinidae |
| Orden: | Poales |
| Familia: | Bromeliaceae |
| Género: | Ananas |
| Especie: | A. Comosus |

Fuente: (L.) Merr., 1917, (Wikipedia)

II.1.2.2.3 Aspectos agrícolas

En relación a los requerimientos adafoclimáticos el cultivo de la piña se desarrolla bien en altitudes entre los 800 y los 1200 metros sobre el nivel del mar, no obstante por tener un origen tropical puede desarrollarse bien entre los 0 y los 1400 dependiendo de las variedades. Respecto al tipo de suelos demanda que sean permeables de buena aireación y de acuerdo a la textura que sean francos, con un pH óptimo de 5 a 5,8. Se puede sembrar en suelos planos y ondulados menores al 25 %,

ya que de lo contrario demandará una mayor preparación y adecuación del terreno con curvas de nivel para el manejo de cultivo (DANE, 2016)

II.1.2.2.4 Producción en Venezuela

Para el 2020, que es la cifra más reciente que se encuentra, en Venezuela se producían 482.523 toneladas de piña y estaba de puesto 16 a escala mundial, según cifras de FAO. Quedó por debajo de Perú que en ese año estaba en el puesto 14 con una producción de 583.029 toneladas y de Colombia que repuntó en el ranking de los principales países productores de piña a escala mundial y que en 2020 estaba en el décimo lugar con una producción de 882.663 toneladas

Según información extraída del blog Agricultura de Olmo Axayacatl Bastida Cañada, quien se dedica a la investigación, comunicación y capacitación agrícola, y compiló un resumen de los datos mundiales de FAO: Entre los países con mayor superficie de siembra de piña, Venezuela está en el puesto 13 con 22.740 hectáreas (Pérez, 2022)

II.1.2.2.5 Composición

Tabla 4: Composición nutricional de la piña

| Nutrientes | Unidades | Valor por 100 g |
|--------------------------|-----------------|------------------------|
| Agua | g | 86 |
| Energía | Kcal | 50 |
| Proteína | g | 0.54 |
| Lípidos totales (grasas) | g | 0,12 |
| Carbohidratos | g | 13.12 |

Continuación de la tabla 4

| | | |
|--------------------------------|----------|-------------|
| Fibra dietética total | g | 1.4 |
| Azúcares totales | g | 9.85 |
| Calcio, (Ca) | mg | 13 |
| Hierro, (Fe) | mg | 0.29 |
| Magnesio,(Mg) | mg | 12 |
| Fósforo, (P) | mg | 8 |
| Potasio,(K) | mg | 109 |
| Sodio, (Na) | mg | 1 |
| Zinc, (Zn) | mg | 0,12 |
| Vitamina C, (Ac. Ascórbico) | mg | 47.8 |
| Vitamina B1 (Tiamina) | mg | 0.079 |
| Vitamina B2(Riboflavina) | mg | 0,032 |
| Vitamina B3 (Niacina) | mg | 0,5 |
| Ácido fólico | ug | 18 |
| Vitamina A | IU | 3 |
| Vitamina E (Alfatocoferol) | mg | 0,02 |
| Vitamina K(Filoquinona) | ug | 0,7 |
| Ac. Gr. Saturados totales | g | 0,009 |
| Ac. Gr. Monoinsaturados | g | 0,013 |
| Ac. Gr.Poliinsaturados | g | 0,04 |

Fuentes: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA),
citado por Hernández, Ortega y Ortega (2021)

II.1.2.2.6 Propiedades y beneficios

La Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (2015) define una “buena fuente” de macro y micronutrientes como una porción de alimentos que contienen 10 a 19 % de la ingesta adecuada o dosis diaria recomendada para cada nutriente. Usando ese estándar, la piña sería considerada como una buena fuente de vitaminas (vitamina C, tiamina y riboflavina) y minerales (potasio, calcio y magnesio). Algunos autores incluyen que esta fruta posee compuestos antioxidantes, un grupo de sustancias no tóxicas, como “micronutrientes antioxidantes” que pueden tener múltiples funciones en muchos procesos metabólicos y contrarrestar el estrés oxidativo en el cuerpo humano (Hernández, Ortega y Ortega, ob. cit.).

La piña es una rica fuente de bromelina, una enzima proteolítica, reconocida como el ingrediente bioactivo más valioso y estudiado de la fruta de piña, ha sido investigado desde 1884 y fue identificado por primera vez en 1891 por Marcano. La bromelina es un extracto acuoso que contiene una mezcla compleja de proteasas y otras sustancias en pequeñas cantidades. Las enzimas proteolíticas son cisteíno proteasas, ya que un grupo sulfhidrilo libre de una cadena lateral de cisteína se requiere para la actividad enzimática adecuada. Estas enzimas desempeñan un papel importante en la modulación proteolítica de la matriz celular en numerosos procesos fisiológicos. La bromelina está presente principalmente en el tallo y una pequeña cantidad presente en subproductos de piña. Las propiedades biológicas de los compuestos de la piña abren una nueva perspectiva para la obtención de productos con valor agregado para el consumo humano. (Hernández, Ortega y Ortega, ob. cit.).

De acuerdo con lo anterior, se determina la piña como una fuente de

antioxidantes naturales y compuestos bioactivos, ya que éstos no solo proporcionan un beneficio nutricional a los consumidores, sino que, debido a su composición fitoquímica, también ayudan a prevenir o retrasar el desarrollo de padecimientos crónico-degenerativos, dentro de los cuales el cáncer y las enfermedades cardiovasculares son de las más importantes. La fruta de la piña se puede considerar como una gran fuente de nutrientes, así como de compuestos bioactivos. Por lo tanto, su consumo debe ser recomendado por diversas organizaciones de la salud por sus propiedades funcionales.

II.1.2.3 Miel de abejas (*Apis mellifera*)

La miel de abeja es producida por la abeja (*Apis mellifera*) o subespecies, a partir del néctar de las flores o de secreciones de las plantas de partes vivas, que las abejas se encargan de recoger, transportar transformar y combinar con otras sustancias, deshidratan, concentran y almacenan en paneles (INEN , 2016), citado por (Auquilla, ob. cit).

II.1.2.3.1 Propiedades fisicoquímicas de la miel

Su composición dependerá de las condiciones ambientales, las prácticas de apicultura y el principal y más importante de la fuente del néctar. El 85 % son azúcares simples, siendo los principales monosacáridos como la fructosa y glucosa, además están presentes otros azúcares complejos, pero en niveles muy bajos. El contenido de humedad de la miel madura se encuentra por debajo del 18,5 % mientras que el contenido de proteínas y aminoácidos es de aproximadamente 0.5 %; su pH es bajo encontrándose en valores de 3,5 a 3,5 y una cantidad de minerales que varía de

0,02 a 1.0 %, estando presente en mayor cantidad el potasio (Ulloa, et al., 2010), citado por (Auquilla, ob. cit).

Tabla 5: Composición nutricional de la miel

| Componente | Porcentaje (%) |
|--|-----------------------|
| Carbohidratos | 75 a 80 |
| Levulosa | 41 |
| Dextrosa | 35 |
| Sacarosa | 2 |
| Maltosa, isomaltosa y otros azúcares | 1 |
| Sustancias diversas | 1 a 5 |
| Ácidos glucónicos, succínico, málico, oxálico, fórmico, butírico | 0,3 |
| Proteínas y aminoácidos | 0,4 |
| Minerales | 0,2 |
| Agua | 20 |

Fuente: (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2002) de (Auquilla, 2023).

II.1.2.4 Frutos secos

Los frutos secos son aquellos que son comestibles, que poseen menos del 50% de agua y que dentro de ellos se pueden encontrar los frutos secos de cascara dura (Iglesias L. A., 2018). Los romanos los consideraban alimentos de los dioses ya que los relacionaba con la buena salud y memoria (Álvarez, 2019). Dentro de los frutos secos más representativos se encuentran: las nueces, las castañas, las avellanas, los cacahuates, las almendras, los piñones y los pistachos (Herrerros y Such, 2019), citado por (Chaguay y Peñafiel, 2021)

II.1.2.4.1 Composición nutricional de los frutos secos

Dentro de sus aspectos nutricionales la mayoría de los frutos secos tienen menos de un 10% de agua, 20 % de proteínas y 50% de lípidos. Debido a la alta concentración de ácidos grasos insaturados ayudan a regular el colesterol, como así también aportan gran cantidad de vitamina E, 45 minerales como el potasio, hierro, magnesio, calcio, fósforo y oligoelementos como el zinc y el selenio, además ningún fruto seco contiene colesterol, son ricos en fibras, son antioxidantes, posee grasas buenas para el corazón, aminoácidos como la arginina y sobretodo tienen poder saciante. (Parada, 2018), citado por (Chaguay y Peñafiel ob. cit.)

Tabla 6: Composición nutricional por cada 100g de frutos secos

| Composición nutricional de los frutos secos por 100g | | |
|---|------------------|-------------------|
| | Almendras | Cacahuates |
| Energía (kcal). | 575 | 567 |
| Proteínas (g.) | 21,22 | 25,80 |
| Hidratos de carbono (g.) | 21,67 | 16,14 |
| Grasas (g.) | 49,42 | 49,24 |
| Fibra (g.) | 12,2 | 8,5 |
| Tocoferol (mg.) | 26,22 | 9,14 |
| Calcio (mg.) | 264 | 92 |
| Sodio (mg.) | 1 | 18 |
| Potasio (mg.) | 705 | 705 |
| Hierro (mg.) | 3,72 | 4,58 |
| Magnesio (mg.) | 268 | 168 |

Fuente: Botanical Online (2020) Valor nutricional de los frutos secos, URL, (Chaguay y Peñafiel, 2021)

II.1.2.5 Barras nutricionales

Una barra nutricional es conocida comúnmente como una masa moldeada, compuesta por cereales de distintos tipos, en algunos casos con algún tratamiento previo, como inflado, tostado, entre otros., y puede incluir semillas, trozos de fruta, miel en su mayoría. Asimismo en la agroindustria representa un suplemento alimenticio, que permite reemplazar una fuente de energía alimenticia por carbohidratos complejos (Villamizar, Cravo y Crespo, 2018).

Las barras energéticas son una fuente de energía rápida y a la vez prolongada, gracias a su proporción de azúcares simples y compuestos. Además, son bajas en grasa. Los hidratos de carbono son el ingrediente principal de estos productos, en concreto, en forma de glucosa y fructosa, lo que permite recargar de manera muy rápida los depósitos de glucógeno (Andrade, 2017), citado por (Luna, 2021).

Actualmente su composición varía entre las diversas opciones que existen en el mercado y su consumo se ha promovido, por medio de publicidades, como alternativas saludables y nutritivas de alimentación. Las hay bajas en calorías, glúcidos y grasas y/o enriquecidas con fibras y proteínas. También en lo que hace a sabores, hay algunos diseñados para satisfacer el paladar del público adulto y otros diseñados para los más jóvenes (Peñafiel, 2013), citado por (Luna, ob.cit.).

II.1.2.5.1 Valor nutricional

La composición nutricional de las barras energéticas es muy diversa: los carbohidratos representan entre el 60 y 77% de las barras comerciales; la grasa va desde un 3% hasta el 24% entre las distintas marcas. El contenido de proteínas se

encuentra entre el 4% y el 15%; el aporte energético se encuentra alrededor de 370 a 490 calorías cada cien gramos aproximadamente. Generalmente se encuentran enriquecidas con vitaminas y minerales (Ochoa, 2012, p.11), citado por (Luna, ob.cit.).

II.1.2.5.2 Usos

Si se consume una barra energética antes de hacer ejercicio, se asegura evitar una disminución de azúcar en el torrente sanguíneo, también nutre la musculatura ya que los músculos almacenan energía en forma de glucógeno; reduce la sensación de hambre y actúa como factor psicológico al tranquilizar la mente sabiendo que el cuerpo va a estar bien alimentado (Luna, ob.cit.).

Las barras energéticas son muy prácticas, su forma compacta y pequeña hace que sean muy fáciles de llevar y son una opción saludable para cubrir las necesidades de nutrientes. Son una fuente de calorías e hidratos de carbono útiles para aumentar la resistencia física durante actividades deportivas (Escrig, 2017), citado por (Luna, ob.cit)

Tabla 7: Clasificación de Barras Energéticas

| Tipo de Barra | Característica | Imagen |
|----------------------|-----------------------|---------------|
|----------------------|-----------------------|---------------|

| | | |
|--|--|--|
| <p>Barritas ricas en Hidratos de Carbono</p> | <p>Ayuda a recuperar energía de forma instantánea o lenta; esto depende exclusivamente del tipo de cereal con el que se elabore las barras energéticas. Si la barra es elaborada con cereales de origen natural las energías se recuperan de forma más lenta y si por el contrario se usan ingredientes que hayan pasado por procesos de refinado la energía se recuperara de inmediato.</p> |  |
| <p>Barritas ricas en Proteínas.</p> | <p>Contienen altos niveles de hidratos de carbono y sus proteínas son más elevadas entre un 5% y 20%. Estas barras normalmente se elaboran a base de frutas secas que son las que aportan energía y proteínas y la vuelven más fácil de digerir; comúnmente la consumen quienes practican ejercicios anaeróbicos como musculación, gimnasia, culturismo, trabajo de fuerza, etc.</p> |  |

Fuente: Burgos y Murillo, 2017. Tabla descrita por (Luna, 2021)

II.1.2.6 Deshidratación

Técnica utilizada ampliamente desde la antigüedad, para la conservación de alimentos pudiendo ser frutas, vegetales, granos, carnes y pescados, siendo utilizados para la supervivencia en épocas de carencia. En la actualidad la industria de alimentos deshidratados ha tomado gran importancia, teniendo instalaciones de secado desde secadores solares a instalaciones de secado sofisticados logrando obtener variedad de

productos, obteniendo una reducción tanto del peso como del volumen del alimento deshidratado (Maupoey, *et al.*, 2020, pp. 7-8), citado por (Auquilla, 2023).

II.1.2.6.1 Deshidratación con aire caliente

Este es el método más utilizado, también conocido como evaporación superficial en el cual el alimento se somete a una corriente de aire caliente evaporándose el agua que lo contiene produciéndose así una desecación del alimento (Maupoey, *et al.*, 2020), citado por (Auquilla, ob. cit.).

II.1.2.6.2 Fuentes de energía utilizadas en deshidratación de alimentos

Las fuentes de energía tienen distintos mecanismos implicados en el secado, basándose en la forma de transmitir el calor, como el secado conectivo donde se evaluarán los aspectos energéticos, atendiendo a la fuente de energía utilizada para transferir el calor al alimento que se esté secando mediante corriente de aire caliente, debiendo transmitir el calor necesario para lograr la evaporación del agua (Maupoey, *et al.*, 2020), citado por (Auquilla, ob. cit.).

II.1.2.7 Los software (Statistica y JMP) estadístico-matemático-gráfico con plataforma de metodología de Diseño y Análisis de Superficie de Respuesta

(DASR), de utilidad en la modelación y Co-optimización de productos y procesos agroindustriales.

Generalmente el software estadístico es gráficos, así que cada uno se especializa en producir tipos o especialidades específicas. En lo que respecta a gráficas de utilidad en problemas de co-optimización, los software y la metodología de superficie de respuesta (MSR) tradicional sólo permite generar sabanas o superficies de respuestas, así como su proyección en el plano bidimensional, llamado gráficas de contornos, constituidas por curvas de niveles que representan un valor constante de la respuesta (isocuantas) (Montgomery, 2006).

Una vez generada la superficie de respuesta, la misma puede ser utilizada de distintas formas de tal manera que:

- Facilita la interpretación de posibles interacciones existentes entre las variables en estudio.
- Posibilitan la descripción de los efectos combinados de las variables involucradas en la experimentación.
- Permitan describir la forma en la cual las variables en experimentación afectan la variable respuesta, optimizándola matemáticamente y/o operativamente.

II.1.2.8 Ingredientes usados en las barras energéticas

Se han identificado ingredientes que proporcionan a la barra propiedades

organolépticas que influyen en el sabor y olor por medio de las revisiones bibliográficas realizadas. Entre algunos de estos ingredientes se encuentran:

- Miel: Su concentración en azúcares lo convierte en un alimento calórico.
- Agua: Es necesaria para el procesamiento de alimentos y componentes de todos ellos, esencial dentro de la dieta de los seres humanos.
- Maní: contienen una gran cantidad de proteínas, de hecho, es uno de los alimentos que más proteína posee, ayuda también a obtener energía (Ochoa, 2012).
- Almendra: Las almendras son ricas en vitamina E, fibra, magnesio, riboflavina y fósforo. Una porción de 28 gramos tiene 13 gramos de grasas insaturadas y 1 gramo de grasas saturadas. Las almendras también proporcionan 6 gramos de proteína vegetal (Datos sobre la nutrición de almendras, 2023).

II.1.3 Definición de términos básicos

- **Respuesta tecnológica:** Representa un proceso a través del cual, luego de analizar con una mirada crítica y someter al objeto a una determinada acción, se crea una respuesta. Esta respuesta obtenida, se constituye en una solución a un problema tecnológico. Esta respuesta pone en juego los recursos disponibles, buscando alcanzar la mayor eficiencia en el procesamiento para obtener los resultados esperados (Torres, 2016)

- **Rendimiento:** El rendimiento de los alimentos (RA) es el porcentaje de cambio de peso del alimento al someterse a diversos procesos de cocción. La bibliografía existente sobre RA es escasa y los servicios de alimentación (SA) en muchos casos, la producción de alimentos se proyecta con base en conocimientos acumulados desde su propia práctica, que pueden derivar en errores de cálculo de la cantidad de ingredientes a utilizar según su tipo, el preliminar y método de cocción más pertinente, afectando la calidad del producto, su rendimiento final y por consiguiente los procesos financieros y de producción (Lara, Martínez y Orozco, s.f.)
- **Humedad:** El contenido de humedad se refiere a la cantidad de agua presente en un alimento o producto. Es un factor crítico en diversas industrias, ya que puede afectar la calidad, estabilidad y seguridad de los productos. Tanto el exceso como la falta de humedad pueden tener consecuencias negativas en términos de sabor, textura y vida útil de los alimentos y productos (Mym Instrumentos Técnicos, 2023)
- **pH:** Es una medida cuantitativa de la acidez o la basicidad (también llamada alcalinidad) de una disolución, que se usa para simplificar expresiones complejas de la concentración de iones de hidrógeno. Esta simplificación permite establecer una escala de valores para esta medida que va del 0 al 14, en la que el número intermedio, el 7, expresa un pH neutro (Equipo de comunicación Aconsa, 2022)

II.1.4 Formulación de Sistema de hipótesis.

II.1.4.1 Hipótesis de la investigación

Responderá tecnológicamente la incorporación de piña y tuna deshidratada con el resto de los ingredientes en la formulación para la aceptabilidad física y química de una barra energética.

II.1.4.2 Hipótesis operacional

El rango en que se utilizarán los factores experimentales X₁: Piña deshidratada y X₂: Tuna deshidratada, permitirá la evaluación de los atributos de calidad de un producto tipo barra energética.

II.1.4.3 Hipótesis estadística

Ningunos de los tratamientos ejecutados arrojen una formulación apropiada y estadísticamente no tengan un efecto significativo sobre la variabilidad de respuestas como rendimiento, humedad y pH.

Al menos uno de los tratamientos tendrá diferencia estadísticamente significativa a la variabilidad de las respuestas tecnológicas medidas.

II.1.5 Formulación del sistema de variables

II.1.5.1 Variable Independiente

Las variables independientes son todos aquellos factores que modifican, modulan o controlan el proceso y modifican las variables de respuesta de la matriz de

diseño.

Tabla 8: Variables independientes

| Variable | Parámetro |
|-----------------|--------------------------------------|
| X1 | Cantidad de piña deshidratada (g) |
| X2 | Cantidad de tuna deshidratada (g) |

Fuente: (Maya ,2023)

II.1.5.2 Variable dependiente

Las variables dependientes son las respuestas que se miden en cada tratamiento aplicado de acuerdo a lo que se estipulo en la matriz “D” de diseño, cuando se varían las dosis de las variables independientes.

Tabla 9: Variables dependientes

| Variable | Parámetro |
|-----------------|------------------|
| Y1 | Rendimiento |
| Y2 | Humedad |
| Y3 | pH |

Fuente: (Maya, 2024)

II.1.5.2 Variable fijas

Son aquellas variables o factores que mantienen valores fijos. Para efecto de esta investigación se tendrán las siguientes: cantidad de almendra, maní y miel.

II.1.6 Operacionalización de variables

- Rendimiento: este es la proporción entre producto obtenido y medios utilizados con relación a los alimentos (Lara, Martínez y Orozco, s.f.)
- Humedad: Es la relación entre la pérdida de masa, que se obtiene cuando la porción de muestra se somete a las condiciones establecidas en la norma COVENIN N°2135-1996, este método consiste en secar la porción de muestra a ensayar en estufa por 2-4 h a 125°C.
- pH: El pH en un alimento indica cuál es su grado de concentración de iones de hidrogeno. La metodología empleada para la determinación del pH será la descrita por la norma COVENIN N.º 1315-2021, cuyo método se basa en que, al introducir una muestra en una celda electrolítica compuesta por dos electrodos, se desarrolla un voltaje que es proporcional a la concentración de iones de hidrogeno de la solución, el cual es expresado en unidades de pH.

Tabla 10. Se muestran los indicadores, rango, tipo de variable y escala de las

variables utilizadas en la operacionalización, que en este tipo de investigación cuantitativa ayuda a comprobar empíricamente las variables de las hipótesis.

| | Variab | Tipo de variable | Tipo de escala | Indicadores | Rango |
|----------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------|--------------|
| X ₁ | Piña deshidratada | Independiente | continua | % | 15-25 |
| X ₂ | Tuna deshidratada | Independiente | continua | % | 20-30 |
| Y ₁ | Rendimiento | Dependiente | continua | % | 80-100 |
| Y ₂ | Humedad | Dependiente | continua | % | 8-13 |
| Y ₃ | pH | Dependiente | continua | - | 4,5-6 |

CAPITULO III

III.1. MARCO METODOLÓGICO

III.1.1. Tipo de Investigación

Esta investigación se plantea bajo un enfoque cuantitativo, empleado un diseño de investigación experimental, la cual es definido por Arias (2012) como un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente).

La investigación es de tipo descriptiva y experimental, donde se trabajará bajo diseño estadístico, los datos obtenidos serán analizados mediante un ANAVAR, gráficos de superficies de respuesta y perfiles dinámicos de co-optimización multirrespuesta, con la ayuda del software estadístico JMP 4.0 y STATISTICA V.7.0.

El método experimental implicará la observación, manipulación, registro de las variables (dependiente, independiente, intervinientes), de esta forma evaluar los cambios que se generan a lo largo del proceso tecnológico, por ende tendrán incidencia directa en los factores de estudio.

La investigación se efectuará bajo condiciones controladas; en el Laboratorio de Ingeniería y Tecnología de Alimentos de la UNELLEZ San Carlos, Venezuela. Los resultados generados pueden ser válidos para el proceso específico de obtención de

una barra energética con la incorporación de tuna (*Opuntia ficus*) y piña (*Anana Comosus*).

III.1.2. Población y Muestra.

III.1.2.1. Población.

La población a la cual pertenece la materia prima es de origen venezolano, la piña madura será obtenida del mercado municipal de San Carlos estado Cojedes, la tuna será adquirida de algunas plantas de la localidad y ambas pasaran por el proceso de deshidratación realizado en el laboratorio de Ingeniería y Tecnología de Alimento del Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales UNELLEZ San Carlos – Cojedes para la elaboración de barras.

III.1.2.2. Muestra

La muestra utilizada en la experimentación estuvo representada por las unidades experimentales que indicó la matriz de tratamientos del diseño estadístico establecido, le correspondieron 9 tratamientos distintos más la adición de 3 puntos centrales, para un total de 12 tratamientos o corridas experimentales.

III.1.3. Diseño de la Investigación

Se realizó un diseño experimental factorial de tres niveles con dos factores de estudios, con 3 puntos de centrales adicionales para un total de 12 tratamientos. Los resultados se van estudiar a través de análisis de varianza, gráficos de superficie de respuesta y perfiles de deseabilidad, utilizando los software de Statistica v 7.0 y JMP 4, tomando en cuenta que no se violen los supuestos de los diferentes análisis.

III.1.4. Método Experimental

III.1.4.1 Obtención de la materia prima

Una vez adquirida la materia prima acondicionada, se procede a llevarla al Laboratorio de Investigación y Tecnología de los Alimentos (Lita), donde se toma el peso inicial, posteriormente se lleva a acondicionar para su procesamiento, l pasa a un proceso de deshidratación, obteniendo vegetales deshidratados para elaborar las barras.

III.1.4.2 Metodología de análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la materia prima:

- **Determinación de pH:** para la determinación de pH de la materia prima, se realizó bajo el procedimiento establecido por la norma COVENIN N. ° 1315-2021.
- **Determinación de potencial redox:** la determinación de potencial redox se adquiere mediante el equipo medidor de pH del laboratorio.
- **Determinación de °Brix:** la determinación de °Brix se realizó mediante los resultados indicados por un refractómetro, bajo lo establecido por la norma COVENIN N. ° 762-1995.
- **Determinación de acidez titulable:** el método consiste en titular un determinado volumen de muestra, con una solución decinormal (0,1 N) de hidróxido de sodio (NaOH), en presencia de un indicador, bajo lo establecido por la norma COVENIN N. ° 658-1997.

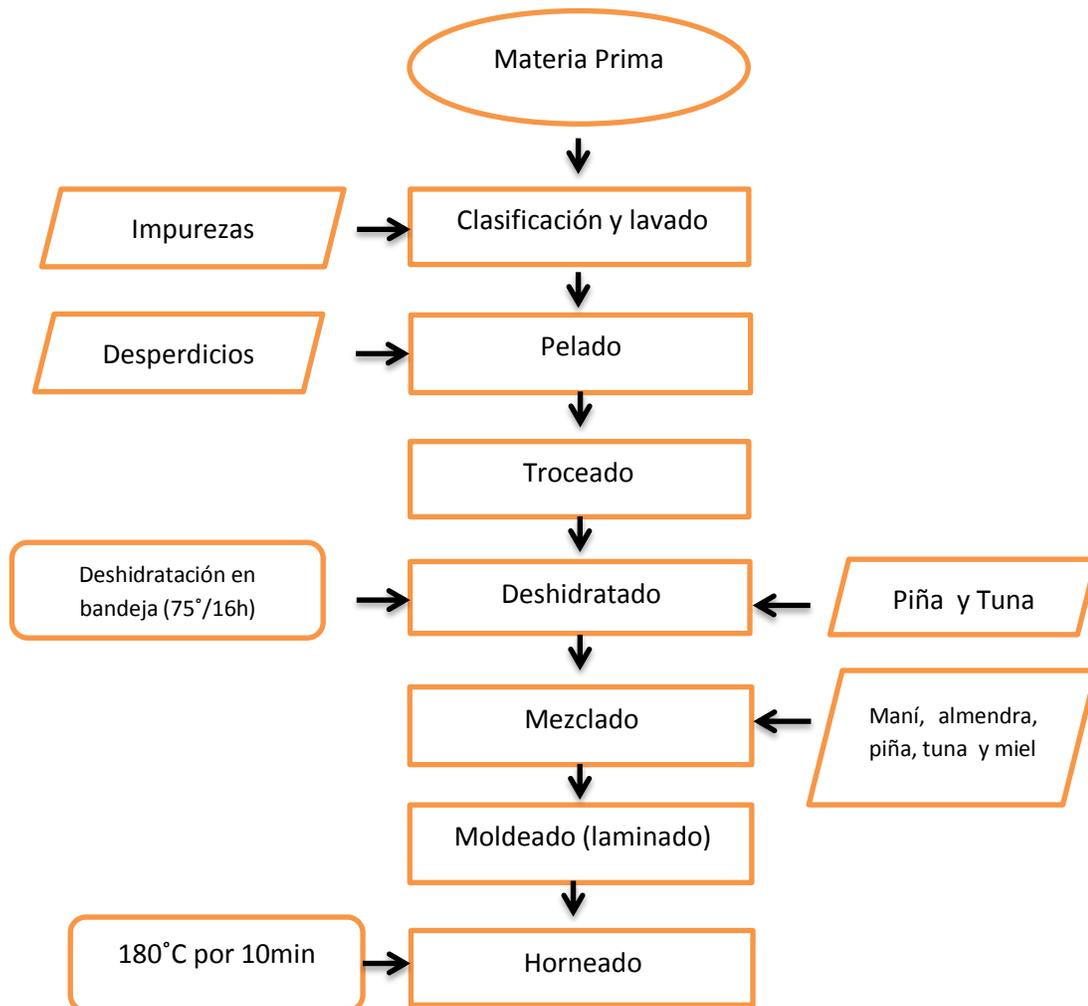
- **Determinación de Humedad:** para la determinación de humedad, se procedió como lo indica la Norma COVENIN N°2135-1996.

III.1.4.3 Método de recolección de datos para el análisis de la barra energética

- **Determinación de Rendimiento:** La metodología empleada para la determinación de rendimiento será la descrita por las formulas establecidas de (Libretexts Español, s.f.) en su artículo para pruebas de rendimiento. El procedimiento para probar rendimientos consiste en:
 - Registra el peso/volumen original de su artículo. Este es tu peso en bruto o como peso comprado (AP).
 - Resta la cantidad de peso de recorte del peso AP y tendrá lo que se conoce como su peso de producto comestible (EP), la fórmula es: peso AP-desperdicios = peso EP.
 - Obtenga su porcentaje de rendimiento convirtiendo el peso del producto comestible en un porcentaje. La fórmula es peso EP ÷ peso AP × 100 =% de rendimiento.
- **Determinación de Humedad:** para la determinación de humedad, se procedió como lo indica la Norma COVENIN N°2135-1996.
- **Determinación de pH:** para la determinación de pH de la materia prima, se realizó bajo el procedimiento establecido por la norma COVENIN N. ° 1315-2021.

III.1.4.4 Metodología para la elaboración de la barra energética

Esta investigación plantea formular y elaborar un enfoque cualitativo y cuantitativo de un producto energético, con el objetivo de evaluar las características fisicoquímicas del mismo utilizando la metodología que fue tomada del flujo de proceso descrito por (Auquilla, 2023) en su diseño de un proceso agroindustrial para elaborar barras de cereal con frutas deshidratadas tuna y piña



Continuación Figura 3.

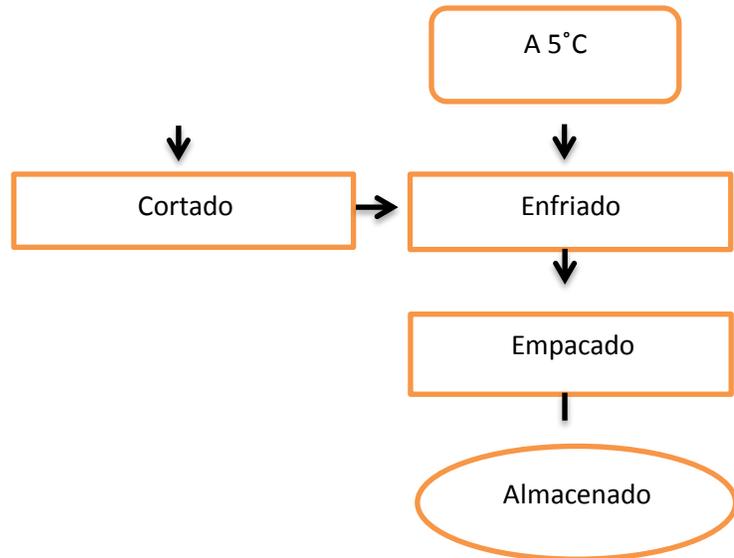


Figura 3. Diagrama de flujo para obtener barras de cereal con frutas deshidratadas tuna y piña.

Fuente: Auquilla, (2023)

- **Materia prima:** se obtiene la materia prima de proveedores que garanticen la alta calidad de la misma, se pesa y posteriormente se procede a un examen de laboratorio para identificar, plagas, enfermedades, materias extrañas (basura) y residuos de productos químicos. Una vez aprobado será liberado.
- **Clasificación y lavado:** se clasifica según lo requerido para frutos deshidratados, se selecciona el de mejor estado y se procede a lavar la materia prima.
- **Pelado:** en esta operación se extraen los desperdicios y se pesa al final del pelado para medir rendimiento.
- **Trozado:** se troza la piña y la tuna se estira en bandejas.
- **Deshidratado:** la piña y la tuna se somete a deshidratación a 75°C por 16h aproximadamente.

- **Mezclado:** luego de deshidratar la piña y la tuna correctamente, se enfría y se procede a mezclar la materia prima (Piña y Tuna).
- **Moldeado y laminado:** la mezcla se estira en una bandeja en forma de lámina con papel manteca.
- **Horneado:** se lleva a hornear a 210°C por 10min aproximadamente
- **Cortado:** al salir del horno se cortan las barras de un aproximado 12cm de largo y 6cm de ancho de 50gr aproximadamente
- **Enfriado:** se refrigera 5°C durante 2hr.
- **Empacado:** se envuelve en papel de cocina.
- **Almacenado:** se almacena en lugares secos y a temperatura ambiente.

III.1.4.5 Metodología Para La Preparación De Las Unidades Experimentales.

III.1.4.5.1 Diseño para muestreo de los tratamientos

Para las muestras de cada tratamiento se diseñó estadísticamente una Matriz “D”, utilizando el software estadístico STATISTICA, con la plataforma **Industrial Statistics & six sigma**, el modulo **Experimental Design (DOE)**; y la opción **3** (K-p) and Box-Behnken design**; de allí se selecciona la opción **Factorial designs, 2/1/9**, significando que se construyó un diseño factorial de respuesta para dos (2) factores experimentales, en un bloque para un total de 12 muestras o tratamientos distintos, y 4 puntos centrales sin repetición; al aceptar esta secuencia, el programa genera automáticamente una matriz de dos columnas o (dos factores) con valores

codificados (-1,0,+1), llamada matriz “D” de diseño de tratamientos, que se presenta en el cuadro .

Tabla 11: Matriz “D” de diseño con variables codificadas

| CORRIDA | X₁ | X₂ |
|----------------|----------------------|----------------------|
| 7 | 1,00000 | -1,00000 |
| 5 | 0,00000 | 0,00000 |
| 2 | -1,00000 | 0,00000 |
| 10 | 0,00000 | 0,00000 |
| 8 | 1,00000 | 0,00000 |
| 9 | 1,00000 | 1,00000 |
| 3 | -1,00000 | 1,00000 |
| 1 | -1,00000 | -1,00000 |
| 11 | 0,00000 | 0,00000 |
| 4 | 0,00000 | -1,00000 |
| 12 | 0,00000 | 0,00000 |
| 6 | 0,00000 | 1,00000 |

III.1.4.5.1 Recopilación de datos para el diseño experimental

Para llevar a cabo esta etapa de la investigación, se presenta una metodología que se basa en los análisis para conocer algunas características físicas y química de los tratamientos realizados según la matriz de diseño.

A todas las unidades experimentales se les determinaran las variables objeto de estudio para una barra energética con la incorporación de tuna y piña (rendimiento, humedad y ph), según la metodología antes señalada. Además se describirá la curva

de secado que genera el proceso de deshidratación al que es sometida la materia prima tuna y piña.

Tabla 12: Recopilación de datos para el diseño experimental

| TRATAMIENTO | X1 | X2 |
|-------------|----|----|
| 1 | 25 | 30 |
| 2 | 15 | 25 |
| 3 | 20 | 25 |
| 4 | 25 | 25 |
| 5 | 20 | 25 |
| 6 | 20 | 20 |
| 7 | 15 | 30 |
| 8 | 20 | 25 |
| 9 | 20 | 25 |
| 10 | 20 | 30 |
| 11 | 25 | 20 |
| 12 | 15 | 20 |

III.1.4.6 Materiales y métodos

Para la elaboración de la barra energética se utilizara como materias primas piña madura y tuna obtenida de los mercados municipales y de la localidad de San Carlos en el estado Cojedes, las cuales pasaran por un proceso de deshidratación y por ende serán mezcladas con miel como edulcorante, maní y almendras.

III.1.4.6.1 Equipos utilizados

- Mesones.
- Cocina a gas.
- Bandejas metálicas
- Tablas de picar
- Cuchillos de acero inoxidable.
- Balanza
- Termómetro
- Deshidratador de Bandejas
- Estufa
- Horno

III.1.4.6.2 Materias primas

- Tuna (*Opuntia ficus*)
- Piña (*Ananas comosus*)

III.1.4.6.3 Ingrediente

- Miel.
- Almendra
- Maní.

III.1.4.6.4 Análisis

- Rendimiento
- % Humedad
- pH

- °Brix
- Acidez titulable
- Potencial redox

III.1.4.6.5 Reactivos

- Solución de ácido clorhídrico al 1 % (HCl)
- Agua destilada
- Fenolftaleína

III.1.4.6.6 Instrumentos

- Balanza digital
- Refractómetro
- pHmetro
- Bureta

III.1.4.6.7 Equipos de protección personal

- Bata de laboratorio
- Cofia
- Mascarilla
- Guantes

CAPITULO IV

IV.1 Presentación de resultados

IV.1.1 Caracterización física y química de la materia prima Piña (*Ananas Comosus*) y tuna (*Opuntia Ficus*) deshidratadas.

Los análisis realizados para caracterizar estas materias primas se llevaron a cabo en las instalaciones del LITA específicamente en el laboratorio de investigación, cuyos resultados corresponden a la tabla, operaciones que fueron realizadas antes de preparar los tratamientos o unidades experimentales generados por la matriz de diseño, después de ser sometidas a un proceso de deshidratación dichas materias primas presentaron los siguientes valores:

- Tuna: pH (4,99), P. R. (32mV), °Brix (8), Humedad (10,6%), A. T. expresada en contenido de ácido cítrico (0,16), Rendimiento (8,72).
- Piña: pH (3,71), P. R. (32mV), °Brix (10), Humedad (12,3%), A. T. expr expresada en contenido de ácido cítrico (0,39), Rendimiento (11,44).

Tabla 13: Caracterización física y química de la materia prima: Piña y Tuna.

| variables | pH | Potencial redox (mV) | °Brix | Humedad (%) | Acidez Titulable | Rendimiento |
|-------------|------|----------------------|-------|-------------|------------------|-------------|
| X1:Piña (g) | 3,71 | 67mV | 11 | 12,3 | 0,39 | 11,44 |
| X2:Tuna (g) | 4,99 | 32mV | 9 | 10,6 | 0,16 | 9,72 |

Fuente: (Maya, 2024)

En la tabla se muestran las características que presentó la materia prima, en la cual se observa una similitud relacionada con el producto final, ya que algunos de los valores de la piña y de la tuna entran dentro del rangos requeridos para el producto final.

Con respecto al rendimiento de frutas y hortalizas (Maupoey , et al., 2001), citado por (Auquilla, 2023) reporta en Introducción al secado de alimentos por aire caliente, que la fruta deshidratada tiene un rendimiento del 15 al 20 % aproximadamente. En el caso de la piña entra dentro de este parámetro y por otro lado la tuna está alejada de estos valores debido a que en este caso se utilizó el cladodio de la planta y no el fruto.

IV.1.2 Resultados del proceso de deshidratación de las rebanadas de Piña (Ananas Comosus) y tuna (Opuntia Ficus) deshidratadas

En la estandarización del proceso de secado de las rebanadas de piña y tuna se aplicó la metodología empleada por Auquilla (2023). Este autor describe que el proceso de deshidratación tiene como objetivo inactivar las enzimas y prevenir las reacciones de deterioro y los agentes sulfitantes (añadidos en algunos casos), inhibir o retardar las reacciones de pardeamiento enzimático y no enzimático (Montilla, 2015; citado por Auquilla, ob. cit.).

Cabe destacar que Auquilla, (2023) obtuvo un rendimiento del 19,75% para la tuna por un tiempo de 15 horas a una temperatura de 65 grados centígrados y para la piña un rendimiento del 15,01% por un tiempo de 16 horas a una temperatura de 60 grados centígrados utilizando un deshidratador de bandejas. En este caso las tablas

describen el proceso de secado, con la aplicación del proceso de esta metodología donde se pudo obtener un porcentaje de rendimiento de: Tuna (9,72%) y Piña (11,44%), sometiendo estos rubros a solo 8h de secado consecutivas puesto a las condiciones que nos establece las normativas del laboratorio de no permanecer en las instalaciones hasta la noche y por ende no se pudo realizar la deshidratación por 16h consecutivas, observando de igual manera durante este tiempo que al inicio del proceso existe una disminución significativa de peso y posteriormente a finales del mismo esta disminución de peso se mantiene casi constante, lo cual se considera como una característica efectiva del método de deshidratación en bandeja para productos vegetales.

Tabla 14: Deshidratación de Piña

| PIÑA | | | |
|--|------------|-----------|--------------------|
| Peso Tomado gr durante el proceso de Deshidratación a 60 °C | | | |
| Tiempos | Minutos | Peso (gr) | Peso perdido en gr |
| 0 | 0 minutos | 3400 | 0 |
| 1 | 30 minutos | 1971 | 1429 |
| 2 | 30 minutos | 1151 | 820 |
| 3 | 30 minutos | 848 | 303 |
| 4 | 30 minutos | 718 | 130 |
| 5 | 30 minutos | 643 | 75 |
| 6 | 30 minutos | 604 | 39 |
| 7 | 30 minutos | 564 | 40 |
| 8 | 30 minutos | 529 | 35 |
| 9 | 30 minutos | 501 | 28 |
| 10 | 30 minutos | 479 | 22 |
| 11 | 30 minutos | 463 | 16 |
| 12 | 30 minutos | 445 | 18 |
| 13 | 30 minutos | 428 | 17 |
| 14 | 30 minutos | 412 | 16 |

Continuación tabla 14.

| | | | |
|----|------------|-----|----|
| 15 | 30 minutos | 395 | 17 |
| 16 | 30 minutos | 389 | |

Tabla: Proceso de pérdida de peso durante la deshidratación de la piña

Fuente: Maya, (2024) adaptado de acuerdo a la metodología de Auquilla, (2023)

Tabla 15: Deshidratación de Tuna

| TUNA | | | | |
|--|----------------|------------------|---------------------------|--|
| Peso tomado gr durante el proceso de deshidratación a 60 °C | | | | |
| tiempos | Minutos | peso (gr) | peso perdido en gr | |
| 0 | 0 minutos | 3370 | 0 | |
| 1 | 30 minutos | 2255 | 1115 | |
| 2 | 30 minutos | 1448 | 807 | |
| 3 | 30 minutos | 1048 | 400 | |
| 4 | 30 minutos | 728 | 320 | |
| 5 | 30 minutos | 508 | 220 | |
| 6 | 30 minutos | 448 | 60 | |
| 7 | 30 minutos | 417 | 31 | |
| 8 | 30 minutos | 400 | 17 | |
| 9 | 30 minutos | 384 | 16 | |
| 10 | 30 minutos | 366 | 18 | |
| 11 | 30 minutos | 349 | 17 | |
| 12 | 30 minutos | 332 | 17 | |
| 13 | 30 minutos | 317 | 15 | |
| 14 | 30 minutos | 307 | 10 | |
| 15 | 30 minutos | 300 | 7 | |
| 16 | 30 minutos | 294 | | |

Tabla: Proceso de pérdida de peso durante la deshidratación de la piña

Fuente: Maya, (2024) adaptado de acuerdo a la metodología de Auquilla, (2023)

Las tablas describen la pérdida de peso por cada toma de media hora durante un tiempo establecido de 8h consecutivas a una temperatura establecida a 60°C para ambas materias primas: Tuna y piña.

IV.1.2.1 Curva de secado con relación tiempo y peso de la barra

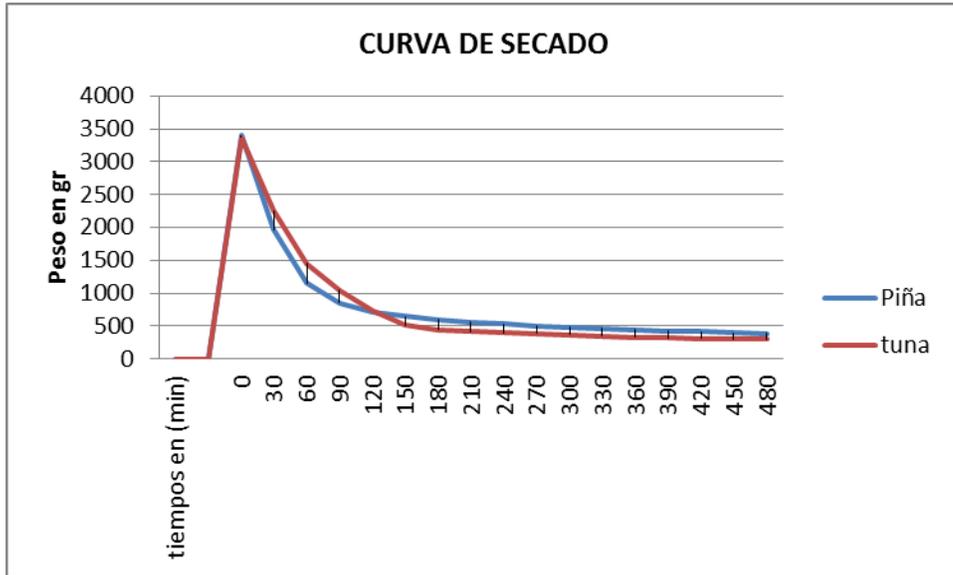


Figura 4: Curva de secado con relación tiempo y peso de la barra

Fuente: Maya, (2024) adaptado de acuerdo a la metodología de Auquilla, (2023)

En la figura anterior se puede observar la pérdida de peso de los rubros tuna y piña durante un tiempo establecido donde se determina la eficacia del proceso conforme al tiempo y a la temperatura obteniendo rendimientos de: Tuna (9,72%) y Piña (11,44%) que cumplen rangos requeridos para la preparación de la barra energética.

Este proceso se realizó puesto a que la tuna y la piña se utilizarían como materia prima para una barra energética, la cual tiene como objetivo adaptarse a las necesidades de los consumidores y a los cambios de estilo de vidas actuales, logrando importantes beneficios en cuanto a complementos nutricionales y variedades.

Una vez obtenidas la tuna y la piña deshidratadas se determinaron los valores de los factores necesarios para la elaboración de la matriz de diseño.

IV.1.3 Resultados estadísticos.

Para este resultado se efectuó un diseño factorial debido a que se formuló el producto energético de acuerdo a los parámetros establecidos por (Auquilla, 2023) donde basados a sus formulaciones se determinaron unos rango específicos para los factores independientes y en requerimiento de característica de calidad se eligió este tipo de diseño, permitiendo estudiar el efecto que tienen los factores Tuna (cladodio) y Piña como independientes sobre las respuestas de rendimiento, humedad y pH.

La investigación experimental y exploratoria realizada se efectuó bajo un diseño factorial completo $3^{**} (2-0)$, con cuatro puntos centrales sin repetición para dos factores experimentales para un total de 12 tratamientos o corridas, bajo condiciones de superficie de respuesta y Co-optimización.

El número de tratamientos (T) que aportó el diseño seleccionado corresponde a la cantidad de tratamientos en un diseño factorial completo, usando para su determinación el núcleo 2^k y aplicando la siguiente expresión:

$$T = 2^k + 2 * k + P_c$$

Dónde:

K = cantidad de factores en estudio

P_c = cantidad de puntos centrales

Entonces:

$$T = 2^2 + 2 * 2 + 4$$

T = 12 tratamientos.

Los factores experimentales mostrados en la metodología (Capítulo III) se determinaron estableciendo criterios tecnológicos según la literatura (Auquilla, ob. cit.) y pruebas en el Laboratorio de Ingeniería y Tecnología de Alimentos (LITA), UNELLEZ, San Carlos, estado Cojedes, Venezuela. Estas pruebas permitieron establecer los valores de: punto central y valores extremos, según la matriz de diseño generada empleando el software Statistica versión 7.0, teniendo como factores fijos la cantidad de miel en ml, la cantidad de almendras en gramos y de maní en gramos en la obtención de una barra energética con la incorporación de piña (*Ananas comosus*) y tuna (*Opuntia ficus*) deshidratadas.

En el cuadro , se muestran los resultados obtenidos en la presente investigación, con la finalidad de determinar la influencia de los factores experimentales X1: Piña deshidratda y X2: Tuna deshidratada, sobre las variables dependientes obtenidas, se utilizó análisis de varianza con la prueba de Fisher (F) para las respuestas Y1: Rendimiento (%), Y2: Humedad (%) y Y3: pH, tal como se presenta en el cuadro, con un nivel de significancia del 0.0000% , considerando que no se violen los supuestos del análisis de varianza para que la misma pueda ser válida.

IV.1.3.1 Matriz De Diseño Con Valores Naturales En El Experimento Final.

Tabla 16: Matriz De Diseño Con Valores Naturales En El Experimento Final.

| TRAT. | FACTORES | | FACTORES | | |
|-------|----------------|----------|------------|--------|-------|
| | EXPERIMENTALES | | RESPUESTAS | | |
| | X1: Piña | X2. Tuna | Y1 Rend. | Y2 Hum | Y3 pH |
| 1 | 25 | 30 | 96,24 | 8,47 | 6,37 |
| 2 | 15 | 25 | 94,11 | 11,05 | 5,31 |
| 3 | 20 | 25 | 97,77 | 10,02 | 5,26 |
| 4 | 25 | 25 | 96,84 | 10,15 | 4,85 |
| 5 | 20 | 25 | 95,55 | 9,55 | 5,35 |
| 6 | 20 | 20 | 96,47 | 9,61 | 4,15 |
| 7 | 15 | 30 | 94,18 | 10,85 | 6,25 |
| 8 | 20 | 25 | 96,87 | 9,61 | 5,48 |
| 9 | 20 | 25 | 96,65 | 9,74 | 5,43 |
| 10 | 20 | 30 | 94,73 | 8,53 | 6,41 |
| 11 | 25 | 20 | 95,35 | 10,23 | 4,91 |
| 12 | 15 | 20 | 90 | 13,59 | 5,56 |

Fuente: Maya, (2024)

En este caso la tabla 16 describe la matriz de diseño con valores naturales en el experimento final, resultados obtenidos por los análisis establecidos bajo normativas antes descritas para esta investigación. Que tiene relación significativa con los resultados establecidos.

IV.1.3.2 Gráficas de los valores, respuesta rendimiento (Y_1), análisis de la varianza para la respuesta de rendimiento y análisis de superficie de respuesta para rendimiento.

Una vez corrido el programa, se observa en primer lugar la gráfica de los valores medidos experimentalmente contra los valores predichos por el modelo para rendimiento (Y1).

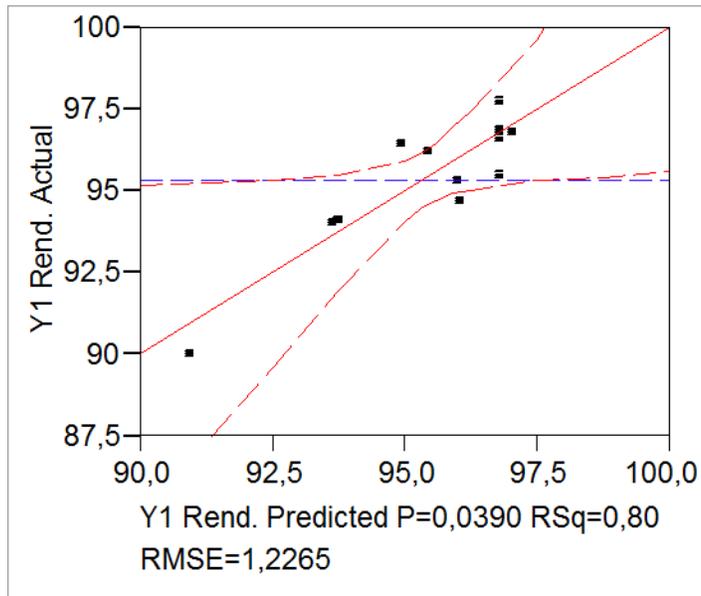


Figura 5: Gráfica de los valores predichos por el modelo ajustado contra los valores medidos experimentalmente para la respuesta rendimiento (Y1).

Fuente: Maya, (2024) de acuerdo a la respuesta del programa JMP.

La figura 5 muestra que los datos se distribuyen uniformemente y agrupados (valores más altos) alrededor de la recta, que, aunque no están sobre ella, puede tomarse a prioridad como índice de bondad de ajuste, dando estos indicios que la variabilidad de la respuesta rendimiento, es explicada por los factores experimentales seleccionados, con el modelo selecto y bajo las condiciones experimentales ensayadas.

Para determinar si hubo efecto significativo de tratamiento, significancia de la regresión, significancia de cada factor experimental y de cada componente del modelo en las respuestas rendimiento, humedad y pH, se construyó el análisis de la varianza (ANAVAR), cuadro, respectivamente.

El análisis de la varianza se realizó con la ayuda de los programas estadísticos STATISTICA v.70 y JMP v. 4.0.

IV.1.3.2.1 Análisis de varianza de la respuesta (Y1) rendimiento

Como puede observarse en el cuadro, el análisis de la varianza para la respuesta rendimiento (Y1), los tratamientos, la regresión, la variable Piña(X_1) tuvo un efecto altamente significativo sobre la respuesta rendimiento. Estos resultados indican que el modelo de regresión generado ajusta los datos moderadamente, con un R^2 de 80%. Lo cual indica que el 80% de las variaciones de los factores independientes son explicadas por las variaciones de las respuestas en el modelo obtenido. Donde además la variable X_2 (tuna), la falta de ajuste y el error experimental fueron no significativos lo que indica que el modelo de regresión no requiere de ajuste para esta variable de estudio y las repeticiones en cuanto a puntos centrales han sido suficientes en la cuantificación del mencionado error experimental.

El coeficiente de determinación (R^2) explica que el 80% de la variabilidad para rendimiento de la barra energética, es influenciada por los factores experimentales piña deshidratada y tuna deshidratada, con los niveles utilizados y bajo las condiciones controladas en las que se realizó el experimento.

Tabla 17: Análisis de varianza para la respuesta (Y1) Rendimiento

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F | p<F |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------|
| Tratamientos | 11 | 46,0506 | 4,1864 | 5,02 | 0,0100** |
| Regresión | 5 | 37,0245 | 7,4049 | 8,891 | 0,0001** |
| X ₁ | 1 | 17,1366 | 17,1366 | 20,57 | 0,0000** |
| X ₂ | 1 | 1,8481 | 1,8481 | 2,219 | 0,1194ns |
| X ² ₁ | 1 | 5,5777 | 5,5777 | 6,69 | 0,0030** |
| X ² ₂ | 1 | 4,6552 | 4,6552 | 5,58 | 0,0090** |
| X ₁ X ₂ | 1 | 2,7060 | 2,7060 | 3,24 | 0,0431* |
| Falta de Ajuste (FA) | 3 | 6,5277 | 2,1759 | 2,61 | 0,0832ns |
| Error Exp. | 6 | 9,0261 | 1,5043 | 1,80 | 0,2150ns |
| Error Puro | 3 | 2,4984 | 0,8328 | | |
| Total | 11 | 46,0506 | | | |

Fuente: Maya, (2024) de acuerdo a la respuesta del programa JMP.

$$R^2 = (SCReg/SCTot) * 100 = 80 \%$$

P≤0,05 → *: Significativo. P≤0,01 **: Altamente significativo.

IV.1.3.2.2 Análisis de superficie de respuesta para rendimiento

En el efecto de la piña y la tuna con respecto al rendimiento de la barra energética que muestra en la figura 6, se observa que, a niveles medios de tuna, cuando se aumenta la cantidad de piña, aumenta el rendimiento presente en el tratamiento, es decir, se obtiene un mayor rendimiento en el producto.

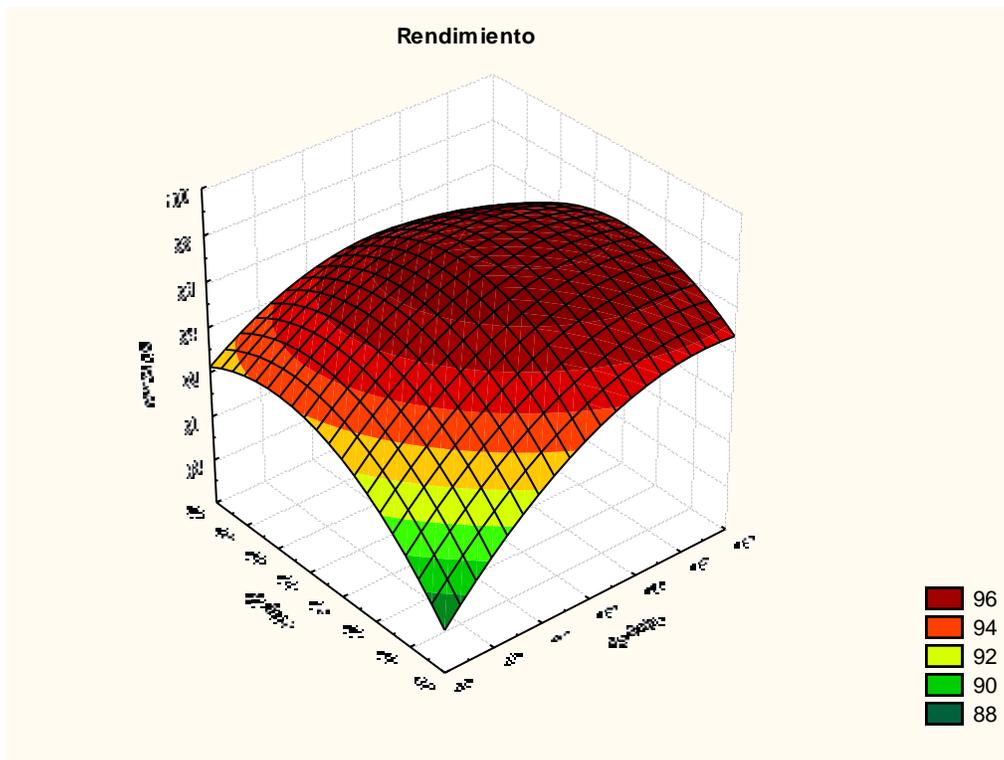


Figura 6: Gráfica de superficie de respuesta para la respuesta rendimiento (Y1).

Fuente: Maya, (2024) de acuerdo a la respuesta del programa JMP.

Los resultados obtenidos para (Y1) rendimiento están dentro de los rangos establecidos, recalando que fueron calculados conforme al proceso de horneado de materia seca con bajo porcentaje de humedad y resultando ser significativos los factores independientes: Tuna y piña con relación a esta respuesta.

IV.1.3.3 Gráficas de los valores, respuesta humedad (Y_2), análisis de la varianza para la respuesta humedad y análisis de superficie de respuesta para humedad.

Una vez corrido el programa, se observa en primer lugar la gráfica de los valores medidos experimentalmente contra los valores predichos por el modelo para humedad (Y_2).

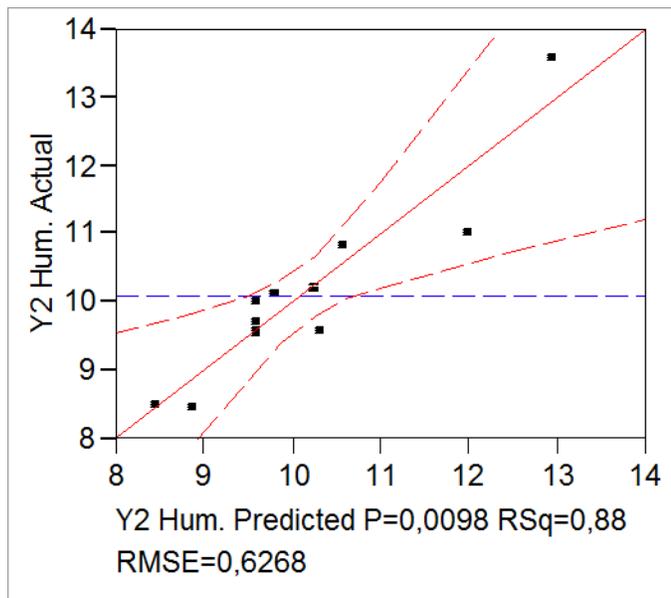


Figura 7: Gráfica de los valores predichos por el modelo ajustado contra los valores medidos experimentalmente para la respuesta humedad (Y_2).

Fuente: Maya, (2024) de acuerdo a la respuesta del programa JMP.

La figura anterior muestra que los datos se distribuyen uniformemente y agrupados (valores más altos) alrededor de la recta, que, aunque no están sobre ella, puede tomarse a prioridad como índice de bondad de ajuste, dando estos indicios que la variabilidad de la respuesta humedad, es explicada por los factores experimentales

seleccionados, con el modelo selecto y bajo las condiciones experimentales ensayadas.

IV.1.3.3.1 Análisis de varianza de la respuesta (Y2) humedad

En el cuadro se observa el ANAVAR realizado para la respuesta humedad, allí se muestra que los tratamientos y la regresión o modelo utilizado son de alta significancia para los factores experimentales, tanto para los términos cuadráticos como para la intersección sobre la respuesta humedad ($p < 0,001$). Estos resultados junto a la alta significancia de la falta de ajuste y al alto R2 de 88 %, mostraron una buena bondad de ajuste del modelo planteado.

El hecho de obtener altos valores de R2 significa una alta correlación entre los datos de los factores experimentales con el modelo seleccionado.

Tabla 18: Análisis de varianza para la respuesta para humedad

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F | p<F |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------|
| Tratamientos | 11 | 19,7016 | 1,7910 | 41,07 | 0,0000** |
| Regresión | 5 | 17,3447 | 3,4689 | 79,56 | 0,0000** |
| X ₁ | 1 | 7,3482 | 7,3482 | 168,53 | 0,0000** |
| X ₂ | 1 | 5,1894 | 5,1894 | 119,02 | 0,0000** |
| X ₁ ² | 1 | 4,4548 | 4,4548 | 102,17 | 0,0000** |
| X ₂ ² | 1 | 0,1504 | 0,1504 | 3,44 | 0,0372* |
| X ₁ X ₂ | 1 | 0,2401 | 0,2401 | 5,50 | 0,0086** |
| Falta de Ajuste (FA) | 3 | 2,2259 | 0,7419 | 18,15 | 0,0000** |
| Error Exp. | 6 | 2,3569 | 0,3928 | 9,00 | 0,0000** |
| Continuación tabla 18. | | | | | |
| Error Puro | 3 | 0,1310 | 0,0436 | | |
| Total | 11 | 19,7016 | | | |

Fuente: Maya, (2024) de acuerdo a la respuesta del programa JMP.

$$R^2 = (\text{SCReg}/\text{SCTot}) * 100 = 88\%$$

$P \leq 0,05 \rightarrow *$: Significativo. $P \leq 0,01 **$: Altamente significativo.

IV.1.3.3.2 Análisis de superficie de respuesta para humedad

En el efecto de la piña y la tuna con respecto a la variable humedad que se muestra en la figura 7 se observa que, a niveles medios de piña, cuando se aumenta la cantidad de tuna, se incrementa la humedad presente en el tratamiento o producto.

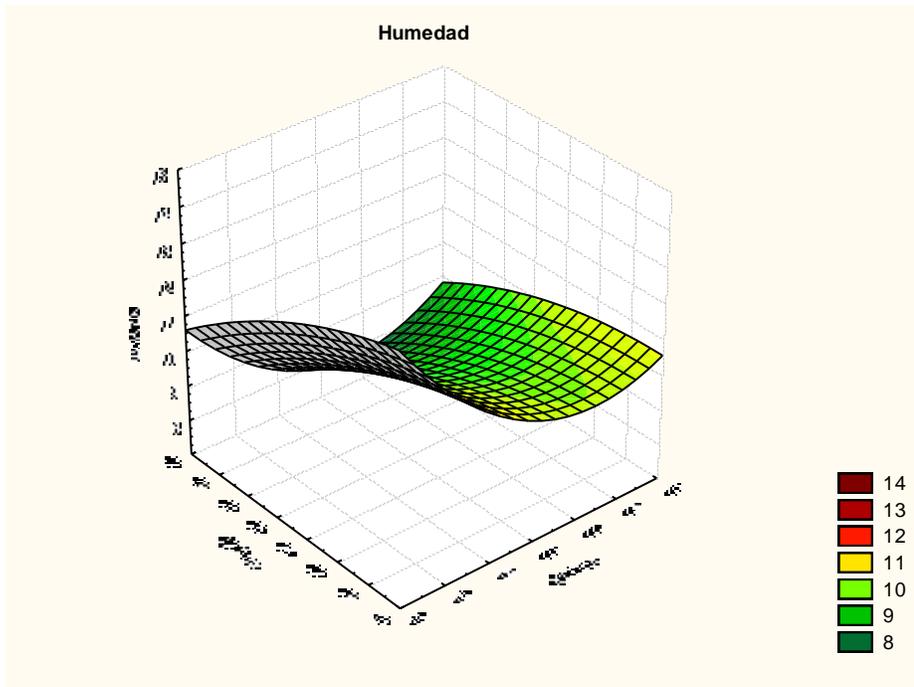


Figura 8: Gráfica de superficie de respuesta para la respuesta humedad (Y2).

Fuente: Maya, (2024) de acuerdo a la respuesta del programa JMP.

Los resultados obtenidos para (Y2) humedad están dentro de los rangos establecidos, resultando de igual manera una significancia por parte los factores independientes: Tuna y piña con relación a esta respuesta.

En el caso de respuesta para (Y2) se considera que una barra energética es un producto con muy poco niveles de humedad ya que unas de sus características es ser poco perecedero

IV.1.3.4 Gráficas de los valores, respuesta pH (Y₃), análisis de varianza para la respuesta pH y análisis de superficie de respuesta para pH.

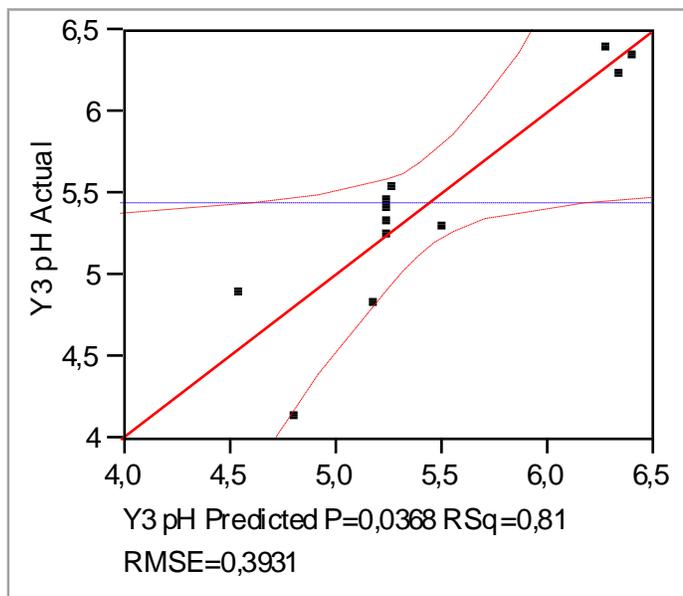


Figura 9: Gráfica de los valores predichos por el modelo ajustado contra los valores medidos experimentalmente para la respuesta pH (Y₃).

Fuente: Maya, (2024) de acuerdo a la respuesta del programa JMP.

La figura anterior muestra que los datos se distribuyen uniformemente y agrupados (valores más altos) alrededor de la recta, que, aunque no están sobre ella, puede

tomarse a prioridad como índice de bondad de ajuste, dando estos indicios que la variabilidad de la respuesta pH, es explicada por los factores experimentales seleccionados, con el modelo selecto y bajo las condiciones experimentales ensayadas.

IV.1.3.4.1 Análisis de varianza de la respuesta (Y3) pH

A continuación se presenta el ANAVAR para la variable Y3 en el cuadro, en esta se puede observar que las fuentes de variación tratamiento y regresión tienen un efecto estadístico altamente significativo con un nivel de confianza aceptable, esto indica que los factores experimentales X_1 y X_2 tienen efectos sobre la variabilidad del pH del producto terminado. Además es evidente que los tratamientos fueron suficientes para modelar el comportamiento de esta respuesta. Observando que el X^2_1 fue no significativo.

Tabla 19: Análisis de la varianza para la respuesta pH.

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F | p<F |
|----------------------|----|--------|--------|--------|----------|
| Tratamientos | 11 | 4,8282 | 0,4389 | 47,70 | 0,0000** |
| Regresión | 5 | 3,9010 | 0,7802 | 84,80 | 0,0000** |
| X_1 | 1 | 0,1633 | 0,1633 | 17,75 | 0,0000** |
| X_2 | 1 | 3,2413 | 3,2413 | 352,31 | 0,0000** |
| X^2_1 | 1 | 0,0247 | 0,0247 | 2,68 | 0,0870ns |
| X^2_2 | 1 | 0,2340 | 0,2340 | 25,43 | 0,0000** |
| X_1X_2 | 1 | 0,1482 | 0,1482 | 16,10 | 0,0000** |
| Falta de Ajuste (FA) | 3 | 0,8994 | 0,2998 | 32,58 | 0,0000** |

| | | | | | |
|------------|----|--------|--------|-------|----------|
| Error Exp. | 6 | 0,9272 | 0,1545 | 16,79 | 0,0000** |
| Error Puro | 3 | 0,0278 | 0,0092 | | |
| Total | 11 | 4,8282 | | | |

Fuente: Maya, (2024) de acuerdo a la respuesta del programa JMP.

$$R^2 = (\text{SCReg}/\text{SCTot}) * 100 = 80 \%$$

$P \leq 0,05 \rightarrow *$: Significativo. $P \leq 0,01 **$: Altamente significativo.

IV.1.3.4.2 Análisis de superficie de respuesta para pH

En la figura, se presenta la gráfica de superficie de respuesta para la variable dependiente pH (Y_3). En ella se observa que, a niveles medios de piña, cuando se aumenta la cantidad de tuna, aumenta el nivel de pH presente en el tratamiento.

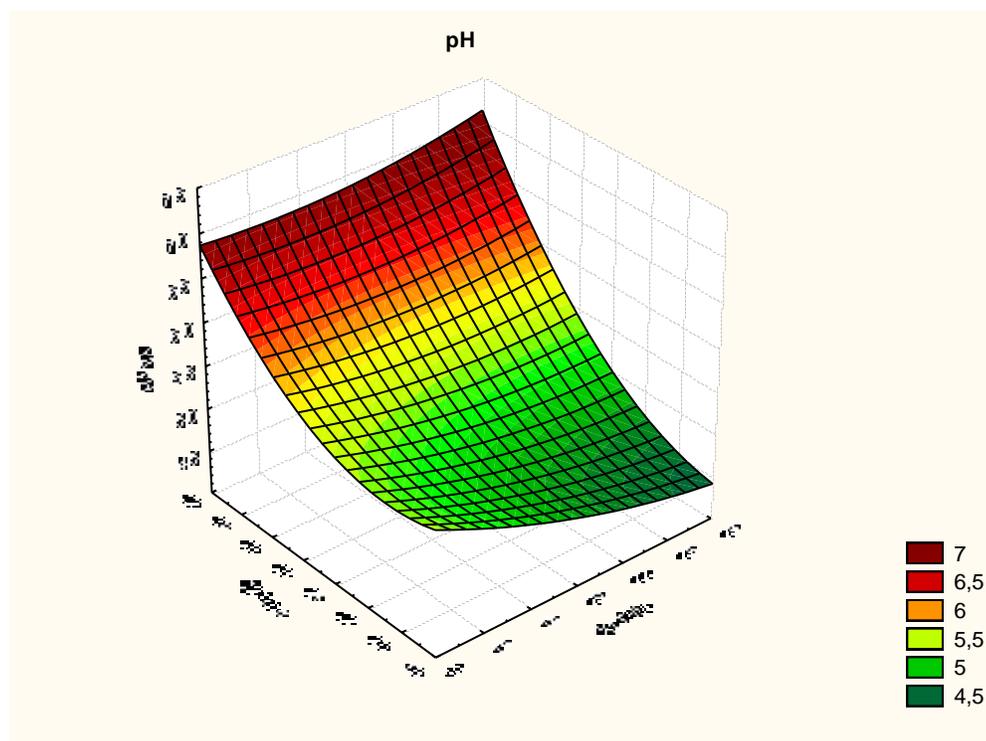


Figura 10: Gráfica de superficie de respuesta para la respuesta pH (Y_3).

Fuente: Maya, (2024) de acuerdo a la respuesta del programa JMP.

Los resultados obtenidos para (Y3) humedad están dentro de los rangos establecidos, resultando de igual manera una significancia por parte los factores independientes: Tuna y piña con relación a esta respuesta.

IV.1.3.5 Discusión de la optimización multirespuesta de las respuestas: rendimiento, humedad y pH.

Las técnicas de co-optimización multifactorial-multirespuesta, se realizarán con el software JMP v.4, utilizando el método grafico-matemático dinámico de perfiles de respuestas múltiples, y graficas de deseabilidad co-optimizadas con funciones de control de pérdida de calidad.

En la figura, se muestra la relación entre las variables dependientes e independientes, arrojando así, una predicción de mínimos cuadrados apropiado sin optimizar los valores.

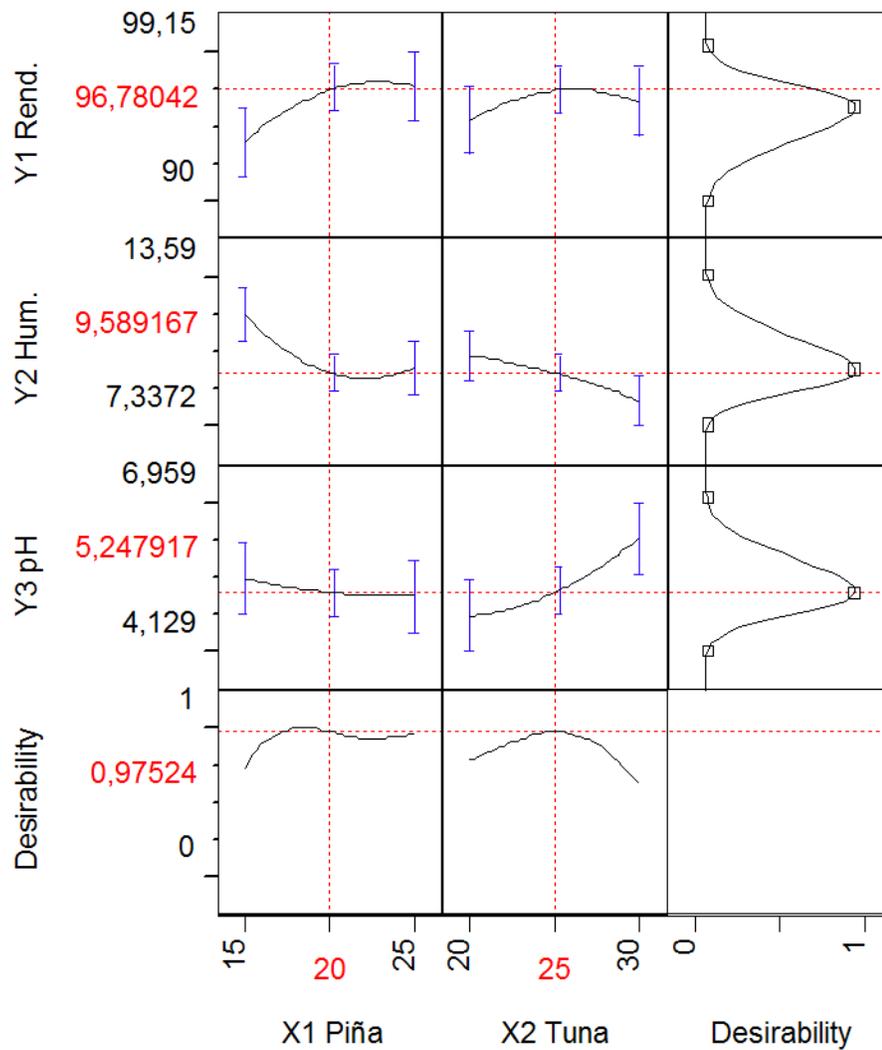


Figura 11: Gráfica de perfiles de respuestas múltiples y de deseabilidad

Fuente: Maya, (2024) de acuerdo a la respuesta del programa JMP.

Una vez que el software JMP, ha corrido el modelo se observa el perfil de los mínimos cuadrados para los factores experimentales con sus respuestas, indicando 20 % de piña (X_1) y 25% de tuna (X_2), con un máximo de 96,78% de rendimiento con respecto al horneado; 9,58% de humedad y para la respuesta pH un valor de 5,24.

Una vez obtenida la predicción del perfil de los mínimos cuadrados, se generan los perfiles dinámicos de simulación de las respuestas múltiples o valores co-optimizados ensayados en función de los factores experimentales $X_1 =$ Piña al 20% y $X_2 =$ Tuna al 25%, incorporando las gráficas de deseabilidad como se muestra en la figura, los cuales arrojaron unos valores co-optimizados para los factores experimentales: rendimiento = 96,78%; humedad 9,58% y pH = 5,24%, para una deseabilidad de 97% con correlación a los datos y el modelo seleccionado, con respecto a estos resultados el tratamiento más cercano a estos valores es el numero 3 el cual presenta para la piña (20%), para la tuna (25%), con un el rendimiento (97,77%), una humedad a (9,58%) y un pH de 5,26.

CONCLUSIONES

- De la caracterización de la materia prima, la tuna arrojó un pH (4,99), P. R. (32mV), °Brix (8), Humedad (10,6%), A. T. expresada en contenido de ácido cítrico (0,16), y por su parte la piña pH (3,71), P. R. (32mV), °Brix (10), Humedad (12,3%), A. T. expresada en contenido de ácido cítrico (0,39); dichos valores obtenidos para ambas materia prima fueron fundamentales para obtener un producto dentro de los rangos deseables.
- La incorporación de miel influyó significativamente en la compactación de la barra debido al porcentaje utilizado en la formulación mientras mayor se usaba su concentración favorecía la compactación y mejoraba el sabor de la misma.
- La deshidratación tanto de la tuna como de la piña se realizó a una temperatura poco elevada de 60°C por un tiempo de 8 horas arrojando unos rendimientos de (9,72%) para la tuna y de (11,44%) para la piña. Rendimientos con poca correlación a los descritos por Auquilla (2023) de quien fue adaptado este proceso, esto es debido a que este autor realizó su investigación en el país Ecuador el cual presenta características climáticas distintas, ejecuciones agrícolas diferentes y por ende tiende a producir vegetales con distintas características a los de nuestro país Venezuela.

- Los coeficientes de determinación R^2 para las variables de respuesta fueron superiores a 80 %, indicando que se realizó una adecuada planificación y control local del estudio realizado, con los niveles usados en los factores experimentales.
- Para la respuesta Y1 Rendimiento: Como puede observarse en el cuadro, el análisis de la varianza para la respuesta rendimiento (Y1), los tratamientos, la regresión, la variable Piña(X1) tuvo un efecto altamente significativo sobre la respuesta rendimiento. Estos resultados indican que el modelo de regresión generado ajusta los datos moderadamente, con un R^2 de 80%.
- Para la respuesta Y2 Humedad: Para Y2: humedad, Se puede observar que las fuentes de variación tratamiento y regresión son estadísticamente significativas con un valor de p inferior a 0,05, esto muestra que los factores experimentales X1 y X2 tienen efectos sobre la variabilidad del contenido de agua presente en la barra deshidratada.
- Respuesta pH (Y3): en esta se puede observar que las fuentes de variación tratamiento y regresión tienen un efecto estadístico altamente significativo con un nivel de confianza aceptable, esto indica que los factores experimentales X₁ y X₂ tienen efectos sobre la variabilidad del pH del producto terminado.
- La Co-optimización multirespuesta de las variables de respuestas y factores experimentales se obtuvo como resultado con un tratamiento óptimo con una deseabilidad de 97,50%, correspondiente rendimiento = 96,78%; humedad 9,58% y pH = 5,24%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ananas Comosus. [En Wikipedia]. Recuperado (2023, Octubre 10) de:
https://es.wikipedia.org/wiki/Ananas_comosus
- Aquilla, J. (2023). Diseño de un proceso agroindustrial para elaborar barras de cereal con frutas deshidratadas tuna y piña. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. Recuperado de:
<http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/18782/1/27T00574.pdf>
- Borjas, R., Alvarado, L., Castro, V., Bello, S. y Julca, A. (2020, Septiembre 24). Origen de la piña: Una muy breve historia. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/344368166_Origen_de_la_pina_Una_muy_breve_Historia
- Chaguay, M. y Peñafiel, J. (2021). Desarrollo de una barra nutricional a base de moringa (moringa oleífera), avena y frutos secos. Recuperado de:
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/54259/1/BINGQ-GS-21P33.pdf>
- DANE. (2016). Boletín. Principales características del cultivo de la Piña (Ananas comosus L.). Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria. NUM. 54. Recuperado de:
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_dic_2016.pdf
- Datos sobre la nutrición de almendras. (2023). California Almonds. Recuperado de:
<https://www.almendras.mx/por-que-las-almendras/salud-y-nutricion/valor-nutricional#:~:text=Las%20almendras%20son%20ricas%20en,%20magnesi%C3%B3%20y%20f%C3%B3sforo.&text=Una%20porci%C3%B3n%20de%2028%20gramos,proporcionan%206gramos%20de%20prote%C3%ADna%20vegetal.>

- Equipo de comunicación Aconsa. (2022, Mayo 03). pH en alimentos: su importancia en la seguridad alimentaria. Recuperado de: <https://aconsa-lab.com/ph-en-alimentos-importancia/>
- Espinoza, M., Miano A., Obregón J., Barraza, G. y Siche, R. (2020, Julio 27). Barras energéticas a base de quinua, kiwicha y chía: Características texturales, acústicas y sensoriales. Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Recuperado de:
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/26857/Energy%20bars%20based%20on%20quinua%2c%20kiwicha%20and%20chia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FAO. (2014). Ficha técnica. Productos frescos de frutas. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/au173s/au173s.pdf>
- Flores, M. (2014, Abril 27). Slideshare. Cenizas. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/melinaflores16503/cenizas-34013509>
- Guerra, M. (2005). Aportes tecnológicos en las intervenciones nutricionales poblacionales. Anales Venezolanos de Nutrición v.18 n.1 Caracas 2005. Recuperado de: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-0752200500010001
- Hernández, G., Ortega, E. Y Ortega, I. (2021, Julio 05). Composición nutricional y compuestos fitoquímicos de la piña (Ananas comosus) y su potencial emergente para el desarrollo de alimentos funcionales. Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP, Vol. 7, No. 14, pp. 24-28. Recuperado de: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/7232-Manuscrito-40974-1-10-20210629%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/7232-Manuscrito-40974-1-10-20210629%20(1).pdf)

INEN 1836. Norma Técnica. Frutas frescas. Piña. Requisitos. Segunda revisión 2016-09. Recuperado de: <https://docplayer.es/226579537-Nte-inen-1836-segunda-revision.html>

Lara A., Martínez E. y Orozco D. (s.f.). Evaluación del rendimiento de algunos alimentos de los grupos de cereales, leguminosas y tubérculos por diferentes métodos de cocción. Archivos Latinoamericanos de Nutrición Vol. 7. Recuperado de: <https://www.alanrevista.org/ediciones/2021/suplemento-1/art-386/>

Libretexts Español, (s.f.). Pruebas de rendimientos. Recuperado de: [https://espanol.libretexts.org/Vocacional/Producci%C3%B3n_de_alimentos%2C_servicio_y_artes_culinarias/Gesti%C3%B3n_B%C3%A1sica_de_Cocina_y_Servicio_de_Alimentos_\(Campus_BC\)/03%3A_Costos_de_alimentos/3.0%3A_Pruebas_de_rendimiento#title](https://espanol.libretexts.org/Vocacional/Producci%C3%B3n_de_alimentos%2C_servicio_y_artes_culinarias/Gesti%C3%B3n_B%C3%A1sica_de_Cocina_y_Servicio_de_Alimentos_(Campus_BC)/03%3A_Costos_de_alimentos/3.0%3A_Pruebas_de_rendimiento#title)

Luna, P. (2021). Barras energéticas a base de cereales. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15527/1/27T00480.pdf>

Minitab (2021) Diseños de mezclas. Recuperado de: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/statistical-modeling/doe/supporting-topics/mixture-designs/what-is-a-mixture-design/#:~:text=Los%20experimentos%20de%20mezclas%20son,de%20varios%20componentes%20o%20ingredientes.>

Mordor Intelligence, (2023). Mercado de barras energéticas: Crecimiento, Tendencias y Pronósticos (2023 - 2028). Recuperado de: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/energy-bar-market>

Mym Instrumentos Técnicos. (2023, Julio 11). Contenido de humedad en alimentos y productos. Recuperado de: <https://www.myminstrumentostecnicos.com/equipos-de->

laboratorio/contenido-de-humedad-en-alimentos-y-productos/#:~:text=El%20contenido%20de%20humedad%20es,en%20algunos%20casos%2C%20su%20seguridad.

Norma Covenin 762 (1995). Bebidas gaseosas. Método de ensayo. Recuperado de: https://www.google.com/search?q=covenin+762-1995&rlz=1C1UUXU_esVE964VE964&oq=covenin+762-1995&aqs=chrome..69i57j0i546i649l4.12675j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8

Norma Covenin 1315 (2021). Determinación del pH. Recuperado de: <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-central-de-venezuela/principios-de-quimica-ii/covenin-1315-2021/44103399>

Norma Covenin 2135 (1996). Harina de maíz precocida. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/329283126/2135-96-Harina-de-Maiz-Precocida-Normas-Covenin>

Norma Covenin 658 (1997). Leche y sus derivados. Determinación de la acidez titulable. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/383068342/658-97>

Opuntia ficus-indica. [En Wikipedia]. Recuperado (2023, Octubre 02) de: https://es.wikipedia.org/wiki/Opuntia_ficus-indica#Taxonom%C3%ADa

Pérez, E. (2022, Diciembre 19). Histórico de producción de piña en Venezuela. COTEJO. Recupera de: <https://cotejo.info/2022/12/ct-nicolasmaduro-venezuela-entre-los-primeros-15-paises-productores-de-pina-del-mundo-mentira/>

Piña deshidratada en dados, (2022). Recuperado de: <https://www.sucesoresdeignaciolopez.com/frutas-deshidratadas/98-pina-deshidratada-en-dados.html#:~:text=La%20pi%C3%B1a%20deshidratada%20es%20un,de%20vitamina%20C%20y%20fibra.>

ProChile Caracas, (2007, Octubre). Perfil de mercado barras de cereales – Venezuela. Recuperado de: http://www.exportapymes.com/documentos/productos/Pe1626_venezuela_barras_cereal.pdf

Quishpi, J. (2021) Utilización del nopal en la industria alimentaria para la elaboración de alimentos funcionales. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15525/1/27T00477.pdf>

Terán, Y., Nava, D., Petit, D., Garrido, E. y D'Aubeterre, R. (2015). Análisis de las características físico-químicas del fruto de opuntia ficus- indica (L.) miller, cosechados en lara, Venezuela. Revista Iber. Tecnología Postcosecha Vol. 16, pp, 69-74. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/813/81339864010.pdf>.

Torres, J. (2016) Solución tecnológica. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/jrtorresb/qu-es-una-solucion-tecnologica>

Valdez, P., Flores, A., Esquivel, J., y Reyes, M. (2004) Revisiones bibliográficas. Origen de la tuna. Recuperado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/rodriguez_m_v/capitulo4.pdf

Villamizar, V., Cravo, G., Crespo, Ll. y Lopez, A. (2018, Mayo 18). Contribución de la Chiga (*Campsiandra Comosa*) en la Formulación de una Barra Nutricional. Revista Cien. Tec. Agrollanía Vol. 15, pp. 7-12. Recuperado de: <https://biblat.unam.mx/hevila/Agrollania/2018/vol15/2.pdf>

ANEXOS

