

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



**“INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE AIRE
EMPLEADO SOBRE EL PROCESO DE SECADO DE PITUCA
(*Colocasia esculenta*) Y LA CALIDAD SENSORIAL DE LA HARINA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**AUTORES : Bach. Blin Clinton, Cubas Vicente
Bach. Jhon Andy, Sempertegui Silva**

**ASESORES : M. Cs. Adán Díaz Ruiz
Dr. Hubert Luzdemio Arteaga Miñano**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Innovación tecnológica

JAÉN-PERÚ, 2024

NOMBRE DEL TRABAJO

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD.docx

AUTOR

Blin Clinton, Cubas Vicente Jhon Andy, Sempertegui Silva

RECUENTO DE PALABRAS

23087 Words

RECUENTO DE CARACTERES

102250 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

105 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

7.1MB

FECHA DE ENTREGA

Feb 1, 2024 9:01 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Feb 1, 2024 9:03 AM GMT-5**● 9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Christian Zúñiga Apaza-Panca
RESPONSABLE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 15 de diciembre del año 2023, siendo las 13:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente : Dra. María Alina Cueva Ríos
Secretario : Mg. Hans Himbler Minchán Velayarce
Vocal : Mg. Frank Fernández Rosillo

para evaluar la Sustentación de:

- () Trabajo de Investigación
(X) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado "INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE AIRE EMPLEADO SOBRE EL PROCESO DE SECADO DE PITUCA (*Colocasia esculenta*) Y LA CALIDAD SENSORIAL DE LA HARINA", cuyos autores, Bachilleres Blin Clinton, Cubas Vicente y Jhon Andy, Sempertegui Silva, de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias,

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

a) Excelente	18, 19, 20	()
b) Muy bueno	16, 17	()
c) Bueno	14, 15	(14)
d) Regular	13	()
e) Desaprobado	12 ó menos	()

Siendo las 14:45 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Jaén, 15 de diciembre de 2023

Dra. María Alina Cueva Ríos
Presidente

Mg. Hans Himbler Minchán Velayarce
Secretario

Mg. Frank Fernández Rosillo
Vocal

Índice General

Índice General.....	ii
Índice de Tablas.....	iv
Índice de Figuras	vii
Índice de Anexos	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	14
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
2.1. Lugar de ejecución.....	19
2.2. Población, muestra y muestreo	19
2.3. Métodos, técnicas, procedimiento e instrumentos de recolección de datos.....	19
2.3.1. Procedimiento de obtención la harina de pituca.....	20
2.3.2. Evaluación del proceso de secado de pituca	24
2.3.3. Evaluación de las características fisicoquímicas.....	25
2.3.4. Evaluación de las características microbiológicas	26
2.3.5. Evaluación de las características sensoriales	29
2.4. Análisis de datos	30
2.5. Diseño experimental	30
2.6. Variables de estudio.....	31
III. RESULTADOS	32
3.1. Proceso de secado de harina de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>).....	32
3.2. Características fisicoquímicas de la harina de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>)	41
3.2.1. Porcentaje de agua de la pituca fresca.....	41
3.2.2. Porcentaje de humedad de la harina de pituca	41
3.2.3. Porcentaje de cenizas	45

3.3.	Características microbiológicas de la harina de pituca (<i>Colocasia esculenta</i>).....	49
3.4.	Características sensoriales de la harina de pituca (<i>Colocasia esculenta</i>)	51
IV.	DISCUSIÓN	57
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
5.1.	Conclusiones	60
5.2.	Recomendaciones	61
VI.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	62
	DEDICATORIA.....	68
	AGRADECIMIENTO	69
	ANEXOS.....	70

Índice de Tablas

Tabla 1	Escala hedónica de 5 puntos que se utilizó para la evaluación sensorial...	29
Tabla 2	Descripción de los nueve tratamientos y sus factores.....	30
Tabla 3	Resumen del modelo matemático de cada uno de los procesos de secado de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>)	40
Tabla 4	Porcentaje de agua del tubérculo fresco.....	41
Tabla 5	Porcentaje de humedad de la harina de pituca.....	42
Tabla 6	Análisis de varianza para los porcentajes de humedad de la harina de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>)	42
Tabla 7	Intervalos de confianza para la media de los porcentajes de humedad de la harina de pituca y agrupamiento de los tratamientos mediante el método de Tukey.....	45
Tabla 8	Análisis de varianza para los porcentajes de cenizas de la harina de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>).....	45
Tabla 9	Intervalos de confianza para la media de los porcentajes de cenizas de la harina de pituca y agrupamiento de los tratamientos mediante el método de Tukey	49
Tabla 10	Datos de las características microbiológicas de la harina de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>).....	50
Tabla 11	Test de Friedman para los tratamientos de la harina de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>), en cada una de las características evaluadas.....	54
Tabla 12	Test de comparaciones múltiples de Friedman para los tratamientos de la harina de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>), en cada una de las características evaluadas.....	55
Tabla 13	Influencia del proceso de secado en la calidad sensorial de la harina de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>).....	56
Tabla 14	Datos experimentales del proceso de secado de pituca a una temperatura de 45 °C y velocidad de 2,5 m/s.....	70
Tabla 15	Datos experimentales del proceso de secado de pituca a una temperatura de 45 °C y velocidad de 3,0 m/s.....	71

Tabla 16	Datos experimentales del proceso de secado de pituca a una temperatura de 45 °C y velocidad de 3,5 m/s.....	72
Tabla 17	Datos experimentales del proceso de secado de pituca a una temperatura de 50 °C y velocidad de 2,5 m/s.....	74
Tabla 18	Datos experimentales del proceso de secado de pituca a una temperatura de 50 °C y velocidad de 3,0 m/s.....	74
Tabla 19	Datos experimentales del proceso de secado de pituca a una temperatura de 50 °C y velocidad de 3,5 m/s	75
Tabla 20	Datos experimentales del proceso de secado de pituca a una temperatura de 55 °C y velocidad de 2,5 m/s.....	77
Tabla 21	Datos experimentales del proceso de secado de pituca a una temperatura de 55 °C y velocidad de 3,0 m/s.....	78
Tabla 22	Datos experimentales del proceso de secado de pituca a una temperatura de 55 °C y velocidad de 3,5 m/s.....	79
Tabla 23	Regresión exponencial. Temperatura de 45 °C y velocidad de 2,5 m/s.....	80
Tabla 24	Regresión exponencial. Temperatura de 45 °C y velocidad de 3,0 m/s.....	80
Tabla 25	Regresión exponencial. Temperatura de 45 °C y velocidad de 3,5 m/s.....	80
Tabla 26	Regresión exponencial. Temperatura de 50 °C y velocidad de 2,5 m/s.....	80
Tabla 27	Regresión exponencial. Temperatura de 50 °C y velocidad de 3,0 m/s.....	81
Tabla 28	Regresión exponencial. Temperatura de 50 °C y velocidad de 3,5 m/s.....	81
Tabla 29	Regresión exponencial. Temperatura de 55 °C y velocidad de 2,5 m/s.....	81
Tabla 30	Regresión exponencial. Temperatura de 55 °C y velocidad de 3,0 m/s.....	81
Tabla 31	Regresión exponencial. Temperatura de 55 °C y velocidad de 3,5 m/s.....	82
Tabla 32	Datos correspondientes al análisis de las características fisicoquímicas de la harina de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>) para cada uno de los tratamientos evaluados	82

Tabla 33	Datos correspondientes al análisis de las características microbiológicas de la harina de pituca (<i>Colocasia esculenta</i>) para cada uno de los tratamientos evaluados	84
Tabla 34	Puntajes sensoriales de la característica sabor, para cada uno de los tratamientos evaluados de la harina de pituca.....	85
Tabla 35	Puntajes sensoriales de la característica olor, para cada uno de los tratamientos evaluados de la harina de pituca.....	87
Tabla 36	Puntajes sensoriales de la característica sabor, para cada uno de los tratamientos evaluados de la harina de pituca.....	89
Tabla 37	Puntajes sensoriales de la característica apariencia, para cada uno de los tratamientos evaluados de la harina de pituca.....	91
Tabla 38	Puntajes sensoriales de la característica textura, para cada uno de los tratamientos evaluados de la harina de pituca	93
Tabla 39	Tabla de Operacionalización de variables.....	105

Índice de Figuras

Figura 1	Diagrama de flujo de proceso para la elaboración de harina de pituca.....	23
Figura 2	Curva de humedad residual de secado a 45 °C a velocidades de aire forzado de 2,5; 3,0 y 3,5 m/s.....	33
Figura 3	Curva de velocidad de secado a 45 °C a velocidades de aire forzado de 2,5; 3,0 y 3,5 m/s.....	34
Figura 4	Curva de humedad residual de secado a 50 °C a velocidades de aire forzado de 2,5; 3,0 y 3,5 m/s.....	35
Figura 5	Curva de velocidad de secado a 50 °C a velocidades de aire forzado de 2,5; 3,0 y 3,5 m/s.....	36
Figura 6	Curva de humedad residual de secado a 55 °C a velocidades de aire forzado de 2,5; 3,0 y 3,5 m/s.....	37
Figura 7	Curva de velocidad de secado a 55 °C a velocidades de aire forzado de 2,5; 3,0 y 3,5 m/s.....	38
Figura 8	Efectos principales de los factores velocidad y temperatura sobre los porcentajes de humedad de la harina de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>)	44
Figura 9	Efectos principales de los factores velocidad y temperatura sobre los porcentajes de cenizas de la harina de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>).....	47
Figura 10	Efectos de la interacción de los factores velocidad y temperatura sobre los porcentajes de cenizas de la harina de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>)...	48
Figura 11	Gráfico de aerobios mesófilos de la harina de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>). 50	
Figura 12	Gráfico de mohos y levaduras de la harina de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>)	51
Figura 14	Perfil sensorial de los tratamientos de harina de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>). Temperatura 45°C.....	52

Figura 14	Perfil sensorial de los tratamientos de harina de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>). Temperatura 50°C.....	52
Figura 15	Perfil sensorial de los tratamientos de harina de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>). Temperatura 55°C.....	53
Figura 16	Gráficos de residuos de los porcentajes de humedad en la harina de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>).....	83
Figura 17	Gráficos de residuos de los porcentajes de cenizas en la harina de pituca (<i>Colacasia esculenta</i>).....	84
Figura 18	Tubérculo de la pituca.....	96
Figura 19	Lavado manual de la pituca.....	96
Figura 20	Escurrido del tubérculo de la pituca.....	96
Figura 21	Tubérculo de la pituca lavadas.....	96
Figura 22	Pesado del tubérculo de la pituca.....	96
Figura 23	Pituca pelada.....	96
Figura 24	Láminas de la pituca.....	97
Figura 25	Láminas de pituca en las bandejas para deshidratado.....	97
Figura 26	Secador de bandejas por aire forzado.....	97
Figura 27	Control de temperatura y de la velocidad del aire forzado.....	97
Figura 28	Proceso de secado.....	97
Figura 29	Control de peso de las láminas.....	97
Figura 30	Láminas de la pituca después del proceso de secado.....	98
Figura 31	Láminas de la pituca deshidratada en el desecador.....	98
Figura 32	Láminas de pituca deshidratadas.....	98
Figura 33	Molienda de las láminas de la pituca para obtención de harina.....	98

Figura 34	Pituca molida.....	98
Figura 35	Tamizado de la pituca molida para la obtención de su harina mediante un tamizador.....	98
Figura 36	Envasado de harina de pituca.....	99
Figura 37	Harina de pituca envasada.....	99
Figura 38	Muestras y placas humedad.....	99
Figura 39	Pesado de placas y muestra humedad.....	99
Figura 40	Placas con muestra en la estufa.....	99
Figura 41	Muestras y placas secas.....	99
Figura 42	Pesado de placas y muestra secas.....	100
Figura 43	Muestras de harina de pituca y crisoles vacíos.....	100
Figura 44	Pesado de crisol y muestra.....	100
Figura 45	Crisoles con muestra en la mufla.....	100
Figura 46	Calcinado de la muestra.....	100
Figura 47	Enfriado de las cenizas.....	101
Figura 48	Pesado de crisol y cenizas.....	101
Figura 49	Preparando Placas.....	101
Figura 50	Preparación de materiales.....	101
Figura 51	Esterilizado de placas.....	101
Figura 52	Pesado de los cálculos de los medios de cultivo.....	101
Figura 53	Calentamiento de los medios de cultivo.....	102
Figura 54	Preparación de los medios de cultivo y muestras de harina de pituca.....	102

Figura 55	Dilución de los reactivos con harina de pituca para la siembra.....	102
Figura 56	Comienzo de siembra.....	102
Figura 57	Incubación.....	102
Figura 58	Conteo de colonias	102
Figura 59	Impartiendo charlas de información a los estudiantes panelistas.....	103
Figura 60	Explicación del procedimiento del análisis sensorial mediante escala hedónica.....	103
Figura 61	Ejecución del análisis sensorial.....	103
Figura 62	Secador de bandejas.....	103

Índice de Anexos

Anexo 1	Tabla de datos experimentales de la cinética de secado a las temperaturas de 45, 50 y 55 °C a velocidades de aire forzado de 2,5; 3,0 y 3,5 m/s.....	70
Anexo 2	Validación de coeficientes estimados para la regresión exponencial para cada uno de los tratamientos.....	80
Anexo 3	Data correspondiente a los análisis de características fisicoquímicas de la harina de pituca.....	82
Anexo 4	Data correspondiente a los análisis de características microbiológicas de la harina de pituca.....	84
Anexo 5	Tablas correspondientes al análisis de las características sensoriales de la harina de pituca.....	85
Anexo 6	Galería de las operaciones de obtención de harina de pituca.....	96
Anexo 7	Galería de los análisis fisicoquímicos de la harina de pituca.....	99
Anexo 8	Galería de los análisis microbiológicos de la harina de pituca.....	101
Anexo 9	Galería de los análisis sensoriales de la harina de pituca.....	103
Anexo 10	Ficha de evaluación sensorial utilizada por los investigadores.....	104
Anexo 11	Data de Operacionalización de la harina de pituca.....	105

RESUMEN

Se evaluó la influencia de la temperatura y la velocidad del aire empleado sobre el proceso de secado de pituca (*Colocasia esculenta*) y la calidad sensorial de la harina, para ello se cortaron los tubérculos en láminas de 1,5 mm de espesor y de igual tamaño, se pusieron en un secador de bandejas con aire forzado caliente a tres temperaturas (45, 50 y 55 °C) y con tres velocidades de aire (2,5; 3,0 y 3,5 m/s). Se obtuvieron las gráficas de las curvas de secado y velocidad de secado para las láminas de pituca, a partir de las cuales se determinó la humedad crítica, tiempo crítico y humedad de equilibrio; de la harina obtenida de las láminas de pituca seca se evaluaron las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales. Las curvas de secado se ajustaron al modelo de Herdenson y Pabis con coeficientes de determinación (R^2) superiores al 96%. La mejor temperatura y velocidad fue de 55 °C a 3,5 m/s que corresponde al tratamiento T9 cuya humedad crítica fue de 1,53 g agua/g pituca seca, humedad de equilibrio 0,9 g agua/g pituca seca y tiempo crítico de 20 min; cenizas 3,37 %, humedad 8,04 %, aerobios mesófilos $9,90 \times 10^3$ UFC/g, mohos y levaduras $2,40 \times 10^3$ UFC/g y ausencia de *Escherichia coli*, además este tratamiento obtuvo los mejores puntajes sensoriales. En conclusión, a mayor temperatura y velocidad del aire se obtienen los mejores parámetros cinéticos, fisicoquímicos y sensoriales.

Palabra clave: Pituca, cinética de secado, calidad de harina, recuento microbiológico, propiedades sensoriales.

ABSTRACT

The influence of the temperature and speed of the air used on the drying process of pituca (*Colocasia esculenta*) and the sensory quality of the flour was evaluated, for this the tubers were cut into sheets 1.5 mm thick and of equal size. size, were placed in a tray dryer with hot forced air at three temperatures (45, 50 and 55 °C) and with three air speeds (2.5, 3.0 and 3.5 m/s). The graphs of the drying curves and drying speed for the pituca sheets were obtained, from which the critical humidity, critical time and equilibrium humidity were determined; Of the flour obtained from the dried pituca sheets, the physicochemical, microbiological and sensory characteristics were evaluated. The drying curves were adjusted to the Henderson and Pabis model with determination coefficients (R^2) greater than 96%. The best temperature and speed was 55 °C at 3.5 m/s, which corresponds to treatment T9, whose critical humidity was 1.53 g water/g dry pituca, equilibrium humidity 0.9 g water/g dry pituca and critical time 20 min; ashes 3.37%, humidity 8.04%, mesophilic aerobes 9.90×10^3 CFU/g, molds and yeasts 2.40×10^3 CFU/g and absence of *Escherichia coli*, in addition this treatment obtained the best sensory scores. In conclusion, the higher the temperature and air speed, the better kinetic, physicochemical and sensory parameters are obtained.

Keyword: Pituca, drying kinetics, flour quality, microbiological count, sensory properties

I. INTRODUCCIÓN

La pituca (*Colocasia esculenta*) es un tubérculo ancestral que se originó en Asia y se expandió a diversas regiones del mundo, donde se le conoce con diferentes nombres como, eddo, dasheen, taro o cocoyam (Cuenca y Moncada, 2020). El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) considera que la pituca, posiblemente, tiene sus orígenes en la región Indo-Malaya y se ha extendido hacia el este de Asia, África y las Islas del Pacífico antes de ser introducida en América. En el Perú, se le conoce como pituca, aratrima, taro, michutsi, malanga, mafafa, chonque, papa china y witina (MIDAGRI, 2023 y Aybar, 2022). Existen tres tipos de pituca: la variedad "negra" se caracteriza por mostrar una coloración rosada en la base de su hoja, la variedad "blanca" se distingue principalmente por su tonalidad amarillenta clara y, por último, la variedad "morada" o japonesa que presenta pigmentos de color morado en el cormo (Trujillo, 2022).

En la región Cajamarca la producción de pituca en el año 2021 aumentó, alcanzando un total de 1614 toneladas, este incremento se hizo evidente cuando se observó que la producción mensual en enero fue de 50 toneladas, mientras que, de octubre a diciembre del mismo año, la producción mensual superó esta cifra, llegando a oscilar entre 148 y 255 toneladas lo que evidencia, que es un producto de consumo frecuente (MINAGRI, 2021), al respecto Aybar (2022) señala que en Tingo María el 5% se destina al mercado y el 95% a consumo propio. A pesar de que este tubérculo se produce en la región Cajamarca, hay un escaso nivel de transformación para darle valor agregado y así aprovechar nutrientes esenciales como hierro, fibra, cobre y compuestos fenólicos, que son fundamentales para promover la producción de glóbulos rojos en la sangre y que contribuirían con la mejora de la alimentación para la población (Calle et al, 2020).

La pituca (*Colocasia esculenta*), en otros países se industrializa en harinas, snacks, purés y subproductos como pan, galletas, budines; pero en el Perú su consumo mayoritario es sancochado, como acompañante de muchas comidas, guisos y fritos (Carbajal, 2019). Esta situación hace que este tubérculo tenga un potencial para su aprovechamiento en diversos derivados como hojuelas y harina. Para conseguir ello es necesario estudiar las condiciones de secado de este tubérculo que permita obtener las mejores condiciones de operación para obtener un producto de calidad y bajo costo (Ruiz, 2016).

El proceso de secado es ampliamente empleado en las industrias agrícolas y alimentarias debido a la diversidad de productos que se procesan, cuyo propósito es la reducción del contenido de agua para conservar las propiedades nutricionales de los alimentos (Calle y Aparicio, 2011). Los beneficios del secado incluyen la reducción de costos en el transporte, la facilidad en la manipulación de la materia prima y la eliminación de la necesidad de refrigeración y conservantes. Una forma de realizar el secado es utilizando secadores de bandejas con aire caliente forzado, en el que pueden controlarse tanto la temperatura como velocidad del aire (Ruiz, 2016), la primera es para proporcionar la energía necesaria para elevar la temperatura del agua presente en el producto, lo que facilita su evaporación. La segunda función es transportar la humedad que se libera del material. Durante este proceso, se crea un gradiente de temperatura en relación con el espesor del material, que disminuye a medida que el contenido de humedad se reduce (Merino, 2006).

La cinética de secado de un producto se refiere a cómo cambia el contenido de agua del material con el tiempo. Son varios los factores que influyen en la cinética de secado, entre los cuales se encuentran; la temperatura, la velocidad y la humedad del aire de secado, el mismo contenido de agua del producto, como también las dimensiones y diseño del equipo de secado (Velásquez, 2017).

En la cinética de secado, existen ciertos parámetros a determinar, así tenemos a la humedad de equilibrio que se refiere al nivel de humedad que un producto adquiere después de estar expuesto durante un período prolongado a una temperatura constante y a una humedad relativa en un entorno determinado. Este nivel está influenciado por las condiciones específicas de humedad y temperatura del entorno, así como por las características particulares del producto, como su variedad, madurez y especie del producto” (Monares, 2015). Por otro lado, la humedad crítica se refiere al nivel de humedad en un producto en el cual la resistencia interna al movimiento de la humedad es igual a la resistencia externa para

eliminar el vapor de agua de su superficie. Este punto crítico varía según las condiciones de secado y las características del producto, como su tamaño y forma (Monares, 2015). Esta resistencia está influenciada por las condiciones de secado y representa la línea de separación entre el periodo de secado a velocidad constante y entra en el período de secado con velocidad decreciente (Kaur et al, 2011).

Salcedo et al. (2014) realizaron el proceso de secado de rodajas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) de la variedad "corpoica" con un espesor de 0,2 cm y un diámetro de 0,4 cm un secador de bandejas a una escala de laboratorio. Evaluaron cómo la temperatura (35, 45 y 55 °C) y la velocidad del aire (1,0; 2,0 y 3,0 m/s) afectaron el tiempo necesario para el secado. La mejor condición se logró a una temperatura de 55 °C y una velocidad del aire de 3,0 m/s con las que obtuvieron un tiempo de secado de 4,5 horas y una humedad del 4,87%. Además, encontraron que el modelo matemático que mejor representó el comportamiento de las curvas de secado fue el modelo de difusión, que mostró una regresión lineal y un coeficiente de determinación entre $0,958 \leq R^2 \leq 0,993$. La difusividad efectiva varió entre $1,26 \times 10^{-2}$ y $4,14 \times 10^{-10}$ m²/s, mientras que la energía de activación osciló entre 33,66 y 16,16 kJ/mol.

Adbeel (2019) determinó la humedad crítica, humedad de equilibrio, difusividad efectiva y energía de activación durante el proceso de secado de yuca, el cual realizó a tres temperaturas secado (40, 50 y 60 °C) y dos espesores (2 y 4 mm) a velocidad de aire constante de 2,2 m/s. Las humedades de equilibrio que reportó a las diferentes temperaturas y espesores de 2 y 4 mm, variaron entre 0,04 – 0,05 g agua/g ms y entre 0,05 – 0,07 g agua/g ms, respectivamente; y las humedades críticas para las temperaturas de secado y espesores de 2 y 4 mm fueron entre 1,05 – 1,22 g agua/g ms y 1,23 – 1,46 g agua/g ms respectivamente. Con ello afirmó que humedades críticas y de equilibrio presentan dependencia con la temperatura y espesor del producto.

Rojas y Chumacero (2019) evaluaron la cinética de secado de la cúrcuma (*Cúrcuma longa* L) para ello procedieron a cortar el bulbo de la cúrcuma en rodajas y lo colocaron en bandejas dentro de un secador de aire caliente. Emplearon tres temperaturas de secado (45, 50 y 55 °C) y tres velocidades de aire (2,5; 3,0 y 3,5 m/s) de acuerdo a un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3Ax3B con tres repeticiones. Tras el proceso de secado y la posterior elaboración de las muestras, obtuvieron harina de cúrcuma. El mejor tratamiento obtuvo se obtuvo a una temperatura de 45 °C y una velocidad de aire de 2,5 m/s, cuyas características fisicoquímicas de la harina de cúrcuma son acidez de 0,37%, pH de 6,5 y

cenizas de 5%, en tanto los parámetros cinéticos fueron humedad crítica fue de 3,38 g agua/ g cúrcuma seca, humedad de equilibrio de 0,33 g agua/ g cúrcuma seca, tiempo crítico de secado de 50 minutos y tiempo de secado de 6 horas. También obtuvieron dos ecuaciones para expresar la cinética de secado, la ecuación para la línea recta: $y = -0,028x + 4,771$, y para la parte logarítmica: $-1,607 \ln(x) + 9,781$, con un coeficiente de determinación (R^2) mayor a 0,999

Bustos y Marapara (2016) realizaron el proceso de secado en bandeja con el propósito de elaborar galletas a partir de harina de pituca (*Colocasia esculenta*). La mejor calidad de la harina se obtuvo cuando secaron a la temperatura de 60 °C durante 6 h. Reportaron una humedad del 9,38%, 3,30% de ceniza, 0,53% de grasa, 8,15% de proteína, 78,64% de carbohidratos y 0,3% de fibra. Además, realizaron pruebas microbiológicas en la harina cuyos resultados indicaron que los niveles de contaminación se encontraban dentro de los límites permisibles según las normas, resultando aptas para el consumo humano.

Obando y Vega (2019) realizaron un proceso de secado de pituca (*Colocasia esculenta*) mediante el uso de un secador rotatorio discontinuo. Las variables que estudiaron fueron la temperatura (60, 70 y 80 °C), el flujo de aire (28,8 y 45,5 m³/h), y el grosor de las rodajas de pituca (2, 4 y 6 mm). A partir de los datos recolectados, desarrollaron un modelo matemático que mejor se ajustó al proceso de secado que fue el de Midilli, el cual mostró un coeficiente de determinación de 0,9987. Finalmente, determinaron el punto óptimo del proceso, que resultó ser un espesor de rodaja de 6 mm, con una temperatura de 60 °C y un flujo de aire de 28,8 m³/h.

Del Águila y Fernández (2019) obtuvieron harina de michuche utilizando como variables a las temperaturas de 55, 60 y 65 °C y con tiempos de 3, 4 y 5 horas, empleando un proceso de secado por bandejas con aire forzado. Posteriormente, las muestras secas fueron molidas y tamizadas con un tamiz N° 70 (200 µm), y se envasaron en bolsas de polietileno de alta densidad con cierre hermético. Además, realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la harina, centrándose en la detección de mohos y levaduras mediante espectroscopia NIR. Como resultado de estos experimentos, se determinó que la temperatura óptima para alcanzar la calidad requerida fue de 65 °C y el tiempo de secado óptimo fue de 5 horas.

Se evidencia que hay pocos trabajos relacionados con el secado de la Pituca para convertirla en harina, es por ello que, la investigación se centró en el estudio de las condiciones de secado de láminas de pituca (*Colocasia esculenta*) para obtener harina de excelente calidad sensorial. La pituca es un tubérculo poco industrializado, al menos, en la ciudad de Jaén no se ha encontrado producto procesado con pituca. Esto se debe a que las pocas industrias dedicadas al procesamiento de alimentos no utilizan este producto agrícola como materia prima en sus productos procesados (Pezo, 2022). Esta situación posiblemente se debe a la falta de conocimiento o el desinterés del sector privado; también se observa la falta interés de las autoridades para incluir estos productos en programas sociales con Qaliwarma, capacitación para el consumo masivo e industrialización, no solo de este tubérculo, si no de muchos otros productos agrícolas que no son tomados en cuenta en la industria alimentaria (Moncada, 2020).

La obtención de harina surge como una alternativa para darle valor agregado y al mismo tiempo que sirva como materia prima o insumo para la elaboración de diversos productos como galletas, pan, panetones, queques, compostas, pasteles, entre otros productos. De esta manera, contribuir con información concerniente a la obtención de harina de buena calidad que sirva para sustituir, fortificar y elevar el valor nutricional de alimentos que estarán a disposición de la población, (Meza, 2022).

Es por ello, que el objetivo general de esta investigación fue evaluar la influencia de la temperatura y velocidad de aire empleado sobre el proceso de secado de pituca (*Colocasia esculenta*) y calidad sensorial de la harina. Trazándose los siguientes objetivos específicos: a) determinar la mejor velocidad y temperatura con aire forzado caliente en el proceso de secado de láminas de pituca, b) determinar los parámetros fisicoquímicos de la harina de pituca, c) determinar las características microbiológicas de la harina de pituca y d) determinar las características sensoriales de la harina de pituca.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

El proyecto se ejecutó en los Laboratorio de Ingeniería de Alimentos y de Tecnología de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén (UNJ). Así mismo, la evaluación de las características microbiológicas se realizó en los Laboratorios de Postcosecha y Química de la Facultad de Ingeniería de Ciencias Agrarias (FICA) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM) de Amazonas.

2.2. Población, muestra y muestreo

Población

Constituida por tubérculos de pituca (*Colocasia esculenta*) que fueron puesto a venta en el mercado Roberto Segura en la Provincia de Jaén, Región Cajamarca en el mes de marzo 2022.

Muestra

Constituida por 15 kg de tubérculos de pituca adquiridas en el mercado Roberto Segura en el mes de marzo 2022.

Muestreo

No probabilístico, se seleccionó los tubérculos maduros, de tamaño similar y uniforme, sin presentar daños físicos.

2.3. Métodos, técnicas, procedimiento e instrumentos de recolección de datos

Se realizó el proceso de obtención de la harina de pituca mediante el secado por aire caliente forzado de láminas de pituca, que luego fueron molidas y finamente tamizadas hasta obtener partículas con una granulometría de 200 μm (Bustos y Marapara, 2016).

2.3.1. Procedimiento de obtención la harina de pituca

- **Materia prima**

Los tubérculos de pituca utilizados en este trabajo de investigación se compraron en el mercado Roberto segura de la Provincia de Jaén, Región Cajamarca (Perú).

- **Selección**

Se seleccionó la pituca en base a sus atributos físicos y su estado fitosanitario, se optaron tubérculos de tamaño homogéneo y libres de cualquier tipo de daño o indicios de contaminación.

- **Pesado**

En una balanza comercial se pesó los tubérculos que se seleccionaron previamente para conocer la cantidad de tubérculos a procesar ver en la Figura 27 (Anexo 6).

- **Lavado y desinfección**

Se procedió a limpiar minuciosamente los tubérculos mediante un proceso manual utilizando agua potable para eliminar impurezas como tierra y raíces, entre otros. Posteriormente, se sometió la pituca a un proceso de desinfección mediante inmersión en un recipiente de 10 litros, utilizando una solución de hipoclorito al 0,025%. Los tubérculos se dejaron reposar en esta solución durante 10 minutos y luego se enjuagaron con agua corriente.

- **Pelado**

Utilizando un cuchillo de acero resistente en estaba limpio y desinfectado, se retiró la piel de los tubérculos sobre una tabla de cortar de plástico y luego se transfirió a un recipiente de acero inoxidable ver Figura 28 (Anexo 6).

- **Cortado**

Se cortó la pituca en mitades, luego se llevó al rebanador manual de plástico donde se obtuvo láminas de tamaño uniformes de espesor 1,5 mm ver Figura 29 (Anexo 6).

- **Secado**

Se utilizó un secador de aire caliente que fue construido por estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería de Industrias Alimentarias. Las especificaciones técnicas del secador de aire caliente son: dimensiones de 2,50 m de longitud, 0,55 m de ancho y 1,20 m de altura. Este dispositivo está compuesto por un ventilador de aire y tres resistencias eléctricas que funcionan a temperatura ajustable. Además, dispone de una estructura metálica que sostiene tres bandejas conectadas a una balanza de tres brazos (TJ611, OHAUS, España). Las resistencias están conectadas a un controlador de temperatura que permite regular y mantener la temperatura mediante un sensor tal como se observa en la Figura 69.

Se verificó la instalación del secador por aire forzado para el proceso de secado, luego de encendido el secador se controló las temperaturas de trabajo de las resistencias eléctricas de 1000 W a 45; 50 y 55 °C respectivamente, según el tratamiento a ejecutar, las temperaturas fueron monitoreadas por un sensor tipo termocupla y controladas mediante un controlador XMTG dispuesto en la caja de control. La velocidad de aire de 2,5; 3,0 y 3,5 m/s respectivamente, fue medido mediante un anemómetro (EUJGOOV, PM6252A, Perú) en la salida de la corriente de aire. La cámara de secado está compuesta por tres bandejas con rejillas metálicas que se encuentran sujetas al soporte de una balanza de tres brazos (TJ611, OHAUS, España) ubicada en la parte superior del secador. Una vez que el aire alcanza la temperatura de trabajo y la velocidad correspondiente, se introdujo las bandejas con las láminas de pituca. Se registró el peso total del soporte, bandejas y láminas de pituca y luego se registraron los pesos cada 5 minutos hasta que se obtuvo un peso constante en cada tratamiento tal como se observan en el (Anexos 6).

- **Molienda**

Las láminas totalmente secas del tubérculo de pituca fueron llevados a un molino de granos manual (HG-6475, VKP, China) para ser transformada en harina.

- **Tamizado**

La harina obtenida se pasó por un tamiz Malla N° 70 de 200 μm para separar las partículas de mayor tamaño, las que fueron molidas nuevamente, hasta alcanzar partículas más pequeñas ver Figura 40 (Anexo 6).

- **Envasado**

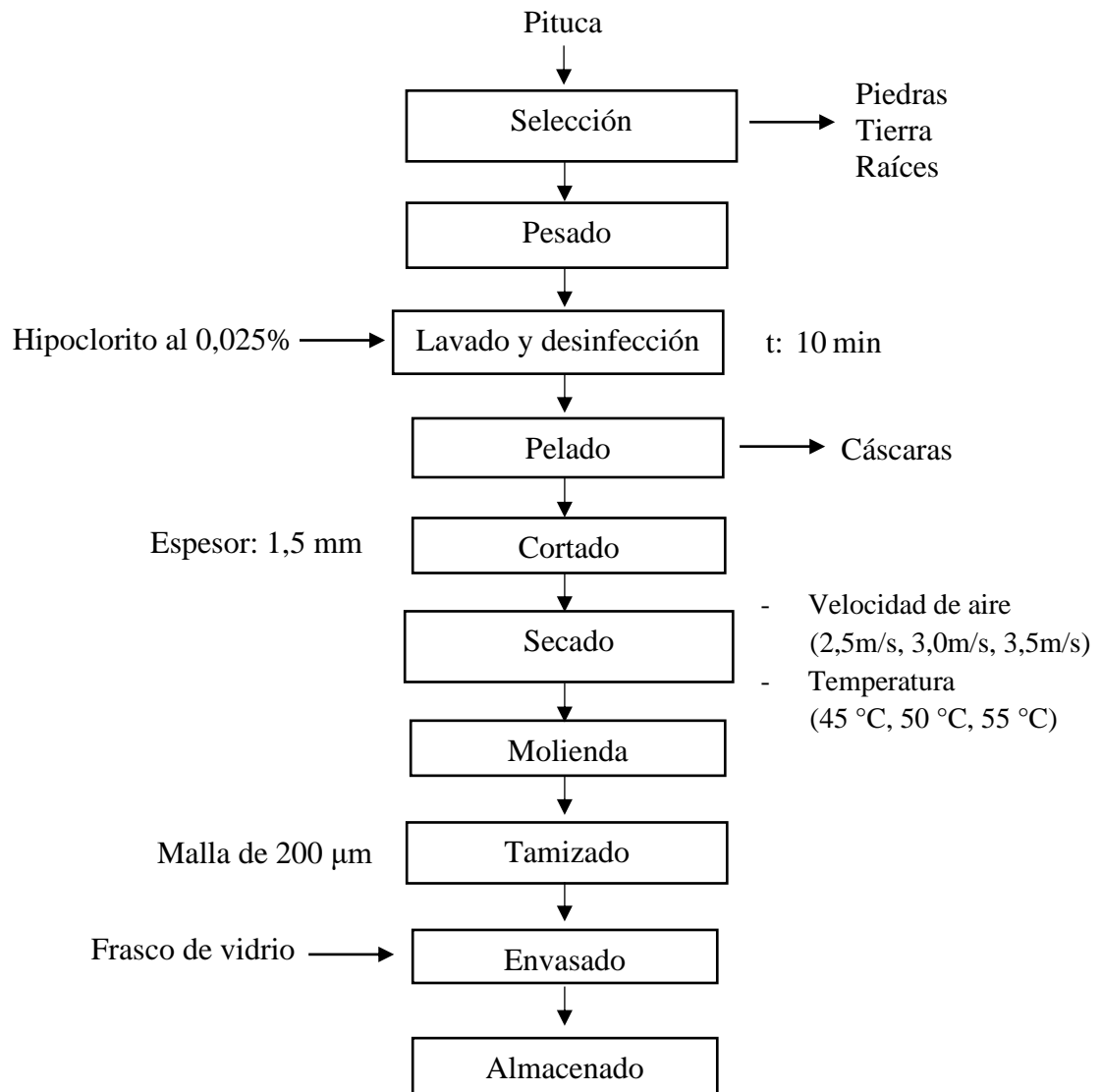
La harina obtenida se envasó en frascos de vidrio de 300 gramos, con el propósito que no absorba humedad o se contamine.

- **Almacenamiento**

Se almacenó a una temperatura ambiente en un área fresca y sin humedad.

Figura 1

Diagrama de flujo de proceso para la elaboración de harina de pituca



2.3.2. Evaluación del proceso de secado de pituca

En el estudio, se emplearon tres temperaturas (45, 50 y 55 °C) con velocidades del aire a 2,5; 3,0 y 3,5 m/s. A lo largo de todo el proceso, se verificó la temperatura utilizando un termómetro (CTA-30, Citizen, China) y la velocidad del aire con un anemómetro portátil (EUJGOOV, PM6252A, Perú). Luego, se procedió a pesar tanto de la estructura de soporte como de las tres bandejas de malla metálica (SB). Cada tratamiento de temperatura y velocidad del aire se realizó por triplicado.

Se registró el peso inicial de las láminas de pituca y bandejas, y luego cada 5 minutos, hasta que el peso de láminas de pituca y bandejas se mantenga constante. Con los datos obtenidos se calcularon la humedad residual (Y), la velocidad de secado (-DY/dt) y la humedad residual promedio (Ym) empleando las ecuaciones (2), (3) y (4). Utilizando esta información, se elaboraron las gráficas de la curva de humedad y curvas de velocidad de secado para cada tratamiento.

Se empleó la fórmula mencionada para determinar el peso de las láminas de pituca en intervalos de 5 minutos (t):

$$P_2 = P_1 - SB \dots\dots\dots (1)$$

Se calculó la humedad residual en las láminas de pituca cada 5 minutos utilizando la fórmula que se presenta a continuación:

$$Y = (P_2 - S) / S \dots\dots\dots (2)$$

Se determinó la variación de la humedad en función del tiempo (-Dy/dt) utilizando la siguiente ecuación:

$$-DY/dt = (Y_i - Y_{i+1}) / 5 \dots\dots\dots (3)$$

Se calculó el valor promedio de la humedad residual (Ym) utilizando la fórmula siguiente:

$$Y_m = (Y_i + Y_{i+1}) / 2 \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

P2 = peso neto muestra (g).

P1 = peso bandeja + muestra al tiempo t (g).

SB = peso de la bandeja vacía (g).

S = peso seco (g).

Yi = humedad residual.

Yi+1 = siguiente humedad residual.

ti = tiempo en min.

ti+1 = siguiente tiempo en min.

-DY/dt = variación de la humedad en función del tiempo (g agua/ g pituca seco.min).

Ym = promedio de la humedad residual (g agua/g pituca seco).

2.3.3. Evaluación de las características fisicoquímicas

- **Determinación de humedad**

Se determinó la humedad del producto inicial (pituca fresca) y humedad del producto final (pituca seca). Se empleó el método gravimétrico de la NTP 205.037:1975, se utilizó una estufa (TC25-26339-7, KERTLAB, EE. UU.). Inicialmente, se registró el peso de una placa petri limpia, seca y vacía, después se pesó 5 g de láminas de pituca donde se colocó en una estufa a temperatura de 105 °C hasta peso constante. Luego transcurrido este tiempo hasta alcanzar el peso constante, la placa petri se retiró y se dejó enfriar en un desecador, para luego registrar su peso. Se calculó el porcentaje de humedad utilizando la Ecuación 5.

$$\%H = \frac{(M1 - M2)}{m} \times 100 \dots \dots (5)$$

%H = Porcentaje de humedad

m = Masa de la muestra inicial

M1 = Masa inicial de la muestra(g) + placa Petri

M2 = Masa de la muestra seca(g) + placa Petri

- **Determinación de cenizas**

Se empleó el método gravimétrico, siguiendo el método de la PRT-701.02-2011. Se utilizó una mufla (JSB, JSB-DIGITAL, PERÚ), con análisis triplicado y reportando el promedio de las tres mediciones. Se tomó 1 g de la muestra original de harina de pituca y se colocó en un crisol previamente pesado. A continuación, el crisol con la muestra se introduce en la mufla, primero a 150 °C durante 10 minutos, luego a 250 °C durante 20 minutos, después a 450 °C durante 10 minutos, posteriormente a 650 °C durante 30 minutos y Finalmente a 800 °C durante 3 horas. Una vez completado el proceso, se verificó que el crisol contenía solo cenizas de color blanco. Luego, se enfrió en un secador durante unos minutos y se procedió a medir su peso final. Se calculó el porcentaje de la ceniza con la Ecuación 6.

$$\%C = \frac{P_2 - P_1}{m} \times 100 \dots \dots \dots (6)$$

%C= Porcentaje de ceniza

P1= Masa (g) del crisol limpio y seco.

P2 = Masa (g) del crisol con cenizas

m = masa de la muestra (g)

2.3.4. Evaluación de las características microbiológicas

Las características microbiológicas aerobios mesófilos, mohos y levaduras y *Escherichia coli*, fueron estudiadas considerando la norma nacional NTS N° 071-MINSA/DIGESA V.01. “Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano (Ministerio de Salud, 2008).

- **Conteo de aerobios mesófilos**

Procedimiento.

- Se preparó agua peptonada y agar TSA, se mezcló con agua destilada en diferente matraz de 400 mL para las 9 muestras trabajadas, luego se tapó y se colocó en autoclave con un paño de algodón durante una hora a una temperatura de 60 °C, luego se enfrió con agua una vez finalizado.
- Luego se pesó 5 g de muestra de harina de pituca y se añadió 45 mL de agua peptonada se agitó y se dejó reposar por algunos minutos, se pipeteó por triplicado en placas petri 1 mL de la muestra diluida para cada dilución de 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} .
- Se vertió 10 mL de agar TSA fundido en la placa petri 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} de la muestra y acompañado de un mechero para elevar la temperatura, inmediatamente se mezcló el inóculo con el medio fundido, inclinándolo y girando las placas. realizando movimientos de vaivén y girando las placas.
- Una vez solidificado el agar TSA en las placas, se dejó incubar a una temperatura de 30 °C por 5 días. Las colonias se desarrollaron tanto dentro del Agar como en la superficie del medio.
- Finalmente, las colonias de aerobios mesófilos se cuantificaron mediante recuento en placa, se expresaron como UFC / g.

- **Determinación de mohos y levaduras**

Procedimiento.

- Se preparó agua peptonada y agar Sabouraud, se mezcló con agua destilada en diferente matraz de 400 mL para las 9 muestras trabajadas, de luego se tapó y se colocó en autoclave con un paño de algodón durante una hora a una temperatura de 60 °C, luego se enfrió con agua una vez finalizado.
- Luego se pesó 5 g de muestra de harina de pituca y se añadió 45 mL de agua peptonada se agito y se dejó reposar por algunos minutos, se pipeteó por triplicado en placas petri 1 mL de la muestra diluida para cada dilución de 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} .

- Se vertió 10 mL de agar Sabouraud fundido en la placa petri 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} de la muestra y acompañado de un mechero para elevar la temperatura, inmediatamente se mezcló el inóculo con el medio fundido, inclinándolo y girando las placas. realizando movimientos de vaivén y girando las placas.
- Una vez solidificado el agar Sabouraud en las placas se dejó en lugar oscuro a temperatura ambiente por 48 horas. Las colonias se desarrollaron tanto dentro del Agar como en la superficie del medio.
- Finalmente, las colonias de moho y levadura se cuantificaron mediante recuento en placa, se expresaron como UFC / g.

- **Determinación de *Escherichia coli***

Procedimiento.

- Se preparó agua peptonada y agar E.M.B, se mezcló con agua destilada en diferente matraz de 400 mL para las 9 muestras trabajadas, de luego se tapó y se colocó en autoclave con un paño de algodón durante una hora a una temperatura de 60 °C, luego se enfrió con agua una vez finalizado.
- Luego se pesó 5 g de muestra de harina de pituca y se añadió 45 mL de agua peptonada se agito y se dejó reposar por algunos minutos, se pipeteó por triplicado en placas petri 1 ml de la muestra diluida para cada dilución de 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} .
- Se vertió 10 mL de agar E.M.B fundido en la placa petri 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} de la muestra y acompañado de un mechero para elevar la temperatura, inmediatamente se mezcló el inóculo con el medio fundido, inclinándolo y girando las placas. realizando movimientos de vaivén y girando las placas.
- Una vez solidificado el agar E.M.B en las placas, se dejó incubar a una temperatura de 30 °C por 5 días. Las colonias se desarrollaron tanto dentro del Agar como en la superficie del medio.
- Finalmente, las colonias de *Escherichia coli* se cuantificaron mediante recuento en placa, se expresaron como UFC / g.

2.3.5. Evaluación de las características sensoriales

Se evaluó las características sensoriales, con 81 panelistas no entrenados constituidos por egresados, docentes y alumnos de la escuela profesional de ingeniería de industrias alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén.

Procedimiento:

- Se realizó en los ambientes del laboratorio de ingeniería de alimentos, se evaluó los atributos sensoriales como la apariencia, color, olor, sabor y textura de la harina de pituca utilizando la escala hedónica de cinco puntos como se muestra en la tabla 1 (Gaytán et al, 2019).
- Luego se implementó tres mesas de acero inoxidable para cuatro panelistas por mesa a una distancia de medio metro por panelista, para su evaluación sensorial, se agregó 5 g de la muestra de harina de pituca en platos de aluminio por triplicado para cada tratamiento.
- Se llevó a cabo las orientaciones sobre el llenado de la ficha de evaluación sensorial a todos los panelistas.
- Una vez llenada la ficha de evaluación, los panelistas entregaron su ficha y se retiraron.

Tabla 1

Escala hedónica de 5 puntos que se utilizó para la evaluación sensorial.

Puntaje	Calificación
1	Me disgusta mucho
2	Me gusta moderadamente
3	No me gusta ni me disgusta
4	Me gusta moderadamente
5	Me gusta mucho

Nota: Gaytán *et al.* (2019).

2.4. Análisis de datos

El proceso de secado se evaluó empleando regresión no lineal utilizando como estadístico el coeficiente de determinación (R^2). Para las características fisicoquímicas se realizó el análisis de varianza ANVA y para determinar las diferencias entre los tratamientos se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey a un nivel de significancia del 5%. Para las características sensoriales se utilizó el test de Friedman y la prueba de comparación de medias de Friedman para evaluar las diferencias entre los tratamientos.

2.5. Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar (DCA) con arreglo factorial de 3A x 3B, donde el factor A corresponde a las Temperaturas de aire, 45 °C; 50 °C; 55 °C y el factor B corresponde a las velocidades del aire forzado, 2,5 m/s; 3,0 m/s; 3,5 m/s; constituyendo 9 tratamientos con tres repeticiones, siendo en total 27 unidades experimentales.

Tabla 2

Descripción de los nueve tratamientos y sus factores

N° Tratamientos	Factor A: Temperatura	Factor B: Velocidad de aire
T1	45 °C	2,5 m/s
T2		3,0 m/s
T3		3,5 m/s
T4	50 °C	2,5 m/s
T5		3,0 m/s
T6		3,5 m/s
T7	55 °C	2,5 m/s
T8		3,0 m/s
T9		3,5 m/s

2.6. Variables de estudio

Variables independientes:

- Temperatura de aire
- Velocidad de aire

Variable dependiente:

- Proceso de secado
 - ✓ Parámetros cinéticos: Constante cinética de velocidad, Humedad crítica y humedad de equilibrio
- Calidad sensorial de la harina
 - ✓ Características sensoriales
 - ✓ Características fisicoquímicas

III. RESULTADOS

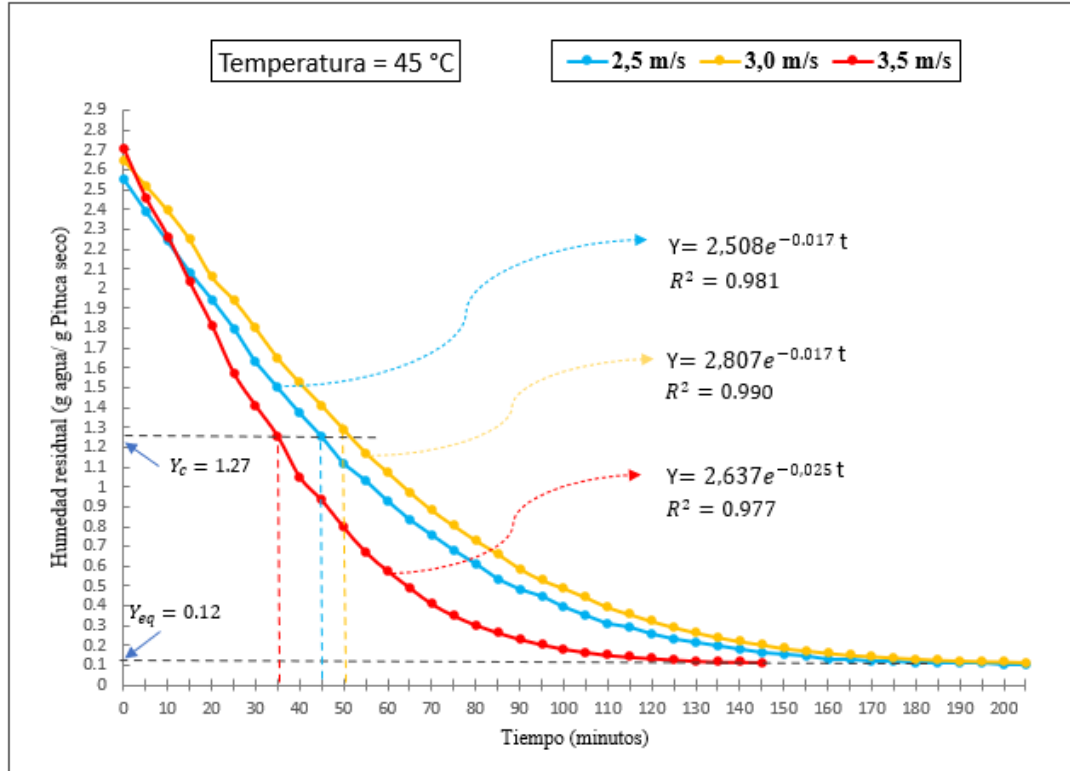
3.1. Proceso de secado de harina de pituca (*Colacasia esculenta*)

Los datos experimentales del proceso de secado de harina de pituca (*Colacasia esculenta*) para todos los tratamientos se encuentran en las Tablas que se muestran en el Anexo 1.

Las curvas que representan la humedad residual en el proceso de secado de pituca (*Colacasia esculenta*) a 45 °C se muestran en la Figura 2, donde se pueden observar las curvas correspondientes a las tres velocidades de secado con su respectivo modelo de regresión exponencial ajustado, siendo la velocidad de 3,5 m/s la que tiene una pendiente más pronunciada ($m = -0,025$) en la reducción de la humedad residual, es decir, bajo esta velocidad de aire, la humedad decrece en menor tiempo que las otras dos velocidades. Se puede observar que la humedad de equilibrio de los tres procesos de secado es de 0,12 g agua/g pituca seco; mientras que la humedad crítica de las tres curvas es de 1,25; 1,29 y 1,26 g agua/g pituca seco, ocurriendo a los 45, 50 y 35 min para las velocidades de 2,5; 3,0 y 3,5 m/s, respectivamente. (Los datos experimentales se muestran en las Tablas 14, 15 y 16 en Anexo 1).

Figura 2

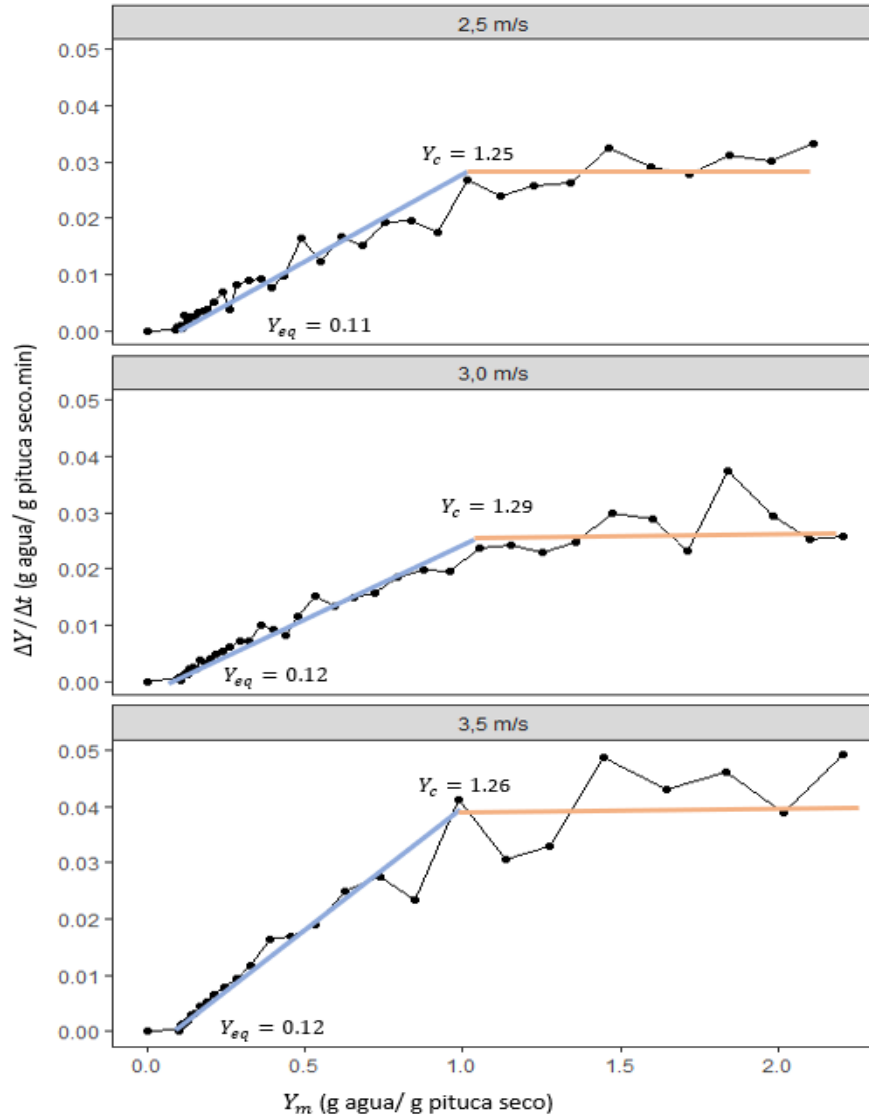
Curva de humedad residual de secado a 45 °C a velocidades de aire forzado de 2,5; 3,0 y 3,5 m/s



En la Figura 3 se representa gráficamente la velocidad de secado ($-DY/t$) vs humedad residual promedio (Y_m) para las tres velocidades de aire forzado a una temperatura de 45°C, donde se puede apreciar la etapa de velocidad de secado constante (línea naranja) que se da desde que se inicia el proceso de secado hasta que se presenta la humedad crítica (Y_c), después de la cual comienza una etapa de velocidad de secado decreciente (línea azul) llegando hasta la humedad de equilibrio (Y_{eq}), punto en el que finaliza el proceso de reducción de humedad residual.

Figura 3

Curva de velocidad de secado a 45 °C a velocidades de aire forzado de 2,5; 3,0 y 3,5 m/s

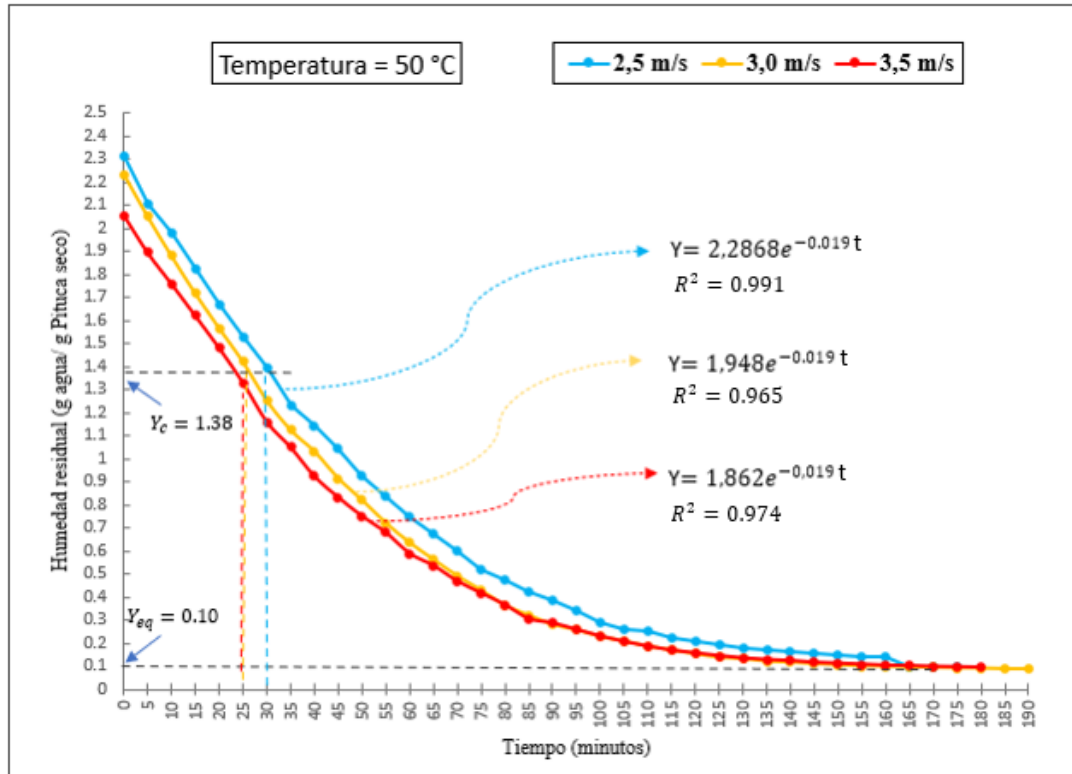


En la Figura 4 se tienen las curvas que representan la humedad residual en el proceso de secado de *Pituca* (*Colacasia esculenta*) a 50 °C con su respectivo modelo de regresión exponencial ajustado. Se puede ver que, para las tres velocidades de secado, sus respectivas curvas presentan un comportamiento similar en la reducción de la humedad residual, con una pendiente similar ($m = -0,019$). Se puede ver que la humedad de equilibrio de los tres procesos de secado es de 0,10 g agua/g pituca seco; mientras que la humedad crítica de las tres curvas es de

1,40; 1,42 y 1,33 g agua/g pituca seca, ocurriendo dicho punto crítico a los 30 min para la velocidad de 2,5 m/s y a los 25 min para las velocidades de 3,0 y 3,5 m/s (Los datos experimentales se muestran en las Tablas 17,18 y 19 en Anexo 1).

Figura 4

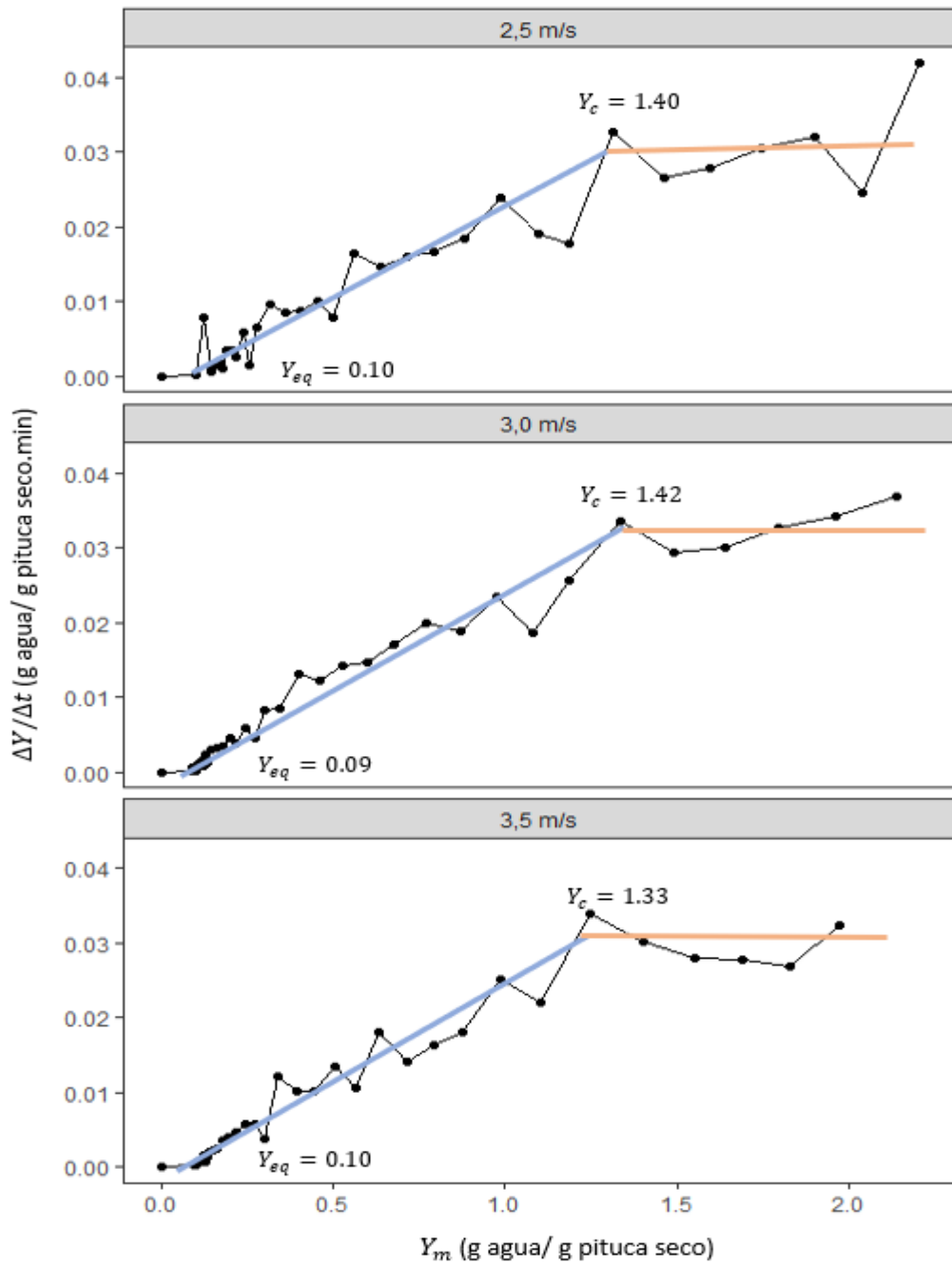
Curva de humedad residual de secado a 50 °C a velocidades de aire forzado de 2,5; 3,0 y 3,5 m/s



En la Figura 5 se representa gráficamente la velocidad de secado ($-DY/dt$) vs humedad residual promedio (Y_m) para las tres velocidades de aire forzado bajo una temperatura de 50 °C, donde se puede apreciar la etapa de velocidad de secado constante (línea naranja) que se da desde que se inicia el proceso de secado hasta que se presenta la humedad crítica (Y_c), después de la cual comienza una etapa de velocidad de secado decreciente (línea azul) llegando hasta la humedad de equilibrio (Y_{eq}), punto en el que finaliza el proceso de reducción de humedad residual.

Figura 5

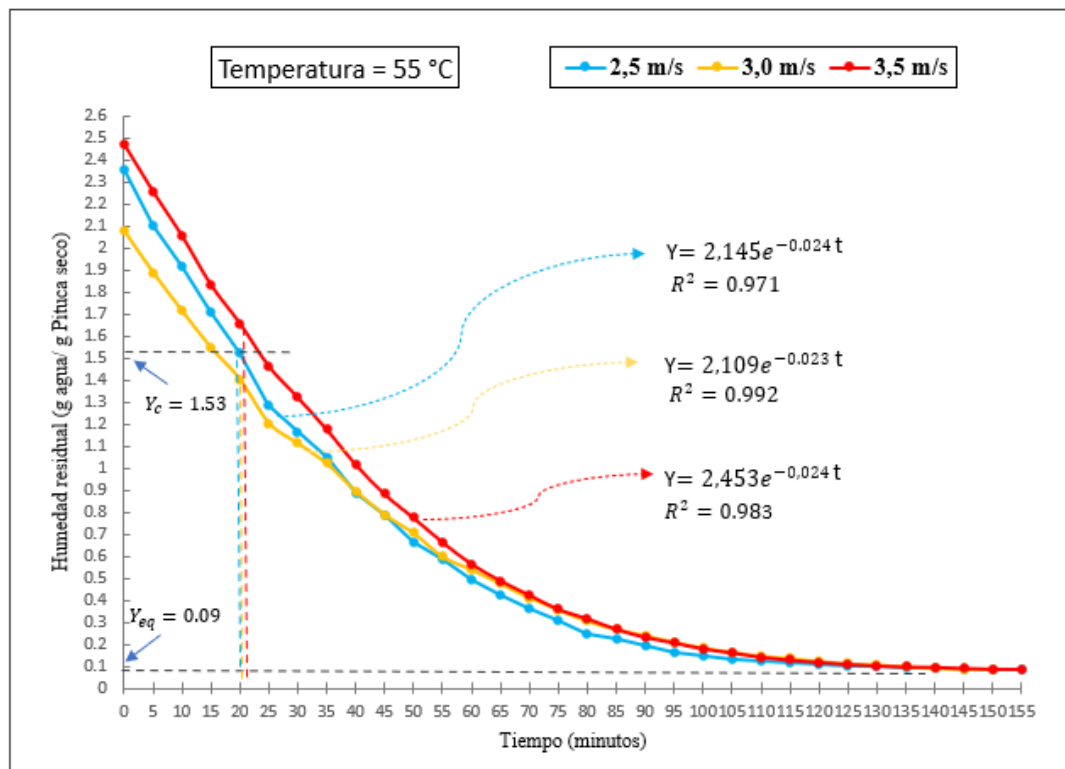
Curva de velocidad de secado a 50 °C a velocidades de aire forzado de 2,5; 3,0 y 3,5 m/s



El comportamiento de la humedad residual de pituca (*Colacasia esculenta*) bajo un proceso de secado a una temperatura de 55 °C se presenta en la Figura 6 considerando las tres velocidades de aire forzado, así como sus respectivos modelos de regresión exponencial ajustados. Se puede ver que la mayor reducción de humedad se presenta en los procesos de secado a 2,5 y 3,5 m/s que, de acuerdo con los modelos de regresión ajustados, presentan la mayor pendiente de decrecimiento ($m = -0,024$). Se tiene que, la humedad de equilibrio de los tres procesos es de 0,09 g agua/g pituca seco; mientras que la humedad crítica de las tres curvas se presenta a los 20 minutos con un valor de 1,53; 1,40 y 1,66 g agua/g pituca seco para las velocidades 2,5; 3,0 y 3,5 m/s respectivamente (Los datos experimentales se muestran en las tablas 20, 21 y 22 en Anexo 1).

Figura 6

Curva de humedad residual de secado a 55 °C a velocidades de aire forzado de 2,5; 3,0 y 3,5 m/s

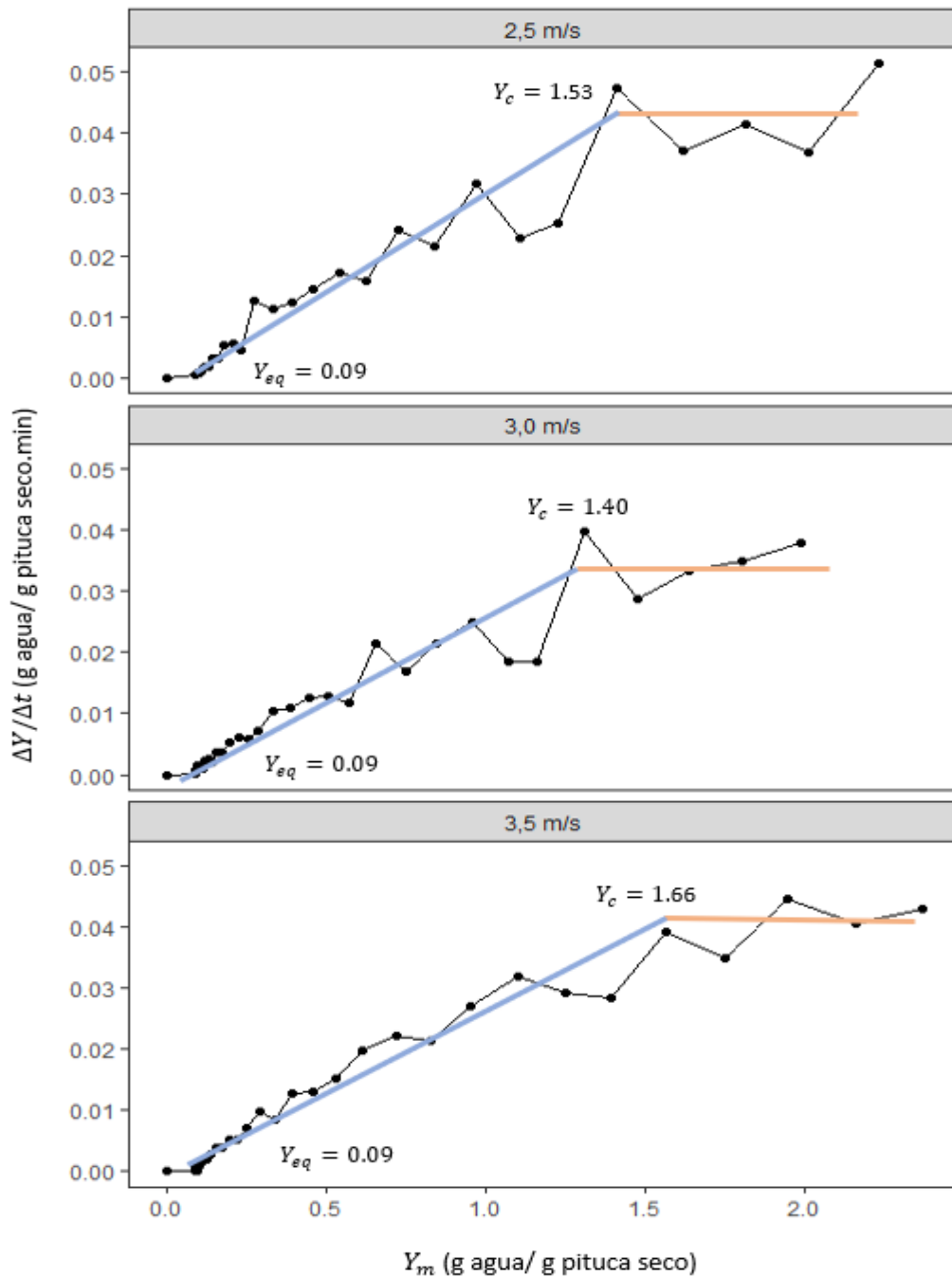


En la Figura 7 se representa gráficamente la velocidad de secado ($-DY/dt$) vs humedad residual promedio (Y_m) para las tres velocidades de aire forzado considerando una temperatura de 55°C, donde se puede apreciar la etapa de velocidad

de secado constante (línea naranja) que se da desde que se inicia el proceso de secado hasta que se presenta la humedad crítica (Y_c), después de la cual comienza una etapa de velocidad de secado decreciente (línea azul) llegando hasta la humedad de equilibrio (Y_{eq}), punto en el que finaliza el proceso de reducción de humedad residual.

Figura 7

Curva de velocidad de secado a 55 °C a velocidades de aire forzado de 2,5; 3,0 y 3,5 m/s



En la Tabla 3 se tiene el resumen de los modelos de regresión exponencial para cada tratamiento, correspondientes a las temperaturas y velocidades consideradas en el proceso de secado, se observa que todos los modelos obtenidos son similares al modelo de Henderson y Pabis cuya expresión matemática es $y = a \cdot e^{-kt}$, siendo k la constante cinética de velocidad, que representa la rapidez con que disminuye la humedad residual y t el tiempo. Así mismo, se observa que el coeficiente de determinación (R^2) están comprendidos entre 0,965 y 0,992; es decir, los modelos de regresión están explicando más del 96 % del comportamiento de la humedad residual en los procesos de secado de pituca.

Tabla 3

Resumen del modelo matemático de cada uno de los procesos de secado de pituca (Colacasia esculenta)

Tratamientos	Temperatura del aire (°C)	Velocidad del aire (m/s)	Tiempo crítico	Humedad crítica (g agua/ g Pituca seco)	Ecuación de la curva	R²	Humedad de equilibrio (g agua/ g Pituca seco)
T1	45	2,5	45	1,25	$2,508e^{-0.017t}$	0,981	0,11
T2	45	3,0	50	1,29	$2,807e^{-0.017t}$	0,990	0,12
T3	45	3,5	35	1,26	$2,637e^{-0.025t}$	0,977	0,12
T4	50	2,5	30	1,40	$2,286e^{-0.019t}$	0,991	0,10
T5	50	3,0	25	1,42	$1,948e^{-0.019t}$	0,965	0,09
T6	50	3,5	25	1,33	$1,862e^{-0.019t}$	0,974	0,10
T7	55	2,5	20	1,53	$2,145e^{-0.024t}$	0,971	0,09
T8	55	3,0	20	1,40	$2,109e^{-0.023t}$	0,992	0,09
T9	55	3,5	20	1,66	$2,453e^{-0.024t}$	0,983	0,09

3.2. Características fisicoquímicas de la harina de pituca (*Colocasia esculenta*)

3.2.1. Porcentaje de agua de la pituca fresca

En la Tabla 4 se muestra los porcentajes de agua del fruto fresco de pituca para los nueve tratamientos, el menor valor es 68,05 % y el mayor valor de 73,35 %, obteniéndose un promedio de 70,99 % con una desviación estándar de $\pm 1,62$. Como se evidencia, para todos los tratamientos se inicio con una humedad distinta, es necesario tener presente estos valores pues están relacionados con el comportamiento de la humedad final, pero sobre todo de las cenizas.

Tabla 4

Porcentaje de agua del tubérculo fresco

Tratamiento	Porcentaje de agua
(T1)	71,77 \pm 0,37
(T2)	71,76 \pm 1,26
(T3)	73,35 \pm 1,76
(T4)	69,75 \pm 2,33
(T5)	68,05 \pm 1,44
(T6)	70,55 \pm 1,05
(T7)	72,29 \pm 1,11
(T8)	69,50 \pm 1,46
(T9)	71,92 \pm 1,61
Promedio	70,99 \pm 1,62

3.2.2. Humedad de la harina de pituca

En la Tabla 5 se muestra los porcentajes de humedad de la harina de pituca para los nueve tratamientos, el menor valor es 5,25 % y el mayor valor de 9,99 %, obteniéndose un promedio de 8,96 % con una desviación estándar de $\pm 0,79$.

Tabla 5*Porcentaje de humedad de la harina de pituca*

Tratamiento	Porcentaje de humedad
(T1)	9,54± 0,31
(T2)	9,89± 0,53
(T3)	9,99± 0,33
(T4)	9,14± 0,24
(T5)	8,19± 0,40
(T6)	9,61± 1,28
(T7)	7,95± 0,50
(T8)	5,25± 0,42
(T9)	8,04± 0,25
Promedio	8.96± 0,79

Los resultados del análisis de varianza realizado a los porcentajes de humedad en la harina de pituca se tienen en la Tabla 6, se puede ver que, considerando un nivel de significancia del 5 %, si existen diferencias entre los tratamientos (p valor del modelo = 0,004 < 0,05), pero solo el efecto de la temperatura resulta significativo (p valor = 0,000 < 0,05).

Tabla 6

Análisis de varianza para los porcentajes de humedad de la harina de pituca (Colocasia esculenta)

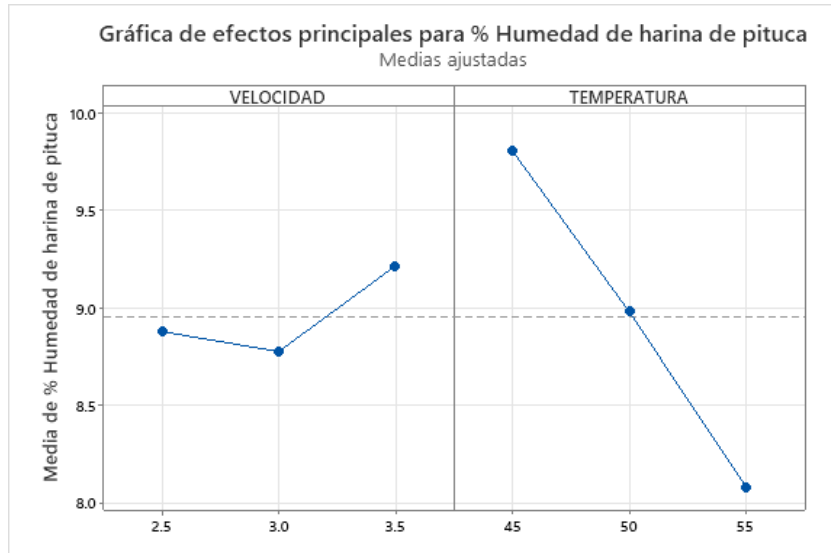
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	17,02	2,13	4,50	0,004
Velocidad	2	0,94	0,47	1,00	0,388
Temperatura	2	13,39	6,69	14,15	0,000
Velocidad*Temperatura	4	2,69	0,67	1,42	0,268
Error	18	8,52	0,47		
Total	26	25,54			

Para respaldar los resultados del análisis de varianza de la Tabla 6, se realizaron la validación gráfica de los supuestos de distribución normal, homogeneidad de varianzas e independencia de los residuos. Los gráficos se tienen en la Figura 17 (ver Anexo 3), donde se puede ver, según el gráfico de probabilidad normal, que los residuos se encuentran alrededor de la diagonal lo que indica que los residuos siguen una distribución normal. Del gráfico de residuos vs ajustes, se observa un comportamiento aleatorio alrededor del cero, lo que indica que el supuesto de homogeneidad de varianza si se está cumpliendo, por último, observando el gráfico de residuos vs el orden de observación, se puede ver que no existe algún patrón de tendencia creciente o decreciente, por lo tanto, las observaciones son independientes entre sí. Esto significa que los datos obtenidos para los indicadores respuesta siguen una distribución normal por lo que se aplicara el análisis de varianza ANOVA para variables paramétricas.

En la Figura 8 se observa el efecto del factor velocidad en el porcentaje de humedad de la harina, un comportamiento atípico dado que al aumentar la velocidad de 2,5 a 3,0 m/s disminuye el porcentaje de humedad, sin embargo, al incrementarse a 3,5 m/s aumenta el porcentaje de humedad. Por otra parte, observando los efectos del factor temperatura en el porcentaje de humedad de la harina de pituca, se tiene que a medida que se incrementa la temperatura en los procesos de secado, el promedio de los porcentajes de humedad disminuye.

Figura 8

Efectos principales de los factores velocidad y temperatura sobre los porcentajes de humedad de la harina de pituca (Colocasia esculenta)



Considerando las diferencias significativas entre los tratamientos, se procede con el agrupamiento mediante el método de comparaciones de Tukey, así como el cálculo de los intervalos de confianza para el promedio de los porcentajes de humedad de harina de pituca. En la Tabla 7 se tienen los resultados, considerando un nivel de confianza de 95 %. Se puede ver, según los grupos formados por el método de Tukey, que los tratamientos T3, T2, T6, T1, T4, T8, T5 y T9 tienen porcentajes de humedad similares, pues comparte ambas letras (grupos a y b); mientras que los tratamientos T3 (a) y T7 (b) no comparten información significativamente similar de porcentajes de humedad (ambos tratamientos pertenecen a distintos grupos); siendo el tratamiento T3 el que presenta mayor promedio de porcentajes de humedad en la harina de pituca.

Tabla 7

Intervalos de confianza para la media de los porcentajes de humedad de la harina de pituca y agrupamiento de los tratamientos mediante el método de Tukey

Tratamiento	N	Media	IC de 95%	Agrupación	
(T3)	3	9,99	(9,15; 10,82)	a	
(T2)	3	9,89	(9,06; 10,73)	a	b
(T6)	3	9,61	(8,78; 10,44)	a	b
(T1)	3	9,54	(8,70; 10,37)	a	b
(T4)	3	9,14	(8,31; 9,98)	a	b
(T8)	3	8,25	(7,41; 9,08)	a	b
(T5)	3	8,19	(7,35; 9,02)	a	b
(T9)	3	8,04	(7,21; 8,88)	a	b
(T7)	3	7,95	(7,12; 8,79)	b	

3.2.3. Cenizas de la harina de Pituca

En la Tabla 8 se presentan los resultados del análisis de varianza realizado a los porcentajes de cenizas en la harina de pituca. Se puede ver que, considerando un nivel de significancia del 5%, si existen diferencias entre los tratamientos (p valor del modelo = $0,000 < 0,05$). También se puede ver aparentemente los efectos de la velocidad y de la temperatura son significativos (p valor $< 0,05$), así como la interacción entre los niveles de velocidad y temperatura (p valor = $0,014 < 0,05$).

Tabla 8

Análisis de varianza para los porcentajes de cenizas de la harina de pituca (Colocasia esculenta)

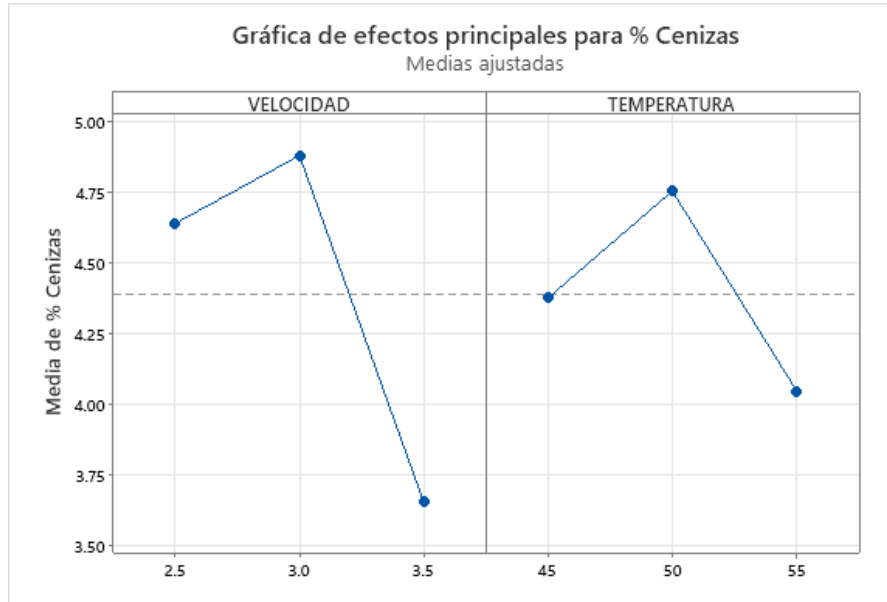
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	11,68	1,46	12,71	0,000
Velocidad	2	7,52	3,76	32,72	0,000
Temperatura	2	2,24	1,12	9,75	0,001
Velocidad*Temperatura	4	1,92	0,48	4,19	0,014
Error	18	2,07	0,11		
Total	26	13,75			

Para respaldar los resultados del análisis de varianza de la Tabla 8, observando en la Figura 18 (ver Anexo 3), se tiene la validación gráfica de los supuestos de distribución normal, homogeneidad de varianzas e independencia de los residuos. Se puede ver, según el gráfico de probabilidad normal, que los residuos se encuentran alrededor de la diagonal lo que indica que los residuos siguen una distribución normal, el mismo comportamiento se puede comprobar con el histograma de los residuos que tiene una forma acampanada, la que representa una distribución normal. Del gráfico de residuos vs ajustes, se observa un comportamiento aleatorio alrededor del cero, lo que indica que el supuesto de homogeneidad de varianzas si se está cumpliendo, por último, observando el gráfico de residuos vs el orden de observación, se puede ver que no existe algún patrón de tendencia creciente o decreciente, por lo tanto, las observaciones son independientes entre sí. Esto significa que los datos obtenidos para los indicadores respuesta siguen una distribución normal por lo que se aplicara el análisis de varianza ANOVA para variables paramétricas.

Los efectos individuales de la temperatura y de la velocidad sobre los porcentajes de cenizas de la harina de pituca, se representan gráficamente en la Figura 9 donde se puede ver que el porcentaje promedio de cenizas en la harina de pituca decrece considerablemente cuando se considera una velocidad de 3,5 m/s. Respecto a los niveles de temperatura, se tiene que cuando el proceso de secado se da a 55 °C, el porcentaje promedio de cenizas decrece. Sabiendo que el contenido de cenizas representa los minerales, entonces el aparente efecto tanto de la temperatura como de la velocidad, estuvo relacionado con la humedad de la materia prima, es decir a mayor humedad menor concentración de cenizas y viceversa.

Figura 9

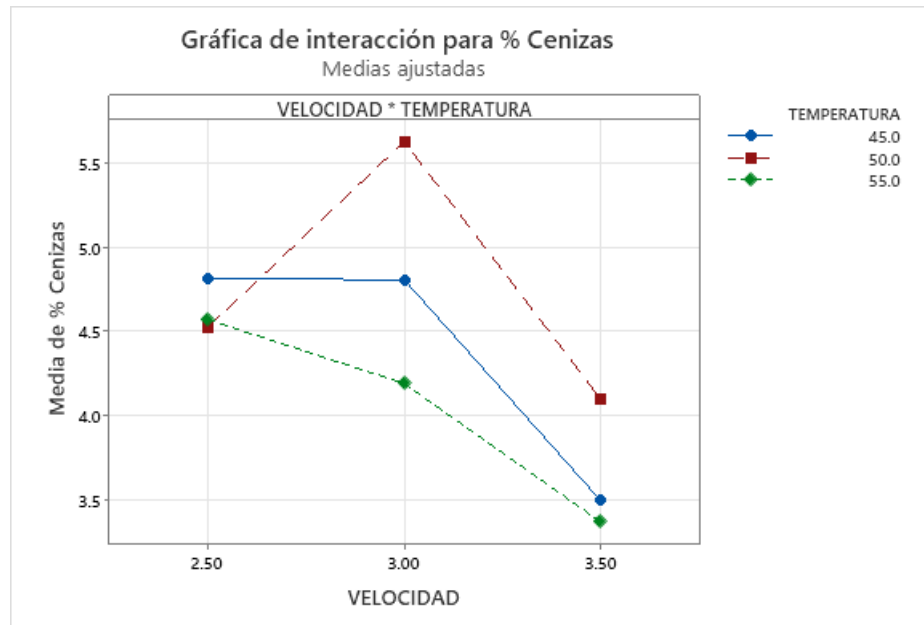
*Efectos principales de los factores velocidad y temperatura sobre los porcentajes de cenizas de la harina de pituca (*Colocasia esculenta*)*



En la Figura 10 se muestran los efectos de la interacción entre los niveles de la temperatura y de la velocidad sobre los porcentajes de cenizas de la harina de pituca. Se puede ver que, cuando el proceso de secado se da bajo una temperatura de 50 °C y a una velocidad de 3 m/s, se obtiene en promedio el mayor porcentaje de cenizas; mientras que cuando se considera una temperatura de 55 °C a una velocidad de 3,5 m/s se dan los menores niveles porcentuales de cenizas en la harina de pituca.

Figura 10

*Efectos de la interacción de los factores velocidad y temperatura sobre los porcentajes de cenizas de la harina de pituca (*Colocasia esculenta*)*



Considerando un nivel de confianza del 95 %, en la Tabla 9 se tienen los intervalos para el promedio de los porcentajes de cenizas en la harina de pituca, así como el agrupamiento de los tratamientos mediante el método de Tukey. Se puede ver que, según el método de Tukey, se forma un grupo de tres tratamientos T5, T1 y T2 estadísticamente similares (letra a) con los mayores porcentajes de cenizas. Además, los tratamientos T1 y T2 también comparten información similar con el grupo de tratamientos conformado por T7, T4, T8 y T6 (letra b) que son los que tienen un nivel intermedio de porcentaje de cenizas mientras que los tratamientos T9 y T3, similares entre sí, (letra c) son los que presentan los menores niveles de porcentaje de ceniza en la harina de pituca.

Tabla 9

Intervalos de confianza para la media de los porcentajes de cenizas de la harina de pituca de los tratamientos mediante el método de Tukey

Tratamiento	N	Media	IC de 95%	Agrupación
(T5)	3	5,63	(5,22; 6,04)	a
(T1)	3	4,81	(4,40; 5,22)	a b
(T2)	3	4,81	(4,40; 5,22)	a b
(T7)	3	4,57	(4,16; 4,98)	b
(T4)	3	4,52	(4,11; 4,93)	b
(T8)	3	4,19	(3,78; 4,60)	b c
(T6)	3	4,10	(3,69; 4,51)	b c
(T3)	3	3,50	(3,09; 3,91)	c
(T9)	3	3,37	(2,96; 3,78)	c

3.3. Características microbiológicas de la harina de pituca (*Colocasia esculenta*)

En la Tabla 10 se presentan los resultados de las características microbiológicas para cada tratamiento que fueron estudiadas. Se observa ausencia de *Escherichia coli*, los indicadores aerobios mesófilos y mohos y levaduras se encuentran dentro de los rangos que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos según la norma nacional NTS N° 071-MINSA/DIGESA V.01, tal como se observa en la Figura 11 y Figura 12, los indicadores microbiológicos están dentro de los límites inferior y superior, esto indica que la harina obtenida es apta para consumo humano.

Tabla 10

Datos de las características microbiológicas de la harina de pituca (Colocasia esculenta)

Tratamiento	Agente microbiano		
	Aerobios mesófilos (UFC/g)	Mohos y levaduras (UFC/g)	<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)
T1	1,23x10 ⁴	1,05x10 ⁴	Ausencia
T2	1,02x10 ⁴	1,02x10 ⁴	Ausencia
T3	5,01x10 ³	9,60x10 ³	Ausencia
T4	8,10x10 ³	7,50x10 ³	Ausencia
T5	9,90x10 ³	7,50x10 ³	Ausencia
T6	1,02x10 ⁴	6,60x10 ³	Ausencia
T7	1,29x10 ⁴	5,70x10 ³	Ausencia
T8	9,00x10 ³	5,10x10 ³	Ausencia
T9	9,90x10 ³	2,40x10 ³	Ausencia
Límite por gramo			
Mínimo	10 ⁴	10 ²	Ausencia
Máximo	10 ⁵	10 ⁴	Ausencia

Figura 11

Gráfico de aerobios mesófilos de la harina de pituca (Colocasia esculenta)

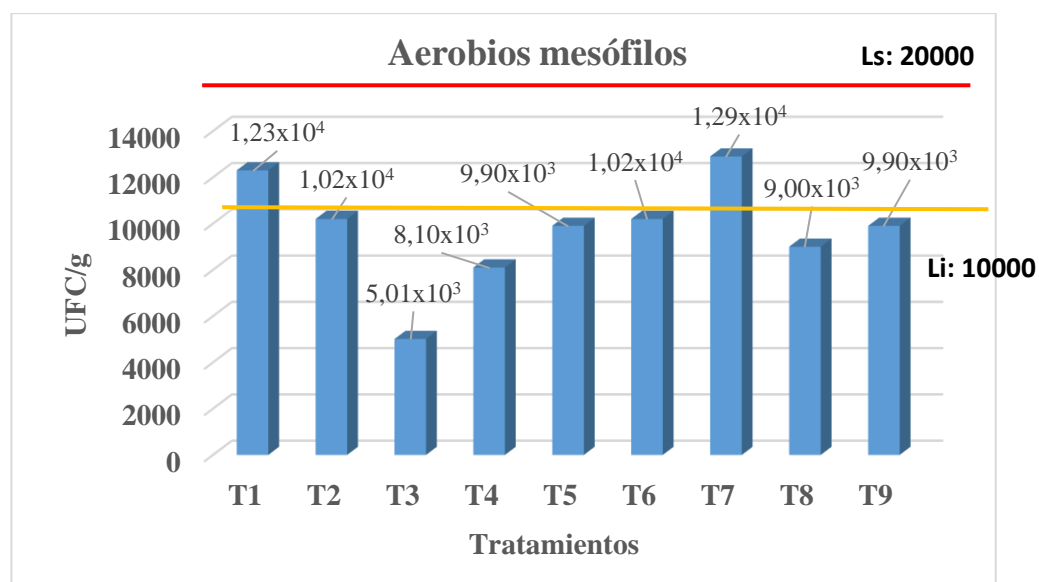
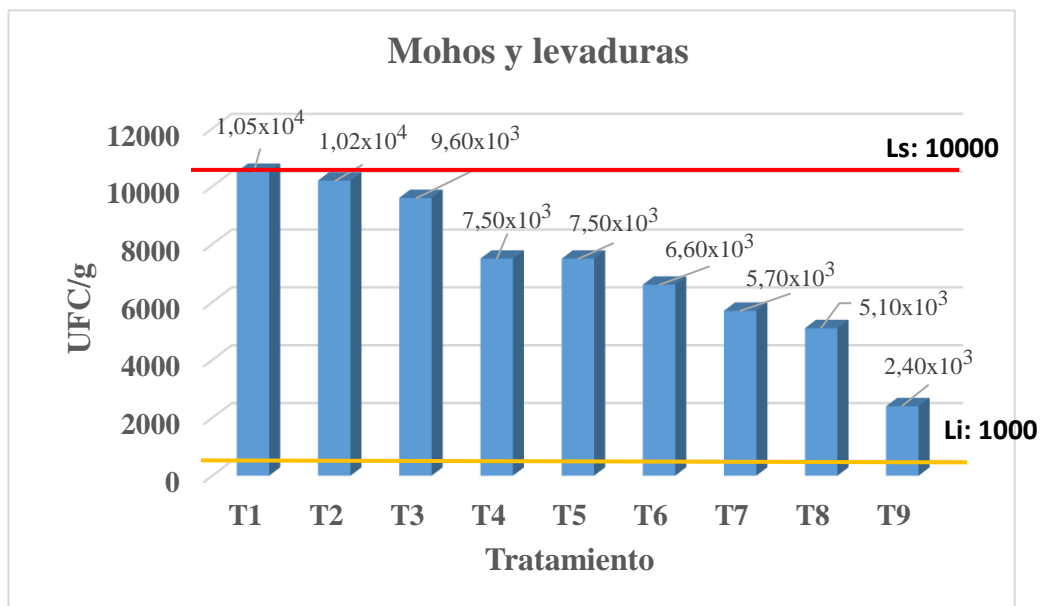


Figura 12

Gráfico de mohos y levaduras de la harina de pituca (Colocasia esculenta)



3.4. Características sensoriales de la harina de pituca (*Colocasia esculenta*)

Los puntajes promedio de las clasificaciones sensoriales de los tratamientos, para cada una de las características sensoriales evaluadas, se tienen representados en los gráficos radiales de las Figuras 13, 14 y 15. Se puede ver, de manera general, que los T7, T8 y T9 han obtenido los mayores puntajes; sobresaliendo en las características de color, sabor y textura el tratamiento T9, mientras que en apariencia y olor el tratamiento T7 obtuvo, en promedio, una mejor precepción sensorial.

Figura 13

Perfil sensorial de los tratamientos de harina de pituca (Colocasia esculenta).

Temperatura 45°C

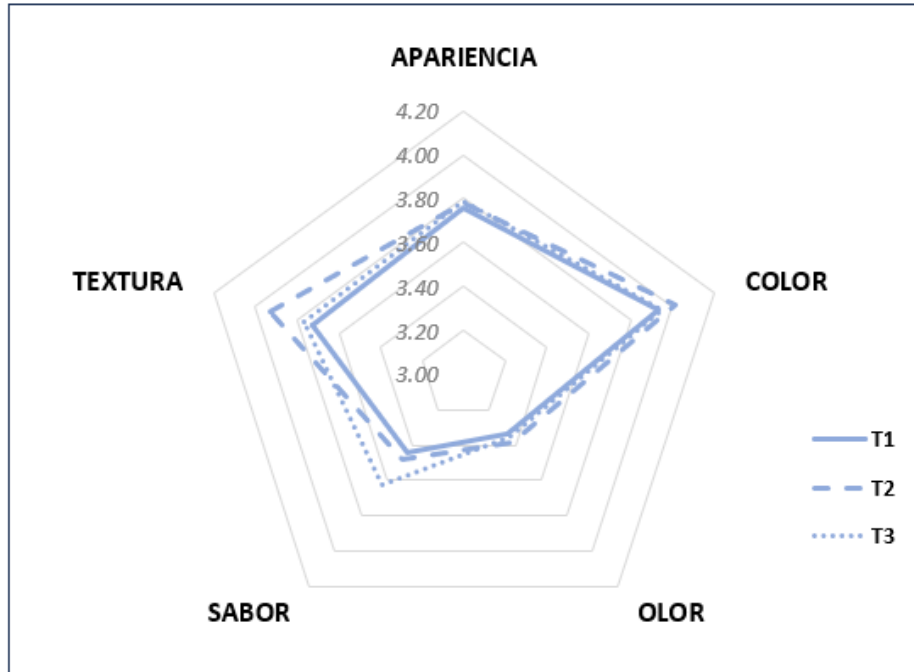


Figura 14

Perfil sensorial de los tratamientos de harina de pituca (Colocasia esculenta).

Temperatura 50°C

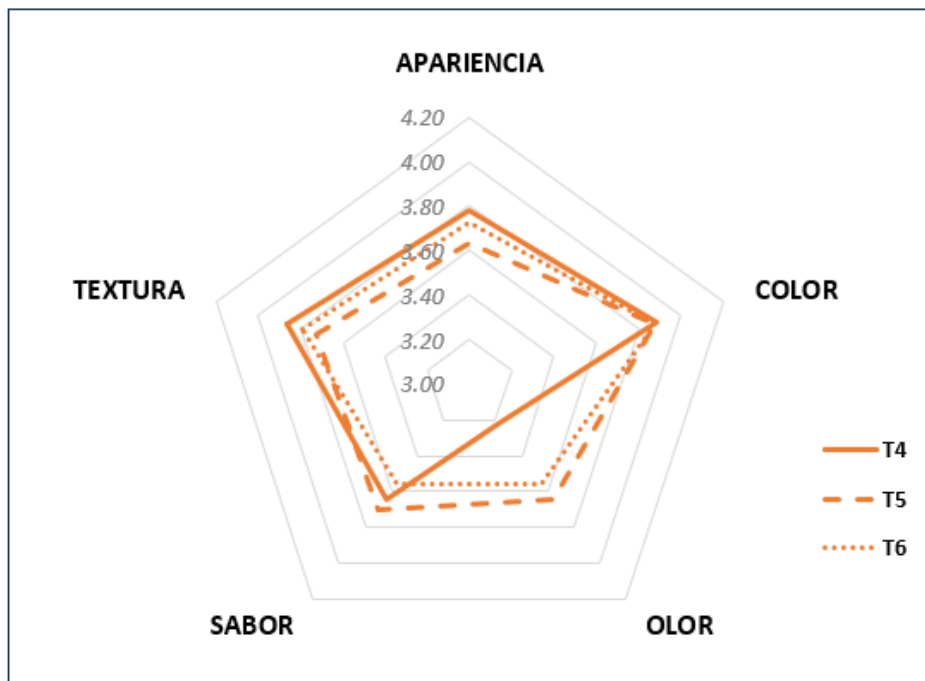
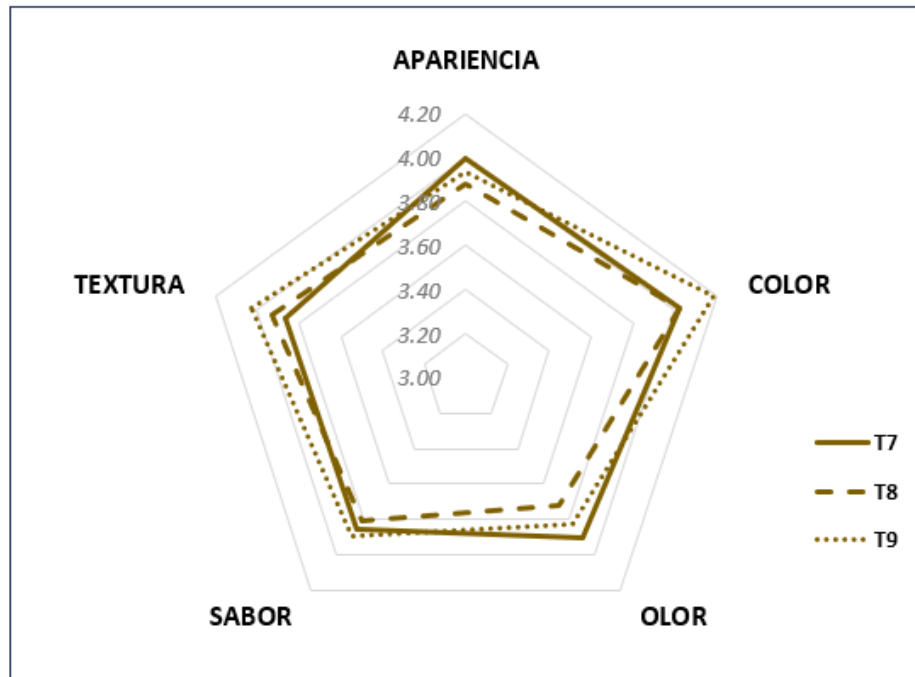


Figura 15

*Perfil sensorial de los tratamientos de harina de pituca (*Colocasia esculenta*).
Temperatura 55°C*



En la Tabla 11 se muestran los resultados del test de Friedman, aplicado a cada una de las características sensoriales evaluadas, en el cual se contrastan las siguientes hipótesis:

$H_0 =$ *Todas las medianas de los puntajes sensoriales de los tratamientos son iguales.*

$H_1 =$ *Existe diferencia entre las medianas de los puntajes sensoriales de los tratamientos.*

Considerando un nivel de significancia del 5 %, se puede ver que en las características de apariencia, color, olor y sabor existen diferencias significativas (p -valor $< 0,05$) entre los puntajes de los tratamientos; mientras que, para la característica referente a la textura, no se logra identificar alguna diferencia significativa entre los tratamientos (p -valor $> 0,05$).

Tabla 11

Test de Friedman para los tratamientos de la harina de pituca (Colocasia esculenta), en cada una de las características evaluadas

Características	n	Estadístico F	GL	p Valor
Apariencia	81	18,84	8	0,0158
Color	81	18,01	8	0,0211
Olor	81	65,65	8	0,0000
Sabor	81	29,46	8	0,0003
Textura	81	14,10	8	0,0791

Con la confirmación de diferencias significativas en cuatro características sensoriales, se realizan comparaciones múltiples de Friedman, comparando las clasificaciones de cada tratamiento una con otra hasta formar grupos de tratamientos similares.

En la Tabla 12 se puede ver que, para la característica apariencia, los tratamientos T7 (letra a) y T5 (letra b) son los únicos que presentan diferencias significativas entre sí, pues pertenecen a distintos grupos formados por el test de comparaciones múltiples; siendo el T7 el que obtuvo los mayores puntajes respecto a esta característica evaluada. Para la característica correspondiente al color, se tiene que los tratamientos T9 (letra a) y T5 (letra b) son los únicos que presentan diferencias significativas entre sí, pues pertenecen a distintos grupos formados por el test de comparaciones múltiples; siendo el T9 el que obtuvo los mayores puntajes respecto a esta característica. Para los puntajes sensoriales de olor, se puede ver que, según el test de comparaciones múltiples, los tratamientos T7 y T9 (letra a) similares entre sí, se diferencian significativamente de los tratamientos T2, T3, T1 y T4 (letra b), siendo los tratamientos T7 y T9 los que mayores puntajes han obtenido respecto al resto de tratamientos mencionados. Por último, para los puntajes sensoriales de la característica correspondiente al sabor, se tiene que los tratamientos T9 (letra a) y T1 (letra b) son los únicos que presentan diferencias significativas entre sí, pues pertenecen a distintos grupos formados por el test de comparaciones múltiples; siendo T9 el que obtuvo los mayores puntajes respecto a esta característica evaluada.

Tabla 12

Test de comparaciones múltiples de Friedman para los tratamientos de la harina de pituca (Colocasia esculenta), en cada una de las características evaluadas

Características	Tratamiento	Suma rangos	Promedio rangos	Grupos
Apariencia	(T7)	461,00	5,69	a
	(T9)	441,50	5,45	a b
	(T8)	419,00	5,17	a b
	(T3)	405,50	5,01	a b
	(T4)	392,50	4,85	a b
	(T2)	388,00	4,79	a b
	(T1)	387,50	4,78	a b
	(T6)	387,50	4,78	a b
	(T5)	362,50	4,48	b
Color	(T9)	469,00	5,79	a
	(T8)	420,50	5,19	a b
	(T7)	416,00	5,14	a b
	(T2)	412,50	5,09	a b
	(T3)	393,00	4,85	a b
	(T6)	389,00	4,80	a b
	(T1)	384,00	4,74	a b
	(T4)	383,50	4,73	a b
	(T5)	377,50	4,66	b
Olor	(T7)	491,50	6,07	a
	(T9)	482,00	5,95	a
	(T5)	437,50	5,40	a b
	(T8)	436,50	5,39	a b
	(T6)	418,00	5,16	a b
	(T2)	356,50	4,40	b
	(T3)	349,00	4,31	b
	(T1)	345,00	4,26	b
	(T4)	329,00	4,06	b
Sabor	(T9)	466,00	5,75	a
	(T7)	449,50	5,55	a b
	(T8)	434,00	5,36	a b
	(T5)	410,50	5,07	a b
	(T4)	404,00	4,99	a b
	(T3)	394,50	4,87	a b
	(T6)	380,50	4,70	a b
	(T2)	354,50	4,38	a b
	(T1)	351,50	4,34	b

En la Tabla 13 se muestran el resumen del proceso de secado y del análisis sensorial de la harina de pituca (*Colocasia esculenta*), se observa que los tratamientos T7 tiene el mejor promedio del rango para olor es 6,07, mientras que el tratamiento T9 el mejor promedio para color y sabor. Por otra parte, también se observa que los tratamientos T7, T8 y T9 que corresponden a la temperatura de secado de 55 °C tienen el menor tiempo crítico de 20 min, también se ve que los tratamientos T7 y T9 presentan la mayor velocidad de secado (0,024) (Angarita, 2019).

Tabla 13

Influencia del proceso de secado en la calidad sensorial de la harina de pituca (Colocasia esculenta)

Tratamientos	Tiempo crítico	Modelo	R ²	Promedio de los rangos de los atributos sensoriales			
				Apariencia	Color	Olor	Sabor
T1	45	$2,508e^{-0.017t}$	0,981	4,78 ^{ab}	4,74 ^{ab}	4,26 ^b	4,34 ^b
T2	50	$2,807e^{-0.017t}$	0,990	4,79 ^{ab}	5,09 ^{ab}	4,40 ^b	4,38 ^{ab}
T3	35	$2,637e^{-0.025t}$	0,977	5,01 ^{ab}	4,58 ^{ab}	4,31 ^b	4,87 ^{ab}
T4	30	$2,286e^{-0.019t}$	0,991	4,85 ^{ab}	4,73 ^{ab}	4,06 ^b	4,99 ^{ab}
T5	25	$1,948e^{-0.019t}$	0,965	4,48 ^b	4,66 ^b	5,40 ^{ab}	5,07 ^{ab}
T6	25	$1,862e^{-0.019t}$	0,974	4,78 ^{ab}	4,80 ^{ab}	5,16 ^{ab}	4,70 ^{ab}
T7	20	$2,145e^{-0.024t}$	0,971	5,69 ^a	5,14 ^{ab}	6,07 ^a	5,55 ^{ab}
T8	20	$2,109e^{-0.023t}$	0,992	5,17 ^{ab}	5,19 ^{ab}	5,39 ^{ab}	5,36 ^{ab}
T9	20	$2,453e^{-0.024t}$	0,983	5,45 ^{ab}	5,79 ^a	5,95 ^a	5,75 ^a

IV. DISCUSIÓN

En base a las Figuras 3, 5 y 7 correspondiente a las curvas de secado, se puede afirmar que, para una determinada temperatura constante, a medida que aumenta la velocidad del aire, se tiene menor tiempo crítico, por lo tanto, menor tiempo de secado. Esto concuerda con lo reportado por Barrena (2011), Soto (2013) y Brahmi (2023) que indican la dependencia con la temperatura, ya que al aumentar la temperatura disminuye el tiempo de secado. De acuerdo con las Figuras 4, 6 y 8 correspondientes a la curva de velocidad de secado, a medida que aumenta la temperatura de secado, aumenta la humedad crítica, y disminuye la humedad de equilibrio. Este resultado concuerda con Monares (2015). Por otra parte, al aumentar la velocidad del aire, la humedad de equilibrio se mantiene constante, lo que confirma lo dicho por Vernom (2000) que manifiesta que el punto en el que termina el comportamiento lineal del proceso de secado y la humedad de equilibrio no variarán a cualquier velocidad del aire manteniendo su temperatura constante, aunque en cuanto a la humedad crítica hallada se observa ligera variabilidad. Cabe indicar que, en las curvas de velocidad de secado se observan dispersión de puntos, aunque se puede distinguir una zona de tendencia a velocidad constante que corresponde al comportamiento lineal, para luego disminuir la velocidad hasta alcanzar la humedad de equilibrio. Este comportamiento en la curva de velocidad de secado se asemeja a lo reportado por Ruiz (2016) en el secado de plátano en bandejas y por aire forzado indicó que las curvas de secado permitieron claramente los periodos de velocidad de secado constante y velocidad decreciente para cada una de las temperaturas estudiadas.

En la Tabla 3 se resumió los modelos de regresión exponencial para cada una de las temperaturas y velocidades consideradas en el proceso de secado; donde se observó que todos los modelos definidos presentaron un coeficiente de determinación superior al 0,965; es decir, los modelos de regresión exponencial están explicando más del 96% del comportamiento de la humedad residual en los procesos de secado de la harina de Pituca. Este comportamiento nos permite afirmar que, para el proceso de secado de la pituca, el modelo que mejor se ajusta es el de Henderson-Pabis (trabajado como

humedad residual vs t). Este resultado concuerda con Angarita (2019) que realizó el secado de remolacha en bandejas a similares condiciones de trabajo, indicó que el modelo de Henderson y Pabis se ajustaba mejor a los datos experimentales ($R^2 = 0,9998$). Al analizar los modelos de secado se observa que los tratamientos T7 y T9 tienen la mayor constante cinética de velocidad (0,024), es decir, la mayor constante cinética de velocidad y menor tiempo crítico, por otra parte, el modelo del tratamiento T9 (55 °C, 3,5 m/s) presenta mayor coeficiente de determinación (0,983) eligiéndolo como el mejor tratamiento. Esto nos permite afirmar que a mayor temperatura de secado y mayor velocidad de aire se alcanza el menor tiempo de secado que respalda a lo dicho por Zegarra y Niño (2022) que indicó que la humedad depende del tiempo y temperatura de secado.

Los valores del porcentaje de humedad de la harina de pituca (*Colacasia esculenta*) solo presenta diferencias significativas para el efecto de la temperatura ($p < 0,05$, Tabla 6), sin embargo, para un nivel de confianza al 95 % de acuerdo con el método de comparación de medias Tukey los tratamientos T3 (45 °C; 3,5 m/s; 9,99 %) y T7 (55 °C; 2,5 m/s; 7,95%) son diferentes al situarse en diferentes grupos. Los demás tratamientos tienen comportamientos similares. De acuerdo con la NTP 205.037:1975 indica que la humedad máxima es del 15%, por lo tanto, todos los tratamientos están dentro de la Norma. Los resultados obtenidos se asemejan a los reportados por Zegarra y Niño (2022) que en promedio obtuvieron 8,71% e indican que dependen del tiempo y temperatura de secado. al igual que los promedios obtenidos por Aybar (2022), indica que los resultados del porcentaje de humedad de las harinas extruidas que se presentó en la variedad blanca extruida fueron de 10,11 % y en la pituca morada extruida de 7,08 %. Al igual que los resultados de González *et al.* (2020) indica que la harina de mashua posee un promedio de humedad de 10,46 % próximo al 7,14% que presentó la harina obtenida. Asimismo, en el análisis de varianza para el porcentaje de cenizas se tiene que ambos factores tienen p valor por debajo de 0,05 (Tabla 8), es decir, tanto la velocidad del aire y la temperatura tienen efecto significativo aparente sobre esta variable. El método de comparación de medias Tukey a un nivel de confianza del 95% (Tabla 9) indica que se forma dos grupos marcadamente diferentes, T5 (50 °C; 3,0 m/s; 5,63%) y T9 (55 °C; 3,5 m/s; 3,37%). Los demás tiene comportamientos similares tanto al T5 como al T9. Sin embargo, no se puede asegurar

que tanto, la temperatura como la velocidad de aire influyan directamente en el porcentaje de cenizas, más bien, estas diferencias pueden deberse a las condiciones iniciales de humedad del producto fresco en el que se evidenció que a mayor humedad del producto fresco se tiene menos concentración de ceniza y viceversa. El promedio de cenizas obtenido es relativamente mayor a los reportados por Carbajal (2019) que obtuvo porcentajes de cenizas para la harina de pituca de 3,77; 3,78 y 3,95%, al igual que los promedios obtenidos de cenizas fue relativamente mayor a lo reportados por Bustos y Marapara (2016) que se obtuvo los porcentajes de promedio de cenizas de 3,30%. Que al igual que el promedio obtenido es relativamente mayor según Cazares (2011) indica que obtuvo un porcentaje de cenizas de 2,06%.

En la determinación de aerobios mesófilos de la harina de pituca (*Colacasia esculenta*) el tratamiento T7 (55 °C; 2,5 m/s) presentó el mayor valor ($1,29 \times 10^4$ UFC/g) y el tratamiento T3 (45 °C; 3,5; m/s) el menor valor ($5,01 \times 10^3$ UFC/g); en cuanto a mohos y levaduras, el T9 (55 °C; 3,5 m/s) presentó el menor valor ($2,40 \times 10^3$) y el Tratamiento T1 (45 °C; 2,5 m/s) presentó el mayor valor ($1,05 \times 10^4$). Hubo ausencia de *Escherichia coli* en todos los tratamientos. Estos valores están dentro del rango que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos según la norma nacional NTS N° 071-MINSA/DIGESA V.01. Los resultados obtenidos se asemejan a los reportados por Bustos y Marapara (2016) que reportaron para mohos y levaduras de $2,8 \times 10^2$ (UFC/g) aerobios mesófilos y ausencia de *Escherichia coli* y concluyeron que la harina de pituca es un producto de buena calidad para consumo humano. Los tratamientos que han obtenido los mayores puntajes para las características sensoriales de color, olor, sabor, apariencia y textura fueron T7 (55 °C; 2,5 m/s), T8 (55 °C; 3,0 m/s) y T9 (55 °C; 3,5 m/s) y los tratamientos con menor puntaje fueron T4 (50 °C; 2,5 m/s) y T5 (50 °C; 3,0 m/s) presentándose diferencias significativas entre todos tratamientos para los indicadores color, olor, sabor y apariencia, pero para el indicador textura no hay diferencias entre tratamientos. De manera general se puede deducir que, a mayores valores de temperatura del aire forzado empleado en el proceso de secado, mejora la calidad sensorial de la harina de pituca. Este comportamiento se observa en la Tabla 12. los resultados difieren con lo reportado por Astete (2019) que obtuvo resultados mostrados en los tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5), cuyos datos procesados con la prueba de Friedman, señala que no existen diferencias significativas con respecto al olor, sabor.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La mejor temperatura fue de 55 °C y la mejor velocidad del aire fue de 3,5 m/s que corresponde al tratamiento T9, que presentó el menor tiempo crítico (20 min) y mayor constante cinética de velocidad (0,024) que mejor se ajusta al modelo de secado Henderson y Pabis con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,983$ alcanzando una humedad de equilibrio de 0,9 g agua/g pituca seca.
- El porcentaje de humedad de la harina de pituca en los tratamientos oscilan entre 7,95 y 9,99 %, el porcentaje de cenizas entre 3,37 y 5,63%. El tratamiento T9 que presentó la mejor temperatura y mejor velocidad de aire en el proceso de secado tiene porcentaje de humedad de 8,04% y el porcentaje de cenizas de 3,37%. Así mismo, se verifica que a mayor temperatura de aire forzado se obtuvo menores porcentajes humedad. Por otra parte, se verifica que a mayor velocidad de aire caliente y mayor temperatura se obtuvo menores porcentajes de cenizas, sin embargo, no se asegura el efecto tanto de la temperatura y velocidad sino de la humedad inicial de la materia prima.
- El indicador aerobio mesófilos presentó valores comprendidos entre $5,01 \times 10^3$ y $1,29 \times 10^4$ UFC/g, los valores para mohos y levaduras fueron entre $2,40 \times 10^3$ y $1,05 \times 10^4$ UFC/g y hubo ausencia de *Escherichia coli* en todos los tratamientos. Estos valores están dentro del rango que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos según la norma nacional NTS N° 071-MINSA/DIGESA V.01.
- Los tratamientos que tuvieron mejores puntajes sensoriales para apariencia fue el T7 (55 °C; 2,5 m/s), para color el T9 (55 °C; 3,5 m/s), para olor fue T7 (55 °C; 2,5 m/s) y para sabor fue el T9 (55 °C; 3,5 m/s). En cuanto a textura no hubo diferencia significativa entre los tratamientos ($p > 0,05$). Así mismo, se observó que a mayor temperatura (55 °C) del aire forzado en el proceso de secado, los tratamientos presentan mayores puntajes sensoriales. Afirmándose que la temperatura y velocidad de aire influyen en la calidad sensorial de la harina de pituca.

5.2. Recomendaciones

- A los investigadores, realizar estudios sobre tubérculos nativos pocos conocidos que poseen alto valor nutricional para emplearlos como materia prima en tecnología de alimentos.
- A los investigadores en tecnología de alimentos, realizar investigaciones en cinética de secado y su influencia en la calidad nutricional de la harina producida.
- A los tesisistas de la Universidad Nacional de Jaén diseñar secadores de bandejas con aire forzado empleando los resultados cinéticos del proceso de secado de láminas de pituca.
- A la Escuela de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén, promover programas de promoción para el consumo de productos procesados a base de harina de pituca y otros tubérculos similares.

VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- (MINAGRI), M. d. (2021). Producción mensual de pituca, según región. Obtenido de <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-diarios?download=1639:agricola-2021>
- Adbeel, C. D. (2019). Difusividad efectiva durante el secado de rodajas de yuca (*Manihot esculenta*) a diferente temperatura y espesor y obtención de harina. Tingo María, Leoncio Prado, Huánuco_Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.
- Angarita, J. (2019). Estudio experimental de modelos para el proceso de secado para cuantificar propiedades físicas de la remolacha (*Beta vulgaris*). Pamplona: Universidad de Pamplona, Programa de Ingeniería de Química. Obtenido de http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5318/1/Angarita_2019_TG.pdf
- AOAC, C. (2005). Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International. Official Methods: Gaithersburg, MD, USA. *Biociencia alimentaria*, 56.
- Astete, K. (2019). sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum l.*) por la mezcla de harina de sachapapa morada (*dioscorea trifida l.*) y harina de soya (*glycine max l.*) en la elaboración de panes en pucallpa. Pucallpa-Perú: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Ucayali.
- Aybar, L. X. (2022). Caracterización fisicoquímica y funcional de harina pre cocida de dos variedades de pituca (*Colocasia esculenta*) obtenida por extrusión. Tesis, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Ciencias Químicas, Tingo María. Obtenido de [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/TS_XAAL_2022R2%20\(2\)%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/TS_XAAL_2022R2%20(2)%20(1).pdf)
- Aybar, X. (2022). Caracterización fisicoquímica y funcional de harina precocida de dos variedades de pituca (*Colocasia esculenta*) Obtenida por extrusión. Tingo María – Perú: Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias, de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

- Barrena, G. M. (2011). Modelamiento de la cinética de secado de lúcumá (*Pouteria lucuma*). Tesis Doctoral , Universidad Nacional de Trujillo , Ttrujillo-Perù. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8185/Tesis%20DoctoradoX%20%20Miguel%20Angel%20Barrena%20Gurbill%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Benson, J. (1967). Microbiological applications; a laboratory manual in general microbiology.
- Bolaji, O., Adepoju, P., Adelana, E., & Adesina, B. (Febrero de 2021). Cinética de secado y modelización en capa final del ogi producido a partir de seis variedades de maíz a distintos periodos de remojo y temperatura de secado. *Invesigación Alimentaria*, 5(1), 431-440. Obtenido de <http://www.myfoodresearch.com>
- Brahmi, F. (Marzo de 2023). Modelado cinético del secado por convección y microondas de cáscaras de papa y sus efectos sobre el contenido y la capacidad de antioxidantes. 18.
- Bustos, G., y Marapara, J. (2016). Parámetros de Secado en Bandeja de Colocasia esculenta (Pituca) para la elaboración de harina y su utilización en Galletas . Iquitos , Perú: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias .
- Cajilima, C. (2014). “Incorporacion de la harina de papa china (*colocasia esculenta*) como fuente de componentes bioactivos en la elaboracion de una bebida lactea funcional”. Riobamba – Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias.
- Calle, B. R., y Aparicio, B. J. (2011). Diseño de una planta de deshidratación de hierbas aromáticas. Guayaquil . Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16919/3/TESIS%20FINAL.pdf>
- Carbajal, D. (2019). Efecto del tiempo de cocción en la reducción de oxalatos en harina de dos variedades de pituca (*Colocasia esculenta*) . La Merced –Perú : Universidad Nacional Daniel Alcides Carriòn, Escuela de Formaciòn Profesional de Industrias Alimentarias .

- Cazares, M. (2011). “Evaluación físico-química y farinográfica de la harina de Trigo(*Triticum aestivum*) Obtenida en los pasajes de molienda de la industria molinos. Ambato – Ecuador: Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato.
- Cerron, S., y Junchaya, J. (2019). Influencia de la temperatura del aire en la velocidad de secado de quinua germinada en un secador de bandejas. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú-Facultad de Ingeniería Química.
- Cuenca, T. M., y Moncada, A. M. (2020). Preparación de un recubrimiento comestible a base de almidón de papa China (*Colocasia Esculenta*) para aplicaciones alimenticias. Universidad Técnica de Machala, Machala. doi:http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15583/1/T-3561_CUENCA%20TORRES%20MICHELLE%20ESTEFANIA.pdf
- Del Aguila, E., y Fernandez, S. (Octubre de 2019). Obtención de harina a partir de michuche (*Xanthosoma spp.*). Jaén, Perú: Universidad Nacional de Jaén. Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias.
- DIGESA. (2008). Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebida de consumo humano. Lima. Obtenido de <http://www.digesa.minsa.gob.pe/Expedientes/Leyes-Reglamentos.aspx>
- El Salous, A., y Pascual, A. (2018). Determinación de E. coli, hongos y levaduras en la harina proveniente de las cascarillas de dos variedades de cacao en Ecuador. Universidad y Sociedad.
- García, E. (2023). Efecto de la fertilización química a base de npk sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de pituca (*colocasia esculenta schott*) en la zona de aucayacu. Pucallpa,. Perú: Universidad Nacional de Ucayali Facultad de Ciencias Agropecuarias Escuela Profesional de Agronomía. Obtenido de http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/6192/B4_2023_UNU_AGRONOMIA_2023_T_ELITA_GARCIA_V1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gaytán, A., Solís, L., López, L., Cobos, L., y Silva, S. (2019). Desarrollo y evaluación sensorial de un postre de gelatina funcional del fruto rojo de *Stenocereus queretaroensis* (F.A.C. Weber) Buxbaum. México: Universidad Autónoma de

- Coahuila, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Investigación en Alimentos.
- González, V., Moreno, G., y Lopez, S. (2020). Caracterización nutricional y función de la harina de mashua.
- Hitchins, Hartman, y Todd. (1992). *Coliformes-Escherichia coli and its toxins. Compendium of methods for the microbiological examination of foods.*
- INACAL. (2016). *HARINAS. Determinación del contenido de humedad.*
- INACAL. (2016). *Norma Técnica NTP 205.038 Peruana 1975 (Revisada El 2016) : 2016-07-21 1 Edición.*
- Legua, C., y Ramírez, G. (2017). *Informe del Centro Nacional de Alimentación y Nutrición-CENAN, Según la NTP 205.064: 2015.* Lima - Perú: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud.
- Merino, P. J. (2006). *Implementación de un equipo de secado para aliemntos.* Tesis de Grado , Escuela Superior Politécnica del Litoral , Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción , Guayaquil. Obtenido de <https://es.slideshare.net/ruddymin/secado-de-bandejas>
- Meza, F. (2022). *"Proceso de elaboración de una galleta con harina de pituca (colocasia esculenta) y cushuro (nostoc sphaericum) con alto contenido nutricional"*. Callao-Perú: Escuela Profesional de Ingeniería Guímica, Universidad Nacional del Callao.
- MIDIS. (2022). *Resolución Dirección Ejecutiva N° D000233-2021-MIDIS/PNAEQW-DE. HARINAS DE TUBÉRCULOS.* Lima: Programa Nacional de Alimentación Escolar Qaliwarma .
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2023). *Manual de manejo agronómico de raíces y tubérculos tropicales.* Obtenido de http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/6192/B4_2023_UNU_AGRONOMIA_2023_T_ELITA_GARCIA_V1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ministerio de salud . (2011). *Análisis Microbiológico de los alimentos.* Metodología Analítica Oficial, Microorganismo Patógenos.

- Ministerio de Salud. (2008). *Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano*. Lima.
- Mislivec, P. B., Beuchat, L. R., & Cousin, M. A. (1992). *Yeasts and molds. Compendium of methods for the microbiological examination of foods*.
- Moncada, M. (2020). *Preparación de un recubrimiento comestible a base del almidón de papa china (colocasia esculenta) para aplicaciones alimenticias*. Machala: Facultad de ciencias químicas y de la salud carrera de ingeniería en alimentos. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15583/1/T3561_CUENCA%20TORRES%20MICHELLE%20ESTEFANIA.pdf
- Muños, M. (2008). *Elaboración de Hojuelas Fritas de Pituca (Colocasia esculenta (L.) Schott)*. Satipo - Perú: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Obando, L., y Vega, E. (2019). Proceso de secado de pituca (Colocasia esculenta) en un secador rotatorio discontinuo. Callao, Perú: Universidad Nacional del Callao, Escuela Profesional de Ingeniería Química.
- Pezo, A. (2022). Retención proteica de raciones con pulpa de coco (coccus nucifera) y con pituca (colocasia esculenta) en juveniles de “gamitana” (*colossoma macropomum*) en laboratorio. Iquitos - Perú: Facultad de Ciencias Biológicas Maestría en Acuicultura. Obtenido de https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/9060/Aldinger_Tesis_Maestria_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rojas, E., y Chumacero, J. (Noviembre de 2019). Cinética de secado de la cúrcuma longa (Curcuma longa L.) Evaluado mediante visión computacional . Jaén, Perú: Universidad Nacional de Jaén, Carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias .
- Ruiz, S. L. (2016). Diseño de un secador de bandejas para la deshidratación de plátano en la parroquia Veracruz del Cantón Pastaza. Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/5677/1/96T00337.pdf>

- Salcedo, J., Mercado, J., Vanegas, M., Fernández, A., & Verte, M. (4 de Agosto de 2014). Cinética de secado de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedad CORPOICA M-tai en función de la temperatura y de la velocidad de aire. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Santos, M., Lourenço, G., y Garcia, I. (2022). Production, characterization and shelf-life evaluation of Caryocar brasiliense pulp flour. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 5.
- Sifre Maria, P. M. (2018). *La Harina*. España, España: Universitat Per A Majors Seu Del Nord - Sant Mateu.
- Soto, R. R. (2013). Influencia de la Temperatura en la Cinética de de Secado, Difusividad Efectiva y Calidad de Laminas de Frutas . Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo , Huancayo. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2674/Soto%20Ramos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Swanson, Busta, Peterson, y Johnson. (1992). *Colony count methods. Compendium of methods for the microbiological examination of foods*.
- Trujillo, C. J. (2022). Caracterización morfológica, color, propiedades funcional y térmica de dos variedades de pituca (*Colocasia esculenta* L. Schott) en Tingo Maria. Tingo María . Obtenido de https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2119/TS_TCJL_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Velásquez, V. (2007). Estandarización del Proceso de Secado de Carragenina en la Empresa Extractos Naturales Gelymar S.A. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile. Escuela de Ingenieria en Alimentos.
- Velásquez, V. V. (2017). Estandarización del Proceso de Secado de Carragenina en la Empresa. Tesis Pregrado , Universidad Austral de Chile , Valdivia - Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fav434e/doc/fav434e.pdf>
- Zegarra, O., y Niño, R. (2022). Efecto de la temperatura en el valor de monocapa de Harina de Pituca (*Colocasia Esculenta*) variedad morada mediante la isoterma GAB. Huamachuco-Perù: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Profesional de Ingenieria Agroindustrial.

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por darnos la vida, fortaleza, conocimiento, sabiduría y fuerzas para culminar esta etapa académica y poder alcanzar nuestras metas.

A mis padres Máximo Cubas Montenegro y María Vicente Abad y hermanos Elferes, Leyser, Beyquer, Alan, Lili, Neyla y Leticia.

Por depositar su confianza en mí todos los días, por inculcarme los valores más importantes, como la persistencia, el amor y la humildad. Mi identidad actual es un reflejo de sus influencias constantes en mi vida, y siempre aspiro a ser la fuente de su mayor satisfacción, por ayudarme a ser mejor persona a pesar de la distancia estuvieron motivándome a seguir y por enseñarme que los sueños si son posibles de alcanzar.

De: Blin Clinton Cubas Vicente

A Dios por haberme otorgado una familia maravillosa que han estado siempre apoyándome en culminar esta etapa académica.

A mis padres Julio Sempertegui Guevara y Edita Silva Rojas y a mi hermana Greisy Sempertegui Silva, porque ellos han dado razón a mi vida. Por sus consejos, apoyo incondicional para poder alcanzar mis metas y nunca rendirme para alcanzar estos sueños. A toda mi familia que es lo mejor y más valioso que Dios me ha dado.

De: Jhon Andy Sempertegui Silva

AGRADECIMIENTO

A Dios.

Por darnos la fuerza, sabiduría y salud para culminar cada una de nuestras metas académicas.

A nuestra casa superior de estudios la Universidad Nacional de Jaén por darnos la oportunidad de forjarnos como profesionales en el campo de la Ingeniería de Industrias Alimentarias.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza por habernos brindado su valioso apoyo para culminar con la ejecución de nuestro proyecto de tesis.

A nuestros asesores el M. Cs. Adán Díaz Ruiz y Dr. Hubert Luzdemio Arteaga Miñano docentes investigadores, por haber compartido su valioso tiempo, paciencia, dedicación, conocimientos y consejos. Asimismo, al Dr. James Tirado Lara por su valiosa contribución para culminar nuestro trabajo de investigación.

ANEXOS

Anexo 1

Tabla de datos experimentales del proceso de secado a las temperaturas de 45, 50 y 55 °C a velocidades de aire forzado de 2,5; 3,0 y 3,5 m/s

Tabla 14

Datos experimentales del proceso de secado de pituca a una temperatura de 45 °C y velocidad de 2,5 m/s

Nº	Tiempo (min)	P ₁ Peso bandeja + peso Pituca t (g)	P ₂ = P ₁ - SB Peso Pituca al tiempo t (g)	Y = (P ₂ -S) /S Humedad residual (g agua/ g Pituca seco)	-Dy/d = (Y _i - Y _{i+1}) /5 (g agua/ g pituca seco.min)	Y _m = (Y _i + Y _{i+1}) /2 (g agua/g pituca seco)
0	0	1843,10	810,00	2,5562	0,028	2,485
1	5	1810,80	777,70	2,4144	0,035	2,327
2	10	1770,90	737,80	2,2392	0,031	2,161
3	15	1735,20	702,10	2,0825	0,028	2,013
4	20	1703,60	670,50	1,9437	0,029	1,871
5	25	1670,30	637,20	1,7975	0,033	1,716
6	30	1633,20	600,10	1,6346	0,026	1,569
7	35	1603,10	570,00	1,5025	0,026	1,438
8	40	1573,60	540,50	1,3730	0,024	1,313
9	45	1546,30	513,20	1,2531	0,027	1,186
10	50	1515,80	482,70	1,1192	0,018	1,075
11	55	1495,70	462,60	1,0310	0,020	0,982
12	60	1473,30	440,20	0,9326	0,019	0,885
13	65	1451,40	418,30	0,8365	0,015	0,799
14	70	1434,20	401,10	0,7610	0,017	0,719
15	75	1415,10	382,00	0,6771	0,012	0,646
16	80	1400,90	367,80	0,6148	0,016	0,574
17	85	1382,20	349,10	0,5327	0,010	0,508
18	90	1371,10	338,00	0,4839	0,008	0,464
19	95	1362,20	329,10	0,4449	0,009	0,422
20	100	1351,80	318,70	0,3992	0,009	0,377
21	105	1341,70	308,60	0,3549	0,008	0,334
22	110	1332,40	299,30	0,3140	0,004	0,304
23	115	1328,00	294,90	0,2947	0,007	0,277
24	120	1320,00	286,90	0,2596	0,005	0,247
25	125	1314,10	281,00	0,2337	0,004	0,224
26	130	1309,60	276,50	0,2139	0,004	0,205
27	135	1305,50	272,40	0,1959	0,003	0,187
28	140	1301,60	268,50	0,1788	0,003	0,172

29	145	1298,70	265,60	0,1661	0,003	0,160
30	150	1295,80	262,70	0,1533	0,002	0,149
31	155	1293,80	260,70	0,1446	0,003	0,138
32	160	1290,70	257,60	0,1310	0,001	0,130
33	165	1290,10	257,00	0,1283	0,001	0,127
34	170	1289,50	256,40	0,1257	0,001	0,123
35	175	1288,40	255,30	0,1209	0,001	0,119
36	180	1287,50	254,40	0,1169	0,000	0,116
37	185	1287,10	254,00	0,1151	0,001	0,114
38	190	1286,50	253,40	0,1125	0,001	0,111
39	195	1285,80	252,70	0,1094	0,000	0,109
40	200	1285,40	252,30	0,1077	0,000	0,107
41	205	1285,20	252,10	0,1068	0,021	0,053
SB = 1033			S = 227,77			

Tabla 15

Datos experimentales del proceso de secado de pituca a una temperatura de 45 °C y velocidad de 3,0 m/s

N°	Tiempo (min)	P ₁ Peso bandeja + peso Pituca t (g)	P ₂ = P ₁ - SB Peso Pituca al tiempo t (g)	Y = (P ₂ -S) / S Humedad residual (g agua/ g Pituca seco)	-Dy/d = (Y _i - Y _{i+1}) / 5 (g agua/ g pituca seco.min)	Y _m = (Y _i + Y _{i+1}) / 2 (g agua/g pituca seco)
0	0	1821,60	788,70	2,7486	0,045	2,635
1	5	1773,80	740,90	2,5214	0,025	2,458
2	10	1747,30	714,40	2,3954	0,029	2,322
3	15	1716,40	683,50	2,2486	0,037	2,155
4	20	1677,10	644,20	2,0618	0,023	2,004
5	25	1652,60	619,70	1,9453	0,029	1,873
6	30	1622,30	589,40	1,8013	0,030	1,726
7	35	1590,80	557,90	1,6516	0,025	1,590
8	40	1564,70	531,80	1,5276	0,023	1,470
9	45	1540,50	507,60	1,4125	0,024	1,352
10	50	1515,10	482,20	1,2918	0,024	1,233
11	55	1490,20	457,30	1,1735	0,020	1,124
12	60	1469,50	436,60	1,0751	0,020	1,026
13	65	1448,70	415,80	0,9762	0,018	0,930
14	70	1429,30	396,40	0,8840	0,016	0,845
15	75	1412,90	380,00	0,8061	0,015	0,769
16	80	1397,20	364,30	0,7315	0,013	0,698
17	85	1383,10	350,20	0,6644	0,015	0,627
18	90	1367,20	334,30	0,5889	0,012	0,560
19	95	1355,10	322,20	0,5314	0,008	0,511

20	100	1346,40	313,50	0,4900	0,009	0,467
21	105	1336,80	303,90	0,4444	0,010	0,419
22	110	1326,20	293,30	0,3940	0,007	0,376
23	115	1318,80	285,90	0,3588	0,007	0,341
24	120	1311,40	278,50	0,3237	0,006	0,308
25	125	1304,90	272,00	0,2928	0,005	0,279
26	130	1299,30	266,40	0,2662	0,005	0,254
27	135	1294,30	261,40	0,2424	0,004	0,232
28	140	1290,00	257,10	0,2220	0,003	0,214
29	145	1286,60	253,70	0,2058	0,004	0,196
30	150	1282,60	249,70	0,1868	0,002	0,181
31	155	1280,20	247,30	0,1754	0,002	0,169
32	160	1277,70	244,80	0,1635	0,002	0,158
33	165	1275,40	242,50	0,1526	0,001	0,149
34	170	1274,10	241,20	0,1464	0,001	0,143
35	175	1272,70	239,80	0,1397	0,001	0,137
36	180	1271,40	238,50	0,1336	0,001	0,131
37	185	1270,30	237,40	0,1283	0,001	0,126
38	190	1269,50	236,60	0,1245	0,001	0,123
39	195	1268,80	235,90	0,1212	0,000	0,120
40	200	1268,50	235,60	0,1198	0,001	0,118
41	205	1267,80	234,90	0,1164	0,023	0,058
SB = 1033			S = 210,4			

Tabla 16

Datos experimentales del proceso de secado de pituca a una temperatura de 45 °C y velocidad de 3,5 m/s

N°	Tiempo (min)	P ₁ Peso bandeja + peso Pituca t (g)	P ₂ = P ₁ - SB Peso Pituca al tiempo t (g)	Y = (P ₂ -S) / S Humedad residual (g agua/ g Pituca seco)	-Dy/d = (Y _i - Y _{i+1}) / 5 (g agua/ g pituca seco.min)	Y _m = (Y _i + Y _{i+1}) / 2 (g agua/g pituca seco)
0	0	1691,30	658,20	2,7057	0,049	2,582
1	5	1647,50	614,40	2,4591	0,039	2,362
2	10	1612,90	579,80	2,2643	0,046	2,149
3	15	1571,90	538,80	2,0335	0,043	1,926
4	20	1533,60	500,50	1,8179	0,049	1,696
5	25	1490,30	457,20	1,5741	0,025	1,512
6	30	1468,20	435,10	1,4496	0,039	1,353
7	35	1433,80	400,70	1,2560	0,033	1,173
8	40	1404,40	371,30	1,0904	0,031	1,012
9	45	1376,60	343,50	0,9339	0,027	0,865
10	50	1352,20	319,10	0,7966	0,025	0,734

11	55	1330,00	296,90	0,6716	0,019	0,624
12	60	1313,20	280,10	0,5770	0,017	0,535
13	65	1298,20	265,10	0,4925	0,016	0,452
14	70	1283,70	250,60	0,4109	0,012	0,381
15	75	1273,20	240,10	0,3518	0,009	0,328
16	80	1264,80	231,70	0,3045	0,008	0,285
17	85	1257,90	224,80	0,2656	0,007	0,249
18	90	1252,10	219,00	0,2330	0,005	0,219
19	95	1247,30	214,20	0,2060	0,005	0,195
20	100	1243,30	210,20	0,1834	0,003	0,175
21	105	1240,40	207,30	0,1671	0,003	0,160
22	110	1237,80	204,70	0,1525	0,002	0,148
23	115	1236,20	203,10	0,1435	0,001	0,140
24	120	1234,90	201,80	0,1362	0,001	0,133
25	125	1233,70	200,60	0,1294	0,001	0,126
26	130	1232,60	199,50	0,1232	0,001	0,121
27	135	1231,80	198,70	0,1187	0,000	0,118
28	140	1231,70	198,60	0,1181	0,000	0,117
29	145	1231,40	198,30	0,1164	0,023	0,058
SB = 1033			S = 177,6			

Tabla 17

Datos experimentales del proceso de secado de pituca a una temperatura de 50 °C y velocidad de 2,5 m/s

N°	Tiempo (min)	P ₁ Peso bandeja + peso Pituca t (g)	P ₂ = P ₁ - SB Peso Pituca al tiempo t (g)	Y = (P ₂ -S) / S Humedad residual (g agua/ g Pituca seco)	-Dy/d = (Y _i - Y _{i+1}) / 5 (g agua/ g pituca seco.min)	Y _m = (Y _i + Y _{i+1}) / 2 (g agua/g pituca seco)
0	0	1837,20	803,10	2,3120	0,042	2,207
1	5	1786,40	752,30	2,1025	0,025	2,041
2	10	1756,50	722,40	1,9792	0,032	1,899
3	15	1717,80	683,70	1,8196	0,030	1,743
4	20	1680,90	646,80	1,6674	0,028	1,598
5	25	1647,20	613,10	1,5284	0,024	1,468
6	30	1618,10	584,00	1,4084	0,035	1,320
7	35	1575,30	541,20	1,2319	0,018	1,188
8	40	1553,80	519,70	1,1432	0,019	1,095
9	45	1530,60	496,50	1,0476	0,024	0,988
10	50	1501,60	467,50	0,9280	0,018	0,882
11	55	1479,30	445,20	0,8360	0,017	0,794
12	60	1459,10	425,00	0,7527	0,016	0,713

13	65	1439,80	405,70	0,6731	0,015	0,636
14	70	1421,90	387,80	0,5993	0,016	0,558
15	75	1401,90	367,80	0,5168	0,008	0,497
16	80	1392,30	358,20	0,4772	0,010	0,452
17	85	1380,10	346,00	0,4269	0,009	0,405
18	90	1369,60	335,50	0,3836	0,008	0,363
19	95	1359,40	325,30	0,3415	0,010	0,318
20	100	1347,80	313,70	0,2937	0,007	0,277
21	105	1339,90	305,80	0,2611	0,001	0,258
22	110	1338,20	304,10	0,2541	0,006	0,239
23	115	1331,10	297,00	0,2248	0,003	0,218
24	120	1327,90	293,80	0,2116	0,003	0,203
25	125	1323,80	289,70	0,1947	0,003	0,186
26	130	1319,70	285,60	0,1778	0,001	0,175
27	135	1318,50	284,40	0,1729	0,002	0,168
28	140	1316,10	282,00	0,1630	0,001	0,159
29	145	1314,30	280,20	0,1555	0,001	0,152
30	150	1312,60	278,50	0,1485	0,001	0,147
31	155	1311,80	277,70	0,1452	0,001	0,143
32	160	1310,60	276,50	0,1403	0,009	0,119
33	165	1300,10	266,00	0,0970	-0,001	0,099
34	170	1300,90	266,80	0,1003	0,000	0,100
35	175	1300,80	266,70	0,0999	0,020	0,050
SB = 1034			S = 242,5			

Tabla 18

Datos experimentales del proceso de secado de pituca a una temperatura de 50 °C y velocidad de 3,0 m/s

Nº	Tiempo (min)	P ₁ Peso bandeja + peso Pituca t (g)	P ₂ = P ₁ - SB Peso Pituca al tiempo t (g)	Y = (P ₂ -S) / S Humedad residual (g agua/ g Pituca seco)	-Dy/d = (Y _i - Y _{i+1}) / 5 (g agua/ g pituca seco.min)	Y _m = (Y _i + Y _{i+1}) / 2 (g agua/g pituca seco)
0	0	1831,70	798,50	2,2338	0,037	2,142
1	5	1786,30	753,10	2,0500	0,034	1,965
2	10	1744,10	710,90	1,8791	0,033	1,798
3	15	1703,90	670,70	1,7163	0,030	1,641
4	20	1666,80	633,60	1,5660	0,029	1,493
5	25	1630,60	597,40	1,4194	0,033	1,336
6	30	1589,30	556,10	1,2521	0,026	1,188
7	35	1557,80	524,60	1,1246	0,019	1,078
8	40	1534,90	501,70	1,0318	0,023	0,974

9	45	1506,10	472,90	0,9152	0,019	0,868
10	50	1482,80	449,60	0,8208	0,020	0,771
11	55	1458,20	425,00	0,7212	0,017	0,679
12	60	1437,20	404,00	0,6362	0,015	0,600
13	65	1419,10	385,90	0,5629	0,014	0,527
14	70	1401,50	368,30	0,4916	0,012	0,461
15	75	1386,30	353,10	0,4300	0,013	0,397
16	80	1370,10	336,90	0,3644	0,009	0,343
17	85	1359,60	326,40	0,3219	0,008	0,301
18	90	1349,50	316,30	0,2810	0,005	0,270
19	95	1343,90	310,70	0,2583	0,006	0,244
20	100	1336,60	303,40	0,2287	0,004	0,219
21	105	1331,70	298,50	0,2089	0,004	0,198
22	110	1326,20	293,00	0,1866	0,003	0,178
23	115	1322,10	288,90	0,1700	0,003	0,162
24	120	1318,10	284,90	0,1538	0,003	0,146
25	125	1314,30	281,10	0,1384	0,001	0,136
26	130	1312,90	279,70	0,1328	0,002	0,127
27	135	1310,10	276,90	0,1214	0,001	0,120
28	140	1309,20	276,00	0,1178	0,001	0,114
29	145	1307,50	274,30	0,1109	0,001	0,108
30	150	1306,30	273,10	0,1060	0,001	0,104
31	155	1305,10	271,90	0,1012	0,000	0,101
32	160	1304,80	271,60	0,1000	0,001	0,099
33	165	1304,10	270,90	0,0971	0,000	0,096
34	170	1303,50	270,30	0,0947	0,000	0,094
35	175	1303,10	269,90	0,0931	0,000	0,092
36	180	1302,80	269,60	0,0919	0,001	0,090
37	185	1302,10	268,90	0,0890	0,000	0,089
38	190	1302,00	268,80	0,0886	0,018	0,044
		SB = 1033		S = 246,9		

Tabla 19

Datos experimentales del proceso de secado de pituca a una temperatura de 50 °C y velocidad de 3,5 m/s.

N°	Tiempo (min)	P ₁ Peso bandeja + peso Pituca t (g)	P ₂ = P ₁ - SB Peso Pituca al tiempo t (g)	Y = (P ₂ -S) / S Humedad residual (g agua/ g Pituca seco)	-Dy/d = (Y _i - Y _{i+1}) / 5 (g agua/ g pituca seco.min)	Y _m = (Y _i + Y _{i+1}) / 2 (g agua/g pituca seco)
0	0	1816,80	783,30	2,0561	0,032	1,975
1	5	1775,20	741,70	1,8938	0,033	1,810

2	10	1732,30	698,80	1,7264	0,023	1,670
3	15	1703,20	669,70	1,6129	0,032	1,532
4	20	1661,90	628,40	1,4517	0,028	1,382
5	25	1626,10	592,60	1,3121	0,026	1,246
6	30	1592,40	558,90	1,1806	0,026	1,115
7	35	1558,80	525,30	1,0495	0,025	0,986
8	40	1526,50	493,00	0,9235	0,018	0,878
9	45	1503,20	469,70	0,8326	0,016	0,792
10	50	1482,30	448,80	0,7510	0,014	0,716
11	55	1464,10	430,60	0,6800	0,018	0,635
12	60	1440,80	407,30	0,5891	0,011	0,563
13	65	1427,30	393,80	0,5364	0,013	0,503
14	70	1410,00	376,50	0,4689	0,010	0,443
15	75	1396,80	363,30	0,4174	0,010	0,392
16	80	1383,80	350,30	0,3667	0,012	0,336
17	85	1368,30	334,80	0,3062	0,004	0,297
18	90	1363,50	330,00	0,2875	0,006	0,273
19	95	1356,20	322,70	0,2590	0,006	0,245
20	100	1348,90	315,40	0,2306	0,005	0,219
21	105	1342,80	309,30	0,2068	0,004	0,197
22	110	1337,60	304,10	0,1865	0,004	0,178
23	115	1333,10	299,60	0,1689	0,002	0,163
24	120	1330,00	296,50	0,1568	0,002	0,151
25	125	1327,10	293,60	0,1455	0,002	0,140
26	130	1324,40	290,90	0,1350	0,001	0,132
27	135	1322,70	289,20	0,1283	0,001	0,126
28	140	1321,60	288,10	0,1240	0,002	0,120
29	145	1319,60	286,10	0,1162	0,001	0,114
30	150	1318,60	285,10	0,1123	0,001	0,110
31	155	1317,50	284,00	0,1080	0,001	0,106
32	160	1316,40	282,90	0,1038	0,000	0,103
33	165	1315,90	282,40	0,1018	0,001	0,100
34	170	1315,10	281,60	0,0987	0,000	0,098
35	175	1314,70	281,20	0,0971	0,000	0,096
36	180	1314,20	280,70	0,0952	0,019	0,048

SB = 1033,5

S = 256,3

Tabla 20

Datos experimentales del proceso de secado de pituca a una temperatura de 55 °C y velocidad de 2,5 m/s.

N°	Tiempo (min)	P ₁ Peso bandeja + peso Pituca t (g)	P ₂ = P ₁ - SB Peso Pituca al tiempo t (g)	Y = (P ₂ -S) /S Humedad residual (g agua/ g Pituca seco)	-Dy/d = (Y _i - Y _{i+1}) /5 (g agua/ g pituca seco.min)	Y _m = (Y _i + Y _{i+1}) /2 (g agua/g pituca seco)
0	0	1748,60	716,80	2,3601	0,051	2,232
1	5	1693,80	662,00	2,1032	0,050	1,978
2	10	1640,50	608,70	1,8534	0,028	1,783
3	15	1610,40	578,60	1,7123	0,037	1,619
4	20	1570,70	538,90	1,5262	0,047	1,408
5	25	1520,10	488,30	1,2890	0,025	1,226
6	30	1493,30	461,50	1,1634	0,023	1,106
7	35	1468,80	437,00	1,0485	0,032	0,970
8	40	1435,10	403,30	0,8905	0,021	0,837
9	45	1412,30	380,50	0,7837	0,024	0,723
10	50	1386,40	354,60	0,6622	0,016	0,623
11	55	1369,50	337,70	0,5830	0,017	0,540
12	60	1351,20	319,40	0,4972	0,015	0,461
13	65	1335,70	303,90	0,4246	0,012	0,394
14	70	1322,60	290,80	0,3632	0,011	0,335
15	75	1310,50	278,70	0,3064	0,012	0,275
16	80	1297,20	265,40	0,2441	0,005	0,233
17	85	1292,30	260,50	0,2211	0,006	0,207
18	90	1286,30	254,50	0,1930	0,005	0,180
19	95	1280,60	248,80	0,1663	0,003	0,159
20	100	1277,30	245,50	0,1508	0,003	0,143
21	105	1273,90	242,10	0,1349	0,002	0,130
22	110	1271,90	240,10	0,1255	0,002	0,121
23	115	1270,00	238,20	0,1166	0,002	0,112
24	120	1268,20	236,40	0,1082	0,001	0,106
25	125	1267,20	235,40	0,1035	0,001	0,101
26	130	1266,30	234,50	0,0993	0,001	0,097
27	135	1265,40	233,60	0,0950	0,001	0,093
28	140	1264,50	232,70	0,0908	0,000	0,090
29	145	1264,00	232,20	0,0885	0,000	0,088
30	150	1264,00	232,20	0,0885	0,000	0,087
31	155	1263,50	231,70	0,0861	0,017	0,043

SB = 1031,8 S = 213,3

Tabla 21

Datos experimentales del proceso de secado de pituca a una temperatura de 55 °C y velocidad de 3,0 m/s.

N°	Tiempo (min)	P ₁ Peso bandeja + peso Pituca t (g)	P ₂ = P ₁ - SB Peso Pituca al tiempo t (g)	Y = (P ₂ -S) / S Humedad residual (g agua/ g Pituca seco)	-Dy/d = (Y _i - Y _{i+1}) / 5 (g agua/ g pituca seco.min)	Y _m = (Y _i + Y _{i+1}) / 2 (g agua/g pituca seco)
0	0	1899,20	864,60	2,0789	0,038	1,984
1	5	1846,10	811,50	1,8898	0,035	1,803
2	10	1797,20	762,60	1,7157	0,033	1,632
3	15	1750,30	715,70	1,5486	0,029	1,477
4	20	1709,90	675,30	1,4048	0,029	1,333
5	25	1669,60	635,00	1,2613	0,029	1,188
6	30	1628,30	593,70	1,1142	0,018	1,068
7	35	1602,40	567,80	1,0220	0,025	0,960
8	40	1567,40	532,80	0,8973	0,021	0,844
9	45	1537,30	502,70	0,7901	0,017	0,748
10	50	1513,70	479,10	0,7061	0,021	0,653
11	55	1483,60	449,00	0,5989	0,012	0,570
12	60	1467,20	432,60	0,5405	0,013	0,508
13	65	1449,10	414,50	0,4761	0,013	0,444
14	70	1431,30	396,70	0,4127	0,011	0,386
15	75	1416,10	381,50	0,3585	0,010	0,332
16	80	1401,40	366,80	0,3062	0,007	0,288
17	85	1391,20	356,60	0,2699	0,006	0,256
18	90	1383,20	348,60	0,2414	0,006	0,226
19	95	1374,80	340,20	0,2115	0,005	0,198
20	100	1367,30	332,70	0,1848	0,004	0,176
21	105	1362,10	327,50	0,1662	0,004	0,157
22	110	1356,90	322,30	0,1477	0,002	0,143
23	115	1354,20	319,60	0,1381	0,003	0,131
24	120	1350,40	315,80	0,1246	0,002	0,119
25	125	1347,30	312,70	0,1135	0,001	0,111
26	130	1345,90	311,30	0,1086	0,002	0,104
27	135	1343,60	309,00	0,1004	0,002	0,096
28	140	1341,40	306,80	0,0925	0,001	0,091
29	145	1340,60	306,00	0,0897	0,000	0,089
30	150	1340,30	305,70	0,0886	0,018	0,044
		SB = 1034,6		S = 280,8		

Tabla 22

Datos experimentales del proceso de secado de pituca a una temperatura de 55 °C y velocidad de 3,5 m/s.

N°	Tiempo (min)	P ₁ Peso bandeja + peso Pituca t (g)	P ₂ = P ₁ - SB Peso Pituca al tiempo t (g)	Y = (P ₂ -S) / S Humedad residual (g agua/ g Pituca seco)	-Dy/d = (Y _i - Y _{i+1}) / 5 (g agua/ g pituca seco.min)	Y _m = (Y _i + Y _{i+1}) / 2 (g agua/g pituca seco)
0	0	1865,60	831,00	2,4752	0,043	2,368
1	5	1814,20	779,60	2,2602	0,040	2,159
2	10	1765,90	731,30	2,0582	0,045	1,947
3	15	1712,60	678,00	1,8354	0,034	1,750
4	20	1671,80	637,20	1,6647	0,030	1,589
5	25	1635,50	600,90	1,5129	0,038	1,418
6	30	1590,10	555,50	1,3231	0,029	1,250
7	35	1555,20	520,60	1,1771	0,032	1,097
8	40	1517,10	482,50	1,0178	0,027	0,950
9	45	1484,90	450,30	0,8831	0,021	0,829
10	50	1459,20	424,60	0,7756	0,022	0,720
11	55	1432,70	398,10	0,6648	0,020	0,615
12	60	1409,10	374,50	0,5661	0,015	0,528
13	65	1390,90	356,30	0,4900	0,013	0,457
14	70	1375,30	340,70	0,4248	0,013	0,393
15	75	1359,90	325,30	0,3604	0,008	0,339
16	80	1349,80	315,20	0,3181	0,010	0,294
17	85	1338,20	303,60	0,2696	0,007	0,252
18	90	1329,60	295,00	0,2337	0,005	0,221
19	95	1323,50	288,90	0,2082	0,005	0,195
20	100	1317,10	282,50	0,1814	0,004	0,172
21	105	1312,60	278,00	0,1626	0,004	0,153
22	110	1307,90	273,30	0,1429	0,003	0,136
23	115	1304,70	270,10	0,1295	0,002	0,125
24	120	1302,30	267,70	0,1195	0,002	0,115
25	125	1300,10	265,50	0,1103	0,001	0,107
26	130	1298,40	263,80	0,1032	0,001	0,101
27	135	1297,20	262,60	0,0982	0,000	0,098
28	140	1297,00	262,40	0,0973	0,001	0,095
29	145	1295,70	261,10	0,0919	0,001	0,090
30	150	1294,90	260,30	0,0886	0,000	0,088
31	155	1294,80	260,20	0,0881	0,018	0,044
		SB = 1034,6	S = 239,1			

Anexo 2

Validación de coeficientes estimados para la regresión exponencial para cada uno de los tratamientos.

Tabla 23

Regresión exponencial. Temperatura de 45 °C y velocidad de 2,5 m/s

Factor	Coefficiente Estimado	Std. Error	t value	Pr(> t)	R	Exp(constante)
Constante	0.919	0.05	20.13	0.00	0.981	2.51
Tiempo	-0.017	0.00	-45.46	0.00		

Tabla 24

Regresión exponencial. Temperatura de 45 °C y velocidad de 3,0 m/s

Factor	Coefficiente Estimado	Std. Error	t value	Pr(> t)	R	Exp(constante)
Constante	1.032	0.03	31.36	0.00	0.990	2.81
Tiempo	-0.017	0.00	-61.74	0.00		

Tabla 25

Regresión exponencial. Temperatura de 45 °C y velocidad de 3,5 m/s

Factor	Coefficiente Estimado	Std. Error	t value	Pr(> t)	R	Exp(constante)
Constante	0.970	0.06	16.18	0.00	0.977	2.64
Tiempo	-0.025	0.00	-34.52	0.00		

Tabla 26

Regresión exponencial. Temperatura de 50 °C y velocidad de 2,5 m/s

Factor	Coefficiente Estimado	Std. Error	t value	Pr(> t)	R	Exp(constante)
Constante	0.827	0.03	25.72	0.00	0.991	2.29
Tiempo	-0.019	0.00	-59.73	0.00		

Tabla 27*Regresión exponencial. Temperatura de 50 °C y velocidad de 3,0 m/s*

Factor	Coefficiente Estimado	Std. Error	t value	Pr(> t)	R²	Exp(constante)
Constante	0.667	0.07	10.16	0.00	0.965	1.95
Tiempo	-0.019	0.00	-31.81	0.00		

Tabla 28*Regresión exponencial. Temperatura de 50 °C y velocidad de 3,5 m/s*

Factor	Coefficiente Estimado	Std. Error	t value	Pr(> t)	R²	Exp(constante)
Constante	0.622	0.05	11.34	0.00	0.974	1.86
Tiempo	-0.019	0.00	-35.99	0.00		

Tabla 29*Regresión exponencial. Temperatura de 55 °C y velocidad de 2,5 m/s*

Factor	Coefficiente Estimado	Std. Error	t value	Pr(> t)	R²	Exp(constante)
Constante	0.763	0.07	11.17	0.00	0.971	2.14
Tiempo	-0.024	0.00	-31.49	0.00		

Tabla 30*Regresión exponencial. Temperatura de 55 °C y velocidad de 3,0 m/s*

Factor	Coefficiente Estimado	Std. Error	t value	Pr(> t)	R²	Exp(constante)
Constante	0.746	0.03	22.67	0.00	0.992	2.11
Tiempo	-0.023	0.00	-60.97	0.00		

Tabla 31*Regresión exponencial. Temperatura de 55 °C y velocidad de 3,5 m/s*

Factor	Coefficiente Estimado	Std. Error	t value	Pr(> t)	R²	Exp(constante)
Constante	0.897	0.05	17.38	0.00	0.983	2.45
Tiempo	-0.024	0.00	-42.09	0.00		

Anexo 3

Data correspondiente a los análisis de características fisicoquímicas de la harina de pituca

Tabla 32*Datos correspondientes al análisis de las características fisicoquímicas de la harina de pituca (Colacasia esculenta) para cada uno de los tratamientos evaluados*

Tratamiento	Temperatura (°C)	Velocidad (m/s)	Repeticiones	Humedad harina	Cenizas
T1	45	2,5	R1	9,850	5,097
T1	45	2,5	R2	9,110	4,932
T1	45	2,5	R3	9,650	4,412
T2	45	3,0	R1	10,160	5,541
T2	45	3,0	R2	9,150	4,059
T2	45	3,0	R3	10,370	4,825
T3	45	3,5	R1	9,630	3,228
T3	45	3,5	R2	9,900	3,456
T3	45	3,5	R3	10,430	3,807
T4	50	2,5	R1	9,470	4,285
T4	50	2,5	R2	9,080	4,396
T4	50	2,5	R3	8,880	4,890
T5	50	3,0	R1	7,720	5,360
T5	50	3,0	R2	8,140	5,789
T5	50	3,0	R3	8,700	5,734
T6	50	3,5	R1	8,720	3,953
T6	50	3,5	R2	8,690	4,146
T6	50	3,5	R3	11,420	4,201
T7	55	2,5	R1	7,930	4,485
T7	55	2,5	R2	8,580	4,504
T7	55	2,5	R3	7,350	4,727
T8	55	3,0	R1	8,140	4,362
T8	55	3,0	R2	8,800	4,154
T8	55	3,0	R3	7,800	4,061

T9	55	3,5	R1	8,100	3,263
T9	55	3,5	R2	8,320	3,211
T9	55	3,5	R3	7,710	3,641

Figura 16

Gráficos de residuos de los porcentajes de humedad en la harina de pituca (Colocasia esculenta)

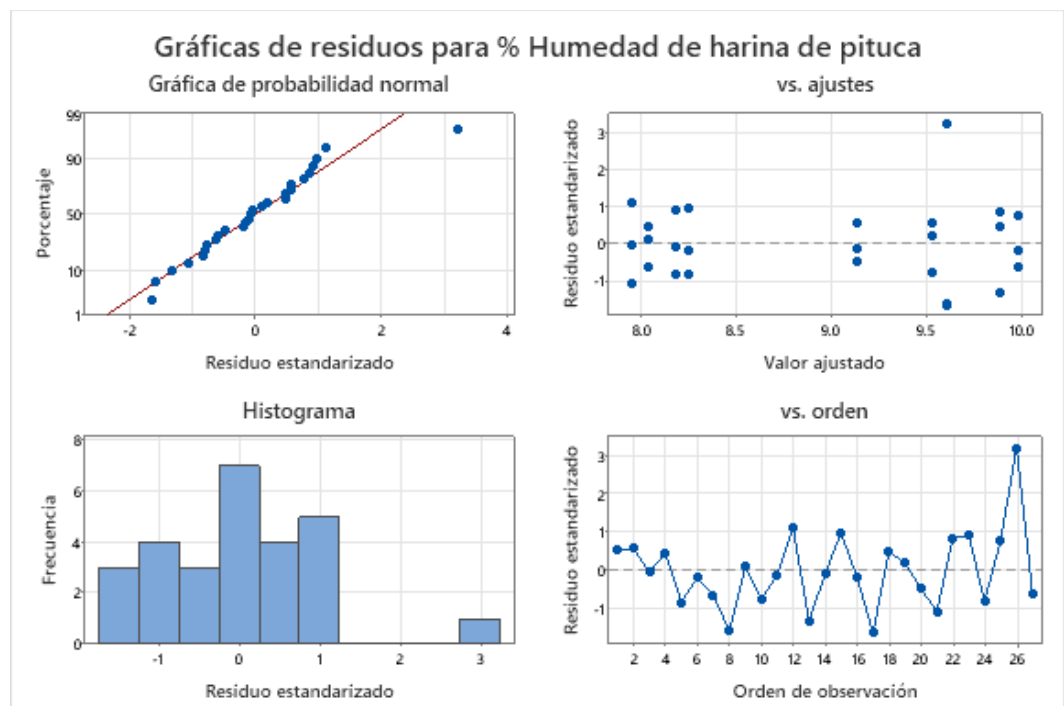
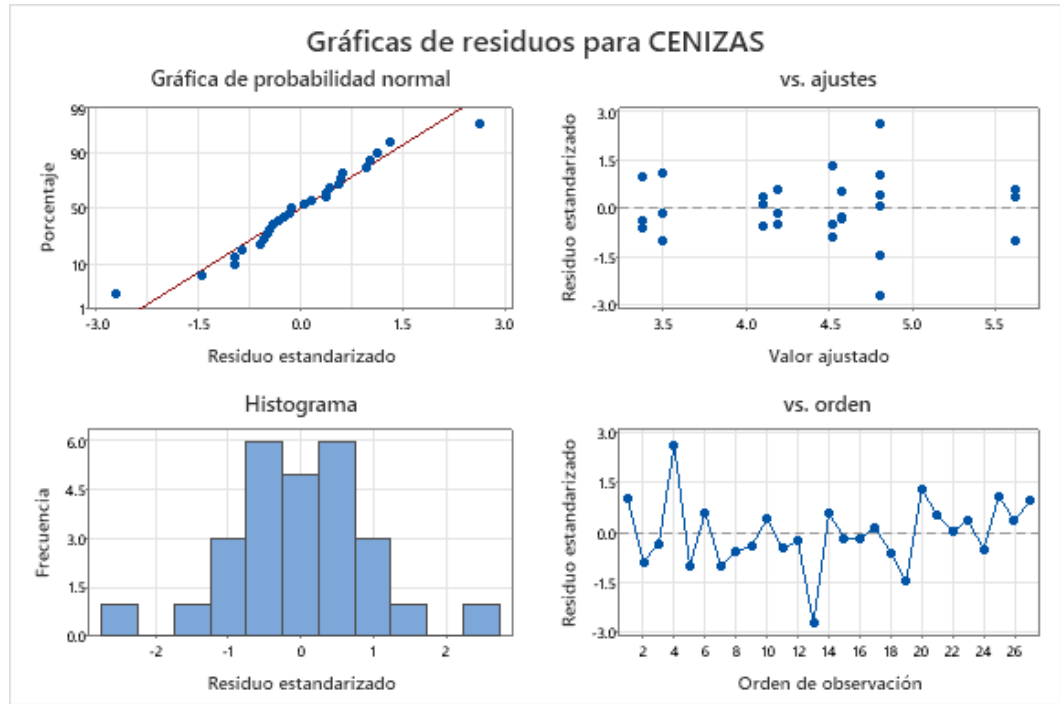


Figura 17

Gráficos de residuos de los porcentajes de cenizas en la harina de pituca (Colocasia esculenta)



Anexo 4

Data correspondiente a los análisis de características microbiológicas de la harina de pituca

Tabla 33

Datos correspondientes al análisis de las características microbiológicas de la harina de pituca (Colocasia esculenta) para cada uno de los tratamientos evaluados

Tratamiento	Repeticiones	Aerobios mesófilos	Mohos y levaduras
T1	R1	8100	7200
T1	R2	18000	9900
T1	R3	10800	11700
T2	R1	6300	9000
T2	R2	13500	11700
T2	R3	10800	10800
T3	R1	4500	9000
T3	R2	9900	7200
T3	R3	6300	3600
T4	R1	9900	8100
T4	R2	13500	7200
T4	R3	9000	7200

T5	R1	9900	5400
T5	R2	9000	4500
T5	R3	10800	7200
T6	R1	13500	1800
T6	R2	8100	1800
T6	R3	9000	3600
T7	R1	10800	11700
T7	R2	9900	10800
T7	R3	18000	8100
T8	R1	11700	11700
T8	R2	2700	4500
T8	R3	12600	6300
T9	R1	3600	4500
T9	R2	7200	1800
T9	R3	18900	9000

Anexo 5

Tablas correspondientes al análisis de las características sensoriales de la harina de pituca

Tabla 34

Puntajes sensoriales de la característica sabor, para cada uno de los tratamientos evaluados de la harina de pituca

Panelista	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	4	5	4	5	3	5	5	5	5
2	3	3	3	3	3	4	4	4	4
3	4	4	3	4	5	3	4	4	5
4	5	5	5	5	5	4	4	5	5
5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	4	4	4	4	3	4	4	5	5
7	4	3	4	4	4	4	3	4	5
8	4	5	4	4	5	5	5	5	4
9	5	5	5	5	4	4	5	5	5
10	3	3	4	4	4	4	4	4	4
11	2	3	4	2	4	3	1	3	3
12	4	4	4	4	3	3	3	4	4
13	4	4	4	4	3	4	4	4	4
14	5	2	4	1	5	2	3	1	2
15	4	4	4	4	4	5	4	3	3
16	3	3	3	4	4	4	5	5	4
17	5	5	5	4	4	5	4	5	5
18	4	5	4	5	5	5	5	4	4
19	4	4	4	5	5	5	5	5	5

20	4	3	2	3	1	4	5	4	2
21	4	4	4	4	5	5	5	5	5
22	4	3	4	3	4	3	4	4	3
23	3	2	2	3	3	3	3	3	3
24	4	4	5	3	4	4	5	3	4
25	2	3	4	4	3	3	2	3	4
26	3	4	3	4	3	4	3	4	3
27	4	4	4	4	3	4	3	5	4
28	4	4	4	4	4	4	4	4	3
29	4	3	4	3	3	3	4	3	4
30	3	4	4	3	4	3	4	4	4
31	4	4	4	4	4	4	4	4	3
32	4	4	4	4	3	5	4	4	5
33	5	4	4	5	5	4	5	5	4
34	5	5	5	4	4	4	4	4	4
35	4	4	4	4	4	4	4	4	4
36	4	4	4	4	4	4	4	4	4
37	5	5	5	5	5	5	5	4	5
38	4	5	4	4	5	3	3	4	5
39	4	4	4	4	4	4	4	4	5
40	4	4	4	4	4	4	4	4	5
41	4	4	4	4	4	4	4	4	5
42	3	3	3	4	3	3	4	5	5
43	4	4	4	4	4	4	4	4	4
44	4	4	4	4	4	5	4	4	5
45	5	5	5	5	5	5	5	4	5
46	4	4	4	5	4	4	5	4	4
47	4	4	4	4	4	4	4	4	3
48	3	4	3	4	3	3	5	3	4
49	4	4	3	4	3	4	3	4	4
50	4	4	4	4	4	4	4	4	3
51	4	3	4	4	4	4	4	4	4
52	4	4	4	4	3	2	4	4	4
53	2	4	4	2	3	4	4	2	5
54	4	4	4	4	3	3	3	3	4
55	4	4	4	4	4	5	4	4	4
56	4	4	4	4	5	4	4	4	5
57	4	4	4	4	4	3	5	3	5
58	4	4	4	4	2	4	4	4	4
59	4	4	4	4	4	5	4	4	5
60	4	4	4	3	4	4	3	4	4
61	4	5	4	4	5	3	4	5	4
62	4	5	4	4	4	5	5	5	5
63	4	4	5	4	4	4	4	5	4
64	4	4	4	4	4	4	4	4	4
65	3	4	4	4	2	2	2	4	4
66	4	4	3	3	4	3	4	3	4
67	3	3	3	3	4	4	4	4	4

68	4	3	4	4	4	4	4	3	4
69	4	4	4	2	4	2	4	4	4
70	4	5	5	4	4	5	4	5	4
71	4	4	3	3	3	1	4	4	3
72	4	4	5	3	5	4	4	3	5
73	5	4	5	5	4	4	4	4	5
74	4	5	5	5	5	5	5	5	5
75	5	5	4	4	5	4	3	5	5
76	4	5	5	5	5	5	5	5	5
77	4	4	4	4	5	4	5	5	5
78	3	5	2	4	3	4	4	3	4
79	5	3	2	3	2	3	5	4	3
80	4	5	5	5	4	3	4	4	4
81	5	5	4	4	4	5	4	4	5

Tabla 35

Puntajes sensoriales de la característica olor, para cada uno de los tratamientos evaluados de la harina de pituca

Panelista	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	3	4	4	4	4	4	5	5	5
2	2	2	2	2	3	3	4	4	4
3	1	2	3	1	4	5	3	4	5
4	5	4	5	5	4	1	5	5	5
5	2	2	2	2	3	4	1	1	1
6	4	4	4	3	4	3	4	5	5
7	3	3	3	3	3	4	4	5	5
8	4	4	3	3	4	4	5	4	3
9	4	3	4	4	3	4	5	4	5
10	3	3	3	4	4	3	4	4	5
11	3	2	3	4	3	4	4	4	4
12	3	4	3	3	4	4	4	4	4
13	4	3	3	3	4	3	3	4	4
14	1	3	3	2	4	5	5	2	4
15	4	4	4	4	4	3	5	3	2
16	3	3	2	4	3	3	3	4	5
17	5	5	5	3	4	5	4	5	5
18	4	4	5	4	5	3	5	5	4
19	2	4	4	2	3	3	3	4	1
20	5	2	4	4	5	5	3	2	4
21	4	4	5	4	3	2	4	4	3
22	3	2	2	2	3	3	3	4	3
23	2	2	2	3	3	4	3	2	3

24	4	4	2	2	3	2	5	5	3
25	4	3	3	4	3	4	3	3	2
26	2	3	1	1	1	4	4	5	2
27	2	2	1	1	3	3	4	5	3
28	4	4	4	4	4	4	4	3	3
29	3	4	4	2	3	2	4	3	3
30	4	3	3	2	4	4	3	3	3
31	3	3	4	2	4	2	4	3	3
32	3	3	3	4	4	4	4	4	4
33	4	4	5	5	5	4	5	3	4
34	3	4	3	2	3	4	4	3	3
35	3	4	3	3	4	4	4	3	4
36	3	4	3	3	4	4	4	3	4
37	5	4	5	4	4	5	5	4	4
38	4	5	4	4	5	4	4	4	5
39	3	3	3	3	4	2	4	3	5
40	3	2	2	3	2	2	3	3	4
41	3	2	2	3	3	2	3	4	5
42	4	4	4	4	4	4	4	4	5
43	3	2	3	4	4	4	4	5	4
44	4	5	5	4	4	2	4	4	5
45	4	4	5	5	5	5	5	5	5
46	3	3	3	4	4	4	4	3	4
47	3	2	3	4	4	3	3	4	3
48	3	2	3	3	3	4	5	5	3
49	3	3	2	2	2	3	4	4	4
50	3	4	3	3	3	4	4	3	3
51	3	3	3	3	3	3	3	3	3
52	3	4	4	3	4	3	3	4	4
53	4	4	4	4	1	2	4	4	4
54	4	4	4	4	4	4	4	3	4
55	4	4	4	3	4	5	4	5	5
56	4	4	4	4	5	4	4	4	5
57	4	4	4	4	3	4	5	3	4
58	4	4	4	4	4	4	4	4	4
59	4	4	4	4	5	5	4	4	5
60	2	2	3	3	3	3	2	3	4
61	4	4	4	3	4	5	5	4	5
62	4	4	4	3	5	3	4	4	4
63	3	3	4	4	5	5	4	3	4
64	2	2	2	3	3	3	3	3	2
65	3	3	3	3	4	3	3	3	4
66	3	3	3	4	3	4	3	4	4

67	3	3	3	3	4	4	4	4	4
68	3	3	3	4	4	3	4	4	4
69	2	4	2	4	5	2	2	2	1
70	4	3	4	2	4	4	4	5	5
71	4	4	2	3	4	2	4	4	3
72	3	4	3	5	3	4	4	3	4
73	3	3	5	3	3	4	4	5	4
74	3	3	4	4	5	5	4	5	5
75	4	5	4	3	4	3	4	4	4
76	3	4	4	3	5	5	5	4	5
77	3	5	3	3	4	4	4	4	4
78	4	4	2	1	4	3	5	3	2
79	4	5	3	3	2	3	4	2	4
80	4	3	5	3	3	4	4	2	3
81	4	2	3	3	1	3	4	3	4

Tabla 36

Puntajes sensoriales de la característica sabor, para cada uno de los tratamientos evaluados de la Harina de Pituca

Panelista	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	3	4	4	4	3	4	4	5	4
2	3	3	4	4	4	4	4	4	4
3	3	2	4	4	4	4	3	3	5
4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	4	5	4	5
6	4	4	3	2	3	3	5	4	5
7	3	3	4	4	4	4	5	4	5
8	5	4	3	4	4	5	5	4	5
9	3	4	4	3	4	4	5	5	5
10	3	2	3	3	3	2	4	3	5
11	4	3	3	5	4	4	5	3	4
12	4	4	4	4	4	3	3	3	3
13	3	3	3	3	3	3	4	4	5
14	2	1	2	4	2	1	4	4	5
15	4	4	3	4	4	4	4	4	4
16	4	4	3	1	4	3	3	5	2
17	5	5	5	4	4	5	5	5	5
18	4	5	5	5	5	5	5	4	5
19	3	5	5	5	4	4	4	5	4
20	1	2	2	3	4	5	4	1	3
21	3	4	5	3	5	4	3	5	4
22	3	3	2	2	3	2	4	3	2

23	4	3	3	2	3	4	3	3	2
24	2	4	5	4	2	2	3	2	4
25	2	3	4	3	3	3	2	3	3
26	1	2	3	4	4	3	2	5	2
27	1	3	3	4	4	3	2	5	2
28	2	4	5	2	4	4	4	3	3
29	3	4	3	4	5	4	3	4	4
30	5	4	3	4	4	4	4	5	5
31	3	3	5	3	3	5	4	2	1
32	4	3	4	4	4	3	5	4	5
33	5	5	5	5	4	5	5	3	5
34	3	2	3	2	3	3	3	3	3
35	3	4	3	3	3	3	3	4	4
36	3	4	4	3	3	3	3	4	5
37	5	5	4	5	4	5	3	4	5
38	4	4	4	4	4	3	3	4	5
39	4	4	5	4	4	3	5	5	5
40	4	3	4	3	3	3	5	5	5
41	4	4	4	4	4	3	5	5	5
42	3	3	3	3	3	3	4	4	4
43	4	4	4	5	5	4	4	5	4
44	5	5	4	5	5	3	5	5	5
45	5	4	5	5	5	5	5	4	5
46	4	2	4	5	2	3	5	4	4
47	3	3	3	3	3	4	3	3	4
48	4	3	3	3	3	4	4	4	3
49	2	2	2	2	3	2	2	4	3
50	3	3	3	5	3	3	4	4	3
51	3	3	4	4	3	3	3	3	3
52	2	3	3	2	4	2	3	2	3
53	2	3	2	3	5	3	4	3	2
54	3	2	3	3	3	3	3	3	3
55	4	4	4	4	4	4	4	4	4
56	4	3	4	4	5	4	4	4	5
57	4	4	4	4	4	4	4	3	4
58	4	4	5	4	5	5	3	4	3
59	4	4	4	4	5	4	4	4	4
60	3	3	3	3	2	3	2	2	3
61	5	4	4	5	4	4	4	5	4
62	4	4	4	4	5	5	4	4	5
63	3	3	3	3	5	4	4	3	3
64	3	3	2	4	2	2	2	2	2
65	3	3	3	3	2	2	3	3	3

66	4	3	3	4	4	3	4	3	4
67	3	3	4	5	4	4	4	4	4
68	4	4	4	4	4	4	2	4	4
69	4	4	2	2	2	2	4	4	4
70	3	3	4	4	4	5	4	5	5
71	4	4	2	1	4	1	4	4	3
72	3	3	3	3	4	4	5	3	2
73	3	4	4	5	4	4	4	4	3
74	3	3	3	3	3	4	4	5	5
75	3	5	3	4	4	3	4	4	3
76	4	4	5	4	4	4	4	4	5
77	4	3	4	4	4	4	5	4	4
78	5	3	4	3	4	4	5	3	4
79	3	3	4	3	2	3	5	4	4
80	4	3	4	4	3	4	4	4	4
81	3	4	3	4	3	4	3	3	4

Tabla 37

Puntajes sensoriales de la característica apariencia, para cada uno de los tratamientos evaluados de la harina de pituca

Panelista	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	4	5	5	5	3	5	5	5	5
2	3	3	3	3	3	3	4	4	4
3	3	3	2	4	4	5	4	3	4
4	5	5	4	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	3	5	5	5
6	4	4	4	3	3	4	4	5	5
7	3	3	4	4	4	4	4	5	5
8	3	4	4	3	3	4	4	4	4
9	4	4	4	4	4	4	5	5	5
10	3	3	4	4	4	5	4	3	5
11	4	5	4	4	2	3	5	3	4
12	4	4	3	3	3	4	4	3	3
13	3	3	3	3	3	5	4	4	5
14	4	5	1	3	3	4	4	5	3
15	4	4	4	3	5	3	4	4	4
16	3	3	2	4	4	4	3	4	4
17	5	5	5	4	4	4	4	4	4
18	4	4	4	4	5	5	4	4	4
19	4	4	5	4	5	1	5	5	4
20	3	4	5	5	2	5	2	3	5
21	4	5	5	4	4	3	5	5	5

22	2	4	3	2	4	3	5	4	3
23	3	3	3	3	3	3	3	3	3
24	4	4	5	3	3	3	4	2	4
25	2	3	4	4	3	4	3	3	3
26	2	3	4	4	3	4	4	5	4
27	3	4	4	4	3	4	4	4	3
28	4	4	4	4	4	4	4	4	3
29	4	3	3	4	4	3	4	3	3
30	4	4	4	3	4	3	4	4	3
31	3	3	4	4	4	4	4	4	2
32	4	4	4	4	4	4	4	3	5
33	4	4	4	5	4	4	5	4	3
34	2	3	4	3	4	4	4	4	4
35	4	3	3	4	3	4	4	3	4
36	4	3	4	3	4	4	4	5	4
37	5	5	5	5	5	5	5	4	5
38	4	4	4	4	5	3	4	5	4
39	4	4	4	4	4	4	5	4	5
40	4	4	4	4	3	4	4	4	5
41	4	4	4	4	4	4	4	5	5
42	4	4	4	4	4	4	5	4	5
43	4	4	4	4	4	4	4	4	4
44	5	3	4	5	4	3	5	5	5
45	5	5	5	5	5	5	5	4	5
46	4	3	3	4	4	3	4	3	3
47	3	3	4	4	3	3	4	4	3
48	4	3	4	3	2	3	3	4	4
49	3	3	3	3	4	4	4	3	3
50	4	3	4	4	4	3	3	4	4
51	5	4	4	4	4	4	4	4	3
52	4	3	3	4	2	3	4	3	3
53	3	2	3	1	4	4	3	3	3
54	3	3	3	3	3	3	3	4	3
55	3	4	4	4	4	4	4	4	4
56	4	4	4	4	5	4	4	4	5
57	5	4	4	4	4	4	4	4	4
58	4	4	4	4	4	4	4	4	4
59	4	4	4	4	5	4	4	4	4
60	3	4	4	4	3	3	4	2	3
61	5	5	5	4	4	5	4	4	5
62	4	4	4	4	4	4	4	4	5
63	4	4	5	4	3	4	4	3	4
64	3	3	3	3	3	3	3	4	2

65	4	4	4	3	3	3	3	3	4
66	4	4	3	3	3	4	3	4	4
67	3	3	3	4	3	4	4	3	3
68	3	4	4	4	4	3	3	2	4
69	4	4	2	4	2	2	2	4	4
70	4	3	4	3	3	3	4	4	5
71	4	2	2	2	2	1	4	4	1
72	5	3	5	5	4	4	5	5	3
73	4	4	4	5	3	5	4	5	4
74	4	4	4	3	4	4	4	3	5
75	5	3	3	5	3	3	4	5	4
76	4	5	5	4	5	4	5	4	5
77	4	4	4	5	5	4	4	2	4
78	2	5	2	2	2	4	3	4	1
79	3	4	3	3	2	3	4	4	5
80	5	5	4	5	4	4	4	4	4
81	3	4	4	3	3	4	4	3	4

Tabla 38

Puntajes sensoriales de la característica textura, para cada uno de los tratamientos evaluados de la harina de pituca

Panelista	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	4	4	4	5	3	4	5	5	5
2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
3	3	2	2	4	5	3	2	3	4
4	4	5	5	5	5	4	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	4	4	3	3	3	3	4	5	5
7	4	3	3	4	4	4	3	4	4
8	4	5	4	4	3	3	4	3	4
9	4	4	4	4	4	3	5	5	5
10	2	3	4	4	4	4	4	4	5
11	2	3	2	2	3	5	3	5	4
12	4	4	4	4	3	3	3	4	4
13	3	4	4	3	3	4	5	4	5
14	3	4	5	5	1	4	1	3	1
15	4	3	4	3	5	4	4	4	4
16	4	3	3	5	4	3	4	3	4
17	5	5	5	4	4	4	4	5	5
18	4	4	5	4	4	5	4	4	4
19	3	4	4	4	4	4	4	4	4
20	2	5	1	2	3	4	4	5	4

21	5	5	5	5	4	5	5	5	5
22	3	3	3	3	4	2	4	3	4
23	4	3	3	3	4	4	3	3	2
24	2	4	5	2	3	4	4	2	2
25	3	4	4	3	3	4	3	2	3
26	3	4	3	4	2	4	4	5	3
27	3	2	3	4	2	4	3	3	3
28	4	4	4	4	4	4	4	4	3
29	4	4	3	3	5	3	4	4	4
30	4	3	4	4	4	4	4	3	4
31	4	4	4	4	4	4	4	3	3
32	4	4	4	3	4	4	4	3	5
33	4	3	4	3	3	4	5	4	4
34	4	4	4	4	4	4	4	4	4
35	4	4	4	4	4	3	4	4	4
36	4	4	4	5	4	4	4	4	4
37	5	4	4	4	4	5	4	4	4
38	4	4	4	5	4	3	4	4	5
39	4	4	5	5	5	5	4	4	5
40	4	4	4	5	3	4	4	4	5
41	4	4	4	5	4	4	4	4	5
42	4	4	4	5	4	4	5	5	5
43	5	5	5	5	5	5	5	5	5
44	4	5	5	5	5	4	4	4	5
45	5	5	5	4	5	5	5	5	5
46	4	3	3	3	3	3	4	3	5
47	3	5	4	4	3	4	4	3	3
48	3	4	4	3	3	3	3	3	4
49	3	4	3	3	3	4	4	5	5
50	5	5	5	5	5	5	3	4	4
51	5	5	5	4	5	5	5	5	4
52	4	4	4	2	4	4	4	3	4
53	1	3	1	4	3	1	1	1	1
54	3	4	4	3	4	4	4	4	4
55	3	4	4	4	4	4	4	4	4
56	4	4	4	4	5	4	4	4	5
57	4	4	4	4	4	4	4	4	4
58	5	5	4	4	3	4	4	4	4
59	4	4	4	4	4	4	4	4	4
60	4	3	3	2	2	4	3	3	2
61	4	5	3	3	4	4	5	5	4
62	3	4	4	4	4	4	5	4	5
63	4	3	4	3	4	3	4	4	5

64	4	4	2	4	4	4	4	4	3
65	4	2	3	3	2	2	3	4	4
66	3	4	4	4	3	3	3	4	3
67	3	3	3	4	4	4	4	4	4
68	4	4	4	4	4	4	4	4	4
69	4	4	2	4	2	2	2	5	4
70	5	5	4	4	4	4	4	4	5
71	4	2	2	2	3	2	4	3	3
72	5	5	5	4	5	5	3	4	4
73	5	4	4	5	4	4	5	4	4
74	4	4	4	4	5	4	4	5	5
75	3	4	4	4	3	4	3	4	3
76	4	4	5	5	4	5	4	5	4
77	4	4	3	4	3	4	4	5	4
78	1	5	2	5	3	4	3	2	3
79	3	4	3	3	3	2	4	3	2
80	4	5	5	5	5	3	4	4	5
81	4	4	4	4	4	3	3	4	5

Anexo 6

Galería de las operaciones de obtención de harina de pituca



Figura 18. Tubérculo de la pituca



Figura 19. Lavado manual de la pituca



Figura 20. Ecurrido del tubérculo de la pituca



Figura 21. Tubérculo de la pituca lavadas



Figura 22. Pesado del tubérculo de la pituca



Figura 23. Pituca pelada



Figura 24. Láminas de la pituca



Figura 25. Láminas de pituca en las bandejas para deshidratado



Figura 26. Secador de bandejas por aire forzado



Figura 27. Control de temperatura y de la velocidad del aire forzado



Figura 28. Proceso de secado



Figura 29. Control de peso de las láminas



Figura 30. Láminas de la pituca después del proceso de secado



Figura 31. Láminas de la pituca deshidratada en el desecador



Figura 32. Láminas de pituca deshidratadas



Figura 33. Molienda de las láminas de la pituca para obtención de harina



Figura 34. Pituca molida



Figura 35. Tamizado de la pituca molida para la obtención de su harina mediante un tamizador



Figura 36. Envasado de harina de pituca



Figura 37. Harina de pituca envasada

Anexo 7

Galería de los análisis fisicoquímicos de la harina de pituca



Figura 38. Muestras y placas humedad



Figura 39. Pesado de placas y muestra humedad



Figura 40. Placas con muestra en la estufa



Figura 41. Muestras y placas secas



Figura 42. Pesado de placas y muestra secas



Figura 43. Muestras de harina de pituca y crisoles vacíos



Figura 44. Pesado de crisol y muestra



Figura 45. Crisoles con muestra en la mufla



Figura 46. Calcinado de la muestra



Figura 47. Enfriado de las cenizas



Figura 48. Pesado de crisol y cenizas

Anexo 8

Galería de los análisis microbiológicos de la harina de pituca



Figura 49. Preparando Placas



Figura 50. Preparación de materiales



Figura 51. Esterilizado de placas



Figura 52. Pesado de los cálculos de los medios de cultivo



Figura 53. Calentamiento de los medios de cultivo.



Figura 54. Preparación de los medios de cultivo y muestras de harina de pituca



Figura 55. Dilución de los reactivos con harina de pituca para la siembra.

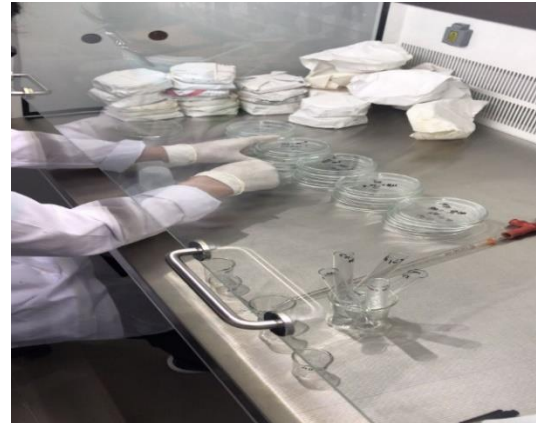


Figura 56. Comienzo de siembra.



Figura 57. Incubación



Figura 58. Conteo de colonias

Anexo 9

Galería de los análisis sensoriales de la harina de pituca



Figura 59 Impartiendo charlas de información a los estudiantes panelistas



Figura 60. Explicación del procedimiento del análisis sensorial mediante escala hedónica



Figura 61. Ejecución del análisis sensorial

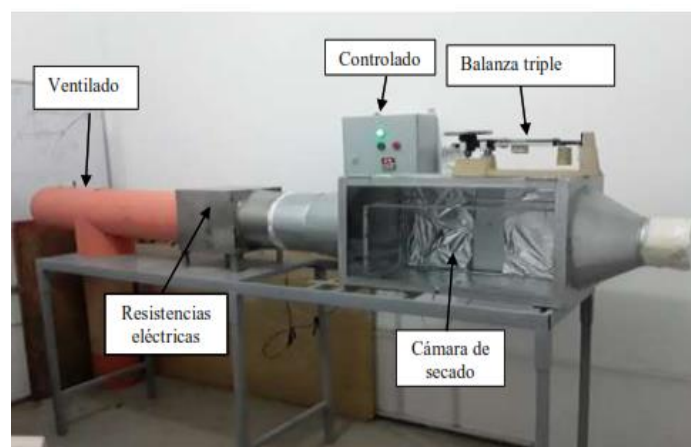





Figura 62. Secador de bandejas

Anexo 10

Ficha de evaluación sensorial utilizada para los 9 tratamientos por los investigadores



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CREADA POR LEY N° 20584
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN N° 961-2018-BUNEDJ
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"


EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA
 Nombres y apellidos: Brayan Raul Ramirez Gresa Fecha: 14/07/2022

Instrucciones: Por favor califica las muestras de Harina de pituca Colocando según su puntuación en el recuadro correspondiente.

Puntaje	Calificación
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta moderadamente
3	No me gusta ni me disgusta
4	Me gusta moderadamente
5	Me gusta mucho

Tramio	Temperatura (°C)	Velocidad (m/s)	Repetición	Color	Olor	Aparencia	Textura	Sabor
T1	45	2.5	R3	5	4	3	4	3
T2	45	3.0	R3	5	2	4	4	4
T3	45	3.5	R3	4	3	4	4	3
T4	50	2.5	R3	4	3	3	4	4
T5	50	3.0	R3	4	1	3	4	3
T6	50	3.5	R3	5	3	4	3	4
T7	55	2.5	R3	4	4	4	3	4
T8	55	3.0	R3	4	3	4	4	3
T9	55	3.5	R3	5	4	4	5	4

Nombres y apellido
 Instrucciones: Por puntuación en el rec

Tramio	Temperatura (°C)
T1	45
T2	45
T3	45
T4	50
T5	50
T6	50
T7	55
T8	55
T9	55

Tramio
T1
T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
T9

Anexo 11

Data de Operacionalización de variables

Tabla 39

Tabla de Operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Escala
V. independiente:	Las diferentes temperaturas son bastante considerables en la velocidad de aire al inicio del secado (Cerron y Junchaya, 2019)	Son valores de operación del secador de bandejas con aire forzado.	Física	45 50 55	°C
. Temperatura de aire . Velocidad de aire			Física	2,5 3,0 3,5	m/s
V. dependiente:	Son valores que pueden indicar que la dependencia de humedad del material y la intensidad de evaporación con el tiempo (Velásquez V. , 2007).	Dependencia entre la humedad residual y el tiempo de evaporación.	Parámetros cinéticos	Humedad residual Humedad equilibrio	g agua/ g seco
. Proceso de secado			Modelo cinético de secado	Henderson y Pabis	Nominal
. Calidad sensorial de la harina	Harina es el polvo más o menos fino que resulta de la molienda de trozos de pituca deshidratada (Sifre Maria, 2018).	Producto obtenido de la molienda de trozos de pituca deshidratada que presenta características organolépticas y sensoriales aceptables.	Características fisicoquímicas	Humedad Cenizas	%
			Características sensoriales	Textura Apariencia Olor Color Sabor	Hedónica
			Característica microbiológica	Aeróbicas Mesófilas, Mohos y Levaduras, Escherichia coli	UFC/g