

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**TEMPERATURA Y ESPESOR DE RODAJAS, PARA SECAR ÑAME
BLANCO (*Dioscorea trifida*) Y PRODUCIR HARINA**

TESIS PRESENTADA POR

BACH. FLORESMILDA CRUZ CHINGUEL

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

ASESOR: Mg.SC. LUIS ALBERTO NÚÑEZ ALEJOS

CO-ASESOR: Ph.D. OMAR ZEBALLOS CÁCERES

JAÉN – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

JURADO EVALUADOR



Dr. HONORATO CCALLI PACCO

PRESIDENTE



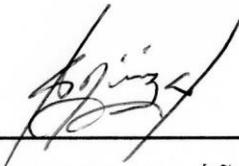
Mg. SEGUNDO ALIPIO CRUZ HOYOS

SECRETARIO



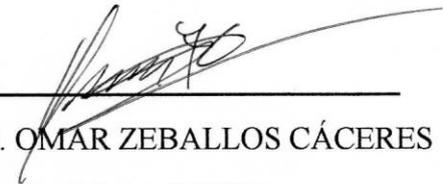
Mg. MARTÍN DÍAZ TORRES

MIEMBRO



Mg.sc. LUIS ALBERTO NÚÑEZ ALEJOS

ASESOR



Ph.D. OMAR ZEBALLOS CÁCERES

CO - ASESOR

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros de Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por la ex-estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias – UNJ, Bach. FLORESMILDA CRUZ CHINGUEL, intitulado “TEMPERATURA Y ESPESOR DE RODAJAS, UTILIZANDO UN SECADOR PARA OBTENER HARINA DE ÑAME (*Dioscorea trifida*).

Luego de escuchar las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

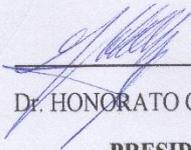
..... *Aprobada*

Con el calificativo de

..... *Muy buena*

En consecuencia, queda en condición de ser considerado APTO y recibir el Título de INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.

Jaén, 22 de marzo del 2018



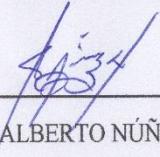
DR. HONORATO CCALLI PACCO
PRESIDENTE



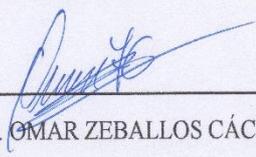
Mg. SEGUNDO ALIPIO CRUZ HOYOS
SECRETARIO



Mg. MARTÍN DÍAZ TORRES
MIEMBRO



Mg.sc. LUIS ALBERTO NÚÑEZ ALEJOS
ASESOR



Ph.D. OMAR ZEBALLOS CÁCERES
CO - ASESOR

DEDICATORIA

- A Dios porque me dio la vida, todas la fuerzas y ganas para seguir en el camino correcto de culminar exitosamente mi carrera profesional.
- A mis padres Pascuala Chinguel Machado y Altemiro Cruz Paico, quienes se esforzaron por darme lo necesario para terminar mi carrera profesional y su amor incondicional, fueron los que me impulsaron para no rendirme y culminar mis estudios.
- A mi hermana Alicia Cruz Chinguel, que me apoyo en lo necesario.

AGRADECIMIENTO

- Al M.sc Luis Alberto Núñez Alejos, por haberme orientado y asesorado durante el desarrollo del trabajo de investigación.
- Al Ph.D. Omar Zeballos Cáceres por haberme apoyado en la parte estadística.
- Al Dr. Honorato Ccalli Pacco por haberme apoyado en la parte del secado para así realizar el trabajo de investigación.
- A mi abuela Margarita Machado Lizana, quien fue la que me apoyó para conseguir la materia prima necesaria para la realización de este trabajo de investigación.
- A todas las personas que colaboraron en mi formación profesional y apoyaron durante el proceso de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL	Pág.
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
1.1. Ñame (<i>Dioscorea trifida</i>).....	14
1.2. Valor nutricional del ñame.....	15
1.3. Influencia de la temperatura de secado a las características fisicoquímicas	16
1.4. Secado	17
1.4.1. Condiciones de secado.....	18
1.5. Equipos de secado	20
1.5.1. Secadero de armario (bandejas).....	20
1.5.2. Secadero de túnel.....	20
1.5.3. Secadero de cinta transportadora	20
1.5.4. Secadero rotatorio	21
1.6. Harinas sucedáneas	21
1.6.1. Harina de maíz de guineo (<i>Sorghum bicolor</i> L.)	23
1.6.2. Harina de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	24
1.7. Características fisicoquímicas a evaluar a la harina de ñame (<i>Dioscorea trifida</i>).....	27
1.7.1. Humedad.....	27
1.7.2. Cenizas.....	28
1.7.3. Proteínas.....	30
1.7.4. Grasas.....	31
1.7.5. Fibra	33
1.7.6. Acidez titulable.....	33
1.8. Microbiología en alimentos.....	34
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	36
2.1. Lugar de ejecución	36
2.2. Materiales	36
2.2.1. Materia prima.....	36
2.2.2. Reactivos.....	36
2.2.3. Materiales de laboratorio	37
2.2.4. Equipos	38
2.2.5. Material microbiológico	38
2.2.6. Características del secador de bandejas por aire forzado usado	39
2.3. Métodos.....	40
2.3.1. Método estadístico	40
2.3.2. Descripción del proceso de secado del ñame (<i>Dioscorea trifida</i>)	40
2.3.3. Descripción del proceso de obtención de harina de ñame (<i>Dioscorea trifida</i>).....	42

2.4.	Variables a evaluar para determinar las características fisicoquímicas de la harina de ñame (<i>Dioscorea trifida</i>).	43
2.4.1.	Determinación de humedad (método estufa).	43
2.4.2.	Determinación de ceniza totales (método: mufla) a 550 °C.	44
2.4.3.	Determinación de proteína método kjeldahl – equipo automático	45
2.4.4.	Determinación de grasa	46
2.4.5.	Determinación de fibra bruta.	47
2.4.6.	Acidez titulable	48
2.5.	Análisis microbiológico	49
2.5.1.	Recuento en placa de aerobios	49
2.5.2.	Método del número más probable (nmp) coliformes.	50
2.5.3.	Recuento de mohos y levaduras.	50
2.5.4.	Salmonella.	51
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES		53
3.1.	Curvas de secado	53
3.2.	Evaluación estadística de los análisis fisicoquímicos realizados a la harina	56
3.3.	Análisis microbiológicos de la harina de ñame	63
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES		65
CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES		66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		67
ANEXOS		69

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1: Clasificación taxonómica	14
Tabla 2: Caracterización de la fécula de ñame (<i>Dioscorea spp.</i>).....	16
Tabla 3: Requisitos físico químicos de harinas sucedáneas de trigo para consumo humano	22
Tabla 4: Requisitos microbiológicos para harinas y sémolas.....	22
Tabla 5: Análisis fisicoquímicos de las muestras secas de harina del grano de <i>Sorghum bicolor L.</i>	23
Tabla 6: características fisicoquímicas de la harina de papa sin cáscara.....	25
Tabla 7: Composición químico proximal de sucedáneos de trigo.....	26
Tabla 8: Contenido de humedad en diferentes alimentos.....	27
Tabla 9: Contenido en cenizas de algunos alimentos.	29
Tabla 10: Contenido de proteínas de algunos alimentos.	30
Tabla 11: Contenido de grasas de algunos alimentos.....	32
Tabla 12: Requisitos microbiológicos para harinas y sémolas.....	34
Tabla 13: Fuentes de variabilidad y grados de libertad	40
Tabla 14: Efectos principales	56
Tabla 15: Temperatura en espesor.....	57
Tabla 16: Espesor en temperatura	57
Tabla 17: Efectos principales.	58
Tabla 18: Temperatura en Espesor.	58
Tabla 19: Espesor en Temperatura.	58
Tabla 20: Efectos principales.	59
Tabla 21: Temperatura en Espesor.	60
Tabla 22: Espesor en Temperatura.	60
Tabla 23: Efectos principales.	61
Tabla 24: Efectos principales	62
Tabla 25: Resultados de aerobios mesófilos.....	63
Tabla 26: Resultados coliformes encontrados en la harina	63
Tabla 27: Resultados de hongos y levaduras encontrados en la harina.	64
Tabla 28: resultados de salmonella encontrada en la harina.	64
Tabla 29: Análisis fisicoquímicos realizados a las muestras de harina.....	69
Tabla 30: ANVA obtenido con transformación angular de datos provenientes de porcentajes.	70
Tabla 31: ANVA de efectos simples	70
Tabla 32: ANVA obtenido con transformación angular de datos provenientes de porcentajes.	70
Tabla 33: ANVA de efectos simples.	71
Tabla 34: ANVA obtenido con transformación angular de datos provenientes de porcentajes.	71
Tabla 35: ANVA de efectos simples.	71
Tabla 36: ANVA obtenido con transformación angular de datos provenientes de porcentajes.	72

Tabla 37: ANVA obtenido con transformación angular de datos provenientes de porcentajes.	72
Tabla 38: Pérdida de peso, porcentaje de humedad y relación de humedad para las rodajas de 5 mm secas a temperaturas de 50 °C.	73
Tabla 39: Pérdida de peso, porcentaje de humedad y relación de humedad para las rodajas de 5 mm secas a temperaturas de 60 °C.	74
Tabla 40: Pérdida de peso, porcentaje de humedad y relación de humedad para las rodajas de 5 mm secas a temperaturas de 70 °C.	75
Tabla 41: Pérdida de peso, porcentaje de humedad y relación de humedad para las rodajas de 10 mm secas a temperaturas de 50 °C.	76
Tabla 42: Pérdida de peso, porcentaje de humedad y relación de humedad para las rodajas de 10 mm secas a temperaturas de 60 °C.	78
Tabla 43: Pérdida de peso, porcentaje de humedad y relación de humedad para las rodajas de 10 mm secas a temperaturas de 70 °C.	79
Tabla 44: Pérdida de peso, porcentaje de humedad y relación de humedad para las rodajas de 15 mm secas a temperaturas de 50 °C.	80
Tabla 45: Pérdida de peso, porcentaje de humedad y relación de humedad para las rodajas de 15 mm secas a temperaturas de 60 °C.	82
Tabla 46: Pérdida de peso, porcentaje de humedad y relación de humedad para las rodajas de 15 mm secas a temperaturas de 70 °C.	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1: Frutos del ñame blanco (Dioscorea trifida).....	15
Figura 2: Secador de bandejas por aire forzado	39
Figura 3: sistema de calentamiento donde están instaladas las resistencias eléctricas y el ventilador.....	39
Figura 4: Flujograma para el secado del ñame (Dioscorea trifida).	42
Figura 5: Flujograma para obtención de harina.....	43
Figura 6: Pérdida de humedad, espesor de 5 mm, temperaturas de 50, 60 y 70 °C	53
Figura 7: Pérdida de humedad, espesor 10 mm, temperaturas de 50 , 60 y 70 °C	54
Figura 8: Pérdida de humedad, espesor de 15 mm, temperaturas de 50, 60 y 70 °C	55
Figura 9: Relación de humedad vs tiempo para el espesor de rodaja de 5 mm.....	85
Figura 10: Relación de humedad vs tiempo para el espesor de rodaja de 10 mm.....	86
Figura 11:Relación de humedad vs tiempo para el espesor de rodaja de 15 mm.....	86
Figura 12: Frutos del ñame (Dioscorea trifida)	87
Figura 13: Sumergido de rodajas en solución de ácido cítrico.....	87
Figura 14: Pesado de rodajas después de salir de la solución de ácido cítrico.....	87
Figura 15: Rodajas secando	87
Figura 17: Harina de ñame	87
Figura 16: Pesado de rodajas secas.....	87
Figura 18: Análisis para determinar la humedad.....	88
Figura 19: Análisis para determinación de acidez titulable.....	88
Figura 21: Muestra en la mufla para determinar cenizas.....	88
Figura 20: Viraje de la muestra para determinar acidez titulable	88
Figura 22: Digestión de la muestra para determinar proteínas	88
Figura 23: Muestra en proceso de titulación para determinar proteínas.....	88
Figura 25: Análisis para determinar fibra.....	89
Figura 24: Análisis para determinar grasas	89
Figura 27: Tubos para análisis de coliformes	89
Figura 26: Placas con análisis de hongos	89

ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

ANEXO 1: Análisis fisicoquímicos realizados a la harina de ñame (Dioscorea trifida)	69
ANEXO 2: Evaluación estadística para el porcentaje de humedad.....	70
ANEXO 3: Evaluación estadística para el porcentaje de cenizas.	70
ANEXO 4: Evaluación estadística para el porcentaje de fibra cruda.....	71
ANEXO 5: Evaluación estadística para el porcentaje de grasas.	72
ANEXO 6: Evaluación estadística para el porcentaje de proteínas.....	72
ANEXO 7: Datos experimentales del secado del ñame.	73
ANEXO 8: Gráficas de la relación de humedad vs tiempo.....	85
ANEXO 9: Fotos del proceso para obtención de harina de ñame (Dioscorea trifida)	87
ANEXO 10: Fotos del análisis fisicoquímico de la harina de ñame (Dioscorea trifida).....	88
ANEXO 11: Fotos del análisis microbiológico a la harina de ñame (Dioscorea trifida)	89

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar la mejor temperatura y espesor de rodaja para secar el ñame blanco (*Dioscorea trifida*) y producir harina. El ñame se peló y sumergió en solución de ácido cítrico al 0.1 %, durante 10 minutos, se cortó en rodajas con espesores de $E_1 = 5$, $E_2 = 10$ y $E_3 = 15$ mm, estas muestras fueron llevadas a secar en un secador de bandejas por aire forzado, a temperaturas de $T_1 = 50$, $T_2 = 60$ y $T_3 = 70$ °C, todos los tratamientos fueron molidos en un molino tradicional de granos, tamizado en tamiz de malla N° 50 y envasado en bolsas plásticas herméticas de polietileno. Se determinó el efecto que causa la temperatura en sus características fisicoquímicas, empleando un diseño completamente al azar con arreglo factorial de dos factores: temperatura (50, 60 y 70 °C) y espesor de rodaja (5, 10 y 15 mm). Según las características fisicoquímicas se determinó que las temperaturas de 50 y 70 °C, espesores de 5, 10 y 15 mm son mejores para obtener harina, bajo un nivel de significancia del 5 %; la composición química proximal se obtuvo en promedio igual a una humedad 8.14%, cenizas 2.664%, fibra 2.6673%, grasa 0.2333%, proteínas 7.1503% y acidez titulable 0.136% y las características microbiológicas de la harina se encuentran dentro del rango establecido por la norma de DIGESA.

Palabras clave: secado, harina de ñame (*Dioscorea trifida*), características fisicoquímicas.

ABSTRACT

The objective was to determine the best temperature and thickness of slices to dry white yam (*Dioscorea trifida*) and produce flour. The yam was peeled and immersed in 0.1% citric acid solution, for 10 minutes, cut into slices with thicknesses of E1 = 5, E2 = 10 and E3 = 15 mm, these samples were taken to dry in a tray dryer by forced air, at temperatures of T1 = 50, T2 = 60 and T3 = 70 ° C, all the treatments were milled in a traditional grain mill, sieved in No. 50 mesh screen and packed in hermetic polyethylene plastic bags. The effect that the temperature causes on its physicochemical characteristics was determined, using a completely random design with a factorial arrangement of two factors: temperature (50, 60 and 70 ° C) and slice thickness (5, 10 and 15 mm). According to physicochemical characteristics it was determined that temperatures of 50 and 70 ° C, thicknesses of 5, 10 and 15 mm are better to obtain flour, under a level of significance of 5%; the proximal chemical composition was obtained on average equal to 8.14% moisture, 2.664% ash, 2.6673% fiber, 0.2333% fat, 7.1503% protein and 0.136% titulable acidity and the microbiological characteristics of the flour are within the range established by the DIGESA standard.

Key words: dried, yam flour (*Dioscorea trifida*), physicochemical characteristics.

INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta que la población mundial crece cada día y se busca nuevas alternativas de alimentos, el ñame y sus subproductos sería una de esas alternativas, por lo que la harina de ñame no solo aportaría a nivel local para la alimentación de las personas, sino también para a futuro sería beneficioso tener una alternativa más en alimentos, no solo el ñame en producto fresco sino también en harina.

El secado es un método de preservación de alimentos y se convierte en una excelente alternativa para prolongar el periodo de vida útil del tubérculo, secar el ñame (*Dioscorea trifida*) sería muy útil debido a que se aprovecharía al máximo toda la materia prima que no es consumida en fresco y evitaríamos pérdidas del producto, sería transformada en harina y ser aprovechada en diferentes subproductos.

Así como Cárdenas (2012) que secó papa de la variedad canchan para obtener harina y esta pueda ser evaluada fisicoquímicamente, también determinar las condiciones óptimas de secado para evitar el pardeamiento no enzimático. Otro ejemplo sería de Dávila y Vergara (2017) que obtuvieron harina de *Sorghum bicolor* L. (maíz de guineo) para ser aplicada como harina sucedánea en la panificación.

Para secar el ñame (*Dioscorea trifida*) puede ser secado mediante exposición al sol o utilizando diferentes equipos de secado, donde se puede controlar la temperatura de secado un ejemplo sería un secador de bandejas por aire forzado el que se utilizó para esta investigación. El secado del ñame, las características fisicoquímicas y microbiológicas de la harina de ñame dependen de la temperatura y espesor de rodajas utilizadas en el secado del ñame.

Por ello el estudio se centró en determinar la temperatura y el espesor de rodaja, para secar ñame blanco (*Dioscorea trifida*) y producir harina. Utilizando como variables las temperaturas de 50, 60, 70 °C y espesor de rodajas de ñame (*Dioscorea trifida*) de 5 mm, 10 mm, 15 mm y obtener harina de ñame (*Dioscorea trifida*), por el método de secado, utilizando un secador de bandejas de aire forzado.

El objetivo de esta investigación fue determinar cuál de las temperaturas: 50 °C, 60 °C, 70 °C y espesores, 5 mm, 10 mm, 15 mm, serán mejores para producir harina de ñame (*Dioscorea trifida*).

CAPÍTULO I

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Ñame (*Dioscorea trifida*)

Los tubérculos varían mucho en forma y tamaño; hay en forma esférica, fusiforme, claviforme, a menudo con ramificaciones muy cortas. La superficie es rugosa, a veces con raicillas y con tonalidades desde blancuzca a chocolate oscuro. El peso de los tubérculos está entre 300 y 400 g cada uno. (González, 2012, p.8).

El ñame pertenece a la familia *Dioscoreaceae*, del género *Dioscorea*, a nivel mundial cuenta con más de 600 especies. Se encuentra en las regiones templadas y tropicales del mundo, la mayoría de especies son tropicales mientras que el resto son de zonas templadas, algunas de ellas son llamadas popularmente ñame, papa china, yampi; son utilizados ampliamente para la alimentación, en forma de sopa o sancochado, cocido, como acompañante de carnes y pescado, combinada con queso, cuajada o suero de leche empleado en la preparación del “mote de queso” y en semana santa, en la preparación artesanal de tortas y dulces (Acuña, 2012, p.21)

La clasificación taxonómica se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 1: Clasificación taxonómica del ñame

Reino	Plantae
División	Espermatofita
Clase	Monocotiledonea
Orden	Dioscoreales
Familia	Dioscoreaceae
Genero	Dioscorea
Especie	trífida

Fuente: Guzmán, M. y Buitrago G.,2000 (como se citó en Acuña, 2012)

La variedad *Dioscorea trifida* es nativa de América tropical, es una planta enredadera, posee dos variedades morado y blanco se caracteriza por poseer pequeños rizomas con longitud no más de 15 cm de largo, redondos o cónicos con pulpa blanca, amarilla o púrpura según la variedad. Los tallos son cuadrangulares, alados, sin espinas. (Acuña, 2012, p.22)

En general, el ñame es una amilácea que se utiliza para consumo directo, en forma cocida, sopas, guisos o frito y también puede ser utilizado para la fabricación de harinas, cake, tortas y dulces; así como por algunas industrias en la preparación de papillas para bebé. (González, 2012, p.10)

Por la zona de San Ignacio – Cajamarca, este tubérculo es conocido como tullo y lo consumen cocido, en el tiempo de cosecha por los meses de mayo y agosto algunas personas reemplazan el consumo de arroz por este tubérculo.



Figura 1: Frutos del ñame blanco (*Dioscorea trifida*)

1.2. Valor nutricional del ñame

Tiene gran valor por su alto contenido nutricional, aporta alrededor de 200 calorías en la dieta diaria. Excelente fuente de carbohidratos, calcio, hierro, contiene determinados niveles de vitaminas A y C, así como la vitamina B1 o tiamina, importante en el crecimiento de los niños, y la vitamina B5 de importancia para el sistema inmunológico. Contiene

riboflavina, niacina, ácido ascórbico, piridoxina y carotenos. Sus tubérculos poseen la mayor parte de los aminoácidos esenciales tales como: arginina, leucina, isoleucina y valina. (González, 2012, p.10)

Presenta una composición similar a la de la papa, pero con mayor contenido de proteínas, lo que le confiere altas potencialidades con respecto a esta y otras plantas de tubérculos tropicales, razón por la cual es más apreciado en muchos países. La determinación de la composición química del ñame, que constituye alimento básico de gran utilización en la nutrición de diferentes clases sociales, es importante ya que permite conocer los componentes más relevantes. (González, 2012, p.10)

En la Tabla 2 se presentan algunos de estos elementos, destacándose el almidón como el principal componente de la fécula, sustancia alimenticia blanca, ligera y suave.

Tabla 2: Caracterización de la fécula de ñame (*Dioscorea spp.*)

Análisis	mg / 100 g
Base seca	
Almidón	83.6
Azúcar reductor	0.11
Proteínas	0.09
Lípidos	0.10
Cenizas	0.22
Fosforo	0.022
Amilosa % almidón	23.65
Tamaño de los gránulos	13 - 18
Forma de los gránulos	Elipsoide y ovoide

Fuente: Cereda, 2002 (como se citó en González, 2012)

1.3. Influencia de la temperatura de secado a las características fisicoquímicas

La deshidratación con aire caliente de lugar a varios cambios en la estructura y a las propiedades químicas de los alimentos, debido a los procesos térmicos y mecánicos a los que son sometidos. De igual forma la actividad de agua cambia, da como resultado un cambio en el comportamiento de las reacciones oxidativas, enzimáticas, entre otras. (Ceballos y Jiménez, 2012)

Las proteínas sufren desnaturalización con el aumento de la temperatura de secado, pueden ser susceptibles a oxidación debido a la luz y sufrir degradación enzimática. Los lípidos pueden sufrir hidrólisis enzimática en las etapas iniciales de deshidratación y a los valores bajos de actividad de agua, puede ocurrir auto-oxidación de ácidos grasos insaturados causando rancidez. En las frutas y verduras, el contenido de fibra y minerales permanecen constantes durante la deshidratación. (Ceballos y Jiménez, 2012)

1.4. Secado

El secado es un método clásico de preservación de alimentos y se convierte en una excelente alternativa para prolongar el periodo de vida útil del tubérculo, disminuye el peso para el transporte y reduce el espacio requerido para su almacenamiento, ayudando a reducir costos de transporte y almacenamiento. Romero y Kieckush, 2003; Cardoso et al., 2004; Vega y Fito, 2005 (como se citó en Montes, 2008).

El secado o deshidratación de los alimentos es el método más antiguo de conservación de alimentos usado por el hombre. La amplia gama de instalaciones de secado abarca desde los sencillos secaderos solares o de aire caliente de gran capacidad a sofisticadas instalaciones de secado por atomización o liofilización. El método más frecuente utilizado para suministrar calor es colocando una corriente de aire caliente. El calor se transfiere por convección desde el aire a la superficie de alimento y por conducción del alimento. (Brennan, 2008, p.87)

El secado ayuda a reducir la actividad de agua hasta un nivel que inhibe el crecimiento y desarrollo de los procesos de deterioro y de microorganismos patógenos, reduciendo la actividad de las enzimas y la velocidad a la que ocurren los cambios químicos no deseables. Envasar adecuadamente es necesario para mantener baja la actividad de agua durante el almacenamiento y la distribución. (Brennan, 2008, p.87)

Maldonado y Pacheco, 2003; Ertekin y Yaldiz, 2004 (como se citó en Montes, 2008) definen al secado como un proceso simultáneo de transferencia de calor y masa entre el producto y el aire de secado, consiste en la remoción de humedad excesiva contenida en el producto por medio de la evaporación, generalmente por convección forzada.

1.4.1. Condiciones de secado

Cualquiera sea el método de secado empleado, el secado de alimentos supone la introducción de calor en el producto y eliminación de humedad. El secado de alimentos, generalmente persigue la máxima velocidad de desecación, por ello se realizan esfuerzos para acelerar las velocidades de transferencia de calor y de masa. Las siguientes consideraciones son importantes al respecto. (Norman y Joseph, 1999, p. 224)

a. Área superficial

Generalmente el producto a secar se subdivide en trozos pequeños o láminas finas para acelerar la transferencia de calor y masa. La subdivisión hace más rápida la desecación por dos razones. Primero, porque a mayor área superficial produce más contacto con la fuente calorífica y una superficie mayor por la que la humedad puede salir. Segundo, porque las piezas más pequeñas y láminas más finas reducen la distancia que el calor tiene que recorrer para alcanzar el centro y la humedad para llegar a la superficie y escapar. (Norman y Joseph, 1999, p. 224)

b. Temperatura

Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre la fuente de calor y el alimento, mayor será la velocidad de transferencia de calor, esta diferencia es la causa de la eliminación de humedad. Cuando el medio calorífico es el aire, la temperatura tiene un segundo efecto, como la humedad se libera del alimento en forma de vapor, si este no se eliminase crearía una atmosfera saturada en la superficie del alimento, que reducirá la velocidad de la eliminación posterior del agua. Cuanto más caliente este el aire, más humedad retendrá antes de saturarse. Obviamente mayor volumen de aire también absorberá más humedad que uno menor. (Norman y Joseph, 1999, p. 224)

c. Velocidad del aire

El aire caliente no solo retiene más humedad que el frío, sino que, al estar en movimiento con alta velocidad, elimina la humedad de la superficie del alimento evitando que cree una atmosfera saturada. (Norman y Joseph, 1999, p. 224)

d. Humedad

Cuando el aire es el medio desecante, cuanto más seco esté más rápido será el proceso. El aire húmedo está más cerca de la saturación y puede absorber y retener menos humedad adicional que el seco. Cada alimento tiene su humedad relativa de equilibrio; es la humedad a una temperatura dada a la que ni pierde ni absorbe humedad de la atmosfera. Por debajo de este nivel de humedad atmosférica el alimento puede desecarse más, por encima no es posible, por el contrario, absorbe humedad de la atmósfera. (Norman y Joseph, 1999, p. 224)

e. Presión atmosférica y vacío

A la presión de 1 atmósfera el agua hierve a 100 °C. al disminuir la presión, la temperatura de ebullición desciende. A temperatura constante, al descender la presión aumenta la ebullición. Por lo tanto, un alimento en una cámara a vacío caliente perderá humedad a una temperatura menor, o más rápidamente, que si estuviera en una cámara a presión atmosférica. En el caso de alimentos sensibles al calor son especialmente importantes las temperaturas de desecación más bajas y los tiempos más cortos. (Norman y Joseph, 1999, p. 225)

f. Evaporación y temperatura

Una partícula o pieza de un alimento o una gotita de un alimento líquido mientras está siendo deshidratada se comporta como un bulbo húmedo en tanto en cuanto que todavía contenga agua libre. Independiente de la temperatura del aire de secado o de la correspondiente a la superficie de calentamiento, la temperatura del alimento no será mayor que la del bulbo húmedo mientras que el agua se evapore rápidamente. (Norman y Joseph, 1999, p. 226)

g. Tiempo y temperatura

Como todos los métodos de secado de alimentos utilizan calor y dado que los componentes de los alimentos son sensibles a la temperatura, se debe llegar a un compromiso entre la velocidad máxima posible de secado y el mantenimiento de la calidad del alimento. Con pocas excepciones los procesos de secado que utilizan temperaturas altas durante periodos de tiempo cortos causan menos daño al alimento que los que se efectúan a temperatura más baja durante tiempos más largos. Así los trozos de hortalizas secados en un horno bien diseñado durante 4 horas, mantienen mejor calidad que el mismo producto secado al sol durante 2 horas. (Norman y Joseph, 1999, p. 226)

1.5. Equipos de secado

1.5.1. Secadero de armario (bandejas)

Es un secadero de aire caliente multiuso, trabaja en discontinuo. Este secadero está equipado por un ventilador, un calentador de aire y un espacio ocupado por alimentos. El tamaño de este secadero puede variar desde una unidad a escala piloto que contiene una o dos bandejas de alimentos hasta una gran unidad con varias bandejas. (Brennan, 2008, p.90)

Este aire caliente que secará a los alimentos puede circular por medio de deflectores de flujo a través de la superficie de las bandejas de los alimentos o por las bandejas perforadas y las capas del alimento o por ambas vías. Los secaderos pequeños se usan para laboratorios, en cambio los grandes secaderos son usados a nivel industrial, principalmente en secado de frutas y hortalizas cortadas en rodajas o cubos. (Brennan, 2008, p.90)

1.5.2. Secadero de túnel

Consiste en un largo túnel aislado, las bandejas se colocan en carretillas que entran al túnel, estas viajan a lo largo del túnel y salen por el otro extremo. El aire caliente fluye a través del túnel pasando por las bandejas y capas de alimentos. El aire puede fluir en paralelo en dirección que las bandejas. Otros diseños muestran que es posible suministrar flujos aire caliente en contracorriente, concurrente – contracorriente y flujo cruzado. (Brennan, 2008, p.90)

1.5.3. Secadero de cinta transportadora

En este tipo de secadero el alimento es transportado en una cinta perforada hecha de placas metálicas, el aire caliente fluye a través de la cinta y de la capa de alimento, hacia arriba en las primeras etapas del secado y hacia abajo en las últimas etapas. La capacidad de un secadero de cinta es mucho menor que la de un secadero de túnel. Frecuentemente se utiliza un secador de cinta multietapa, el producto de la primera cinta es redistribuido en una capa de mayor grosor a una segunda cinta. En la transferencia del producto de una etapa a otra, nuevas superficies se exponen al aire caliente, mejorando la uniformidad del secado. (Brennan, 2008, p.91)

1.5.4. Secadero rotatorio

Consiste en una carcasa cilíndrica, formando un ángulo con la horizontal. El cilindro gira de 4 – 5 rpm. El producto húmedo entra de forma continua a la carcasa por la parte más alta y el producto seco sale superando un rebosadero por la parte inferior. Deflectores o aletas van encajados en la superficie interior de la carcasa, estos empujan al alimento hacia arriba de la carcasa cuando gira y le permite caer por la corriente de aire caliente, este flujo puede ser concurrente o contracorriente a la dirección del movimiento del producto. (Brennan, 2008, p.95)

Un modelo particular de secadero rotatorio se conoce como secadero de persiana. Como la pared de la carcasa está compuesta de placas de persiana que se superponen, por el que se introduce aire caliente. El movimiento es menos vigoroso que en el secadero rotatorio convencional y provoca menores daños mecánicos. Cereales harinas, habas de cacao entre otros alimentos se secan en secaderos rotatorios. (Brennan, 2008, p.95)

1.6. Harinas sucedáneas

Las harinas sucedáneas, son productos obtenidos por un proceso de molienda para ser mezclados con la harina de trigo con fines alimenticios ya sea para elaborar panes o ser utilizadas en otros productos. Estos provienen de cereales, leguminosas, raíces y tubérculos o una combinación de ellas. Las harinas sucedáneas más comunes a nivel mundial son: centeno, avena, cebada, maíz, soya, papa, pituca, plátano, pijuayo y pan del árbol (Pino, 2011).

Las harinas sucedáneas deberán estar libres de toda sustancia o cuerpo extraño a su naturaleza, excepto los aditivos debidamente autorizados por la autoridad competente o por el Codex Alimentarius. Según la Norma Técnica Peruana 205. 040 – 2016, no podrán obtenerse a partir de granos, raíces o tuberosas fermentadas, o a partir de granos, raíces o tuberosas descompuestas como consecuencia del ataque de hongos, roedores o insectos. (NTP 205.040, 2016)

A continuación, se presenta los requisitos que deben cumplir las harinas sucedáneas.

Tabla 3: Requisitos físico químicos de harinas sucedáneas de trigo para consumo humano

Ensayo	Tubérculos y raíces	Leguminosas de granos alimenticios	Gramíneas	Tolerancia
Humedad (g/100 g)	15	15	15	Una unidad en más de la cifra indicada como máximo para cada producto.
Ceniza (g/100 g)	2.5	5	2	+5 % del valor máximo establecido.
Acidez titulable (expresado como g de ácido sulfúrico /100 g de muestra)	0.15	0.15	0.15	+10 % del valor máximo establecido.

Fuente: NTP 205.040 (2016)

Las harinas sucedáneas de trigo deberán ser inocuas y cumplir con lo especificado en la Tablas 4 según corresponda, de tal manera que se garantice la calidad del producto y vele por la salud de los consumidores.

Tabla 4: Requisitos microbiológicos para harinas y sémolas

Agente microbiano	n	c	Limite por g	
			m	M
Mohos (ufc/g)	5	2	10 ⁴	10 ⁵
Escherichia coli (NMP/g)	5	2	10	10 ²
Salmonella sp.	5	0	Ausencia /25g	----

Fuente: NTP 205.040 (2016)

Donde:

n = número de unidades de muestra seleccionadas al azar de un lote, que se analizan para satisfacer los requerimientos de un determinado plan de muestreo.

c = número máximo permitido de unidades de muestras rechazables en un plan de muestreo de 2 clases o número máximo de unidades de muestra que pueden contener un número de microorganismos comprendidos entre “m” y “M” en un plan de muestreo de 3 clases. Cuando se detecte un número de unidades de muestreo mayor a “c” se rechaza el lote.

m = límite microbiológico que separa la calidad aceptable de la rechazable. En general un valor igual o menor a “m”, representa un producto aceptable y los valores superiores a “m” indican lotes aceptables o inaceptables.

M = los valores de recuentos microbianos superiores a “M” son inaceptables, el alimento representa un riesgo para la salud.

1.6.1. Harina de maíz de guineo (*Sorghum bicolor* L.)

Esta harina es usada en panificación, el proceso de obtención de harina de maíz que se describe a continuación fue encontrada en la tesis elaborada por Dávila y Vergara (2017).

- a. **Recolección y acondicionamiento de la muestra:** Se colecta la cantidad necesaria de muestra para elaborar la harina necesaria para la elaboración de panes.
- b. **Selección y lavado de los granos:** Su finalidad es eliminar los granos deteriorados, tierras y otras impurezas que contenían la muestra.
- c. **Secado:** La muestra lavada, es sometida a un secado en una estufa a una temperatura de 60 °C durante 5 horas aproximadamente. Los granos se colocan en bandejas de aluminio previamente lavadas y secadas.
- d. **Molienda y tamizado:** Los granos de *Sorghum bicolor* L. secos, fueron molidos y tamizados con la finalidad de obtener una harina con partículas finas, para su posterior análisis. Los análisis fisicoquímicos que se realizaron a la harina de maíz se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 5: Análisis fisicoquímicos de las muestras secas de harina del grano de *Sorghum bicolor* L.

<i>Sorghum bicolor</i> L	
Humedad %	8.71 ± 0.08
Ceniza %	1.66 ± 0.01
Grasa %	2.31 ± 0.09
Fibra %	1.20 ± 0.13
Proteínas %	8.25 ± 0.04
Carbohidratos %	77.87 ± 0.24
Colorías (kcal/100 g)	342.82 ± 0.40

Fuente: Dávila y Vergara (2017)

1.6.2. Harina de papa (*Solanum tuberosum*)

El proceso de obtención de harina de papa (*Solanum tuberosum*) que se describe a continuación es información encontrada en una tesis elaborada por Cárdenas (2012).

- a. **Selección de la materia prima:** Las papas son seleccionadas de forma manual o mecánicamente en relación a su tamaño y uniformidad con la finalidad de separar los tubérculos que se encuentran en mal estado (malogrado, golpeado, papas no maduras, etc.) mediante una inspección visual de manera que se obtenga un producto de calidad de acuerdo a la exigencia de la industria moderna.
- b. **Lavado:** El objetivo de esta operación consiste en que los tubérculos deberán ser lavados por el método aplicado de inmersión con la finalidad de eliminar todo tipo de contaminantes que se encuentra adheridas a la piel del tubérculo como; tierra, arena, polvo e impurezas. Después se le enjuaga con una solución desinfectante compuesta de hipoclorito de sodio (lejía) al 0,5% para reducir el número de microorganismos contaminantes.
- c. **Pelado:** La papa es un tubérculo de forma redonda y con ojos superficiales, el pelado se realiza de forma manual, se elimina la cáscara sin pérdida de la pulpa. Se evita el uso de cualquier aditivo químico con la finalidad de obtener un producto natural.
- d. **Inspección y retoque:** Se realiza de forma visual en los tubérculos que tienen adheridos residuos de pelado, ojos que se encuentran con cáscara alrededor de la papa se le extrae pelando de forma manual. La rapidez de ésta etapa dependerá de la calidad de la materia prima a ser procesada.
- e. **Cortado:** Se realiza de manera manual o mecánico, en etapa se hace uso de un cuchillo de acero inoxidable y se corta al tubérculo en tajadas con la finalidad de obtener tamaños estandarizados de tal manera que puedan ingresar con facilidad al extractor de zumo.
- f. **Trituración:** El tubérculo cortado se introduce en el extractor de zumo con la finalidad de ser triturado obteniéndose dos partes:
 - **Bagazo:** Se encuentra dentro del extractor de zumo, está conformado por la pared celular del tubérculo, que queda después de quitar todo el zumo.
 - **Almidón:** Es un polisacárido natural de gránulos de color blanco, está ubicado en la parte inferior del recipiente que contiene la solución líquida que viene a ser el zumo del tubérculo.

- g. Estrujar:** Se realiza en dos partes primero para el bagazo y después para almidón, se hace uso de una tela que tiene en lo posible agujeros de menor tamaño y cuya finalidad es de eliminar la mayor cantidad de agua que tiene ambas partes exprimiéndolo y de este modo se reduce el tiempo de secado.
- h. Desmenuzado:** Esta operación se realiza aplicando la fuerza mecánica, se hace uso del cuchillo para reducir el tamaño de partícula del bagazo presentando mayor área de contacto al ser expuesto a secar con aire caliente por lo tanto el tiempo de secado será menor, obteniéndose finalmente harina de color crema.
- i. Secado:** El secador es de forma cilíndrica y está hecho de acero inoxidable cuenta con un ventilador acoplado en uno de sus extremos que tiene la capacidad de generar un flujo de aire con una velocidad máxima de 8 m/s y contiene una serie de hilos de resistencia de níquel cuya finalidad es calentar el aire, este es impulsado por una turbina hacia la cámara de secado, se introduce el estrujado de bagazo y almidón por un determinado intervalo de tiempo, hasta obtener el producto deseado. Este tratamiento de secado se utiliza por eficiencia que presenta para secar, se hace uso del menor tiempo posible, evitando que las enzimas del tubérculo tengan mayor contacto con el oxígeno del aire (pardeamiento no enzimático).
- j. Molienda:** El producto deshidratado se somete a molienda haciendo uso de un mortero, con la finalidad de obtener harina con menor tamaño de partícula a partir de otras mayores.
- k. Tamizado:** La harina pasa por unos tamices preparados con malla N° 100, por el que pasa la harina fina y en la parte superior queda la harina más gruesa, que regresa de nuevo a ser molido.

Tabla 6: *características fisicoquímicas de la harina de papa sin cáscara*

Harina de papa sin cáscara	
Humedad %	11.00
Ceniza %	1.25
Fibra %	2.72
Proteínas %	5.25
Acidez %	0.10

Fuente: Cárdenas (2012)

En la siguiente tabla se presentan investigaciones de harinas sucedáneas realizadas en la UNALM y INNDA, donde se muestra el análisis químico proximal de los principales sucedáneos (Pino, 2011).

Tabla 7: Composición químico proximal de sucedáneos de trigo

Cereales	Composición química						% de sustitución		
	Humedad	Proteína	Grasa	Ceniza	Fibra	Carbohidratos	Pan	Galletas	Fideos
Harina de trigo	13.8	11.9	1.45	0.94	1.15	71.36	100	100	100
Harina de maíz	11.2	9.0	4.5	1.5	2.0	73.8	20	30	0
Harina de cebada	9.3	9.6	1.3	1.5	1.1	78.3	20	20	0
Harina de arroz	13.4	7.4	0.9	0.6	0.6	77.7	20	30	0
Leguminosas									
Harina de haba	10.3	23.3	1.6	3.2	1.4	61.6	5	5	0
Harina de soya	7.5	48.5	3.0	6.0	1.0	35.0	10	20	10
Harina de tarwi	6.7	46.4	22.6	2.9	6.3	21.4	10	10	
Pseudo cereales									
Harina de quinua	6.0	12.6	5.6	2.6	1.8	73.2	20	20	20
Harina de quiwicha	11.6	12.6	5.9	2.5	2.8	67.4	20	30	0
Harina de cañihua	11.4	13.5	6.5	6.4	6.0	62.2	10	30	0
Tubérculos									
Harina de yuca	11.21	1.8	1.4	3.3	1	82.3	10	20	0
Harina de camote	9.0	1.6	0.8	2.2	1.5	86.4	10	30	0
Harina de papa	10.9	6.4	0.4	5.2	2.3	77.1	10	20	0
Raíces									
Harina de maca	10.9	13.3	0.96	1.08	5.35	68.2	10	10	3
Harina de oca	6.4	4.1	1.9	3.6	4.0	84.0	10	0	0
Mashua, Isaño	87.4	1.5	0.7	0.6	0.9	9.8	10		
Otras citadas en la Revista Amazónica									
Sacha papa blanca o morada								30	
Pituca								25	
Pan de árbol								8	
Pijuayo								30	

Fuente: Reynoso et al, 1994 y Chirinos Z. et al, 2001 (como se citó en Pino, 2011)

1.7. Características fisicoquímicas a evaluar a la harina de ñame (*Dioscorea trifida*)

1.7.1. Humedad

El contenido de humedad varía según los alimentos. El agua es el principal componente de la mayoría de los productos alimentarios. El contenido de humedad aproximado esperado de un alimento puede afectar a la elección del método de medida. La humedad es un factor de calidad para la conservación de algunos productos y afecta la estabilidad en: las verduras, frutas deshidratadas, leche en polvo, huevo en polvo, patatas deshidratadas. Los datos de la humedad se utilizan para expresar los resultados de otras determinaciones analíticas sobre la base del peso en seco (Suzanne, 2003, p.99).

Tabla 8: Contenido de humedad en diferentes alimentos

Alimentos		Porcentaje aproximado de humedad (sobre la base del peso en seco)
	Harina de trigo, integral	10.3
Cereales, pan y pasta	Pan blanco, enriquecido (harina de trigo)	13.4
	Cereales tostados, copos de maíz	1.7 – 3.5
	Galletas saladas	4.1
	Macarrones secos enriquecidos	10.2
Productos lácteos	Leche entera líquida 3.3 % grasas	88.0
	Yogurt natural bajo em grasas	85.1
	Queso Cheddar	36.8
Frutas y verduras	Sandía fresca	91.5
	Naranjas frescas	86.8
	Manzanas frescas	83.9
	Uvas de tipa americano frescos	81.3
	Pepinos con piel frescos	96.0
Carnes, aves de corral y pescados	Carne de vacuno extra magra cruda	63.2
	Pollo para freir de carne ligera	68.6
	Pescados, pescados planos frescos	79.1
	Huevos enteros crudos frescos	75.3

Fuente: Suzanne (2003)

En los métodos de desecación en estufa se calienta la muestra bajo condiciones especificadas y se utiliza la pérdida de peso para calcular el contenido de humedad de la muestra. Los diversos métodos de estufa han sido aprobados por la AOAC International para determinar la cantidad de humedad en muchos productos alimentarios. Los métodos son sencillos, el tiempo necesario puede variar desde unos pocos minutos hasta más de 24 horas. (Suzanne, 2003, p.101)

1.7.2. Cenizas

Cenizas hace referencia al residuo inorgánico que permanece, bien sea después de la calcinación o tras la oxidación completa de la materia orgánica de un comestible. Para tener resultados fiables, es necesario poseer conocimientos básicos de las características de diversos procedimientos de calcinación y de los diversos equipos utilizados. (Suzanne, 2003, p.123)

En la actualidad hay diversos sistemas de microondas para la calcinación, tanto por vía seca como por vía húmeda; mientras que las verduras tienen que secarse previamente a la calcinación, la mayoría de las muestras secas no necesitan preparación. Para los productos ricos en grasas, tales como las carnes será necesario secarlos y extraerles las grasas antes de calcinarlos. Generalmente se utiliza una muestra de 2 a 10 gramos para a determinación de cenizas. (Suzanne, 2003, p.123)

Calcinación por vía seca: se utiliza un horno de mufla, capaz de mantener temperaturas de 500 – 600 °C. El agua y los componentes volátiles se vaporizan y las sustancias orgánicas son incineradas, en presencia del oxígeno del aire, para dar CO₂ y óxidos de nitrógeno. (Suzanne, 2003, p.123)

Calcinación por vía húmeda: procedimiento para oxidar las sustancias orgánicas mediante el uso de ácidos y agentes oxidantes. Se solubilizan lo elementos inorgánicos sin ocasionar su volatilización. La calcinación por vía húmeda es con frecuencia preferible a la calcinación por vía seca. La realizar la calcinación por vía húmeda se exige una campana extractora especial para los vapores del ácido perclórico en caso de que se utilice este acido (Suzanne, 2003, p.123).

El contenido en cenizas de la mayor parte de los alimentos frescos pocas veces es superior del 5 %. Las grasas, los aceites y mantecas oscilan desde el 0.0 hasta el 4.09 % cenizas, mientras que los productos lácteos varían entre un 0.5 y un 5.1 % de cenizas. Las frutas,

los zumos de frutas contienen un 0.2 – 0.6 % de cenizas mientras que las frutas secas dan valores más altos (2.4 – 3.5 %). Las harinas y las harinas integrales varían desde el 0.3 % y el germen de trigo el 4.3 % de cenizas. Las carnes, aves de corral y los mariscos contiene un 0.7 – 1.3 % de cenizas (Suzanne, 2003, p.123).

En la tabla 9 se relaciona el contenido en cenizas medio de los diversos grupos de alimentos.

Tabla 9: Contenido en cenizas de algunos alimentos.

Alimentos		Porcentaje de cenizas (sobre la base del peso en húmedo)
	Harina de trigo, integral	1.6
Cereales, pan y pasta	Arroz marrón de grano largo crudo	1.5
	Arroz blanco de grano largo normal	0.6
	Harina gruesa de maíz, integral, amarilla	1.1
	Pan de centeno	2.5
Productos lácteos	Leche entera líquida	0.7
	Yogurt natural bajo em grasas	1.0
	Mantequilla com sal	2.1
	Leche evaporada entera	1.6
	Bananas crudas	0.8
Frutas y verduras	Cerezas crudas	0.5
	Manzanas crudas con piel	0.3
	Tomates rojos maduros crudos	0.4
	Patatas crudas con piel	1.6
Carnes, aves de corral y pescados	Huevos enteros crudos	0.9
	Filete de pescado y frito	2.5
	Carne de vacuno, pescuezo, aguja	0.9
	Pollo para freir, solo pechuga crudo	1.0

Fuente: Suzanne (2003)

1.7.3. Proteínas

Las proteínas son un componente abundante de todas las células, estas son importantes para las funciones biológicas y la estructura de la célula. Están compuestas por elementos como el hidrogeno, carbono, nitrógeno, oxígeno y el azufre. El nitrógeno es el elemento más característico presente en las proteínas. El contenido de nitrógeno en las diversas proteínas alimentarias abarca desde un 13.4 % hasta un 19.1 %, debido a la variación en la composición específica de aminoácidos de las proteínas. (Suzanne, 2003, p.157)

Para la determinación de proteínas tenemos los métodos de Kjeldahl y de la espectroscopia infrarroja son tomados del libro AOAC. En el procedimiento de Kjeldahl, las proteínas y otros componentes orgánicos alimentarios contenidos en la muestra son digeridos con ácido sulfúrico en presencia de catalizadores (Suzanne, 2003, p.158).

El **contenido total de nitrógeno orgánico** es transformado en sulfato de amonio. El digerido se neutraliza con álcali y se destila sobre una disolución de ácido bórico. El resultado del análisis representa el contenido bruto de proteínas en el alimento, debido a que el nitrógeno proviene también de componentes distintos de las proteínas. (Suzanne, 2003, p.158)

Tabla 10: Contenido de proteínas de algunos alimentos.

Alimentos		Porcentaje de proteínas (sobre la base del peso en húmedo)
Cereales, pan y pasta	Harina de trigo, integral	13.7
	Arroz marrón de grano largo	7.9
	Arroz blanco de grano largo normal	7.1
	Harina de maíz, integral, amarilla	6.9
	Almidon de maíz	0.3
Productos lácteos	Leche entera líquida	3.3
	Yogurt natural bajo em grasas	5.3
	Leche desnatada em polvo	36.2
	Queso Cheddar	24.9
Frutas y verduras	Espárragos crudos	2.3
	Fresas crudas	0.6
	Manzanas crudas com piel	0.2

	Lechugas, iceberg, crudas	1.0
	Patatas, enteras, pulpa y piel	2.0
Legumbres	Semillas de soja semillas maduras crudas	36.5
	Tofu crudo duro	15.8
Carnes, aves de corral y pescados	Carne de vacuno, pescuezo, aguja	18.5
	Pollo para freir, solo pechuga	23.1
	Pescado, bacalao crudo	17.9
	Pescado atún, blanco en aceite escurrido	26.5

Fuente: Suzanne (2003)

1.7.4. Grasas

Las grasas son sustancias insolubles blandas e insolubles en agua, es una fuente de energía tanto para los animales que las consumen y plantas que las tienen. En los alimentos naturales las grasas siempre se asociación a otras sustancias, como las vitaminas liposolubles A, D, E y K. Las grasas proporcionan a los alimentos aromas característicos y en pequeñas cantidades producen sensación de saciedad o pérdida de apetito (Norman y Joseph, 1999, p.38).

Los glucolípidos son solubles en los alcoholes y presenta baja solubilidad en hexano, por otro lado, los triglicéridos son solubles en hexano y en éter de petróleo. Algunos lípidos contenidos en los alimentos son componentes de las lipoproteínas y los polisacáridos complejos, para la extracción con éxito exige que los enlaces entre los lípidos y las proteínas sean rotos, así los lípidos puedan ser liberados y solubilizados en los disolventes orgánicos extractantes. (Suzanne, 2003, p.137)

El contenido de lípidos de un alimento determinado con un disolvente puede ser complemente diferente del contenido determinado con otro disolvente de diferente polaridad. Además de los métodos de extracción con disolvente, hay métodos por vía húmeda sin disolventes y varios métodos instrumentales que aprovechan las propiedades físicas y químicas de los lípidos contenidos en los alimentos para la determinación del contenido de grasas. Los métodos mencionados son métodos oficiales de la AOAC International. (Suzanne, 2003, p.137)

Se recomienda que la cantidad de energía procedente de la grasa no supere el 30 – 35 % de la energía total suministra por la dieta. Los principales alimentos suministradores de lípidos

son aceites y grasas, frutos secos, carnes grasas, tocino. Aunque todos los alimentos tienen ácidos grasos de distinto grado de saturación, es mayoritaria la grasa saturada en carnes y derivados y la mayoría de lácteos. Los ácidos poliinsaturados en pescados, frutos secos y en la mayoría de aceites esenciales (Moreiras et al, 2013, p. 267).

Tabla 11: Contenido de grasas de algunos alimentos.

Alimentos		Porcentaje de grasas (sobre la base del peso en húmedo)
	Centeno	2.5
Cereales, pasta y pan	Arroz blanco de grano largo normal	0.7
	Germen de trigo	9.7
Productos lácteos	Leche entera líquida	3.3
	Yogurt natural	3.2
	Leche desnatada líquida	0.2
Grasas y aceites	Manteca cerdo, manteca vegetal	100.0
	Mantequilla con sal	81.1
	Alaniño para ensaladas	48.3
Frutas y verduras	Espárragos crudos	0.2
	Naranjas crudas	0.1
	Manzanas crudas con piel	0.4
	Aguacates crudos	15.3
Legumbres	Semillas de soja semillas maduras crudas	19.9
	Alubias negras, semillas maduras crudas	1.4
Carnes, aves de corral y pescados	Carne de vacuno, pescuezo, aguja	10.6
	Pollo para freír, solo pechuga	1.2
	Pescado, bacalao crudo	0.7
	Cerdo fresco	12.6
Frutos secos	Pulpa de nuez de coco	33.5
	Almendras secas	52.8

Fuente: Suzanne (2003)

1.7.5. Fibra

Desde hace tiempo se conoce el papel de los componentes indigeribles de los vegetales que proporcionan compuestos de baja digestibilidad y contribuyen a la salud intestinal. Este papel lo desempeñan la celulosa, hemicelulosa, pectinas, ligninas y otras de origen vegetal que no se digieren fácilmente, en conjunto reciben el nombre de fibra alimentaria o fibra dietética. Todas ellas retienen agua, ablandan las heces y reducen su tiempo de tránsito por el intestino grueso (Norman y Joseph, 1999, p.69).

Algunos alimentos de origen vegetal como por ejemplo las patatas, una parte del almidón puede ser difícil de digerir, este almidón es denominado almidón resistente, sin embargo, puede ser degradado por la flora intestinal y tiene por tanto propiedades similares a las de la fibra dietética. El contenido medio de fibra soluble en algunos alimentos, expresado como porcentaje del contenido total de la fibra es el siguiente: 32 % en cereales, verduras y hortalizas, 25 % en leguminosas y 38 % en frutas. Se recomienda que la dieta aporte unos 25 – 30 g/día de fibra cruda, teniendo en cuenta que exista relación fibra insoluble/soluble de 1.5 a 3 (Moreiras et al, 2013, p. 267).

1.7.6. Acidez titulable

La acidez valorable de un alimento se determina por medio de una volumetría ácido-base, para medir la concentración total de los ácidos. Dichos ácidos en su mayor parte son ácidos orgánicos (el cítrico, málico, láctico, tartárico). Los ácidos orgánicos presentes en los alimentos influyen en el sabor, el color, la estabilidad microbiana y en la calidad de la conservación (Suzanne, 2003, p.252).

Para determinar la acidez valorable, se valora un volumen o un peso conocido de una muestra alimentaria frente a una base valorada, bien sea hasta un punto final señalado por el pH o bien hasta la fenolftaleína. El volumen del agente valorante consumido, junto con la normalidad de la base y el volumen o peso de la muestra, se utilizan para calcular la acidez valorable expresada en términos del ácido orgánico predominante (Suzanne, 2003, p.253)

Según la Norma Técnica Peruana NTP.205.040, la acidez titulable en harinas de tubérculos y raíces no debe exceder del 0.16 %.

1.8. Microbiología en alimentos

El alimento juega un papel importante en la diseminación de algunas enfermedades, esto conlleva a preocupación de la calidad microbiológica y su control de calidad al momento de ser procesado. La causa principal del deterioro de los alimentos son los microorganismos, los más frecuentes son las bacterias y los hongos. Uno de los requisitos fundamentales que se exige a los alimentos para consumo humano, es ausencia de microorganismos patógenos que puedan originar trastornos al organismo. Para establecer la calidad sanitaria e inocuidad de alimentos, es necesario el análisis microbiológico de microorganismos patógenos.

A continuación, se presenta la Tabla 12 con los requisitos microbiológicos que según la Norma Técnica Peruana las harinas y sémolas deben cumplir.

Tabla 12: Requisitos microbiológicos para harinas y sémolas

Agente microbiano	n	c	Limite por g	
			m	M
Mohos (ufc/g)	5	2	10 ⁴	10 ⁵
Escherichia coli (NMP/g)	5	2	10	10 ²
Salmonella sp.	5	0	Ausencia /25g	----

Fuente: NTP 205.040 (2016)

Donde:

n = número de unidades de muestra seleccionadas al azar de un lote, que se analizan para satisfacer los requerimientos de un determinado plan de muestreo.

c = número máximo permitido de unidades de muestras rechazables en un plan de muestreo de 2 clases o número máximo de unidades de muestra que pueden contener un número de microorganismos comprendidos entre “m” y “M” en un plan de muestreo de 3 clases. Cuando se detecte un número de unidades de muestreo mayor a “c” se rechaza el lote.

m = límite microbiológico que separa la calidad aceptable de la rechazable. En general un valor igual o menor a “m”, representa un producto aceptable y los valores superiores a “m” indican lotes aceptables o inaceptables.

M = los valores de recuentos microbianos superiores a “M” son inaceptables, el alimento representa un riesgo para la salud.

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

Los procedimientos experimentales del secado de ñame (*Dioscorea trifida*) en rodajas para obtener harina se realizó en el taller de Industrias Alimentarias de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias, los análisis fisicoquímicos se realizaron en el laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de Alimentos de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza y los análisis microbiológicos se realizaron en el taller de Industrias Alimentarias de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias.

2.2. Materiales

2.2.1. Materia prima

Se utilizó 15 kg de los tubérculos del ñame (*Dioscorea trifida*) de variedad blanco, procedentes del distrito de la Coipa, caserío las Calabazas, en estado maduro de 2 días de cosecha.

2.2.2. Reactivos

- Ácido cítrico.
- Hidróxido de sodio al 1 N.
- Fenolftaleína.
- Eter de petróleo P.E. 40-60°C
- Solución de ácido sulfúrico 0.255 N (1.25 g de H_2SO_4 / 100 ml).
- Solución de hidróxido de sodio 0.313 N (1,25 g de NaOH / 100 de agua libre de Na_2CO_3).
- Silicona antiespumante o agente antiespumante
- Etanol al 95%.
- Ácido sulfúrico concentrado H_2SO_4
- Peróxido de hidrógeno (N_2O_2 30 % v/v) p.a.

- Catalizador (sulfato de potasio 15g + sulfato de cobre 0.45g) (tabletas o en polvo).
- Indicador mixto N° 5 o 4.8, para valoraciones de amoniaco.
- Solución de ácido bórico al 4% m/v.
- Solución NaOH al 40 % m/v.
- Solución de ácido clorhídrico, aprox. 0.250 N
- Solución de Na_2CO_3

2.2.3. Materiales de laboratorio

- Bol de aluminio.
- Cuchillo.
- Espátula.
- Crisoles o capsulas de porcelanas de 30 ml.
- Desecador con deshidratante adecuado (silicagel con indicador, oxido de calcio u otro) de 200 g.
- Jarra de plástico de litro.
- Placas Petri.
- Vasos de precipitación de 250 ml, 100 ml, 50 ml.
- Espátula.
- Papel filtro # 91 o cartucho de celulosa.
- Vasos de aluminio de 50 ml.
- Soporte de cartuchos.
- Gradilla para cartuchos de extracción.
- Sistema de extractor de fibras.
- Crisol de vidrio de 50 ml.
- Controlador Rat
- Gradilla porta tubos.
- Tubos de digestión.
- Colector de humus.
- Soporte de gradilla.
- Matraces Erlenmeyer de 250 ml.
- Papel filtro endurecido, sin cenizas (Whatman N ° 541 o similar).
- Regla graduada de 30 cm

2.2.4. Equipos

- Balanza OHAUS – PAJ2102 de precisión 0.01 g
- Balanza analítica Precisa – 321 LS de sensibilidad 0.1 mg
- Secador por aire forzado (2 bandejas, cap. 500 g c/u).
- Estufa ODHG – 9053 (A, AD).
- Mufla JSB N° 856.
- Baño María
- Sistema extractor Soxhlet
- Equipo de titulación.
- Molino helicoidal.
- Equipo de digestión (bloque digestor o cocina de digestión)
- Bomba de vacío de circulación de agua
- Equipo de destilación
- Equipo de titulación
- Soporte de colector de humus
- Sistema scrubber

2.2.5. Material microbiológico

a. Material

- Placas Petri.
- Tubos de ensayo.
- Contador de colonias DOT – N° 90008700
- Matraces

b. Medios de cultivo

- Agua de peptona.
- Agar para recuento en placa.
- Caldo EC.
- Caldo Lactosado Verde Brillante Bilis.
- Caldo Selenito- Cistina.
- Caldo Rappaport – Vassiliadis.
- Agar Xilosa Lisina Desoxicolato.
- Agar Rambach.
- Agar SS.

2.2.6. Características del secador de bandejas por aire forzado usado

El secador de bandejas por aire forzado que se utilizó para secar las muestras de ñame (*Dioscorea trifida*), tiene las siguientes características:

El material del que está construido es de madera.

Dimensiones: Alto: 79 cm Ancho: 43 cm

Capacidad: 2 bandejas que soportan como máximo 500 g. de producto.

Funcionamiento: El aire que ingresa es calentado por resistencia eléctrica y es accionado por un ventilador axial; el aire ingresa por la parte inferior, pasa por la primera bandeja para luego pasar por la segunda bandeja y así remover la humedad de las muestras e ir secando el producto. Tiene un termostato para regular a temperatura de manera automática impidiendo que suba o baje del grado al que se desea secar el alimento.

El sistema de calentamiento donde se encuentran las resistencias para producir calor es de acero inoxidable.



Figura 2: Secador de bandejas por aire forzado



Figura 3: sistema de calentamiento donde están instaladas las resistencias eléctricas y el ventilador

2.3. Métodos

La metodología que se empleó para la obtención de harina de ñame (*Dioscorea trifida*) fue utilizando el procedimiento citado por Salazar y Marcano (2012), que se describe a continuación:

Lavar con agua potable, pelar, cortar en rodajas, sumergir en solución de ácido cítrico al 0,1 % m/m, por espacio de 10 min, secar, controlar el peso de cada muestra cada 20 minutos hasta obtener un peso constante, moler y tamizar.

2.3.1. Método estadístico

El diseño de la investigación que se utilizó es un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3A3B, donde se estudiará el efecto de dos factores, considerado tres niveles en cada uno, con tres repeticiones cada uno.

Modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = A_i + B_j + AB_{ij} + error_{ijk}$$

Tabla 13: Fuentes de variabilidad y grados de libertad

FV	GL
A	2
B	2
AB	4
Error	18
Total	26

Elaboración propia

Se realizará la prueba de “F” y la prueba de comparación de medias de Duncan para evaluar los efectos principales y efectos simples.

2.3.2. Descripción del proceso de secado del ñame (*Dioscorea trifida*)

- a. **Recepción de materia prima:** se tuvo que ir hasta el lugar donde se encontraba la materia prima, se cosechó los tubérculos maduros y se seleccionó a los tubérculos de ñame (*Dioscorea trifida*) que tengan el mismo diámetro de 4 cm. Una vez recepcionada la materia prima se llevó al taller de Industrias Alimentarias para ser procesada.

- b. Lavado y pesado:** se lavó los tubérculos de ñame (*Dioscorea trifida*) con agua corriente para así eliminar la tierra que puedan contener o cualquier materia extraña que pueda contener, luego se pesó para saber cuánto de muestra tenemos, en total se obtuvo 15 kg de ñame (*Dioscorea trifida*) para ser procesado.
- c. Pelado:** el pelado se realizó utilizando un cuchillo, se eliminó las partes que no se utilizaron para sacar rodajas homogéneas
- d. Cortado:** se cortó en rodajas con espesores de 5 mm, 10 mm y 15 mm, con un diámetro de 3 cm, una humedad inicial de 75 %, se utilizó una regla graduada para medir el grosor de cada rodaja que se deseó secar, luego las muestras fueron sumergidas en una solución con ácido cítrico al 0.1 % por espacio de 10 minutos para evitar el pardeamiento enzimático.
- e. Pesado:** se retiró de la solución y se escurrió en un colador para eliminar el exceso de agua, luego se pesó 400 g. por muestra para colocar a la bandeja del secador.
- f. Secado:** se realizó en un secador de bandejas por aire forzado, se colocó la muestra en forma uniforme para ser secadas según como se menciona a continuación: Las rodajas cortadas a 5 mm de espesor fueron secas primero a 50 °C, para aprovechar la temperatura de 50 °C, se obtuvo otra muestra con 10 mm de espesor para ser secadas a 50 °C y finalmente otra muestra de 15 mm de espesor para ser secada a la temperatura ya antes mencionada.

Luego se aumentó la temperatura a 60 °C, se obtuvo más muestras primero de 5 mm de espesor con diámetros aproximadamente de 4 cm humedad inicial de 75 % para ser secadas a 60 °C, luego se obtuvo otras muestras de 10 mm de espesor para ser secadas a la temperatura ya antes mencionada y finalmente se obtuvo muestras de 15 mm de espesor para ser secadas a la temperatura ya antes mencionada. Y finalmente se subió la temperatura a 70 °C, se obtuvo más muestras primero de 5 mm de espesor para ser secadas a 70 °C, luego se obtuvo otras muestras de 10 mm de espesor para ser secadas a la temperatura ya antes mencionada y finalmente se obtuvo muestras de 15 mm de espesor para ser secadas a la temperatura ya antes mencionada.

- g. Envasado:** las muestras de ñame seco con humedad final aproximadamente de 8 %, se envasaron en bolsas herméticas de polietileno de baja densidad para luego ser procesadas para la obtención de la harina.
- h. Almacenado:** se almacenó hasta realizar el proceso de obtención de harina.

2.3.3. Descripción del proceso de obtención de harina de ñame (*Dioscorea trifida*)

- a. **Recepción de ñame seco:** se recepcionó las muestras secas de ñame para ser procesadas con humedad final aproximadamente de 8 %.
- b. **Molido:** las muestras secas se molieron manualmente en un molino tradicional de granos de marca Corona, se ajustó el molino para obtener un buen refinado de la harina.
- c. **Tamizado:** se tamizó en un tamiz de malla número 50 debido a que el molino usado no se obtiene muestra muy refinada, eliminar partículas que no fueron bien refinadas, y obtener la harina homogénea, se obtuvo 30 % de rendimiento final.
- d. **Envasado:** Se envasó en bolsas herméticas de polietileno de baja densidad y se almacenó hasta realizar los análisis respectivos.

A continuación, se presenta el siguiente flujograma para la obtención de harina de ñame.

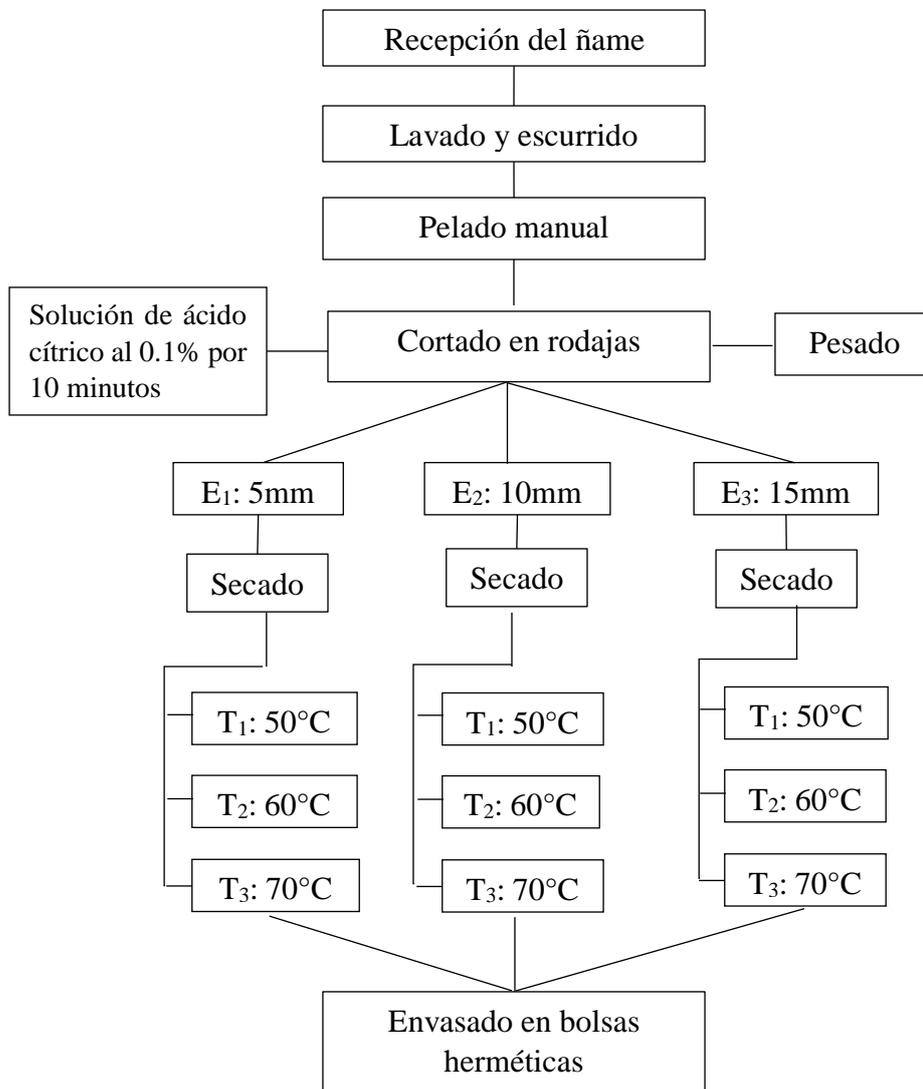


Figura 4: Flujograma para el secado del ñame (*Dioscorea trifida*).

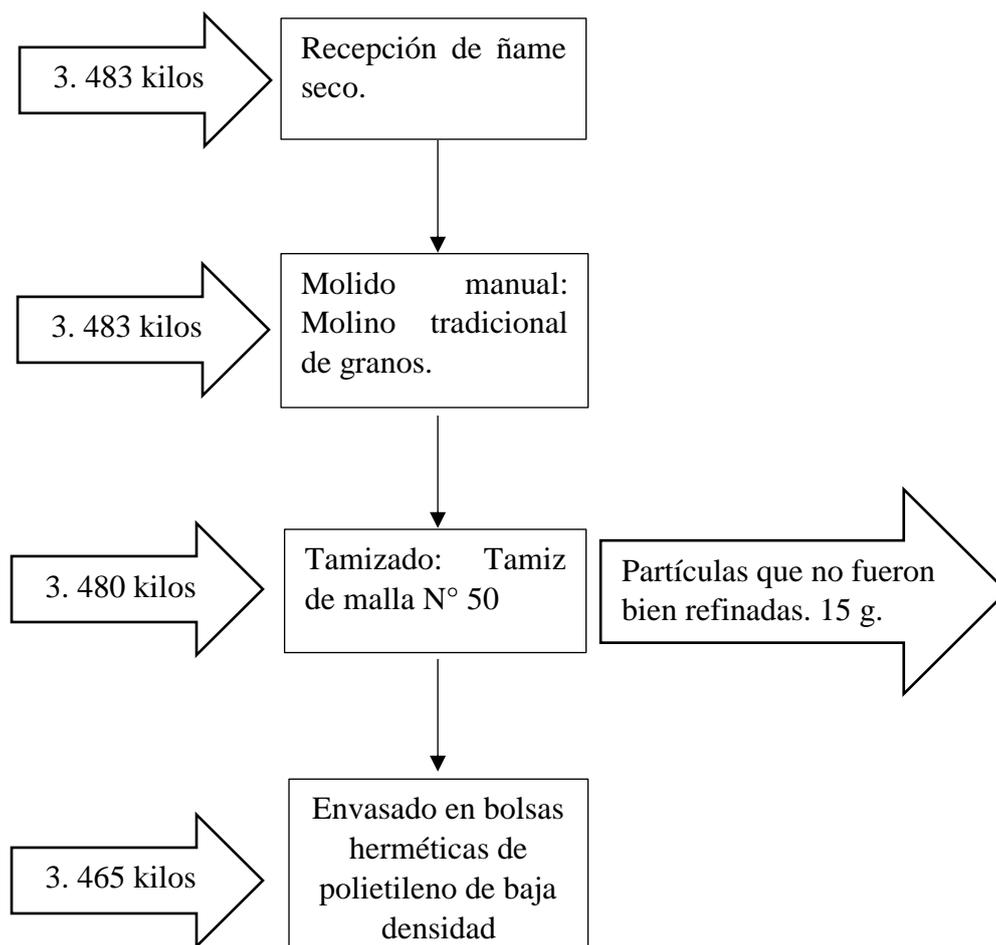


Figura 5: Flujograma para obtención de harina

2.4. Variables a evaluar para determinar las características fisicoquímicas de la harina de ñame (*Dioscorea trifida*).

Las características fisicoquímicas de las muestras se determinarán mediante los procedimientos estandarizados por métodos oficiales de análisis de alimentos (A.O.A.C, 1990) y con las Normas Técnicas Peruanas para harinas, todos los análisis se realizarán por triplicado.

2.4.1. Determinación de humedad (método estufa).

Se colocó la cápsula destapada y la tapa durante al menos 1 hora en la estufa a la temperatura de secado del producto.

Empleando pinzas, se trasladó la cápsula tapada al desecador y se dejó enfriar durante 30 a 45 min. Se pesó la cápsula con tapa con una aproximación de 0.1 mg. Se registró (m1).

Se pesó 5 g de harina previamente homogeneizada. Se registró (m2).

Se colocó la muestra con cápsula destapada y la tapa en la estufa a la temperatura y tiempo de 105 °C x 24 horas.

Se tapó la cápsula con la muestra, se sacó de la estufa, se enfrió en un desecador durante 30 a 45 min. Se pesó la muestra (m3).

$$\% \text{ Humedad: } \frac{m2 - m3}{m2 - m1} * 100$$

dónde: m1: masa de la cápsula vacía y de su tapa en gramos, m2: masa de la cápsula tapada con la muestra antes del secado en gramos, m3: masa de la cápsula con tapa más la muestra desecada en gramos.

2.4.2. Determinación de ceniza totales (método: mufla) a 550 °C.

El análisis se efectuó por triplicado.

Se colocó la cápsula limpia en la estufa a 105 ° C, se llevó la cápsula a un desecador para que se enfrié a temperatura ambiente y pesarlo, siempre empleando pinzas de metal para prevenir la absorción de humedad.

Se pesó en una capsula previamente secada, pesada y tarada (W0) 2 gramos de harina homogenizada (W1)

Se pre calcinó previamente la harina para evitar la inflación en una placa calefactora, luego se colocó en la mufla e incinerar a 550 °C por 8 horas, hasta obtener cenizas blancas o grisáceas. Se pre enfrió en la mufla apagada y se retiró las muestras de la mufla a un desecador, se dejó enfriar y pesó (W2).

$$\% \text{ Cenizas totales} = \frac{W2 - W0}{W1 - W0} X 100$$

Donde:

W2 = masa en gramos de la cápsula con las cenizas

W1 = masa en gramos de la capsula con la muestra

W0 = masa en gramos de la capsula vacía

Se promedió los valores obtenidos y se expresó en resultado con 3 decimales.

Repetitividad: la diferencia de los resultados no debe ser superior a 2% del promedio.

2.4.3. Determinación de proteína método kjeldahl – equipo automático

Para la determinación de proteínas en la harina de ñame se realizó por triplicado. Para el análisis de nitrógeno total de la muestra se realizó mediante 3 procesos:

Digestión: Se pesó alrededor de 1 g de muestra homogenizada, en papel filtro libre de nitrógeno, luego se agregó 1 tableta o 5 g de catalizador, se colocó la muestra y el catalizador en tubo de digestión. Se agregó 10 ml de H_2SO_4 concentrado, más 3 ml de N_2O_2 al 30 por ciento.

Se colocó los tubos en el sistema de digestión (bloque digestor). Se tapó los tubos con el colector de humus. Se adicionó a la bomba de vacío 1 litro de agua más 20 g de Na_2CO_3 . Se adicionó a la unidad Scrubber 600 ml de agua a cada botellón (2 unidades) más 150g de Na_2CO_3 . Se puso en funcionamiento el sistema de bomba de vacío y unidad Scrubber (sistema de extracción de humus). El proceso de digestión se realizó en 3 pasos

Paso 1: 125°C	30 minutos	Extraer humedad
Paso 2: 300°C	30 minutos	Controlar humus blancos
Paso 3: 400°C	60 – 90 minutos	Mineralización del amoniacó

El proceso de digestión terminó cuando el contenido del tubo fue un líquido transparente nítido con coloración azul claro, verde o amarillo, dependiendo del catalizador. No quedó restos negros adheridos a las paredes del tubo de digestión. Se dejó enfriar 30 – 60 minutos, con la extracción de humus conectado. Luego se dejó enfriar a temperatura ambiente.

Destilación Automática: Se añadió 25 ml de agua destilada en cada tubo. Se añadió el agua despacio agitando constantemente sin dejar solidificar la muestra. Se colocó el tubo con la muestra en el equipo de destilación. Se programó una dosificación de 50 a 75 ml de NaOH, (dependiendo de la cantidad de nitrógeno de la muestra, la cantidad dosificada de NaOH será correcta cuando la muestra este totalmente de color azul).

Se dosificó al colector 55 ml de indicador ácido bórico, que contiene (40 g de ácido bórico más 10 ml de indicador mixto N° 4.8 o 5; por litro de solución), (el indicador mixto contiene 0.2% de verde de bromocresol más 0.2% rojo de metilo). El cual servirá para recibir el destilado (borato de amonio). El indicador ácido bórico debe estar entre un rango de absorbancia de 0.630 – 0.670 nm, si es superior o inferior a estos parámetros, se tendrá problemas en la titulación.

Una vez realizado todos los parámetros establecidos anteriormente, se procedió con la destilación automática. La destilación terminó cuando ya no pasó más amoniaco al colector aproximadamente de 5 – 7 minutos para luego ser titulada.

Titulación: El borato de amonio recibido en el colector o matraces Erlenmeyer, fue titulada con HCl de normalidad conocida o con H_2SO_4 . El ácido reacciona con el borato de amonio y un pequeño exceso de ácido provocara un cambio del PH y el consiguiente viraje (color rosado).

NITROGENO (mg) = 14 x Volumen HCl (ml) x Normalidad HCl

A partir del nitrógeno kjeldahl se calculó el porcentaje de proteína de la muestra mediante la siguiente expresión.

$$\% \text{ Proteína total} = \frac{P_2}{P_0} X 100 X F$$

Donde:

P_2 = Es el nitrógeno en (mg) P_0 = Peso de la muestra en (mg) F = Factor proteico.

$$\% \text{ Nitrogeno.} = \frac{ml \text{ HCl} \times \text{Normalidad} \times \text{Meq. de N}_2 \times 100}{\text{Gramos de muestra}}$$

Para obtener la cantidad de proteína bruta se multiplicó por el factor proteico dependiendo la muestra.

$$\% \text{ Proteína bruta} = \% \text{ Nitrógeno} \times \text{factor proteico}$$

2.4.4. Determinación de grasa

Se secó en una estufa 103 ± 2 °C los vasos de aluminio a utilizar por un periodo de 30 minutos, para luego llevarlos a un desecador, se enfrió a temperatura ambiente, y luego se pesó. **(P1)**

Se pesó 2 g de harina, preparada en el cartucho de celulosa o papel filtro (tarado) **(P)**, se pesó en una balanza de precisión con exactitud de 0.0001 mg. (Los cartuchos se manipularon con guantes para evitar interferir en los datos de grasa). Si se utilizó papel filtro, se empaquetó para luego ser trasportado al cartucho de celulosa.

Se colocó 6 cartuchos que es la capacidad del equipo conteniendo la muestra en el extractor de grasa adherido al soporte de cartuchos. Se adicionó 50 ml de hexano a cada muestra y se

puso en el equipo para empezar el proceso. Se fijó el programa adecuado y se encendió el equipo de refrigeración, para dar inicio al proceso de determinación de grasa total.

El proceso de extracción duró aproximadamente 3 horas, tiempo en el cual el solvente calentado a 120°C, va pasando por las muestras para extraer la grasa. El solvente con la grasa disuelta cae en el vaso de aluminio y se evapora, siendo recuperado al pasar por el serpentín de refrigeración.

La grasa extraída quedó depositada en el vaso de aluminio. Trascurrido el tiempo de extracción de grasa se sacaron los vasos del equipo, se introdujo a una estufa a 103 ± 2 °C, por un periodo de 2 a 3 horas, con la finalidad de eliminar algún residuo del solvente utilizado. Se retiró los vasos de la estufa, se llevó a un desecador hasta enfriar a temperatura ambiente, luego se pesó. (P2)

La cantidad de grasa del producto expresado en porcentaje, es igual a:

$$\% \text{ Grasa O E. E.} = \frac{P1 - P2}{P} \times 100$$

Donde:

P1 = es el peso del vaso de aluminio con el extracto etéreo o residuos de grasa de la muestra

P2 = peso del vaso de aluminio vacío

P = es el peso de la muestra empleada.

2.4.5. Determinación de fibra bruta.

Para la determinación de fibra bruta se siguieron los siguientes pasos:

Digestión Ácida.

Se pesó 1 g de harina exenta de grasa (W), en el crisol de vidrio (secado y tarado), se realizó el análisis por triplicado. Se agregó 150 ml de H₂SO₄ a 0.255 N, hirviendo o precalentado, 3 gotas de antiespumante y 5 perlas de vidrio por muestra.

Se dejó hervir por un periodo de 30 minutos, desde el inicio de la ebullición. Luego se filtró la solución ácida con agua destilada caliente (se hizo un lavado de 3 repeticiones, hasta que cese la reacción ácida).

Digestión Alcalina

Se agregó 150 ml de solución alcalina por cada muestra. Se dejó hervir por un periodo de 30 minutos, desde el inicio de la ebullición. Luego se filtró la solución de hidróxido de sodio con agua destilada caliente (se hizo un lavado de 3 repeticiones, hasta que cese la reacción alcalina. Se realizó un último lavado con agua desionizada fría destinada a enfriar los crisoles.

Se lavó 3 veces el contenido de filtro con 25 ml de acetona, se agitó cada muestra por aire comprimido. Se retiró los crisoles del extractor de fibras, se llevaron a la estufa a 105 ± 2 °C, durante 3 horas hasta obtener un peso constante, luego se llevó a un desecador con, hasta obtener temperatura ambiente. Este peso es el contenido de fibra cruda más cenizas (F1).

Se llevó los crisoles a un horno mufla y se incineraron a $550 \text{ °C} \pm 20 \text{ °C}$, por un periodo de 7 horas. Se retiró los crisoles contenido la ceniza, para ser puestos en un desecador, hasta obtener temperatura ambiente. Este peso representa la cantidad de cenizas en la muestra (F2).

La cantidad de fibra cruda del producto expresado en porcentaje, es igual:

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{F1 - F2}{W} \times 100$$

Donde:

F1 = es el peso del crisol con el residuo de fibra extraída del extractor y sometida a estufa

F2 = Es el peso del crisol + cenizas, después de haber sido incinerado.

W = Es la cantidad de muestra utilizada en el análisis correspondiente.

2.4.6. Acidez titulable

Para determinar la acidez titulable de la harina de ñame será de acuerdo a la norma técnica peruana NTP 205.039 para acidez titulable para harinas, se seguirán los siguientes pasos que se presentan a continuación.

Se llenó la bureta con solución de NaOH 0,1 N. Se tomó la lectura de la cantidad de la solución de la bureta.

Se pesó 10.000 g (diez gramos) de harina de la muestra. En un frasco Erlenmeyer de 300 ml de capacidad se colocó los 10.000 g de harina en 100 ml de agua destilada.

Se agitó la suspensión contenida en el frasco cada 10 minutos, por espacio de 1 hora. Se filtró la suspensión hasta obtener un volumen de filtrado que sobrepase los 50 ml.

Se tomó 50 ml de filtrado y se colocó en un frasco Erlenmeyer de 125 ml de capacidad. Se agregó 1 ml de solución indicadora de fenolftaleína. Se tituló con la solución 0,1 N de hidróxido de sodio hasta que se produzca el cambio de coloración. El color grosella deberá persistir por espacio de 30 segundos.

Se anotó el gasto de solución 0,1 N de hidróxido de sodio.

Para determinar el contenido de acidez titulable en harinas se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% A = \frac{V * N * Meq * 100 * 100}{10 * 50} * \frac{100 - 15}{100 - H}$$

$$\% A = V * 0.098 * \frac{85}{100 - H}$$

donde:

V = Gasto de la solución 0,1 N de hidróxido de sodio.

N = normalidad del hidróxido de sodio.

H = Humedad de la muestra (%).

Meq = peso miliequivalente del ácido predominante en la muestra.

2.5. Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos que se realizaron a la harina de ñame fue de acuerdo al Manual de Análisis Microbiológicos de Alimentos elaborado por DIGESA.

2.5.1. Recuento en placa de aerobios

Se pesó 10 g de muestra, se colocó en 90 ml de agua peptonada al 0.1 % y homogenizamos por 30 segundos. Como se desconoce el número aproximado de gérmenes presentes en el alimento, se prepararon diluciones que pueden modificarse en función de la cifra de microorganismos esperados, se sembraron en tres diluciones distintas. Pipeteamos 1 ml de cada dilución en placas estériles debidamente codificadas.

Vertimos en la placa el agar fundido y temperado a 44 – 46 °C. mezclamos el inóculo con el medio fundido, inclinado y girando las placas. Para controlar la esterilidad, se preparó varias placas conteniendo el medio y el diluyente sin inocular. Transcurrido el tiempo de incubación, el número presente de colonias en estas placas no debe modificar el recuento en más de una unidad en la segunda cifra significativa. Una vez solidificado el agar, invertir las placas e incubarlas a 35 °C por 48 ± 2 horas.

Día 3

Cálculo del recuento estándar en placa

Elegimos dos placas correspondientes a una dilución que presenten entre 30 y 300 colonias. Se contó todas las colonias de cada placa utilizando un contador de colonias. Se halló la media aritmética de los valores y multiplicamos por el factor de dilución. Se dió el valor obtenido como el recuento estándar en placa.

2.5.2. Método del número más probable (nmp) coliformes

Día 1

Se pesó 10 gramos de muestra, agregamos 90 ml de agua peptonada al 0.1 % y homogenizamos por 30 segundos. Se preparó diluciones decimales con 9 ml de agua peptonada al 0.1 % mas 1 ml de la dilución anterior.

Se transfirió porciones de 1 ml a 3 tubos de Caldo EC o Caldo Brilla, para cada dilución por 3 diluciones consecutivas. Se incubó los tubos a 35 °C por 3 horas, después se pasó a incubar a 45 °C en baño María por 24 horas.

Día 2

Se examinó los tubos a 24 ± 2 horas para determinar gas, el desplazamiento del medio en los tubos de fermentación o efervescencia cuando los tubos son agitados suavemente. Se reincubó los tubos negativos por 24 horas adicionales.

Día 3

Se examinó por segunda vez para determinar gas y leer la fluorescencia en la lámpara UV. Se puede confirmar al instante añadiendo 0.2 – 0.3 ml del reactivo de Kovacs a los tubos que se considera positivos.

Sembrar en estrías con asa a partir de cada tubo que produce gas sobre el agar L-EMB o agar Endo Les. Incubar 18 – 42 horas a 35 °C.

Como no hubo producción de gas no fue necesario sembrar en las placas

2.5.3. Recuento de mohos y levaduras

Se pesó 10 g y se colocó en 90 ml de agua peptonada, se homogenizó por 30 segundos. Se pipeteó por duplicado en placas Petri, alícuotas 1 ml de las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} .

Se vertió en la placa 10 – 15 ml de Agar Papa Dextrosa fundido y temperado a 44 – 46 °C, acto seguido se mezcló el inóculo con el medio fundido, inclinándolo y girando las placas. Una vez solidificado el agar, invertimos las placas y se incubó a 22 – 24 °C durante 3 a 5 días.

Se calculó el número de unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo o mililitro de levaduras o mohos, multiplicando el número de colonias por el factor de dilución.

2.5.4. Salmonella.

Se pesó asepticamente 25 g. de muestra en 225 ml de Caldo de Latosa contenido en un matraz Erlenmeyer de 500 ml. Se dejó reposar el recipiente con la tapa sin ajustar, sin mezclarlo o ajustar el pH, por 24 ±2 horas a 35 °C.

Día 2:

Se ajustó la tapa y agitó suavemente la muestra incubada; se transfirió 1 ml de la mezcla a 10 ml de Caldo Selenito- Cistina (SC) y 1 ml de la mezcla a caldo Rappaport-Vassiliadis ((RV). Se incubó el caldo SC a 24 ± 2 horas a 35 °C y el medio de RV por 24±2 horas a 43 °C en baño maría.

Día 3:

Se mezcló y sembró por agotamiento y estría o asa de 3 mm de caldo de SC y RV en medios de aislamientos selectivo. Agar SS, XLD y agar Rambach. Se incubó las placas a 24±2 horas a 35 °C.

Se examinó las placas para detectar la presencia de colonias que se sospeche que son salmonella, pero como no hubo crecimiento ahí terminó el proceso.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Las muestras iniciaron con un porcentaje de humedad de 75.0 %, con un peso de 400 .05 gramos. El diseño experimental que se empleó fue un diseño completamente al azar con un arreglo factorial con dos factores y tres niveles, se realizaron 9 tratamientos con 3 repeticiones cada tratamiento.

3.1. Curvas de secado

En la figura 6 muestra la pérdida de humedad durante el tiempo para el espesor de 5 mm secado a 50 °C, 60 °C y 70 °C, en el anexo 7 tabla 38, 39 y 40 se muestran los datos experimentales obtenidos.

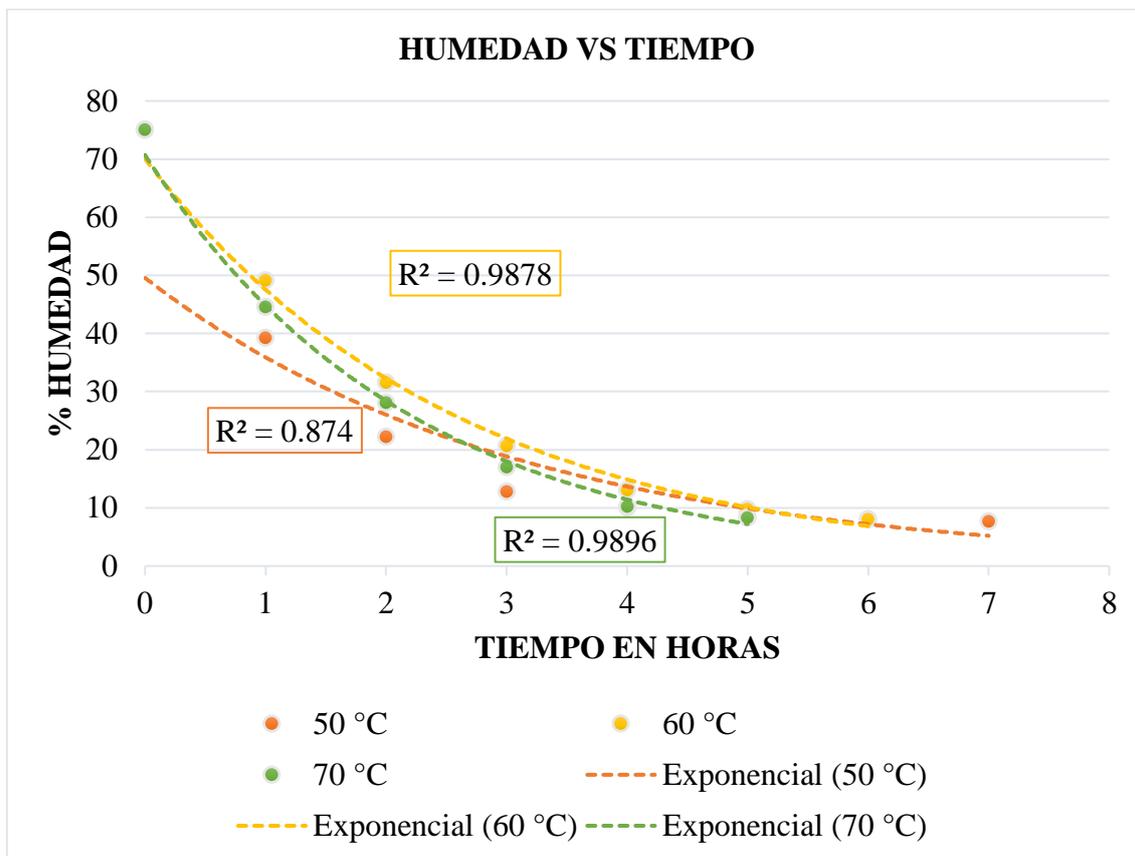


Figura 6: Pérdida de humedad, espesor de 5 mm, temperaturas de 50, 60 y 70 °C

En la figura 6 se muestra que para la temperatura de 50 °C con un espesor de 5 mm la pérdida de humedad es más rápida en comparación con las temperaturas de 60 °C y 70 °C, esto se debe a que todas las rodajas no estuvieran cortadas uniformemente, otro factor sería la velocidad de aire, que por lo general era de 1 m/s, y habría sido menor al momento de secar con la temperatura de 70 °C y 60 °C. tal como mencionan Norma y Joseph que a mayor velocidad elimina la humedad de la superficie del alimento evitando que se cree una atmosfera saturada y que las láminas más finas reducen la distancia que el calor tiene que recorrer y la humedad pueda llegar a la superficie y escapar.

En la figura 7 se muestra la pérdida de humedad para el espesor de 10 mm secado a 50 °C, 60 °C y 70 °C, en el anexo 7 tabla 41, 42 y 43 se muestran los datos experimentales obtenidos.

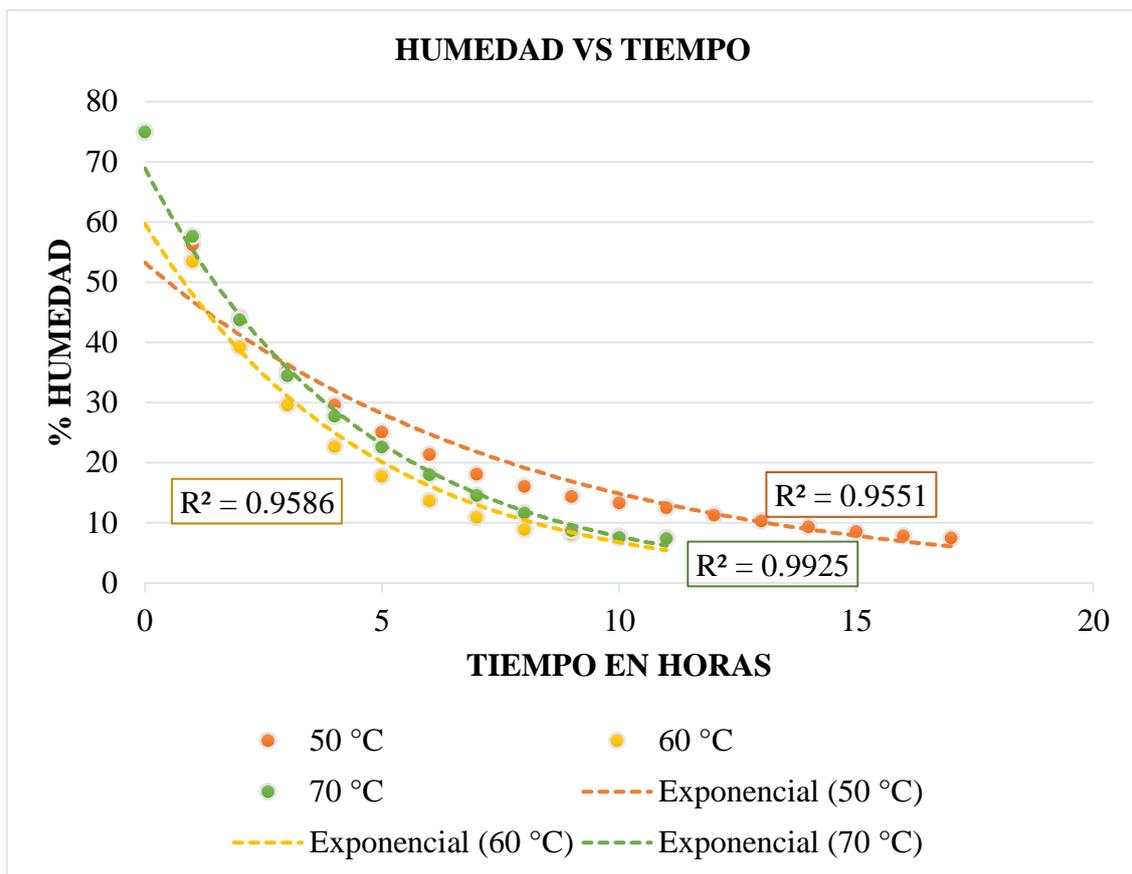


Figura 7: Pérdida de humedad, espesor 10 mm, temperaturas de 50 , 60 y 70 °C

En la figura 7 muestra, que para la temperatura de 60 °C con un espesor de 10 mm la pérdida de humedad es más rápida en comparación con las temperaturas de 70 °C y 50 °C, estas en las 3 horas iniciales la pérdida de humedad eran similares después la temperatura de 70 °C comenzó a perder más peso que la temperatura de 50 °C, esto se debe a que todas las rodajas no estuvieran cortadas uniformemente, otro factor sería la velocidad de aire, que por lo

general era de 1 m/s, y habría sido menor las 4 horas iniciales al secar con la temperatura de 70 °C y 50 °C. después habría sido mayor al secar con la temperatura de 70 °C pero no logro igualar o superar a la temperatura de 60 °C.

Tal como mencionan Norma y Joseph que a mayor velocidad elimina la humedad de la superficie del alimento evitando que se cree una atmosfera saturada y que las láminas más finas reducen la distancia que el calor tiene que recorrer y la humedad pueda llegar a la superficie y escapar.

En la figura 8 se muestra la pérdida de humedad para el espesor de 15 mm secado a 50 °C, 60 °C y 70 °C, en el anexo 7 tabla 44, 45 y 46 se muestran los datos experimentales obtenidos.

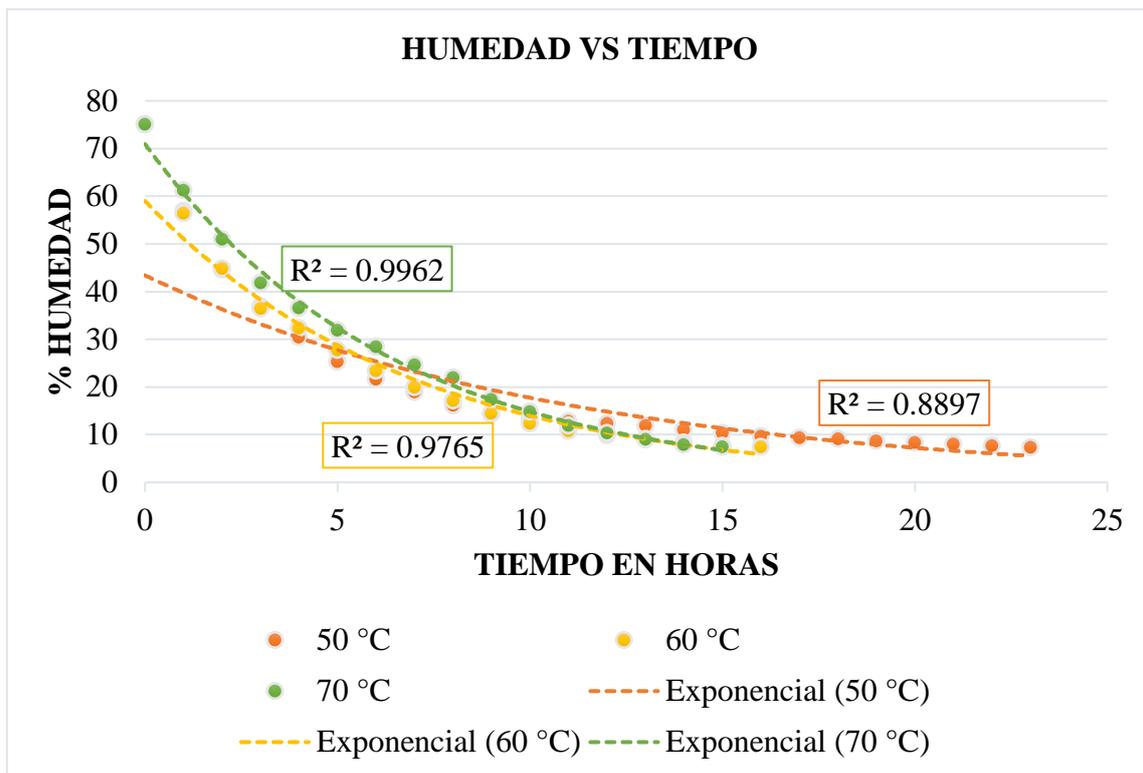


Figura 8: Pérdida de humedad, espesor de 15 mm, temperaturas de 50, 60 y 70 °C

La figura 8 muestra, que para la temperatura de 50 °C y 60 °C con un espesor de 15 mm la pérdida de peso es más rápida en comparación con las temperaturas de 70 °C, esto se debe a que todas las rodajas secas a 70 °C no estuvieran cortadas uniformemente, otro factor sería la velocidad de aire, que por lo general era de 1 m/s, y habría sido menor al momento de secar con la temperatura de 70 °C, tal como mencionan Norma y Joseph que a mayor velocidad elimina la humedad de la superficie del alimento evitando que se cree una atmosfera saturada y que las láminas más finas reducen la distancia que el calor tiene que recorrer y la humedad pueda llegar a la superficie y escapar.

3.2. Evaluación estadística de los análisis fisicoquímicos realizados a la harina

Después de realizar los análisis fisicoquímicos a la harina se realizó el ANVA a cada uno de los resultados fisicoquímicos para determinar cuál es la mejor temperatura y espesor de rodaja. A continuación, se muestran las tablas de efectos principales y efectos simples.

a. Humedad

El porcentaje de humedad que se obtuvo al final del secado se encuentra en el rango permitido que debe tener una harina, que debe ser menor al 15 %.

En la Tabla 30 del anexo 2 se presenta el ANVA para el porcentaje de humedad, trabajando con significancia del 5 %, el cual muestra que existe diferencia estadística significativa para todas las fuentes de variación, así mismo el coeficiente de variabilidad es de 0.1647.

En la Tabla 14 se presenta los efectos principales del factor temperatura en promedio de los niveles del factor espesor y del factor espesor en promedio de los niveles del factor temperatura.

Tabla 14: Efectos principales

Temperatura/ Espesor	E5	E10	E15	Temperatura
T 50	8.28	8.28	8.28	8.28 c
T 60	8.60	8.27	8.33	8.40 a
T 70	8.36	8.42	8.15	8.31 b
Espesor	8.41 a	8.32 b	8.25 c	

En la Tabla 14 de efectos principales muestra que a un espesor de 5 mm y a la temperatura de 60 °C se obtuvo una humedad de 8.60, esta humedad es mayor a la humedad obtenida con un espesor de 15 mm y a una temperatura de 70 °C, esto se debe al tiempo de secado que se dejó a cada muestra y a la velocidad de aire con la que se secó. La humedad obtenida es menor a la humedad obtenida por Salazar y Marcano (2012), secaron a 70 °C con espesor de 2 mm y obtuvieron una humedad de 8.42 %.

Efectos simples

En la Tabla 31 del anexo 2 se presenta el ANVA de efectos simples y a continuación la Tabla 15 y 16 resumen las interacciones de los factores que fueron significativos.

Tabla 15: Temperatura en espesor

Temperatura/ Espesor	E5	E10	E15
T60	8.60 a	8.27 c	8.33 a
T70	8.36 b	8.42 a	8.15 c
T50	8.28 c	8.28 b	8.28 b

Elaboración propia

Tabla 16: Espesor en temperatura

Espesor /Temperatura	T60	T70
E5	8.60 a	8.36 b
E15	8.33 b	8.15 c
E10	8.27 c	8.42 a

Elaboración propia

En la Tabla 15 los efectos simples para temperatura hubo interacción con los tres espesores de rodaja a pesar de eso en la Tabla 16 los efectos simples para espesor de rodaja solo hubo interacción con las temperaturas de 60 °C y 70 °C, por lo que se muestra que un espesor de 5 mm con una temperatura de 60°C se obtuvo mayor porcentaje de humedad de 8.60 por ciento, con un espesor de rodaja de 15 mm a temperatura de 70 °C se obtuvo menor porcentaje de humedad de 8.15 por ciento.

Es mejor tener un porcentaje de humedad bajo, por lo tanto, el menor porcentaje de humedad se obtiene con una temperatura de 70 °C y espesor de rodaja de 15 mm, es menor a la humedad obtenida por Salazar y Marcano (2012), secaron a 70 °C con espesor de 2 mm y obtuvieron una humedad de 8.42 %, pero es mayor al porcentaje de humedad reportado en Pacheco, Techeira y D. Garcia (2008), se debe a que secaron a 80 °C por 4 horas y obtuvieron 5.40 %.

b. Cenizas

El porcentaje de cenizas obtenidos solo excede en milésimas al límite establecido por la Norma Técnica Peruana, un factor sería el grado de refinamiento de la harina, tal como afirman Salazar y Marcano (2012).

En la Tabla 32 del anexo 3 se presenta el ANVA para el porcentaje de cenizas, trabajando con significancia del 5 %, el cual muestra que existe diferencia estadística significativa solo para las fuentes de variación del tratamiento, temperatura y temperatura por espesor, así mismo el coeficiente de variabilidad es de 0.0269.

En la Tabla 17 se presenta los efectos principales del factor temperatura en promedio de los niveles del factor espesor y del factor espesor en promedio de los niveles del factor temperatura.

Tabla 17: Efectos principales.

Temperatura/ Espesor (mm)	E5	E10	E15	Temperatura
T50	2.717	2.716	2.721	2.718 b
T60	2.865	2.865	2.866	2.865 a
T70	2.665	2.667	2.664	2.665 c
Espesor	2.749 b	2.7493 ab	2.750 3a	

Elaboración propia

En la Tabla 17 los efectos principales muestran que el menor porcentaje de cenizas se obtuvo con una temperatura de 70 °C con espesor de rodaja de 5mm. Para Ceballos y Jiménez (2012), los minerales se mantienen constantes durante la deshidratación. Por lo tanto, la diferencia se debe al grado de refinamiento y del lugar de donde fueron cultivados.

Hay diferencia entre los datos reportados por Salazar y Marcano (2012), secando a 70 °C y 2 mm de espesor obtuvieron 1.509 % cenizas y de los datos reportados por Pacheco, Techeira y D. Garcia (2008), secando a 80 °C obtuvieron 2.90 % de cenizas.

Efectos simples

En la Tabla 33 el anexo 3 se presenta el ANVA de efectos simples y a continuación la tabla 18 y 19 resumen las interacciones de los factores que fueron significativos.

Tabla 18: Temperatura en Espesor.

Temperatura / Espesor (mm)	E 5	E 10	E 15
T 60	2.87 a	2.86 a	2.87 a
T 50	2.72 b	2.72 b	2.72 b
T 70	2.66 c	2.67 c	2.66 c

Elaboración propia

Tabla 19: Espesor en Temperatura.

Espesor (mm) / Temperatura	T 50	T 70
E 15	2.7217 a	2.6643 b
E 5	2.7177 b	2.6647 b
E 10	2.7167 b	2.6673 a

Elaboración propia

En la Tabla 18 el efecto simple para la interacción de temperatura en espesor de rodaja es significativo para 5 mm, 10 mm y 15 mm de espesor de rodajas, en cambio al hacer la interacción de espesor en temperatura tal como se muestra en la Tabla 19 el efecto simple solo es significativo para las temperaturas de 50 °C y 70 °C.

Según la norma técnica peruana el porcentaje de cenizas no debe exceder el 2.625 %, entonces se usaría para secar una temperatura de 70 °C y espesores de 5 mm y 15 mm de espesor que se obtiene 2.66 % de cenizas. Para Ceballos y Jiménez (2012), los minerales se mantienen constantes durante la deshidratación. Por lo tanto, la diferencia se debe al grado de refinamiento y del lugar de donde fueron cultivados.

Es mayor a los datos reportados por Salazar y Marcano (2012), secando a 70 °C y 2 mm de espesor obtuvieron 1.509 % cenizas, pero menor a los datos reportados por Pacheco, Techeira y D. Garcia (2008), secando a 80 °C obtuvieron 2.90 % de cenizas.

c. Fibra

En la Tabla 34 del anexo 4 se presenta el ANVA para el porcentaje de fibra, trabajando con significancia del 5 %, el cual muestra que existe diferencia estadística significativa para todas las fuentes de variación, así mismo el coeficiente de variabilidad es de 0.0269.

En la Tabla 20 los efectos principales del factor temperatura en promedio de los niveles del factor espesor y del factor espesor en promedio de los niveles del factor temperatura.

Tabla 20: Efectos principales.

Temperatura / Espesor (mm)	E5	E10	E15	Temperatura
T 50	1.7407	1.7413	1.7407	1.7409 b
T 60	1.7297	1.7303	1.7313	1.7304 c
T 70	1.7877	1.7920	1.7907	1.7901 a
Espesor	1.7527 b	1.7546 a	1.7542 a	

Elaboración propia

En la tabla 20 los efectos principales muestran que el mayor porcentaje de fibra se obtiene con una temperatura de 70 °C y con un espesor de rodaja de 10 mm y 15 mm. Para Ceballos y Jiménez (2012), la fibra se mantiene constante durante la deshidratación, la variación se debe al grado de refinamiento que se dio a cada muestra. Pero es muy bajo en comparación con el valor obtenido por Pacheco, Techeira y D.

Garcia (2008), que fue de 7.60 %, quizás porque usaron diferente variedad el ñame (*Dioscorea alata*).

Efectos simples

En la Tabla 35 del anexo 3 se presenta el ANVA de efectos simples y a continuación la tabla 21 y 22 resumen las interacciones de los factores que fueron significativos.

Tabla 21: Temperatura en Espesor.

Temperatura / Espesor (mm)	E5	E10	E15
T70	1.7877 a	1.7920 a	1.7907 a
T50	1.7407 b	1.7413 b	1.7407 b
T60	1.7297 c	1.7303 c	1.7313 c

Elaboración propia

Tabla 22: Espesor en Temperatura.

Espesor (mm) / Temperatura	T 70
E10	1.7920 a
E15	1.7907 a
E 5	1.7877 b

Elaboración propia

En la Tabla 21 el efecto simple para la interacción de temperatura en espesor de rodaja muestra que es significativo para los tres espesores de rodaja, en cambio en la Tabla 22 muestra que el efecto simple para la interacción de espesor en temperatura solo es significativo con la temperatura de 70 °C.

Por lo tanto, usaríamos la temperatura de 70 °C con 10 mm y 15 mm de espesor de rodaja para obtener mayor porcentaje de fibra dietética de 1.7920 %, según Ceballos y Jiménez (2012), la fibra se mantiene constante a diferentes temperaturas, la variación se debe al grado de refinamiento que se dio a cada muestra.

Pero es muy bajo en comparación con el valor obtenido por Pacheco, Techeira y D. Garcia (2008), que fue de 7.60 %, quizás porque usaron diferente variedad el ñame (*Dioscorea alata*).

A mayor porcentaje de fibra dietaria sería beneficioso para las personas debido a que retienen agua, ablandan las heces y reducen su tiempo de tránsito por el intestino grueso (Norman y Joseph, 1999, 69).

d. Grasas

En la Tabla 36 del anexo 5 se presenta el ANVA para el porcentaje de grasas, trabajando con significancia del 5 %, el cual muestra que no existe diferencia estadística significativa para la fuente de variación de Temperatura por Espesor, por lo que no se obtuvo efectos simples, así mismo el coeficiente de variabilidad es de 0.0269.

En la Tabla 23 se muestran los efectos principales del factor temperatura en promedio de los niveles del factor espesor y del factor espesor en promedio de los niveles del factor temperatura.

Tabla 23: Efectos principales.

Temperatura / Espesor (mm)	E5	E10	E15	Temperatura
T50	0.2310	0.2303	0.2333	0.2316 a
T60	0.2033	0.2037	0.2060	0.2043 b
T70	0.1693	0.1713	0.1707	0.1704 c
Espesor	0.2012 b	0.2018 b	0.2033 a	

Elaboración propia

En la Tabla 23 los efectos principales indica que el mayor porcentaje de grasa cruda se obtiene con una temperatura de 50 °C y espesor de 15 mm de espesor de rodaja este valor se acerca más al valor encontrado por Pacheco, Techeira y D. Garcia (2008), que fue de 0.28 %.

Por lo tanto, se elige a la temperatura de 50 °C y espesor de 15 mm porque nos da más grasa, y como la harina sería mayormente utilizada para la panificación, tal como menciona Cabezas, Hernández y Vargas (2015), las grasas dan suavidad a las masas, mejoran la plasticidad de la masa y la integración de los ingredientes y se retarda el endurecimiento. Aumentan la transmisión de calor, disminuyen el tiempo de cocción y mejoran su apariencia, sabor y textura.

e. Proteínas

En la Tabla 37 del anexo 6 se presenta el ANVA para el porcentaje de proteínas, trabajando con significancia del 5 %, el cual muestra que no existe diferencia estadística significativa para la fuente de variación de Temperatura por Espesor, por lo que no se obtuvo efectos simples, así mismo el coeficiente de variabilidad es de 0.0130.

En la tabla 24 se muestran los efectos principales del factor temperatura en promedio de los niveles del factor espesor y del factor espesor en promedio de los niveles del factor temperatura.

Tabla 24: Efectos principales

Temperatura / Espesor (mm)	E 5	E 10	E 15	Temperatura
T50	7.1490	7.1483	7.1503	7.1492 a
T60	6.3460	6.3453	6.3453	6.3456 b
T70	6.1823	6.1817	6.1820	6.1820 c
Espesor (mm)	6.5591 a	6.5584 a	6.5592 a	

Elaboración propia

En la Tabla 24 muestra que el mayor porcentaje de proteínas se obtiene al usar una temperatura de 50 °C con espesores de rodaja de 5 mm, 10 mm y 15 mm, y para las temperaturas 60 y 70 °C el porcentaje de proteínas es menor según Ceballos y Jiménez (2012), esto se debe a que las proteínas se desnaturalizan a altas temperaturas.

Este valor es mayor en comparación con el valor obtenido por Pacheco, Techeira y D. Garcia (2008), que fue de 6.75 y con el valor de Salazar y Marcano (2012) que fue de 1.172 %.

Por lo tanto, para obtener un mayor porcentaje de proteínas se obtiene usando la temperatura de 50 °C con los tres espesores de rodaja, el mayor porcentaje de proteínas es mejor porque para Moreiras et al (2013) estas ayudan a formar y reparar las estructuras corporales.

f. Acidez titulable

El porcentaje de acidez que se obtuvo para todas las muestras fue de 0.136 %, por lo tanto, no fue necesario realizar el ANOVA, se encuentra dentro del rango establecido por la NTP 205.040, el indica que no debe exceder el 0.165%, en comparación con el valor reportado por Salazar y Marcano (2012) que obtuvieron un porcentaje de 0.676 % es mucho menor.

Por lo tanto, la evaluación estadística a las características fisicoquímicas de la harina de ñame permitió determinar que las mejores temperaturas para secar el ñame y obtener harina es usando las temperaturas de 50 °C y 70 °C con los espesores de rodaja de 5 mm, 10 mm y 15 mm, con estas temperaturas nos da mejores características fisicoquímicas beneficiosas para la harina.

3.3. Análisis microbiológicos de la harina de ñame

a. Recuento en placa de Aerobios mesófilos

La cantidad promedio de microorganismos aerobios encontrados en todas las muestras analizadas de la harina de ñame fueron los siguientes.

Tabla 25: Resultados de aerobios mesófilos.

Resultados	Limite permisible (según norma microbiológica peruana)
2.9×10^2 UFC/gr.	10^2 UFC/gr.

Elaboración propia

Según DIGESA los aerobios mesófilos que debe contener una harina no debe exceder los 10^2 UFC/g y en los resultados obtenidos, la harina contiene 2.9×10^2 UFC/gr, se encuentra por encima del límite permisible, esto se debe a que las muestras fueron manipuladas para realizar los análisis fisicoquímicos.

b. Numeración de bacterias coliformes

La cantidad promedio de bacterias coliformes encontrados en todas las muestras analizadas de la harina de ñame fueron las siguientes.

Tabla 26: Resultados coliformes encontrados en la harina

Resultados	Limite permisible (según norma microbiológica peruana)
< 3 Coliformes totales/gr.	$10 - 10^2$ Coliformes totales/g

Elaboración propia

Según NTP. 205.040. *Harinas sucedáneas de la harina de trigo. Generalidades*, no debe de exceder de 10^2 y en los resultados obtenidos hay menos de 3 coliformes totales/gr, en los tubos donde se realizaron las pruebas no hubo producción de gas donde indique que hay coliformes, por eso se expresó los resultados tal como se muestran en la Tabla 23.

c. Numeración de mohos y levaduras

La cantidad promedio de mohos y levaduras encontrados en todas las muestras analizadas de la harina de ñame fueron los siguientes.

Tabla 27: Resultados de hongos y levaduras encontrados en la harina.

Resultados	Limite permisible (según norma microbiológica peruana)
3.5 x 10 ² UFC/gr.	10 ⁴ – 10 ⁵ UFC/gr

Elaboración propia

Según NTP. 205.040. *Harinas sucedáneas de la harina de trigo. Generalidades*, las unidades formadoras de colonias por gramo de mohos y levaduras no debe de exceder de 10⁴ - 10⁵ UFC/gr, y los resultados obtenidos fue de 3.5 x 10² UFC/gr.

d. Recuento en placa de salmonella

No hubo crecimiento de colonias en ninguna de las placas, lo que significa que hay ausencia de Salmonella.

Tabla 28: resultados de salmonella encontrada en la harina.

Resultados	Limite permisible (según norma microbiológica peruana)
No se observó crecimiento de salmonella.	Ausencia en 25 gr.

Elaboración propia

Según NTP. 205.040. *Harinas sucedáneas de la harina de trigo. Generalidades*, por cada 25 g. de muestra debe haber ausencia Salmonella, por lo tanto, en las muestras de harina de ñame analizadas no hubo crecimiento de Salmonella. Por eso se expresó así el resultado tal como se muestra en la Tabla 27.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES

- La evaluación estadística a las características fisicoquímicas de la harina de ñame permitió determinar la mejor temperatura y espesor de rodaja, la cual se obtuvo que las temperaturas de 50 °C y 70 °C y que los tres espesores 5 mm, 10 mm y 15 mm, son mejores para secar y obtener mejores características fisicoquímicas para la harina, la cual sería muy beneficioso para el consumo humano.
- Se determinó las características fisicoquímicas la harina de ñame, donde se obtuvo un porcentaje promedio de humedad de 8.14 por ciento, cenizas 2.664 por ciento, fibra 2.6673 por ciento, grasa 0.2333 por ciento, proteínas 7.1503 por ciento y acidez titulable de 0.136 por ciento.
- Se determinó las características microbiológicas de la harina, la cual se encuentra dentro del rango establecido por la norma de DIGESA, con excepción de los análisis de aerobios mesófilos que excedió a la norma, la norma establece que debe de tener como máximo 100 UFC/g y en las muestras analizadas se obtuvo 290 UFC/g. esto se debe a que primero se manipuló para realizar los análisis fisicoquímicos lo cual conllevó a que estos análisis excedieran a la norma.

CAPÍTULO V

5. RECOMENDACIONES

- Secar al ñame por diferentes métodos de secado, tales como el secado solar, secado por liofilización, secado por radiación entre otros, para ver la influencia en sus características fisicoquímicas, y el tiempo de secado que se requiere.
- Para evitar que los análisis microbiológicos no excedan a la norma establecida, se debe manipular a las muestras utilizando guantes, mascarilla y toca, y primero se debe realizar los análisis microbiológicos y así evitar la contaminación de la muestra, después los demás análisis.
- Utilizar una cortadora la cual se pueda calibrar el espesor de rodaja que se desea obtener para así tener todas las muestras con medidas homogéneas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, H. (2012). *Extracción, caracterización y aplicación de almidón de ñame variedad blanco (Dioscorea trifida) originario de la región amazónica colombiana para la elaboración de productos horneados* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia. Colombia. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/9785/1/107519.2012.pdf>
- Brennan, J. (2008). *Manual del procesado de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia.
- Cabezas, C., Hernández, B. y Vargas, M. (2015). Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfmun/v64n4/0120-0011-rfmun-64-04-00761.pdf>
- Cárdenas, M. (2012). *Proceso de obtención de harina de papa (Solanum tuberosum), de variedad canchan* (tesis de grado). Universidad Nacional de Ingeniería. Perú. Recuperado de: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3344>
- Ceballos, E. y Jiménez, M. (2012). *Cambios en las propiedades de frutas y verduras durante la deshidratación con aire caliente y su susceptibilidad al deterioro microbiano*. Recuperado de: [http://www.udlap.mx/wp/tsia/files/No6-Vol-1/TSIA-6\(1\)-Ceballos-Ortiz-et-al-2012.pdf](http://www.udlap.mx/wp/tsia/files/No6-Vol-1/TSIA-6(1)-Ceballos-Ortiz-et-al-2012.pdf)
- Dávila, P. y Vergara, S. (2017). *Obtención de harina de Sorghum bicolor L. (maíz de guineo) para su aplicación como harina sucedánea en la panificación – Iquitos* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/3654>
- DIGESA. (2001). *Manual de análisis microbiológicos de alimentos*. Lima, Perú.
- González, M. (2012). El Ñame (*Dioscorea* spp.). Características, usos y valor medicinal. Aspectos de importancia en el desarrollo de su cultivo. *Cultivos tropicales*, 33(4), 5-15. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362012000400001&script=sci_arttext
- Gutiérrez, H. y De La Vara, R. (2008). *Análisis y diseños de experimentos*. Segunda Edición. México: McGraw-Hill
- Montes, E., Torres, R., Andrade, R., Pérez, O., Marimon, J., y Meza, I. (2008). Modelado de la cinética de secado de ñame (*dioscorea rotundata*) en capa delgada. *Ingeniería e Investigación*. Vol. 28, No. 2, (45 - 52). Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v28n2/v28n2a06.pdf>
- Método Oficial AOAC 942.2005. Determinación de cenizas totales.
- Método Oficial AOAC 920.39. Determinación de grasa o extracto etéreo, Método Soxhlet.
- Método Oficial AOAC 962.09. Determinación de fibra cruda.
- Método Oficial AOAC 928.08: Determinación de proteínas. “Kjeldahl method”
- Moreiras et al (2013). *Tabla de composición de alimentos. Guía de prácticas*. 16.ª edición. Madrid, España: Pirámide.

- Norman y Joseph (1999). *Ciencia de los Alimentos*. Zaragoza, España: Acribia.
- Norma Técnica Peruana. NTP. 205.039. *Harinas: Determinación de la acidez titulable*. INACAL. 1975 (revisada el 2016). Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana. NTP. 205.040. *Harinas sucedáneas de la harina de trigo. Generalidades*. INACAL. Tercera edición. 2016. Lima, Perú.
- Official Methods of Análisis AOAC 15 th Edition, 1990.
- Official Methods of Analysis of AOAC International, 19th edition, 2012. Volume II.
- Pacheco, E., Techeira, N. y Garcia, A. (2008). Elaboración y Evaluación de Polvos para Bebidas Instantáneas a Base de Harina Extruida de Ñame (*Dioscorea alata*). *Revista Chilena de Nutrición*, 35 (4), 452-459. Recuperado de <http://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v35n4/art08.pdf>
- Pino, J. (2011). *Caracterización fisicoquímica de la harina de maíz criollo (zea mays amylacea) y su aplicación en la elaboración de pan* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín. Obtenido de Repositorio de tesis digital: <http://tesis.unsm.edu.pe/jspui/handle/11458/371>
- Salazar, E. y Marcano, M. (2012). La harina de ñame (*Dioscorea alata*), un ingrediente potencial en la elaboración de productos de panadería. *Saber*, 23 (2), 134 - 140. Recuperado de <http://ojs.uudo.edu.ve/index.php/saber/article/view/85>
- Suzanne, N. (2003). *Análisis de los Alimentos*. Saragoza - España. Editorial Acribia.

ANEXOS

ANEXO 1: Análisis fisicoquímicos realizados a la harina de ñame (*Dioscorea trifida*)

Tabla 29: Análisis fisicoquímicos realizados a las muestras de harina

Tratamiento/ muestra			Humedad (%)	Ceniza (%)	Fibra cruda (%)	Grasas (%)	Proteína (%)	Acidez titulable (%)
Temperatura	Espesor de rodaja	Repetición						
50 °C	5 MM	1	8.280	2.720	1.741	0.231	7.149	0.136
		2	8.281	2.715	1.741	0.231	7.149	0.136
		3	8.281	2.718	1.740	0.231	7.149	0.136
	10 MM	1	8.280	2.715	1.742	0.230	7.148	0.136
		2	8.280	2.719	1.741	0.231	7.149	0.136
		3	8.281	2.716	1.741	0.230	7.148	0.136
	15 MM	1	8.281	2.722	1.740	0.233	7.150	0.136
		2	8.280	2.721	1.740	0.233	7.150	0.136
		3	8.281	2.722	1.742	0.234	7.151	0.136
60 °C	5 MM	1	8.600	2.865	1.729	0.205	6.348	0.136
		2	8.598	2.864	1.729	0.202	6.344	0.136
		3	8.600	2.866	1.731	0.203	6.346	0.136
	10 MM	1	8.268	2.864	1.730	0.203	6.346	0.136
		2	8.267	2.864	1.730	0.202	6.342	0.136
		3	8.267	2.866	1.731	0.206	6.348	0.136
	15 MM	1	8.332	2.864	1.730	0.208	6.346	0.136
		2	8.332	2.867	1.732	0.206	6.346	0.136
		3	8.333	2.867	1.732	0.204	6.344	0.136
70 °C	5 MM	1	8.367	2.663	1.788	0.171	6.182	0.136
		2	8.367	2.665	1.786	0.169	6.184	0.136
		3	8.352	2.666	1.789	0.168	6.181	0.136
	10 MM	1	8.467	2.668	1.790	0.172	6.183	0.136
		2	8.467	2.667	1.793	0.172	6.180	0.136
		3	8.156	2.667	1.793	0.170	6.182	0.136
	15 MM	1	8.156	2.664	1.790	0.170	6.180	0.136
		2	8.123	2.665	1.792	0.171	6.184	0.136
		3	8.158	2.664	1.790	0.171	6.182	0.136

Elaboración propia

ANEXO 2: Evaluación estadística para el porcentaje de humedad.

Tabla 30: ANVA obtenido con transformación angular de datos provenientes de porcentajes.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig.
Tratamiento	8	0.4090261	0.0511283	67.01765	2.51	*
T	2	0.0738652	0.0369326	48.410327	3.55	*
E	2	0.1259547	0.0629774	82.549133	3.55	*
T*E	4	0.2092062	0.0523016	68.555569	2.93	*
Error exp.	18	0.0137323	0.0007629			
Total	26	0.4227585				

Elaboración propia

Coefficiente de Variabilidad: 0.1647

Tabla 31: ANVA de efectos simples

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
T(E5)	2	0.1745	0.08725	114.364735	3.55	*
T(E10)	2	0.0475	0.02375	31.1308018	3.55	*
T(E15)	2	0.061	0.0305	39.9785034	3.55	*
E(T50)	2	0.00000024	0.00000012	0.00015729	3.55	N.S
E(T60)	2	0.1972	0.0986	129.241981	3.55	*
E(T70)	2	0.1379	0.06895	90.377633	3.55	*

Elaboración propia

ANEXO 3: Evaluación estadística para el porcentaje de cenizas.

Tabla 32: ANVA obtenido con transformación angular de datos provenientes de porcentajes.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Tratamiento	8	0.58726977	0.07340872	11128.3685	2.51	*
T	2	0.58707963	0.29353981	44499.0615	3.55	*
E	2	3.5247E-05	1.7624E-05	2.67164633	3.55	N.S
T*E	4	0.0001549	3.8724E-05	5.87038596	2.93	*
Error exp.	18	0.00011874	6.5965E-06			
Total	26	0.58738851				

Elaboración propia

Coefficiente de Variabilidad: 0.0269

Tabla 33: ANVA de efectos simples

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
T(E5)	2	0.197	0.0985	14932.0717	3.55	*
T(E10)	2	0.1928	0.0964	14613.723	3.55	*
T(E15)	2	0.1974	0.0987	14962.3907	3.55	*
E(T50)	2	0.00013	0.000065	9.8536514	3.55	*
E(T60)	2	0.0000085	0.00000425	0.64427721	3.55	N.S
E(T70)	2	0.000051	0.0000255	3.86566324	3.55	*

Elaboración propia**ANEXO 4: Evaluación estadística para el porcentaje de fibra cruda.****Tabla 34: ANVA obtenido con transformación angular de datos provenientes de porcentajes.**

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Tratamiento	8	0.08682381	0.01085298	1769.60387	2.51	*
T	2	0.08666117	0.04333058	7065.15602	3.55	*
E	2	8.6172E-05	4.3086E-05	7.02531638	3.55	*
T*E	4	7.6468E-05	1.9117E-05	3.11707449	2.93	*
Error exp.	18	0.00011039	6.133E-06			
Total	26	0.0869342				

Elaboración propia

Coeficiente de Variabilidad: 0.0325

Tabla 35: ANVA de efectos simples.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
T(E5)	2	0.027024	0.013512	0.0075486	3.55	*
T(E10)	2	0.030762	0.015381	0.00859274	3.55	*
T(E15)	2	0.028951	0.0144755	0.00808687	3.55	*
E(T50)	2	4.265E-06	2.1325E-06	1.1913E-06	3.55	N.S
E(T60)	2	2.0376E-05	1.0188E-05	5.6916E-06	3.55	N.S
E(T70)	2	0.000138	0.000069	3.8547E-05	3.55	*

Elaboración propia

ANEXO 5: Evaluación estadística para el porcentaje de grasas.**Tabla 36: ANVA obtenido con transformación angular de datos provenientes de porcentajes.**

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Tratamiento	8	0.69787244	0.08723405	1216.30167	2.51	*
T	2	0.69653502	0.34826751	4855.88287	3.55	*
E	2	0.00084551	0.00042275	5.89442585	3.55	*
T*E	4	0.00049191	0.00012298	1.71468794	2.93	N.S
Error exp.	18	0.00129097	7.1721E-05			
Total	26	0.69916341				

Elaboración propia

Coeficiente de Variabilidad: 0.3293

ANEXO 6: Evaluación estadística para el porcentaje de proteínas.**Tabla 37: ANVA obtenido con transformación angular de datos provenientes de porcentajes.**

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Tratamiento	8	6.34869338	0.79358667	214203.706	2.51	*
T	2	6.34868352	3.17434176	856813.494	3.55	*
E	2	4.1105E-06	2.0552E-06	0.55474681	3.55	N.S
T*E	4	5.7532E-06	1.4383E-06	0.38822311	2.93	N.S
Error exp.	18	6.6687E-05	3.7048E-06			
Total	26	6.34876007				

Elaboración propia

Coeficiente de Variabilidad: 0.0130

ANEXO 7: Datos experimentales del secado del ñame.

Tabla 38: Pérdida de peso, porcentaje de humedad y relación de humedad para las rodajas de 5 mm secas a temperaturas de 50 °C.

Espesor de 5 mm					
50 °C					
Tiempo en minutos	Peso (g)	% Humedad Bh (Kg.a/Kg.h)	% Humedad Bs (Kg.a/Kgs)	X / X ₀	$M = \frac{X - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}}$
0	400.05	75.00	300.00	1.00	1
20	337.70	59.41	146.39	0.79	0.77
40	293.80	48.44	93.95	0.65	0.61
60	256.97	39.23	64.57	0.52	0.47
80	227.62	31.90	46.84	0.43	0.37
100	205.10	26.27	35.63	0.35	0.28
120	189.04	22.25	28.62	0.30	0.22
140	172.18	18.04	22.01	0.24	0.16
160	161.62	15.40	18.20	0.21	0.12
180	151.20	12.80	14.67	0.17	0.09
200	146.38	11.59	13.11	0.15	0.07
220	142.69	10.67	11.94	0.14	0.05
240	140.22	10.05	11.17	0.13	0.04
260	137.74	9.43	10.41	0.13	0.04
280	135.58	8.89	9.76	0.12	0.03
300	134.45	8.61	9.42	0.11	0.02
320	133.42	8.35	9.11	0.11	0.02
340	132.81	8.20	8.93	0.11	0.02
360	131.95	7.98	8.68	0.11	0.01
380	131.61	7.90	8.58	0.11	0.01
400	130.93	7.73	8.38	0.10	0.01
420	130.56	7.64	8.27	0.10	0.01
440	129.92	7.48	8.08	0.10	0.01
460	129.52	7.38	7.96	0.10	0.01
480	129.30	7.32	7.90	0.10	0.00

Elaboración propia

X = Humedad final **X₀** = humedad inicial **X_{eq}** = humedad de equilibrio

Tabla 39: Pérdida de peso, porcentaje de humedad y relación de humedad para las rodajas de 5 mm secas a temperaturas de 60 °C.

Espesor de 5 mm					
60 °C					
Tiempo en minutos	Peso (g)	% Humedad Bh (Kg.a/Kgh)	% Humedad Bs (Kg.a/Kgs)	X / X₀	M = $\frac{X-X_{eq}}{X_0-X_{eq}}$
0	400.05	75.00	300.00	1.00	1.00
20	357.41	64.34	180.44	0.86	0.84
40	325.32	56.32	128.94	0.75	0.73
60	296.50	49.12	96.56	0.65	0.62
80	268.89	42.21	73.05	0.56	0.52
100	244.40	36.09	56.48	0.48	0.43
120	226.35	31.58	46.16	0.42	0.36
140	210.56	27.63	38.19	0.37	0.30
160	193.76	23.43	30.61	0.31	0.24
180	182.62	20.65	26.02	0.28	0.20
200	170.75	17.68	21.48	0.24	0.16
220	162.13	15.53	18.38	0.21	0.13
240	152.13	13.03	14.98	0.17	0.09
260	146.33	11.58	13.09	0.15	0.07
280	142.65	10.66	11.93	0.14	0.05
300	138.89	9.72	10.76	0.13	0.04
320	134.84	8.71	9.54	0.12	0.03
340	132.76	8.19	8.92	0.11	0.02
360	131.95	7.98	8.68	0.11	0.01
380	130.41	7.60	8.22	0.10	0.01
400	129.82	7.45	8.05	0.10	0.01
420	129.63	7.40	8.00	0.10	0.01
440	129.43	7.35	7.94	0.10	0.01

Elaboración propia

Tabla 40: Pérdida de peso, porcentaje de humedad y relación de humedad para las rodajas de 5 mm secas a temperaturas de 70 °C.

Espesor de 5 mm					
70 °C					
Tiempo Horas	Peso (g)	% Humedad Bh (Kg.a/Kgh)	% Humedad Bs (Kg.a/Kgs)	X / X ₀	$M = \frac{X - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}}$
0	400.05	75.00	300.00	1.00	1.00
20	345.09	61.26	158.14	0.82	0.80
40	313.00	53.24	113.86	0.71	0.68
60	278.30	44.57	80.40	0.59	0.55
80	254.90	38.72	63.18	0.52	0.47
100	232.02	33.00	49.25	0.44	0.38
120	212.22	28.05	38.98	0.37	0.31
140	196.80	24.19	31.92	0.32	0.25
160	178.95	19.73	24.58	0.26	0.19
180	167.90	16.97	20.44	0.23	0.15
200	157.47	14.36	16.77	0.19	0.11
220	148.34	12.08	13.74	0.16	0.07
240	140.73	10.18	11.33	0.14	0.05
260	136.33	9.08	9.98	0.12	0.03
280	134.60	8.65	9.46	0.12	0.02
300	133.10	8.27	9.02	0.11	0.02
320	131.90	7.97	8.66	0.11	0.01
340	130.71	7.67	8.31	0.10	0.01
360	129.62	7.40	7.99	0.10	0.01
380	129.47	7.36	7.95	0.10	0.01

Elaboración propia

Tabla 41: Pérdida de peso, porcentaje de humedad y relación de humedad para las rodajas de 10 mm secas a temperaturas de 50 °C.

Espesor de 10 mm					
50 °C					
Tiempo en minutos	Peso (g)	% Humedad Bh (Kg.a/Kgh)	% Humedad Bs (Kg.a/Kgs)	X / X ₀	M = $\frac{X-X_{eq}}{X_0-X_{eq}}$
0	400.05	75	300.00	1.00	1.00
20	372.97	68.23	214.77	0.91	0.90
40	346.74	61.67	160.92	0.82	0.80
60	324.88	56.21	128.36	0.75	0.72
80	308.74	52.18	109.10	0.70	0.66
100	293.35	48.33	93.53	0.64	0.61
120	276.88	44.21	79.25	0.59	0.55
140	266.28	41.56	71.12	0.55	0.51
160	256.58	39.14	64.30	0.52	0.47
180	241.24	35.30	54.57	0.47	0.42
200	232.61	33.15	49.58	0.44	0.38
220	222.62	30.65	44.19	0.41	0.35
240	218.46	29.61	42.06	0.39	0.33
260	212.28	28.06	39.01	0.37	0.31
280	206.19	26.54	36.13	0.35	0.29
300	200.23	25.05	33.42	0.33	0.27
320	195.44	23.85	31.33	0.32	0.25
340	190.62	22.65	29.28	0.30	0.23
360	185.51	21.37	27.18	0.28	0.21
380	181.33	20.33	25.51	0.27	0.20
400	177.81	19.45	24.14	0.26	0.18
420	172.38	18.09	22.08	0.24	0.16
440	169.16	17.28	20.90	0.23	0.15
460	167.00	16.74	20.11	0.22	0.14
480	164.10	16.02	19.08	0.21	0.13
500	161.42	15.35	18.13	0.20	0.12
520	159.47	14.86	17.46	0.20	0.12
540	157.40	14.35	16.75	0.19	0.11
560	155.75	13.93	16.19	0.19	0.10
580	154.16	13.54	15.65	0.18	0.10
600	153.13	13.28	15.31	0.18	0.09
620	152.09	13.02	14.97	0.17	0.09
640	151.04	12.76	14.62	0.17	0.08
660	150.18	12.54	14.34	0.17	0.08
680	148.07	12.01	13.65	0.16	0.07
700	146.22	11.55	13.06	0.15	0.07
720	145.05	11.26	12.69	0.15	0.06

Continuación de la tabla N° 40

Espesor de 10 mm					
50 °C					
Tiempo en minutos	Peso (g)	% Humedad Bh (Kg.a/Kgh)	% Humedad Bs (Kg.a/Kgs)	X / X₀	M = $\frac{X-X_{eq}}{X_0-X_{eq}}$
740	143.59	10.89	12.22	0.15	0.06
760	142.04	10.51	11.74	0.14	0.05
780	141.14	10.28	11.46	0.14	0.05
800	139.10	9.77	10.83	0.13	0.04
820	138.62	9.65	10.68	0.13	0.04
840	137.34	9.33	10.29	0.12	0.03
860	136.29	9.07	9.97	0.12	0.03
880	135.24	8.81	9.66	0.12	0.03
900	134.22	8.55	9.35	0.11	0.02
920	133.26	8.31	9.06	0.11	0.02
940	132.39	8.09	8.81	0.11	0.02
960	131.27	7.81	8.48	0.10	0.01
980	130.69	7.67	8.31	0.10	0.01
1000	130.22	7.55	8.17	0.10	0.01
1020	129.78	7.44	8.04	0.10	0.01
1040	129.54	7.38	7.97	0.10	0.01
1060	129.31	7.32	7.90	0.10	0.00

Elaboración propia

Tabla 42: Pérdida de peso, porcentaje de humedad y relación de humedad para las rodajas de 10 mm secas a temperaturas de 60 °C.

Espesor de 10 mm					
Tiempo minutos	60 °C				
	Peso (g)	% Humedad Bh (Kg.a/Kgh)	% Humedad Bs (Kg.a/Kgs)	X / X ₀	$M = \frac{X - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}}$
0	400.20	75.00	300.00	1.00	1.00
20	368.56	67.13	204.21	0.90	0.88
40	339.00	59.74	148.38	0.80	0.78
60	314.00	53.49	115.01	0.71	0.68
80	291.31	47.82	91.64	0.64	0.60
100	273.68	43.41	76.71	0.58	0.54
120	256.79	39.19	64.45	0.52	0.47
140	242.00	35.49	55.02	0.47	0.42
160	229.25	32.31	47.72	0.43	0.37
180	218.50	29.62	42.08	0.39	0.33
200	208.42	27.10	37.17	0.36	0.30
220	198.56	24.63	32.69	0.33	0.26
240	190.93	22.73	29.41	0.30	0.23
260	184.00	20.99	26.57	0.28	0.21
280	176.38	19.09	23.59	0.25	0.18
300	170.92	17.72	21.54	0.24	0.16
320	165.14	16.28	19.45	0.22	0.14
340	159.12	14.78	17.31	0.20	0.11
360	154.72	13.68	15.84	0.18	0.10
380	150.24	12.56	14.36	0.17	0.08
400	147.91	11.97	13.60	0.16	0.07
420	143.66	10.91	12.25	0.15	0.06
440	140.66	10.16	11.31	0.14	0.05
460	138.05	9.51	10.51	0.13	0.04
480	135.60	8.90	9.76	0.12	0.03
500	134.08	8.52	9.31	0.11	0.02
520	133.00	8.25	8.99	0.11	0.02
540	132.36	8.09	8.80	0.11	0.02
560	131.80	7.95	8.63	0.11	0.01
580	131.48	7.87	8.54	0.10	0.01
600	130.92	7.73	8.37	0.10	0.01
620	130.61	7.65	8.28	0.10	0.01
640	130.16	7.54	8.15	0.10	0.01
660	129.81	7.45	8.05	0.10	0.01
680	129.52	7.38	7.96	0.10	0.01
700	129.30	7.32	7.90	0.10	0.00

Elaboración propia

Tabla 43: Pérdida de peso, porcentaje de humedad y relación de humedad para las rodajas de 10 mm secas a temperaturas de 70 °C.

Espesor de 10 mm					
70 °C					
Tiempo minutos	Peso (g)	% Humedad Bh (Kg.a/Kgh)	% Humedad Bs (Kg.a/Kgs)	X / X₀	M = $\frac{X-X_{eq}}{X_0-X_{eq}}$
0	400.25	75.00	300.00	1.00	1.00
20	369.70	67.41	206.88	0.90	0.89
40	349.16	62.28	165.10	0.83	0.81
60	330.40	57.59	135.79	0.77	0.74
80	311.12	52.77	111.73	0.70	0.67
100	289.45	47.35	89.95	0.63	0.59
120	274.96	43.73	77.72	0.58	0.54
140	262.70	40.67	68.54	0.54	0.50
160	249.05	37.25	59.37	0.50	0.44
180	237.84	34.45	52.56	0.46	0.40
200	226.00	31.49	45.97	0.42	0.36
220	220.90	30.22	43.30	0.40	0.34
240	210.79	27.69	38.30	0.37	0.30
260	204.89	26.22	35.53	0.35	0.28
280	197.28	24.31	32.12	0.32	0.25
300	190.28	22.56	29.14	0.30	0.23
320	182.98	20.74	26.17	0.28	0.20
340	176.37	19.09	23.59	0.25	0.18
360	171.85	17.96	21.89	0.24	0.16
380	166.00	16.49	19.75	0.22	0.14
400	161.59	15.39	18.19	0.21	0.12
420	158.36	14.59	17.08	0.19	0.11
440	155.56	13.89	16.12	0.19	0.10
460	149.31	12.32	14.05	0.16	0.08
480	146.66	11.66	13.20	0.16	0.07
500	142.91	10.72	12.01	0.14	0.05
520	138.15	9.53	10.54	0.13	0.04
540	135.03	8.75	9.59	0.12	0.03
560	133.81	8.45	9.23	0.11	0.02
580	130.77	7.69	8.33	0.10	0.01
600	130.42	7.60	8.23	0.10	0.01
620	129.96	7.49	8.09	0.10	0.01
640	129.69	7.42	8.01	0.10	0.01
660	129.39	7.34	7.93	0.10	0.01

Elaboración propia

Tabla 44: Pérdida de peso, porcentaje de humedad y relación de humedad para las rodajas de 15 mm secas a temperaturas de 50 °C.

Espesor de 15 mm					
50 °C					
Tiempo en minutos	Peso (g)	% Humedad Bh (Kg.a/Kgh)	% Humedad Bs (Kg.a/Kgs)	X / X ₀	M = $\frac{X-X_{eq}}{X_0-X_{eq}}$
0	400.05	75.00	300.00	1.00	1.00
20	371.24	67.80	210.54	0.90	0.89
40	351.25	62.80	168.83	0.84	0.82
60	327.40	56.84	131.69	0.76	0.73
80	309.27	52.31	109.68	0.70	0.67
100	294.72	48.67	94.82	0.65	0.61
120	278.29	44.56	80.39	0.59	0.55
140	268.39	42.09	72.68	0.56	0.52
160	258.37	39.58	65.52	0.53	0.48
180	247.76	36.93	58.56	0.49	0.44
200	239.51	34.87	53.54	0.46	0.41
220	229.95	32.48	48.10	0.43	0.37
240	221.62	30.40	43.67	0.41	0.34
260	212.50	28.12	39.12	0.37	0.31
280	208.32	27.07	37.12	0.36	0.30
300	201.19	25.29	33.85	0.34	0.27
320	197.79	24.44	32.35	0.33	0.26
340	193.39	23.34	30.45	0.31	0.24
360	186.27	21.56	27.49	0.29	0.21
380	182.60	20.64	26.01	0.28	0.20
400	178.36	19.58	24.35	0.26	0.19
420	175.61	18.90	23.30	0.25	0.17
440	171.49	17.87	21.75	0.24	0.16
460	168.72	17.17	20.74	0.23	0.15
480	164.64	16.15	19.27	0.22	0.13
500	161.21	15.30	18.06	0.20	0.12
520	159.28	14.82	17.39	0.20	0.11
540	157.23	14.30	16.69	0.19	0.11
560	155.21	13.80	16.01	0.18	0.10
580	153.49	13.37	15.43	0.18	0.09
600	153.00	13.25	15.27	0.18	0.09
620	152.40	13.10	15.07	0.17	0.09
640	151.78	12.94	14.86	0.17	0.09
660	151.15	12.78	14.66	0.17	0.09
680	150.42	12.60	14.42	0.17	0.08
700	149.93	12.48	14.26	0.17	0.08
720	149.41	12.35	14.09	0.16	0.08

Elaboración propia

Continuación de la Tabla 44

Espesor de 15 mm					
Tiempo minutos	50 °C				
	Peso (g)	% Humedad Bh (Kg.a/Kgh)	% Humedad Bs (Kg.a/Kgs)	X / X₀	M = $\frac{X-X_{eq}}{X_0-X_{eq}}$
740	149.04	12.26	13.97	0.16	0.08
760	148.58	12.14	13.82	0.16	0.08
780	147.46	11.86	13.46	0.16	0.07
800	145.95	11.48	12.97	0.15	0.07
820	144.83	11.20	12.62	0.15	0.06
840	143.78	10.94	12.28	0.15	0.06
860	142.76	10.69	11.96	0.14	0.05
880	141.55	10.38	11.59	0.14	0.05
900	141.23	10.30	11.49	0.14	0.05
920	140.63	10.15	11.30	0.14	0.05
940	139.65	9.91	11.00	0.13	0.04
960	138.80	9.70	10.74	0.13	0.04
980	138.34	9.58	10.60	0.13	0.04
1000	137.78	9.44	10.42	0.13	0.04
1020	137.42	9.35	10.30	0.12	0.03
1040	136.81	9.20	10.13	0.12	0.03
1060	136.66	9.16	10.08	0.12	0.03
1080	136.22	9.05	9.95	0.12	0.03
1100	135.35	8.83	9.69	0.12	0.03
1120	135.05	8.76	9.60	0.12	0.03
1140	134.64	8.66	9.48	0.12	0.02
1160	134.23	8.55	9.35	0.11	0.02
1180	133.78	8.44	9.22	0.11	0.02
1200	133.37	8.34	9.10	0.11	0.02
1220	132.81	8.20	8.93	0.11	0.02
1240	132.30	8.07	8.78	0.11	0.02
1260	132.09	8.02	8.72	0.11	0.01
1280	131.76	7.94	8.62	0.11	0.01
1300	131.50	7.87	8.54	0.10	0.01
1320	130.41	7.60	8.22	0.10	0.01
1340	130.10	7.52	8.13	0.10	0.01
1360	129.71	7.42	8.02	0.10	0.01
1380	129.30	7.32	7.90	0.10	0.00

Elaboración propia

Tabla 45: Pérdida de peso, porcentaje de humedad y relación de humedad para las rodajas de 15 mm secas a temperaturas de 60 °C.

Espesor de 15 mm					
Tiempo minutos	60 °C				
	Peso (g)	% Humedad Bh (Kg.a/Kgh)	% Humedad Bs (Kg.a/Kgs)	X / X ₀	$M = \frac{X - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}}$
0	400.05	75	300.00	1.00	1.00
20	375.34	68.82	220.75	0.92	0.91
40	351.37	62.83	169.05	0.84	0.82
60	325.62	56.39	129.33	0.75	0.73
80	309.45	52.35	109.88	0.70	0.67
100	294.04	48.50	94.18	0.65	0.61
120	279.41	44.84	81.30	0.60	0.56
140	264.87	41.21	70.09	0.55	0.50
160	257.43	39.35	64.88	0.52	0.48
180	245.90	36.47	57.40	0.49	0.43
200	242.84	35.70	55.53	0.48	0.42
220	237.65	34.41	52.45	0.46	0.40
240	229.39	32.34	47.80	0.43	0.37
260	220.60	30.14	43.15	0.40	0.34
280	213.48	28.36	39.59	0.38	0.31
300	210.80	27.69	38.30	0.37	0.30
320	204.94	26.23	35.55	0.35	0.28
340	198.03	24.50	32.45	0.33	0.26
360	193.41	23.35	30.46	0.31	0.24
380	188.58	22.14	28.43	0.30	0.22
400	184.18	21.04	26.65	0.28	0.21
420	179.90	19.97	24.95	0.27	0.19
440	175.31	18.82	23.19	0.25	0.17
460	173.71	18.42	22.58	0.25	0.17
480	168.39	17.09	20.62	0.23	0.15
500	164.71	16.17	19.29	0.22	0.13
520	160.39	15.09	17.78	0.20	0.12
540	157.92	14.48	16.92	0.19	0.11
560	154.78	13.69	15.86	0.18	0.10
580	151.68	12.92	14.83	0.17	0.09
600	149.22	12.30	14.03	0.16	0.08
620	147.29	11.82	13.40	0.16	0.07
640	145.50	11.37	12.83	0.15	0.06
660	143.15	10.78	12.09	0.14	0.06
680	141.36	10.34	11.53	0.14	0.05
700	140.55	10.13	11.28	0.14	0.05
720	139.36	9.84	10.91	0.13	0.04

Continuación de la Tabla 45

Espesor de 15 mm					
60 °C					
Tiempo minutos	Peso (g)	% Humedad Bh (Kg.a/Kgh)	% Humedad Bs (Kg.a/Kgs)	X / X₀	M = $\frac{X-X_{eq}}{X_0-X_{eq}}$
740	138.24	9.56	10.57	0.13	0.04
760	137.34	9.33	10.29	0.12	0.03
780	136.43	9.10	10.01	0.12	0.03
800	135.45	8.86	9.72	0.12	0.03
820	134.25	8.56	9.36	0.11	0.02
840	133.39	8.34	9.10	0.11	0.02
860	132.20	8.05	8.75	0.11	0.02
880	131.42	7.85	8.52	0.10	0.01
900	130.73	7.68	8.32	0.10	0.01
920	130.15	7.53	8.15	0.10	0.01
940	129.91	7.47	8.08	0.10	0.01
960	129.52	7.38	7.96	0.10	0.01
980	129.38	7.34	7.92	0.10	0.01

Elaboración propia

Tabla 46: Pérdida de peso, porcentaje de humedad y relación de humedad para las rodajas de 15 mm secas a temperaturas de 70 °C.

Espesor de 15 mm					
70 °C					
Tiempo minutos	Peso (g)	% Humedad Bh (Kg.a/Kgh)	% Humedad Bs (Kg.a/Kgs)	X / X ₀	$M = \frac{X - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}}$
0	400.23	75	300.00	1.00	1.00
20	380.76	70.18	235.32	0.94	0.93
40	362.94	65.72	191.75	0.88	0.86
60	345.00	61.24	158.00	0.82	0.80
80	330.48	57.61	135.90	0.77	0.74
100	316.29	54.06	117.69	0.72	0.69
120	303.64	50.90	103.67	0.68	0.65
140	287.28	46.81	88.01	0.62	0.59
160	277.33	44.32	79.61	0.59	0.55
180	267.13	41.77	71.75	0.56	0.51
200	258.63	39.65	65.70	0.53	0.48
220	252.70	38.17	61.73	0.51	0.46
240	246.24	36.55	57.61	0.49	0.43
260	239.56	34.88	53.57	0.47	0.41
280	233.10	33.27	49.85	0.44	0.39
300	227.32	31.82	46.68	0.42	0.37
320	221.83	30.45	43.78	0.41	0.34
340	217.72	29.42	41.69	0.39	0.33
360	213.45	28.36	39.58	0.38	0.31
380	208.54	27.13	37.23	0.36	0.30
400	203.35	25.83	34.83	0.34	0.28
420	198.28	24.56	32.56	0.33	0.26
440	194.97	23.74	31.12	0.32	0.25
460	191.76	22.93	29.76	0.31	0.23
480	187.59	21.89	28.03	0.29	0.22
500	184.06	21.01	26.60	0.28	0.21
520	176.18	19.04	23.52	0.25	0.18
540	169.54	17.38	21.03	0.23	0.15
560	165.51	16.37	19.58	0.22	0.14
580	162.54	15.63	18.52	0.21	0.13
600	159.10	14.77	17.33	0.20	0.11
620	155.47	13.86	16.09	0.18	0.10
640	149.71	12.42	14.18	0.17	0.08
660	147.50	11.87	13.47	0.16	0.07
680	145.73	11.43	12.90	0.15	0.07
700	143.41	10.85	12.17	0.14	0.06
720	141.48	10.37	11.57	0.14	0.05

Continuación de la Tabla 46

Espesor de 15 mm					
70 °C					
Tiempo minutos	Peso (g)	% Humedad Bh (Kg.a/Kgh)	% Humedad Bs (Kg.a/Kgs)	X / X ₀	$M = \frac{X - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}}$
740	139.64	9.91	11.00	0.13	0.04
760	137.59	9.39	10.37	0.13	0.04
780	135.76	8.94	9.81	0.12	0.03
800	134.10	8.52	9.31	0.11	0.02
820	131.96	7.99	8.68	0.11	0.01
840	131.27	7.81	8.47	0.10	0.01
860	130.39	7.59	8.22	0.10	0.01
880	129.79	7.44	8.04	0.10	0.01
900	129.55	7.38	7.97	0.10	0.01
920	129.36	7.34	7.92	0.10	0.00

Elaboración propia

ANEXO 8: Gráficas de la relación de humedad vs tiempo

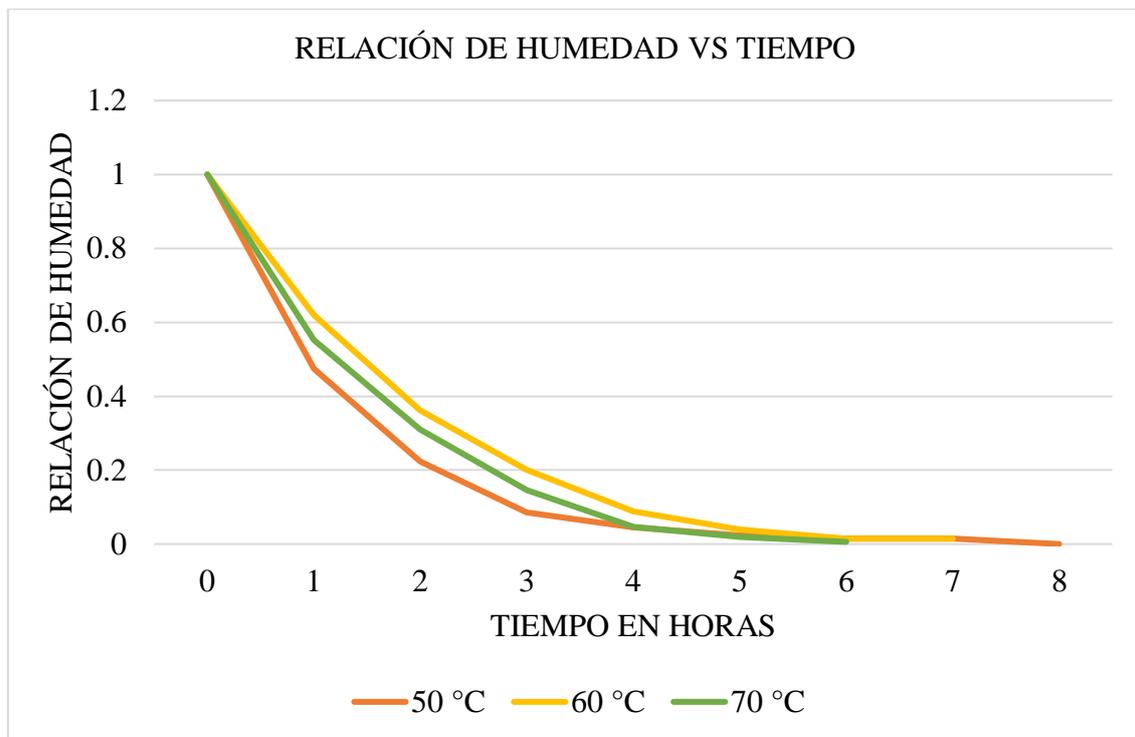


Figura 9: Relación de humedad vs tiempo para el espesor de rodaja de 5 mm

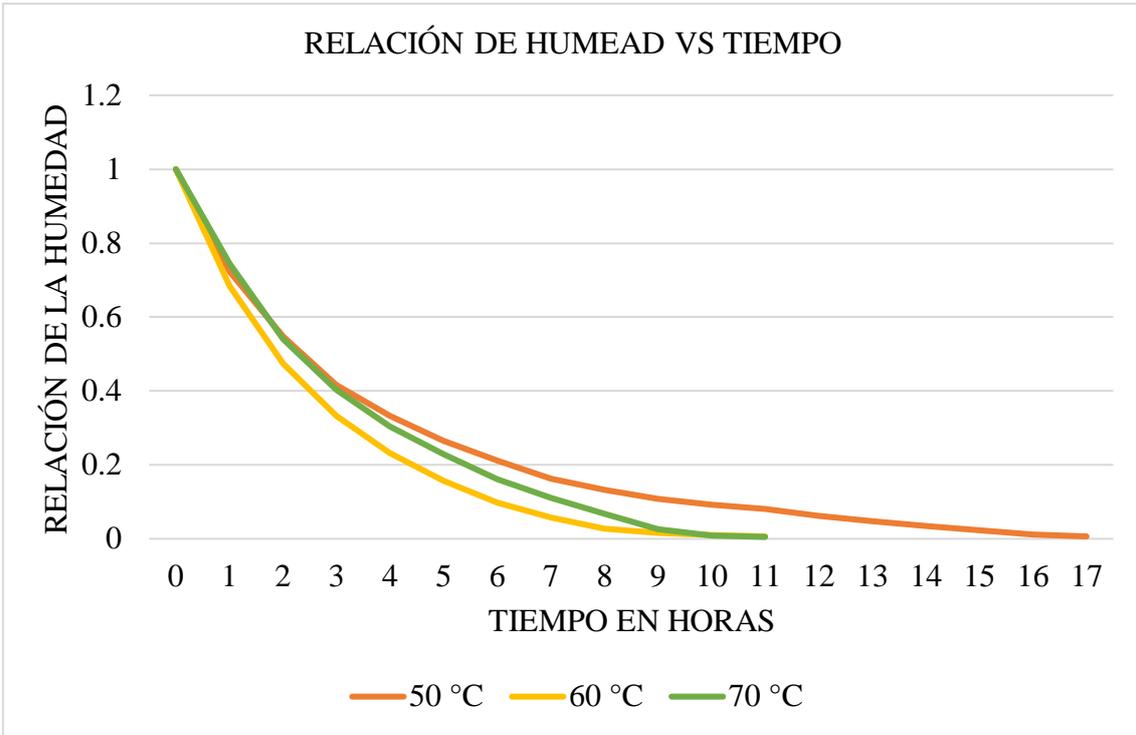


Figura 10: Relación de humedad vs tiempo para el espesor de rodaja de 10 mm

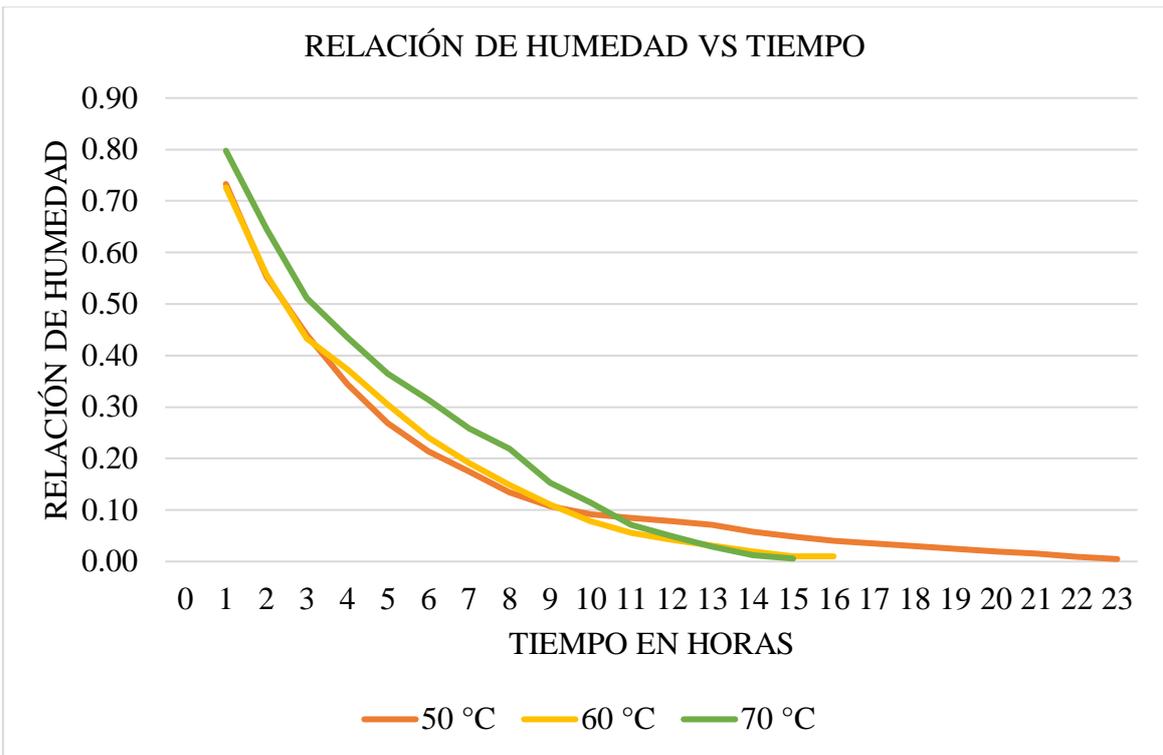


Figura 11: Relación de humedad vs tiempo para el espesor de rodaja de 15 mm

ANEXO 9: Fotos del proceso para obtención de harina de ñame (*Dioscorea trifida*)



Figura 12: Frutos del ñame (*Dioscorea trifida*)



Figura 13: Sumergido de rodajas en solución de ácido cítrico.



Figura 14: Pesado de rodajas después de salir de la solución de ácido cítrico.



Figura 15: Rodajas secando



Figura 17: Pesado de rodajas secas



Figura 16: Harina de ñame

ANEXO 10: Fotos del análisis fisicoquímico de la harina de ñame (*Dioscorea trifida*)



Figura 18: Análisis para determinar la humedad



Figura 19: Análisis para determinación de acidez titulable



Figura 21: Viraje de la muestra para determinar acidez titulable



Figura 20: Muestra en la mufla para determinar cenizas



Figura 22: Digestión de la muestra para determinar proteínas



Figura 23: Muestra en proceso de titulación para determinar proteínas



Figura 25: Análisis para determinar grasas



Figura 24: Análisis para determinar fibra

ANEXO 11: Fotos del análisis microbiológico a la harina de ñame (*Dioscorea trifida*)



Figura 27: Placas con análisis de hongos

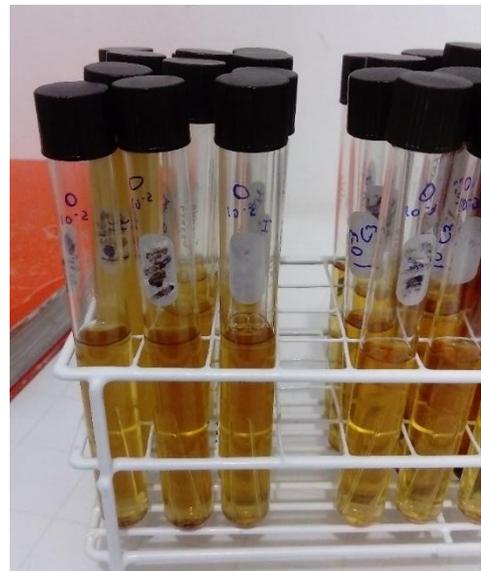


Figura 26: Tubos para análisis de coliformes