

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



**INFLUENCIA DE LA HIDRÓLISIS QUÍMICA EN LAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y FUNCIONALES DE
LOS RESIDUOS INDUSTRIALES DE PAPA, CAMOTE Y YUCA**

**PRESENTADO POR Bach. ISIQUE VALVERDE, MARCELO
JAVIER Y Bach. SING LEZAMA, JORGE LUIS**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

NUEVO CHIMBOTE – PERU

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



HOJA DEL AVAL DEL JURADO EVALUADOR

El presente trabajo de tesis titulado “INFLUENCIA DE LA HIDROLISIS QUIMICA EN LAS CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS Y FUNCIONALES DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES DE PAPA, CAMOTE Y YUCA” para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por Bach. MARCELO JAVIER ISIQUE VALVERDE Y Bach. JORGE LUIS SING LEZAMA, que tienen como Asesor al docente Ms. Jorge Domínguez Castañeda designado por resolución N° 359-2014-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 02 de noviembre del 2017 por el siguiente jurado evaluador, designado mediante resolución N° 103-2017-UNS-CFI.

Dra. Elza Aguirre Vargas
Presidente

Ms. Jorge Domínguez Castañeda
Secretario (Asesor)

Dr. Gilbert Rodríguez Paucar
Integrante



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11 a.m. del 02 de noviembre del dos mil diez y siete se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N°103-2017-UNS-CFI integrado por los docentes:

- Dra. Elza Aguirre Vargas (**Presidente**)
- Ms. Jorge Domínguez Castañeda. (**Secretario**)
- Dr. Gilbert Rodríguez Paucar (**Integrante**); para inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

“INFLUENCIA DE LA HIDROLISIS QUIMICA EN LAS CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS Y FUNCIONALES DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES DE PAPA, CAMOTE Y YUCA”, elaborada por el (os) bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- MARCELO JAVIER ISIQUE VALVERDE
- JORGE LUIS SING LEZAMA

Asimismo, tienen como Asesor al docente: Ms. Jorge Domínguez Castañeda

Finalizada la sustentación, el (os) Tesistas respondió (eron) las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 39° y 40° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
MARCELO JAVIER ISIQUE VALVERDE	16	BUENO

Siendo las 13:00 horas del mismo día, se dio por terminado dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote 02 de noviembre del 2017

Dra. Elza Aguirre Vargas
Presidente

Ms. Jorge Domínguez Castañeda
Secretario
Rut (03)

Dr. Gilbert Rodríguez Paucar
Integrante



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11 a.m. del 02 de noviembre del dos mil diez y siete se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N°103-2017-UNS-CFI integrado por los docentes:

- Dra. Elza Aguirre Vargas **(Presidente)**
- Ms. Jorge Domínguez Castañeda. **(Secretario)**
- Dr. Gilbert Rodríguez Paucar **(Integrante)**; para inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

“INFLUENCIA DE LA HIDROLISIS QUIMICA EN LAS CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS Y FUNCIONALES DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES DE PAPA, CAMOTE Y YUCA”, elaborada por el (os) bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- MARCELO JAVIER ISIQUE VALVERDE
- JORGE LUIS SING LEZAMA

Asimismo, tienen como Asesor al docente: Ms. Jorge Domínguez Castañeda

Finalizada la sustentación, el (os) Tesisistas respondió (eron) las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 39° y 40° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
JORGE LUIS SING LEZAMA	16	BUENO

Siendo las 13:00 horas del mismo día, se dio por terminado dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote 02 de noviembre del 2017

Dra. Elza Aguirre Vargas
Presidente

Ms. Jorge Domínguez Castañeda
Secretario
Rut (03)

Dr. Gilbert Rodríguez Paucar
Integrante

DEDICATORIA

A Dios, por su amor incondicional, por cuidarme todo este tiempo, por levantarme cuando he caído, por la familia unida que me brindó, y porque gracias a él llegue donde estoy y sin él nada fuera posible.

A mi madre Martha Valverde y a mi padre Marcelo Isique por su gran esfuerzo, dedicación, confianza y su apoyo incondicional.

A mis hermanos David e Iván y demás familiares que forman parte de mi vida, que me apoyaron y confiaron en mí, que creyeron que podría y puedo seguir cumpliendo mis metas.

A Catherine por el amor y paciencia demostrado en todo este tiempo. A todos los que apoyaron en la realización de la tesis ingenieros y profesores.

MARCELO ISIQUE

DEDICATORIA

A Dios, por su amor incondicional, por su luz que ilumina mi camino día a día, por darme una hermosa familia y poner en mi camino a todas las personas que hicieron posible el presente trabajo.

A mis padres, Luis y Elvira por su apoyo y amor incondicional y que con sus enseñanzas y ejemplos forjaron la persona que soy.

A mis hermanas Julissa y Karina; así como a mis tías Albina y Ana y demás familiares y amigos que forman parte de mi vida y que me apoyaron en todo momento.

A Raisa por brindarme su amor y paciencia y a mi pequeña Leonor, mi motivo de continua lucha y superación.

JORGE SING

AGRADECIMIENTO

En el transcurso de la realización de este informe de tesis hemos recibido ayuda y apoyo de muchas personas a las cuales quiero expresar nuestra más sincera gratitud.

Principalmente a Dios, por estar siempre con nosotros y permitirnos realizar nuestro más grande sueño.

Mi más profundo agradecimiento a nuestros padres y familia, quienes siempre nos han dado fuerzas para seguir adelante y con sus sacrificios hemos logrado tener una carrera profesional.

A todas aquellas personas, compañeros, amigos que de una u otra manera han contribuido en nuestro desarrollo profesional.

A todos los docentes y técnicos de la Escuela de Agroindustria de la Universidad Nacional del Santa por todo el conocimiento impartido durante nuestra vida universitaria, forjando así la base de nuestra formación profesional.

A nuestro asesor MSc. Jorge Domínguez Castañeda, que tuvo la gentileza de asesorarnos en el presente informe, que con su experiencia y conocimiento supo ayudarnos en todo momento.

Los autores.

CONTENIDO

I.	INTRODUCCION.....	17
II.	MARCO TEORICO	20
2.1.	PAPA (Solanum tuberosum).....	20
2.1.1.	VARIEDADES DE PAPA.....	20
2.1.2.	COMPOSICION QUIMICA Y VALOR NUTRICIONAL.....	21
2.1.3.	PRODUCCION DE PAPA EN EL PERU.....	26
2.1.4.	EXPORTACION DE PAPA.....	29
2.2.	CAMOTE (Ipomoea batatas L).....	35
2.2.1.	VARIEDADES DE CAMOTE.....	36
2.2.2.	COMPOSICION QUIMICA Y VALOR NUTRICIONAL.....	38
2.2.3.	PRODUCCION DE CAMOTE.....	40
2.2.4.	CONSUMO.....	42
2.2.5.	VALOR AGREGADO.....	43
2.3.	YUCA (Manihot esculenta).....	45
2.3.1.	VARIEDADES DE YUCA.....	46
2.3.3.	PRODUCCION DE YUCA.....	51
2.3.4.	CONSUMO.....	54
2.3.5.	VALOR AGREGADO.....	55
2.3.6.	TOXICIDAD.....	58
2.4.	DESHIDRATACION DE ALIMENTOS.....	60
2.5.	ALMIDON.....	61
2.5.1.	AMILOSA.....	62
2.5.2.	AMILOPECTINA.....	63
2.6.	HIDROLISIS.....	65
2.8.	CASCARA DE PAPA.....	73
2.9.	CASCARA DE YUCA.....	75
III.	MATERIALES Y METODOS	77
3.1.	MATERIALES.....	77
3.1.1.	MATERIA PRIMA	77
a.	Cascara de Papa.....	77
b.	Cascara de Camote	77
c.	Cascara de Yuca.....	78
3.1.2.	EQUIPOS E INSTRUMENTACION.....	79
a)	Recepción de materia prima.....	82

3.2.2. CARACTERIZACION DE LAS CASCARAS DE PAPA, CAMOTE Y YUCA	86
Caracterización Químico Proximal.	86
Caracterización físico.	87
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	88
V. CONCLUSIONES.....	114
VI. RECOMENDACIONES	116
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	117
1. ANEXOS 1: ANALISIS FISICO QUIMICOS	122
2. ANEXOS 2: ANALISIS FUNCIONALES	127
ANEXO 3: PROCESO DE HIDROLISIS	130
ANEXOS 4: AZUCARES REDUCTORES	131
ANEXOS 5.....	132

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Composición Nutricional de la papa: Cálculo por cada cien gramos sin cascara. ...	25
Cuadro 2: Valor Nutricional – Papas del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA)	26
Cuadro 3 : Producción de papa en el mundo, 2015.....	30
Cuadro 4: Valor Nutricional del Camote por cada 100 gr	39
Cuadro 5: Valor nutricional (por 100g de porción comestible de yuca).....	49
cuadro 6: Composición proximal de la yuca (por 100 g de base seca)	50
Cuadro 7: Resultados después de la hidrólisis alcalina e hidrólisis acida.....	70
Cuadro 8: Composición Química de Cascara de banano y Yuca en base Seca.	71
Cuadro 9: Composición de los residuos de cascara de papa	74
Cuadro 10: Concentración de Azúcares Reductores en la hidrólisis química de cáscara de papa	88
Cuadro 11: Comparación de Rangos Múltiples-Muestra de cascara de papa (Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD).....	89
Cuadro 12: Comparación de Rangos Múltiples-Muestra de cascara de papa (Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD).....	89
Cuadro 13: Comparación de Rangos Múltiples-Muestra de cascara de papa (Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD).....	90
Cuadro 14: Concentración de Azúcares Reductores en la hidrólisis química de cáscara de camote.	91
Cuadro 15: Comparación de Rangos Múltiples-Muestra de cascara de camote (Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD).....	92
Cuadro 16: Comparación de Rangos Múltiples-Muestra de cascara de camote (Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD).....	92
Cuadro 17: Comparación de Rangos Múltiples-Muestra de cascara de camote (Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD).....	93
Cuadro 18: Concentración de Azúcares Reductores en la hidrólisis química de cáscara de yuca.	94
Cuadro 19: Comparación de Rangos Múltiples-Muestra de cascara de camote Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.	94
Cuadro 20: Comparación de Rangos Múltiples-Muestra de cascara de camote Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD	95

Cuadro 21: Comparación de Rangos Múltiples-Muestra de cascara de camote Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.	95
Cuadro 22: Comparación del análisis químico antes y después de la hidrolisis	98
Cuadro 23: Pruebas de Múltiple Rangos para Humedad- Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD	98
Cuadro 24: Pruebas de Múltiple Rangos para Ceniza-Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.	99
Cuadro 25: Pruebas de Múltiple Rangos para Proteína-Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.	101
Cuadro 26: Pruebas de Múltiple Rangos para Grasa-Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.	102
Cuadro 27: Pruebas de Múltiple Rangos para Fibra Bruta-Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.	103
Cuadro 28: Pruebas de Múltiple Rangos para Fibra Bruta-Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.	104
Cuadro 29: Comparación del análisis físico antes y después de la hidrolisis	105
Cuadro 30: Pruebas de Múltiple Rangos para Densidad -Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD	106
Cuadro 31: Pruebas de Múltiple Rangos para L-Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.....	107
Cuadro 32: Pruebas de Múltiple Rangos para pH -Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD	108
Cuadro 33: Comparación del análisis funcional antes y después de la hidrolisis	109
Cuadro 34: Pruebas de Múltiple Rangos para ISA-Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD....	110
Cuadro 35: Pruebas de Múltiple Rangos para IAA-Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD ...	111
Cuadro 36: Pruebas de Múltiple Rangos para PH -Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD	112

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1: Producción anual de papa 1997-2016 (Miles de toneladas). Fuente: Minagri DGE-SEP.....	27
Grafico 2: Principales departamentos productores de papa, 2016 (miles de toneladas). Fuente: MINAGRI DGE-SEP.....	28
Grafico 3: Estacionalidad de la producción de papa, 2012-2016- Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI).....	29
Grafico 4: Producción de yuca en TM. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.....	52
Grafico 5: Producción de yuca por departamento en el año 2013. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEL.....	53
Grafico 6: Producción y precio en chacra de la yuca.....	54
Grafico 7: Concentración de Azucres Reductores después de la Hidrolisis en Cascara de papa.....	91
Grafico 8: Concentración de Azucres Reductores después de la Hidrolisis en Cascara de camote.....	93
Grafico 9: Concentración de Azucres Reductores después de la Hidrolisis en Cascara de Yuca.....	96
Grafico 10: Comparación de Obtención de Azucres reductores	97
Grafico 11: Porcentaje de Humedad..	99
Grafico 12: Porcentaje de Ceniza.....	100
Grafico 13: Porcentaje de Proteína.....	101
Grafico 14: Porcentaje de Grasa.....	102
Grafico 15: Fibra Bruta.....	104
Grafico 16: Carbohidratos.....	105
Grafico 17: Comparación de Densidad.....	107
Grafico 18: Comparación de Determinación de Color.....	108
Grafico 19: Comparación de Determinación de pH.....	109
Grafico 20: Comparación de Índice de Solubilidad en Agua (ISA)..	110
Grafico 21: Comparación de Índice de Absorción de Agua (IAA).....	112
Grafico 22: Comparación de Poder de Hinchamiento (PH).....	113

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Papa (Solanum Tuberosum)	20
Figura 2: Distribución de los componentes de la papa.....	22
Figura 3: Usos de la papa	32
Figura 4: Almidón de papa soluble	35
Figura 5: Espesante en salsa.....	35
Figura 6: Almidón de papa.....	35
Figura 7 : Camote (Ipomoea batatas.L).....	35
Figura 8 : Zonas productoras de camote	41
Figura 9: Harina de camote.	45
Figura 10: Mermelada de camote.....	45
Figura 11: Yuca (manihot esculenta)	46
Figura 12: Componentes de la yuca. Fuente: www.ciat.cgiar.org (Consulta:2007)	50
Figura 13 : Harina de yuca	56
Figura 14 : Snack de yuca	56
Figura 15: Masato hecho de yuca.....	56
Figura 16: Esquema de la amilosa.....	62
Figura 17: Esquema de la amilopectina	64
Figura 18: Representación de la hidrolisis Química-Lactosa = 1 Galactosa + 2 Glucosa.Fuente: Wikipedia (2015).....	67
Figura 19: Etapa intervinientes dentro del proceso de gestión anaeróbica.	73
Figura 20 : Cascara de papa.	74
Figura 21 : Cascara de yuca	76
Figura 22: Muestra de Cáscaras de papa	77
Figura 23: Muestra de Cáscara de camote	77
Figura 24: Muestra de Cáscara de yuca	78
Figura 25: Diagrama de Flujo para la obtención de harina de cascara de tres especies de tubérculo (papa, camote y yuca)	81
Figura 26: Secador de bandejas.....	82
Figura 27: Cascara deshidratada de papa	82
Figura 28: Cascara deshidratada de yuca	83
Figura 29: Cascara deshidratada camote.....	83
Figura 30: Molino.....	83

Figura 31: Harina de Cáscara de papa.....	83
Figura 32: Harina de Cáscara de camote.....	83
Figura 33: Harina de cáscara de yuca.....	84
Figura 34: Proceso de Hidrólisis – Dilución de ácido sulfúrico y pesado de muestras.	85
Figura 35: Proceso de hidrolisis - Centrifugación y separación de sólidos.	85
Figura 36: Residuos del hidrolizado de las cáscaras de papa, camote y yuca (De izquierda a derecha).	86

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar las características físico químicas y funcionales de las harinas obtenidas de los residuos industriales de papa, camote y yuca, y determinar la influencia de la hidrólisis química sobre las mencionadas características. Se determinaron las óptimas condiciones de operación del proceso de hidrólisis, al evaluar la concentración de azúcares reductores a un nivel de significancia de 0.95, que fueron a una temperatura de 90°C, concentración de ácido sulfúrico de 5% y tiempo de 4 horas.

Los mejores resultados del análisis proximal de las harinas de cáscara de papa, camote y yuca, se presentaron antes de la hidrólisis que fueron 8.81%, 7.26%, 7.15% de humedad; 5.9%, 5.12%, 5.33% de cenizas; 10%, 6.5%, 6.13% de proteína total; 4.8%, 5.23%, 5.78% de grasas, 6.83%, 7.76%, 12.36% de fibra bruta; y 63.66%, 68.12%, 63.11%, respectivamente.

Del mismo modo se obtuvieron los mejores resultados antes de la hidrólisis; en cuanto a las características físicas y químicas. La más alta densidad presentó la harina de cáscara de camote (0.67 g ml⁻¹) y la menor la harina de cáscara de yuca (0.49 g ml⁻¹). La harina de cáscara de yuca presentó mayor luminosidad (88.3), mientras la que presentó la menor fue la cáscara de camote (69.3), y en cuanto al pH se obtuvieron 5.73, 6.11 y 6.38 en las harinas de cáscara de papa, camote y yuca respectivamente.

La harina de cáscara de yuca presentó el índice de solubilidad en agua (ISA) más bajo con un 2.8% (antes de la hidrólisis) y el mayor fue de 19.4% en la harina de cáscara de papa (después de la hidrólisis). En el caso de índice de absorción de agua (IAA) se obtuvo el mayor índice en la harina de cáscara de papa, antes de la hidrólisis (16.2 g gel/g de muestra) y el menor en la harina de cáscara de camote, después de la hidrólisis (3.1 g gel/g de muestra). Y con respecto al poder de hinchamiento (PH) se reportó el menor en la harina de cáscara de yuca (2.5), después de la hidrólisis, y el mayor en la harina de cáscara de papa (12.4), antes de la hidrólisis.

ABSTRACT

The objective of the present work was to determine the physicochemical and functional characteristics of flours obtained from the industrial residues of potato, sweet potato and yucca, and to determine the influence of chemical hydrolysis on the mentioned characteristics. The optimal operating conditions of the hydrolysis process were determined, by evaluating the concentration of reducing sugars at a level of significance of 0.95, which were at a temperature of 90 ° C, sulfuric acid concentration of 5% and time of 4 hours.

The best results of the proximal analysis of potato, sweet potato and yucca peel flours were presented before hydrolysis, which were 8.81%, 7.26%, 7.15% humidity; 5.9%, 5.12%, 5.33% of ashes; 10%, 6.5%, 6.13% of total protein; 4.8%, 5.23%, 5.78% of fats, 6.83%, 7.76%, 12.36% of crude fiber; and 63.66%, 68.12%, 63.11%, respectively.

In the same way, the best results were obtained before the hydrolysis; in terms of physical and chemical characteristics. The highest density was sweet potato peel flour (0.67 g ml⁻¹) and the lowest was yucca peel flour (0.49 g ml⁻¹). Yucca peel flour showed higher luminosity (88.3), while the one with the smaller was sweet potato peel (69.3), and in terms of pH, 5.73, 6.11 and 6.38 were obtained in potato, sweet potato and yucca peel flours, respectively.

Yucca peel flour had the lowest water solubility index (ISA) with 2.8% (before hydrolysis) and the highest was 19.4% in potato peel flour (after hydrolysis). In the case of the water absorption index (IAA), the highest index was obtained in the potato peel flour, before the hydrolysis (16.2 g gel / g sample) and the lowest in the sweet potato peel flour, after of the hydrolysis (3.1 g gel / g sample). And with regard to the power of swelling (PH), the lowest was reported in yucca peel flour (2.5), after hydrolysis, and the highest in potato peel flour (12.4), before hydrolysis.

I. INTRODUCCION

Los procesos agroindustriales generan subproductos o residuos que si no son tratados, reciclados o procesados apropiadamente, generan diversos problemas ambientales. Algunos son incinerados o vertidos en rellenos sanitarios produciendo una gran liberación de dióxido de carbono, contaminación de cursos de aguas, molestias por presencia de malos olores, proliferación de ratas, moscas y otros, su eliminación supone un problema de gestión para las empresas productoras, éstos materiales poseen un alto contenido en compuestos químicos (como azúcares, pigmentos, fibra alimentaria, proteína, polifenoles y lignina, entre otros) y pueden ser potencialmente útiles cuando se transforman mediante tratamientos químicos o microbiológicos en productos de elevado valor agregado (Barragán et al., 2008). En el Perú, la papa, el camote y la yuca se emplea para el consumo humano, en la alimentación animal y en la industria, pero debido a su perecibilidad es necesario procesarla, el almidón es el producto derivado de mayor demanda. La elaboración de este producto genera residuos los cuales causan una grave contaminación al ambiente, consecuencia inevitable del proceso productivo. En la actualidad estos residuos sólidos son usados para alimento de animales, compostaje, entre otros (Sánchez et al., 2010).

El problema formulado para este proyecto fue: ¿Cómo influye la especie de tubérculos (papa, camote y yuca) y la hidrólisis química en las características fisicoquímicas y funcionales de la harina obtenida de los residuos industriales de estos tubérculos?

En función al problema planteado, se determina como objetivo general la determinación de las características de la harina obtenida de los residuos de papa, camote y yuca cultivados en la provincia del Santa, según la especie y tratamiento de hidrólisis química y como objetivos específicos la determinación de la composición química proximal de la

harina obtenida de los residuos industriales de papa, camote y yuca cultivados en la provincia del santa; determinar las propiedades funcionales de la harina obtenida de los residuos de papa, camote y yuca y determinar la influencia de un tratamiento de hidrolisis química en las características físicas y químicas, así como las propiedades funcionales de la harina obtenida de los residuos de papa, camote y yuca generados en la provincia del santa.

Como solución al problema, se formuló la siguiente hipótesis La composición química proximal, las características físicas, químicas y propiedades funcionales de la harina obtenida de los residuos de los tubérculos (papa, yuca, camote) presentan una diferencia altamente significativa según especie e hidrólisis química realizada.

Como todo trabajo de investigación, este proyecto fue realizado con un fin, un objetivo, o en busca de soluciones. Por ende, se formuló la siguiente justificación para la elaboración de este trabajo de investigación desde el punto de vista económico sería aprovechamiento de los residuos orgánicos por cualquiera de las vías mencionadas se ve favorecido, entre otros, por el hecho de que las empresas generadoras normalmente están concentradas en determinadas zonas geográficas y podrían aplicarse medidas conjuntas de aprovechamiento de los residuos, La realización del estudio es justificable desde el punto de vista social, ya que mediante la caracterización fisicoquímica y funcional se podrá formular propuestas de aprovechamiento de residuos de tubérculos, fomentándose así la generación de más puestos de trabajo y contribuirá a mejorar la calidad de vida de las personas dedicadas a la actividad de producción de tubérculos en la provincia del Santa.

La ejecución del estudio permitirá caracterizar fisicoquímicamente los residuos de los principales tubérculos producidos y comercializados en la provincia del Santa, para así

plantear una propuesta para su aprovechamiento, y poder obtener sub productos de valor agregado.

El camote, la yuca y la papa son fuentes importantes de carbohidratos pero también son fuente de antioxidantes. Además la cáscara de estos tubérculos contiene fibra alimentaria, importante en dieta humana.

Por las razones expuestas anteriormente, resulta pertinente realizar este estudio se podrá desarrollar alternativas para la utilización de los subproductos de estos tubérculos, lo que reducirá los efectos negativos que genera actualmente esta materia de descarte al medio ambiente y permitirá aprovechar de manera integral estos productos.

No obstante en la formulación y posterior realización del proyecto también se presentaron algunas limitaciones: Inconveniente en el uso de algunos equipos, en el caso de los crisoles para determinación de ceniza, debido a que se tenía que pedir prestado a otros laboratorios, carencia de equipos para determinación de fibra por lo que se tuvo que realizar fuera de los laboratorios de la Universidad Nacional del Santa; carencia de reactivos químicos específicamente hexano, ácido sulfúrico y etanol. Escases de referencias bibliográficas publicadas en los últimos 10 años relacionados con el tema.

II. MARCO TEORICO

2.1. PAPA (*Solanum tuberosum*).

En el mundo existen 5000 variedades, en Perú se encuentran alrededor de 3000. La papa uno de los aportes del Perú al mundo, es hoy en día un producto que por su versatilidad se encuentra en las recetas de las más variadas cocinas a nivel mundial. Es el cuarto principal producto alimenticio en el mundo, después del trigo, el arroz y el maíz. Ha sido cultivada desde hace 8000 años en América del Sur y era alimento importante de los Incas quienes desarrollaron técnicas avanzadas para almacenarlas. Además, tiene una amplia gama de aplicaciones tanto industriales como domésticas, se guisa, se sancocha, se asa, se saltea, se fríe. Interviene en purés, en cremas, suflés, croquetas y tortillas.



Figura 1 : Papa (*Solanum Tuberosum*)

2.1.1. VARIEDADES DE PAPA.

En el mundo existen 5000 variedades de papa, de las cuales 3000 son netamente peruanas. Entre las más importantes podemos destacar.

- Papa canchan.
- Papa tomasa.
- Papa Amarilla.
- Papa huayro.

- Papa huamantanga.
- Papa Negra.
- Papa peruanita.
- Papa tarmeña.
- Papa perricholi.
- Papa coctel.

Dentro de las papas generadas por el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) tenemos.

- Papa Ventura INIA 318.
- Papa Roja Ayacuchana- INIA 316.
- Papa Wankita-INIA 313.
- Papa Pucalliclla-INIA 312.
- Papa Pallay Poncho-INIA 311.
- Papa Chucmarina-INIA 310.
- Papa Serranita-INIA 309.
- Papa Colparina-INIA 308.
- Papa Puneñita.

2.1.2. COMPOSICION QUIMICA Y VALOR NUTRICIONAL.

La papa es un alimento, muy nutritivo que desempeña funciones energéticas debido a su alto contenido en almidón así como funciones reguladoras del organismo por su elevado contenido en vitaminas hidrosolubles, minerales y fibra. Además, tiene un contenido no despreciable de proteínas, presentando éstas un valor biológico relativamente alto dentro de los alimentos de origen vegetal.

Resumiendo, la papa es:

- Una fuente de vitaminas, proveyendo cerca del 40% de la dosis diaria recomendada para la vitamina C. también contiene vitaminas del complejo B.
- Rica en algunos minerales, como el potasio.
- Una fuente de fenoles, compuestos que pueden tener un papel importante en la salud.
- Virtualmente libre de grasa.
- Casi libre de azúcares solubles.
- De baja densidad energética –la papa “llena” con muy pocas calorías. Una toma diaria de 150 – 300 gr. de papa proporciona sólo 4 – 8 % de las calorías requeridas por un adulto.
- Rápidamente digerible.
- Una fuente de proteína de alta calidad, pese a ser deficiente en metionina, aminoácido esencial.

Sus componentes se distribuyen.

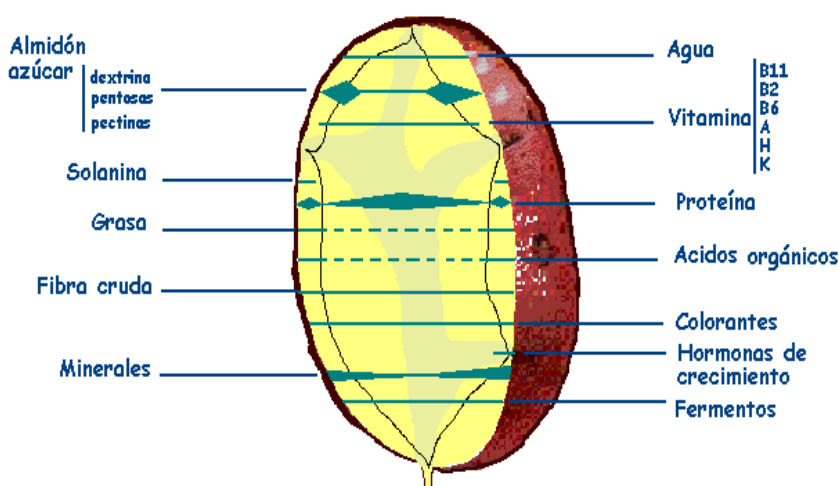


Figura 2: Distribución de los componentes de la papa

Dentro de los principales componentes de la papa tenemos

- **Carbohidratos.** La mayor parte de la materia seca del tubérculo se encuentra en forma de almidón azúcares y otros polisacáridos. El 75 % de la materia seca de la papa está compuesta por almidón. Cuando la papa se consume caliente, el almidón es rápidamente digerido por el organismo; si se consume fría, la digestibilidad del almidón se reduce.
- **La fibra alimentaria:** representa 1-2% del total de la papa y se encuentra perfectamente en la piel.
- **La concentración de azúcares simples** es baja (0.1 -0.7%) siendo los más importantes la glucosa, fructosa y sacarosa.
- **Compuestos Nitrogenados.** Constituyen el segundo componente de la papa, con 3 a 15% de la materia seca (estos se incrementan con la madurez del tubérculo).
- **El valor de la proteína** no se afecta significativamente al cocinar la papa. La mayoría de las proteínas se ubican en el cortex (zona inmediata debajo de la piel) y la médula (zona central). Como fracciones proteicas más abundantes se destacan las albúminas (49%) y globulinas (26%) seguidas de pro laminas (4.3%) y glutelinas (8.3%).
- **Lípidos.** El porcentaje de lípidos o grasa cruda en la papa “en fresco” es muy bajo. No tienen importancia desde un punto de vista cuantitativo (0.1 %) y se encuentran mayoritariamente en la piel.
- **Vitaminas.** La papa contiene cantidades significativas de vitamina C (ácidos ascórbico y dehidroascórbico), además de otras

vitaminas hidrosolubles, como tiamina y vitamina B6. Las vitaminas solubles en aceite están presentes en pequeños trazos.

Una papa cocinada pierde entre un 18 – 24 % de vitamina C a través de su pellejo, sin él la pérdida puede estar entre un 35 – 50%. Aun así, la cantidad de vitamina C que queda luego de cocinarla es alta, y una porción de 150gr. De papa provee cerca del 40% de los requerimientos diarios de esta vitamina.

- **Minerales.** Posee potasio, especialmente en el pellejo, y cantidades moderadas de fósforo, cloro, azufre, magnesio y hierro.
- **Fenoles.** La papa contiene un bajo porcentaje de compuestos fenólicos, la mayoría de los cuales se encuentra en su pellejo.

Los fenoles afectan el ennegrecimiento de la papa. Las reacciones de aminoácidos y proteínas con carbohidratos, lípidos y fenoles oxidados, causan un deterioro de los alimentos durante su almacenamiento y procesamiento.

- **Glicoalcaloides.** Grandes cantidades de glicoalcaloides pueden causar intoxicación en humanos. Sin embargo, el sabor amargo que le dan estos compuestos a la papa, actúa como un aviso para que no se siga consumiendo.

Cuadro1: Composición Nutricional de la papa: Cálculo por cada cien gramos sin cascara.

Nutrientes	Gramos/100 gramos de parte comestible (incluye cascara)
Calorías	84 Kcal/g
Agua	76
Proteína	1.9
Grasa	0.1
Carbohidratos	19.3
Azucares invertidos	0.11
Fibra	1
Ceniza	1
Minerales	Mg/100 gramos de parte comestibles (incluye cascara)
Calcio	4
Fosforo	26
Hierro	1.1
Ácido ascórbico	20
Potasio	421
Sodio	6
Tiamina (vit. B1)	0.08
Riboflamina (vit.B2)	0.03

FUENTE: MORENO B., NANCY. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS EXPERIMENTALES PARA LA OBTENCIÓN DE HOJUELAS DE PAPA DESHIDRATADA.

Los constituyentes que forman la materia seca son: almidón, azúcares reductores, sacarosa, ácido cítrico, nitrógeno total, proteína, grasa, fibra y cenizas.

Por otro lado papas generadas en el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) tienen más elevado valor nutricional en comparación con los tipos de papa, en el siguiente cuadro podemos apreciar las diferencias.

Cuadro 2: Valor Nutricional – Papas del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA)

Variedad	Materia Seca (%)	Análisis Proximal (g/100g. Peso Seco)					Ácido Ascórbico y Minerales (mg/kg, peso seco)				
		Proteína (Nx6.25)	Grasas	Fibra	Ceniza	Carbohidratos	Vitamina C	Hierro (Fe)	Zinc (Zn)	Calcio (Ca)	Potasio (K)
Ventuarana	22.4	9.03	0.19	1.04	3.62	82.75	117.1	10.52	11.22	128.52	15630
Altiplano	22.0-25.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Roja Ayacuchana	19.9	9.63	0.23	1.53	3.5	81.94	177	11.75	12.42	210.31	18836
Anteñita	23.2-24.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tocasiba	23.9-25.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wankita	20.7	9.91	0.16	1.52	2.94	81.94	126.5	17.46	17.96	259.74	19061
Puca Lliclia	21	11.25	0.08	1.29	3.47	80.64	128.8	14.97	15.55	112.06	21004
Pallay Poncho	23.3	9.18	0.23	1.18	3.48	83.46	93.7	13.83	14.44	156.04	16091
Chucmarina	23.8	7.51	0.26	1.22	3.31	84.12	161.9	11.04	11.71	175.52	16942
Serranita	22.6	10.09	0.23	1.08	2.43	82.73	134.7	18.28	18.76	128.65	18981
Colparina	27.7	9.11	0.2	1.46	2.87	83.32	107	12.5	13.14	225.6	15745
Puneñita	20.6	9.11	0.36	1.58	3.46	81.66	75.8	15.76	16.31	207.51	20033
Maria Bonita	20.6	10.18	0.21	1.05	3.07	82.63	119.7	10.12	10.84	306.14	17204

FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGRARIA (INIA)- CATALOGO DE NUEVAS VARIEDADES DE PAPA: SABORES Y COLORES PARA EL GUSTO PERUANO

2.1.3. PRODUCCION DE PAPA EN EL PERU.

La producción de papa en el país pasó de 1 364,3 a 4 527,6 mil toneladas entre 1950 y 2016, mostrando una tasa de crecimiento anual promedio de 1,8%. Sin embargo, en las dos últimas décadas (de 1997 al 2016), la producción de este tubérculo creció más rápidamente, a una tasa de 3,4% anual, llegándose a obtener en el año 2015, una producción histórica récord de 4 715,9 mil t, como resultado de la expansión de la superficie cosechada, que creció a una tasa anual promedio de 1,2% y, principalmente, de una mejora de los rendimientos por ha, que creció a una tasa anual promedio de 2,2%. (Ver gráfico 1).



Grafico 1: Producción anual de papa 1997-2016 (Miles de toneladas). Fuente: Minagri DGE-SEP.

La superficie cosechada de este cultivo en el año 2016 fue de 311, 2 mil hectáreas a nivel nacional, ocupando el segundo lugar, después del arroz, dentro del conjunto de cultivos transitorios que se siembran cotidianamente en el país. Por su parte, la producción nacional este mismo año llegó a 4 527,6 mil toneladas, cantidad inferior en 4,0%, en comparación con la producción del año 2015 (4 715,9 mil t), que como ya lo mencionáramos anteriormente, fue la producción más alta desde que se tienen registros estadísticos. En el gráfico 2, se puede apreciar que este tubérculo se cultiva en 19 de las 25 regiones del país, siendo la región Puno, la de mayor producción y la región Lambayeque, la de menor producción). Por zonas de producción, el 47,1% de la producción nacional corresponde al conjunto de regiones de la Zona Sierra Sur del país (Puno, Apurímac, Cusco, Arequipa, Ayacucho, Moquegua y Tacna), el 28,5% al conjunto de regiones de la Zona Sierra Centro (Huánuco, Junín, Huancavelica y Pasco), el 20,3% al grupo de regiones la Zona Sierra Norte

(La Libertad, Cajamarca, Ancash, Amazonas, Piura y Lambayeque); y, el 4,1% restante, a la producción de las regiones de la Zona Centro Costa (Lima e Ica).

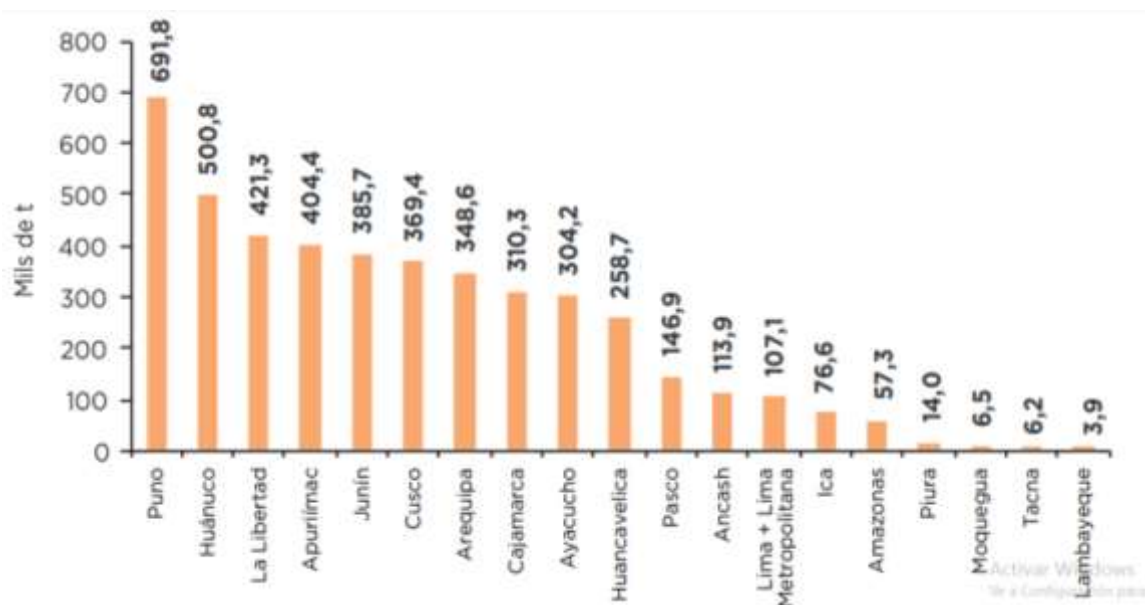


Grafico 2: Principales departamentos productores de papa, 2016 (miles de toneladas). Fuente: MINAGRI DGE-SEP.

Si bien en el país se produce este tubérculo todo el año, sin embargo existe una marcada concentración en los meses de abril y mayo, periodo en el que se cosecha un poco más del 40% de la producción nacional. Esta producción; así como la de los meses previos corresponde a áreas cultivadas que se ubican a lo largo de toda la Sierra y corresponden a agricultura bajo secano; mientras tanto, la producción disminuye en el segundo semestre, debido a que esta corresponde principalmente, a los valles costeros de las regiones de Lima, Ica y Arequipa; así como también a los valles inter andinos de algunas partes de la Sierra.

En el gráfico 3, se muestra la estacionalidad de la producción como el promedio de los últimos cinco años (2012-16). Allí se observa que

mientras el primer semestre se obtiene el 71,8% de la producción nacional, durante el segundo semestre solamente se cosecha el 28,1%.

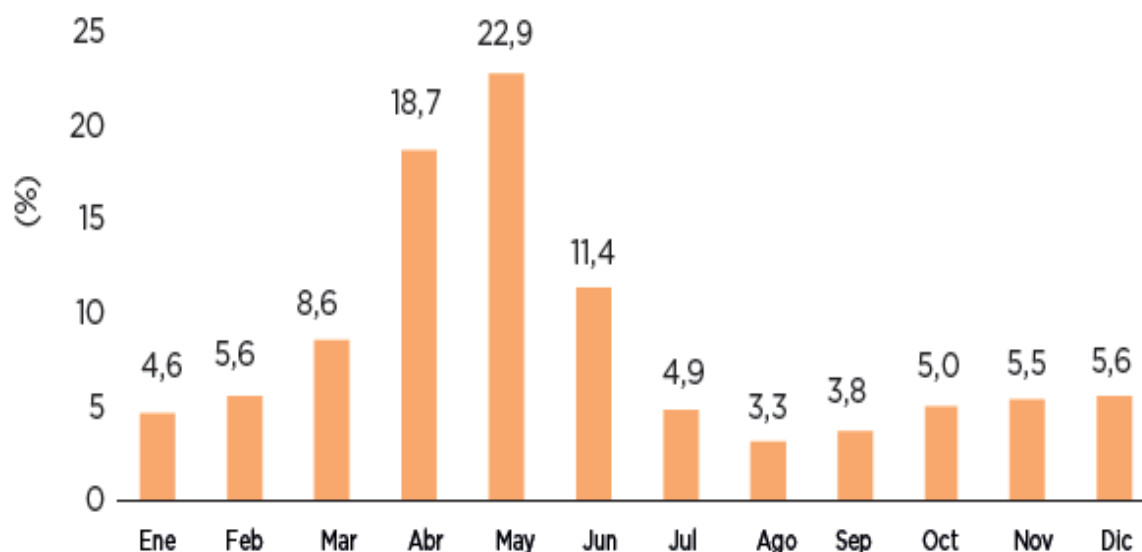


Grafico 3: Estacionalidad de la producción de papa, 2012-2016- Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI).

2.1.4. EXPORTACION DE PAPA.

De acuerdo al INEI En el año 2015, la exportación de papa alcanzó los 2 millones 270 mil 984 dólares, teniendo como principales destinos a Bolivia con 1 millón 239 mil 892 dólares, Estados Unidos (\$ 318 mil 042), Chile (\$ 317 mil 782), Francia (\$ 184 mil 248) y Puerto Rico (\$ 65 mil 463).

Entre enero y marzo de 2016, el valor de exportación FOB de papa creció en 64,9% respecto a similar periodo del año anterior, sobresaliendo por tipo de producto las papas preparadas o conservadas, sin congelar (\$ 452 mil 761), seguido por papas aunque estén cocidas en agua o vapor, congeladas (\$ 106 mil 305) y papas frescas o refrigeradas (\$ 16 mil 410).

De acuerdo con las estadísticas de la FAO, la producción de Perú en el 2014 ocupó el lugar 14, dentro del conjunto de 150 países que siembran

este cultivo; siendo el segundo país con mayor producción en América, después de Estados Unidos; y, el primero, en América del Sur.

Ese mismo año el Perú ocupó el octavo lugar en el mundo respecto la superficie cosechada, superando a países como Alemania, Francia, Polonia y Países Bajos, que se ubican dentro de los primeros 10 lugares como productores del mundo.

Cuadro 3 : Producción de papa en el mundo, 2015

Ranking	Países	Cosechas (Has)		Producción (t)		Rendimiento (Kg/ha)
	TOTAL MUNDIAL	19 098 330	100	381 682 142	100	19985
1	China, Continental	5 645 000	29,6	95 515 000	25,0	16 920
2	India	2 024 000	10,6	46 395 000	12,2	22 922
3	Federación de Rusia	2 101 461	11,0	31 501 354	8,3	14 990
4	Ucrania	1 342 800	7,0	23 693 350	6,2	17 645
5	Estados Unidos de América	425 370	2,2	20 056 500	5,3	47 151
6	Alemania	244 800	1,3	11 607 300	3,0	47 415
7	Bangladesh	461 710	2,4	8 950 000	2,3	19 384
8	Francia	168 519	0,9	8 085 184	2,1	47 978
9	Polonia	276 927	1,5	7 689 180	2,0	27 766
10	Países Bajos	155 502	0,8	7 100 258	1,9	45 660
11	Belarús	307 943	1,6	6 279 715	1,6	20 392
12	Reino Unido	141 000	0,7	5 911 000	1,5	41 922
13	Irán (República Islámica del)	158 958	0,8	4 717 266	1,2	29 676
14	Perú	318 380	1,7	4 704 987	1,2	14 778
15	Argelia	156 176	0,8	4 673 516	1,2	29 925
16	Egipto	172 005	0,9	4 611 065	1,2	26 808
17	Canadá	138 942	0,7	4 589 200	1,2	33 030
18	Bélgica	81 121	0,4	4 380 556	1,1	54 000
19	Turquía	128 392	0,7	4 166 000	1,1	32 448
20	Brasil	132 058	0,7	3 689 836	1,0	27 941
	Otros países	4 517 266	23,7	73 365 875	19,2	16 241

FUENTE: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA-FAO.

Del total de la superficie de papa sembrada en el país, el 58,7% (215 mil 710 hectáreas) son variedades de papa blanca; en tanto que, el 21,9% (80 mil 450 hectáreas) son papas denominadas nativas. Le sigue en importancia la papa amarilla, producto de altísima calidad que corresponde al 13,0% de la superficie cultivada, papa huayro (4,0%) y papa amarga (2,5%).

El hábitat natural del cultivo de la papa se encuentra entre los pisos altitudinales Quechua y Suni, donde se siembra el 40,6% (149 mil 310 hectáreas) y 45,3% (166 mil 730 hectáreas) de la superficie total del cultivo, respectivamente. Debido a su adaptación, la papa se siembra en todos los pisos altitudinales.

Según género, el 75,7% (270 mil 160 hectáreas) de la superficie sembrada de papa fue conducida por hombres y un 24,3% (86 mil 950 hectáreas) por productoras mujeres.

En cuanto a la edad de la población dedicada a este cultivo, el 60,7% de la superficie sembrada de papa es conducida por productoras o productores cuyas edades fluctúa entre los 30 y 59 años y el 28,2% mayor de 60 años.

Un 10,9% son sembradas por productoras o productores mayores de 70 años de edad.

Exportación de papa peruana subió un 8% el 2015, al generar 2,5 millones de dólares, indicó el presidente de la Asociación de Exportadores (Adex), Juan Varilias.

2.1.5. VALOR AGREGADO

El Perú en esta última década ha incrementado su porcentaje de procesamiento de papa desde el 5% al 8%, más o menos. Comparativamente, países como Colombia, Argentina y México registran porcentajes de 15%, 12% y 20% en procesamiento de papa.

Los productos procesados que se han incrementado en forma importante en el Perú debido a una mayor demanda por los consumidores son:

- Hojuelas de papas fritas.

➤ Papas peladas y cortadas para pollerías.



Figura 3: Usos de la papa

Las variedades de mayor preferencia a nivel global es la Canchán, colparina (huevo de indio) y la Yungay chata con un porcentaje cercano al 50% de las menciones, con fuerte preferencia de los restaurantes de parrilladas y los de comida rápida; en segundo lugar es la variedad Perricholi con casi el 30% de las menciones y fuerte presencia en los supermercados. De acuerdo a estos resultados se mantienen las contradicciones con Obbink (1996) y con Aliaga (Aliaga et al, 2006), y queda comprobado que el origen de la demanda (los restaurantes) viene condicionando el resto de la cadena en la producción de variedades antieconómicas.

La exportación de chuño blanco y papa seca se inició en el primer trimestre del 2004 promueve un mejoramiento del producto procesado aumentando su demanda principalmente en las comunidades peruanas radicadas en el extranjero y luego progresivamente podría promoverse su oferta a otras comunidades andinas. La producción de chuno blanco se concentra en la región Puno y los productores usan principalmente las papas nativas, amargas y dulces, aunque algunas veces por falta de papa usan otras variedades mejoradas como la Chaska y Cica de Andahuaylas. Se estima una producción de 20,000 toneladas de chuño.

La papa seca, mayormente se produce en las regiones de sierra centro; debido al regular mercado por este producto se está produciendo en Ica que tiene una humedad relativa baja y fuerte radiación solar orientada principalmente al mercado de Lima Metropolitana.

Una papa seca de regular calidad, con impurezas, tamaños irregulares y mezcla de diferentes variedades no pasa de S/. 1.50 el kilo pero una papa seca de calidad sin impurezas, una sola variedad y tamaño uniforme puede llegar a venderse hasta S/. 3.50 el kilo, como se observa en los supermercados. El rendimiento de papa fresca a papa seca es de 6 a 1.

Las papas nativas, producto competitivo y diferenciado de nuestro país está siendo tomado en cuenta por exportadores nacionales e importadores extranjeros de Europa, principalmente la papa amarilla Tumbay; es importante comentar que se está definiendo y terminando un puré de papa amarilla de características naturales que permita una importante oferta de un producto competitivo.

No es posible exportar la papa en estado fresco por las restricciones sanitarias de plagas y enfermedades. Por lo tanto la posibilidad más viable es como producto procesado.

A nivel de mercado de Lima Metropolitana se comercializa pocas variedades de papas nativas como son: Amarilla Tumbay, Peruanita, Huayro, Huamantanga, Amarilla del Centro, Camotillo y Tayacaja. La variedad Huagalina que se siembra en Cajamarca y La Libertad no llega a Lima y solo se comercializa en el norte. De acuerdo a información del Centro Internacional de la Papa hay cerca de 3,000 variedades de papas nativas de diversas formas y colores.

Otro producto procesado es el desarrollo del almidón, necesita una inversión de por lo menos 2 millones de dólares que solo puede ser conseguida a través de la inversión privada extranjera. No se observa un despegue inmediato de la industria a través de este producto procesado. De acuerdo a las estadísticas 2011 de la aduana se importó como almidón un volumen de 11,707 toneladas para petroquímica, textilería, pegamentos, pintura, alimentos, etc., que multiplicado por el índice de conversión (10:1) significa el 2.87 % de la producción total de papa fresca. Para elaborar almidón se usa tubérculos de tercera, cuarta y descartes cuyo costo de producción por kilo para ser entable debe ser menor a S/. 0.20 nuevos soles.

La harina de papa cocida y deshidratada, es una alternativa que puede ser usada en mezcla con otras harinas de leguminosas y menestras, orientado a programas sociales de desayunos escolares, comedores populares y vaso de leche. Esta es una alternativa que no se ha promovido mucho y que tiene

muchas posibilidades de desarrollo, a través del uso de tecnologías intermedias que son accesibles a empresarios de mediano nivel económico.



Figura 4: Almidón de papa soluble



Figura 5: Espesante en salsa



Figura 6: Almidón de papa

2.2. CAMOTE (*Ipomoea batatas* L).

El camote es una planta que se cultiva en altitudes de 50 a 2500 msnm, es una raíz tuberculosa comestible, marcadamente tropical pero que tolera temperaturas subtropicales y temperaturas templadas de entre 25 °C y 29 °C, siendo 24 °C su temperatura óptima, su humedad relativa necesaria oscila entre 80-90% con alta luminosidad.

Se encuentra distribuido en Huaylas, Santa, Aija, Corongo, Huarmey y Orcos en el departamento de Áncash.

El camote originario de América del Sur y Central, es consumido desde hace 8000 años a.c y en la actualidad constituye un alimento importante en el mundo por su valor nutritivo, tiene un fácil cultivo y alta productividad.



Figura 7 : Camote (*Ipomoea batatas*.L)

2.2.1. VARIEDADES DE CAMOTE.

El Perú posee la mayor diversidad de variedades de camote del mundo, y crece en nuestro país desde hace 10 mil años, al igual que en Centroamérica. Según registro de estadísticas, la mayor zona de producción de camote en el país es el departamento de Lima, en donde se concentra el 70% de la superficie cultivada; siendo las provincias de Huaral (800 ha) y Cañete (3,500 ha), las principales zonas productoras de camote; las cuales ofertan al mercado capitalino 120 mil toneladas métricas anuales. Los valles del norte chico Huacho, Barranca y Pativilca, poseen menor superficie de siembra (700 ha) y aportan alrededor 12 mil TM para los mercados de Lima.

Los valles costeros de Ancash, cultivan aproximadamente 1,500 hectáreas que aportan al mercado capitalino 24 mil TM. Anuales. En cambio, los valles costeros de los departamentos de Lambayeque y la Libertad registran una superficie de siembra de 2,300 ha, las cuales aportan 25 mil TM al mercado regional del norte. En los valles de Ica y Arequipa cultivan 1000 ha, las cuales producen 16 mil.

En especial en las variedades cuyo color de la carne es de un amarillo o anaranjado intenso. Por eso son más nutritivos los amarillos que los blancos. Estudios del centro internacional de la papa han comprobado que 100 gramos de camote de pulpa anaranjada proporciona más del 100% del beta caroteno requerido por el organismo humano en una persona adulta, es decir, más vitamina A de lo que proporciona 100g de zanahoria. Esta vitamina entre otras propiedades es muy importante para combatir enfermedades infantiles como la ceguera y retraso en el crecimiento

infantil (El camote; obtenido el 10 de noviembre del 2011 en www.biodiversidad.gob.mx).

Entre las variedades de camote tenemos:

- Camote blanco.
- Camote rosado.
- Camote amarillo.
- Camote anaranjado.
- Camote morado.

Entre las producidas por el Instituto de Investigación Agraria (INIA) tenemos:

- Camote “INIA 320 – Amarillo Benjamín”.
- Camote INIA 306 – Huambachero - Nueva variedad de camote morado.
- Camote INIA 100 – Apichu – Nueva variedad de camote amarillo.
- Camote IMPERIAL-INIA Es un camote tipo "k´umara" (no dulce).

2.2.2. COMPOSICION QUIMICA Y VALOR NUTRICIONAL.

La raíz contiene grandes cantidades de almidón, vitaminas, fibras (celulosa y pectinas) y minerales, y destaca entre estos el contenido de potasio. En valor energético supera a la patata y en vitaminas se destaca por la provitamina A (beta caroteno) y las B1, C (ácido ascórbico) y E (tocoferol). Cuanto más amarillenta es su raíz, más beta caroteno posee, por lo que las batatas con esta coloración son muy utilizadas en Asia y África para reducir la deficiencia de vitamina A en los niños. Su sabor dulce se lo debe a la sacarosa, la glucosa y la fructosa.

Además, su raíz, si bien no posee altos contenidos de proteína, sí es importante en contenido de lisina (aminoácido que permite la absorción del calcio). Por esto es que se la utiliza como complemento de algunas harinas de cereales. Su contenido de lípidos es bajo. Sus ácidos grasos principales son el linoleico, el oleico, el esteárico y el palmitoleico. Posee gran cantidad de fibra digerible, que acelera el tránsito intestinal, previene el cáncer de colon, controla el nivel de glucosa, reduce el nivel de colesterol y produce sensación de saciedad. Su piel y su pulpa poseen antioxidantes, por lo que previene enfermedades cardíacas, diabetes y cáncer.

En algunos países se valora su hoja para alimentar tanto a animales como vegetales, pues posee importantes niveles de hierro, provitamina A, vitamina B2, vitamina C y vitamina E, fibra dietaría y poli fenoles.

Cuadro 4: Valor Nutricional del Camote por cada 100 gr

MACRONUTRIENTES	MICRONUTRIENTE	VITAMINAS
Proteínas (gr) = 1.6	Calcio (mg) = 22	Vit. A. (U.I.)= 15.545
Glúcidos (gr) = 24.1	Fosforo (mg) = 28	Vit. C. (mg)= 22.7
Lípidos (gr) = 0.30	Hierro (mg) = 0.59	Vit. B ₁ (mg)=0.17
Fibra (gr) = 3	Magnesio (mg) = 18	Vit. B ₂ (mg)= 0.06
	Zinc (mg) =0.39	Niacina (mg)= 0.97
	Sódico (mg) =19	Ácido fólico (µg)=17
	Potasio (mg) = 300	Vitamina K (µg)= 1.8
	Selenio (mg) = 1	Ácido Pantoténico (mg)= 0.59
	Cobre (mg) =0.13	Biotina (µg)= 4.3
	Cloro (mg) = 44	
	Flúor (mg) = 14	
	Manganeso (mg) = 0.24	

FUENTE: FICHA TECNICA FAO (2006).

El camote, famoso por su alto valor nutritivo, previene el cáncer de estómago, las enfermedades del hígado y retarda el envejecimiento, de acuerdo al Centro Internacional de la Papa (CIP) (22)

La investigación señala que la especie de camote (batata) de pulpa anaranjada es rica en vitaminas A y C, así como potasio y hierro, “claves para disminuir el riesgo a desarrollar un cáncer al estómago y enfermedades hepáticas”, se señala en el informe del CIP.

El camote de pulpa morada retarda el envejecimiento por tener propiedades antioxidantes y un alto valor vitamínico y proteico, superior al de la papa (patata). Los nutricionistas consideran al camote como un

importante suplemento proteico para niñas, niños y personas con problemas de desnutrición.

2.2.3. PRODUCCION DE CAMOTE.

El Perú posee la mayor diversidad de variedades de camote del mundo, y crece en nuestro país desde hace 10 mil años, al igual que en Centroamérica. El agricultor peruano puede cultivarlo casi todos los días del año.

En el Perú, el camote se siembra en la costa, selva y valles interandinos ubicados entre 20 y 2000 metros sobre el nivel del mar. En estos últimos años, el área sembrada con este cultivo oscila entre 12, 000 a 14,000 hectáreas (10 mil unidades agrícolas), con un volumen de producción de 190 mil a 224 mil toneladas (0.3% del valor bruto de producción agrícola) y un rendimiento promedio de 16 t/ha.

Según registro de estadísticas, la mayor zona de producción de camote en el país es el departamento de Lima, en donde se concentra el 70% de la superficie cultivada; siendo las provincias de Huaral (800 ha) y Cañete (3,500 ha), las principales zonas productoras de camote; las cuales ofertan al mercado capitalino 120 mil toneladas métricas anuales.

Los valles costeros de Ancash, cultivan aproximadamente 1,500 hectáreas que aportan al mercado capitalino 24 mil TM. Anuales. En cambio, los valles costeros de los departamentos de Lambayeque y la Libertad registran una superficie de siembra de 2,300 ha, las cuales aportan 25 mil TM al mercado regional del norte. En los valles de Ica y Arequipa cultivan 1000 ha, las cuales producen 16 mil TM.



Figura 8 : Zonas productoras de camote

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI

En el Perú no se le ha dado la importancia que se merece el camote, hasta no hace mucho su uso era destinado mayormente para comida de animales.

Pero se inició una campaña en los programas periodísticos donde se explicaba sus propiedades alimenticias en cuanto a nutrición, además de su bajo costo. El consumo per cápita anual es de 4.363Kg.

Existen 19 departamentos que producen camote. En los últimos 10 años se han producido un promedio de 216813 tm/año siendo en el año 2013 donde se produjo 436388 tm, los principales departamentos productores, lima con el 33.8%, Lambayeque 12.8%, Áncash 5.7%, Ica 4.7%, Piura 3.7% y Cajamarca 2.1%.

El departamento de Ancash del año 2000 al 2015 se producción se ha visto aumentada en un 71% de 14330 tm a 24640.

2.2.4. CONSUMO.

Al África llegó a través de proyectos internacionales para combatir la desnutrición y por allá se le conoce como “cilera abana”, que significa simplemente “Protector de los niños”. Y es que se trata de un producto altamente nutritivo, de bajo costo, una extraordinaria alternativa para la alimentación infantil por su valioso contenido de carbohidratos, proteínas y caroteno, además de una buena concentración de vitamina C, potasio, hierro y calcio.

El consumo en el Perú es mayormente en fresco, aunque también se consume en harinas, hojuelas. Otros usos son: como forraje para el ganado, alcohol, tintes, plástico biodegradable creado por japoneses, además sirve para la preparación de una bebida alcohólica japonesa llamada Sochu que es una de las más consumidas en Japón.

En nuestro país se han detectado más de 2.000 variedades. El camote crece a lo largo de la costa, especialmente en Cañete, Huacho, Barranca, Pativilca (Lima) y Áncash. Se cultiva también en los valles interandinos y la selva.

Es uno de los pocos productos alimenticios agrícolas que contiene Metionina, uno de los aminoácidos esenciales para la vida. Tiene propiedades medicinales, pues combate las infecciones de la piel, las várices, es antiinflamatorio, se dice que retarda el envejecimiento y protege contra el cáncer, entre otras enfermedades.

Existen 18 empresas exportadoras de camote de las cuales 3 concentran el 96% del total exportado. En el 2004 fue agrícola Athos SA. (\$79947 y 84.4%), American Exporters EIRL (\$5656 y 6%) y Agro empaques SA. (\$ 5267 y 5.6%).

Pese a sus bondades consumimos apenas 7 kilos anuales per cápita (por persona). Como si no fuera suficiente, las hojas tienen también proteínas y hacen muy buen forraje. Del tubérculo se puede extraer almidón, harina y transformarse en alcohol. Y hay más. La firma japonesa Toyota ya ha producido con éxito plásticos biodegradables y autopartes a partir de esta planta, tesoro de nuestra agro diversidad para conservar.

Si bien hay una gran demanda potencial de camote, su comercialización es el cuello de botella para los agricultores debido a la inestabilidad de los precios por épocas, variedades, calidades y los bajos precios ofrecidos en las chacras (S/0.28-S/.052) (Obtenido el 20 de noviembre del 2015 en www.Minag.gob.pe).

2.2.5. VALOR AGREGADO

La FAO (2013) considera este producto como una raíz de la familia de convolvulaceae que a diferencia de la papa no se considera un tubérculo, también KEW (2013) sostiene que no pertenece al género del producto conocido con el nombre común de papa. Debido al desconocimiento de su valor nutricional, el cultivo de camote no ha podido masificarse. Esta investigación pretendió rescatar la importancia del consumo de este producto, así como sus beneficios para la salud y nutrición. Por otra parte en el mercado en la ciudad de Ibarra ha comenzado a comercializarse por

lo que fue necesario identificar los problemas, oportunidades y necesidades.

Doce países han quedado atrapados por el sabor del camote peruano, que gana terreno a nivel mundial como parte del ‘boom’ de la gastronomía nacional y la tendencia por comer alimentos más sanos.

Pese al impacto que hay en el comercio mundial, las ventas al exterior de este producto crecieron 51.59% entre enero y marzo, según cifras de la Asociación de Exportadores (ADEX).

El 50% del total de las exportaciones de camote se destina a los Estados Unidos. Mientras que la demanda del Reino Unido y de Francia se multiplica cada mes.

Víctor Sarabia, consultor en Agronegocios de Promperú, sostiene que la demanda sigue en aumento porque el producto se utiliza para preparar snacks y harina. “En Japón, por ejemplo, lo compran para elaborar una bebida. Es algo así como sacarle el jugo al camote”.

La Alameda, Chimaltenango. En el Centro de Investigación del Altiplano Central (CIALC), el 12 de octubre, productores de camote aprendieron como dar valor agregado a su producto y consumirlo en diferentes formas. Vanessa Illescas, Coordinadora de la Disciplina de Tecnología de Alimentos a.i. indicó que el camote biofortificado ICTA DoradoBC es producto de las parcelas de prueba en terrenos de los productores, conducidas por los especialistas de la Disciplina de Validación y Transferencia de Tecnología con sede en el CIALC, quienes en coordinación con la Disciplina de Alimentos, invitaron a los productores a

recibir la capacitación, a quienes se les enseñó a preparar, puré, cup cake y snacks por el método de fritura y horneado.

También es usado como conservas, deshidratados, fritos, hojuelas, entre otros, para el consumo animal la raíz se utiliza para la crianza de bovinos.

En el Continente Asiático se usa para la producción de almidón y alcohol.

En América Latina tiene marcadas diferencias, orientadas al consumo humano mediante la extracción de h harinas, elaboración de dulces y bebidas tradicionales, la principal técnica de producción se sustenta en la deshidratación del producto.



Figura 9: Harina de camote.



Figura 10: Mermelada de camote.

2.3. YUCA (Manihot esculenta).

Es un tubérculo cultivado en la Costa Peruana desde hace 3,000 años. Está distribuido en todo el mundo y contribuyó a paliar la hambruna en África, convirtiéndose en un cultivo muy valioso en ese continente.

Sus orígenes se remontan a la Amazonía, donde se encuentran sus raíces silvestres. Los aguarunas, grupo étnico amazónico, han domesticado hasta 200 variedades de yuca. En la cerámica Nazca este cultivo está pintado en forma

naturalista, y en la textil ería las representaciones de este tubérculo son bordadas y pintadas.

La raíz de la yuca es cilíndrica y oblonga, y alcanza el metro de largo y los 10 cm de diámetro. La cáscara es dura y leñosa, e incomedible. La pulpa es firme e incluso dura antes de la cocción, surcada por fibras longitudinales más rígidas; muy ricas en hidratos de carbono y azúcares, se oxida rápidamente una vez desprovista de la corteza. Según la variedad, puede ser blanca o amarillenta, Su reproducción alógama y su constitución genética altamente heterocigótica constituyen la principal razón para propagarla por estacas y no por semilla sexual (Ceballos y De la Cruz, 2002).



Figura 11: Yuca (manihot esculenta)

2.3.1. VARIEDADES DE YUCA.

La yuca es una planta domesticada desde épocas prehispanicas En la costa se cultiva desde hace 3,000 años. Actualmente su consumo sigue vigente en la costa y en la selva. Sus orígenes posiblemente se remontan a la Amazonía, donde se encuentran sus raíces silvestres.

Existen dos tipos de yuca, la dulce y la amarga. La dulce pertenece a la especie *Manihot utilissima*, que es utilizada como verdura. Tiene un sabor suave cuando se hierve, y es más sabrosa y dulce cuando se fríe. La amarga es considerada tóxica (o al menos más que la dulce) si no se trata

adecuadamente. Pertenecce a la especie *Manihot esculenta*, que es de la que se extrae el almidón o tapioca.

Dependiendo del uso final de la yuca, esta puede ser clasificada como de calidad culinaria cuando se destina al consumo humano directo; como industrial cuando se usa para la producción de subproductos tales como harina, almidón, trozos secos o como de doble propósito, es decir, fenotipos que podrían ser usados tanto para el consumo humano como industrial. Esta variabilidad da lugar a que el agricultor venda para el mercado en fresco si los precios son altos o, en caso contrario que venda las raíces para procesos industriales, por lo general a un precio considerablemente menor. Esta estrategia ha interferido con el uso industrial de la yuca porque no permite un suministro constante y confiable de la materia prima. Actualmente, los programas de mejoramiento genético están dirigidos a la búsqueda de variedades específicas para la industria, ya que las variedades de doble propósito resultaban, en algunos casos inadecuadas para consumo en fresco o para la industria (Ceballos, 2002).

En la Amazonía Peruana los nativos Aguarunas, conocen hasta 200 variedades de yuca con nombres propios, siendo el nombre genérico: "máma". (Autor- Jorge Egusquiza Loayza Lima, Perú 2006).

- Var. Palo verde morocha
- Var. Huayro
- Var. Checa
- Var. Amarilla.
- Var. Amarilla del bajo.
- Var. Arahuana rumo.
- Var. Arpon rumo.
- Var. Cogollo morado.
- Var. Colombiana.
- Var. Chaquishca rumo.
- Var. Enano o huahua rumo.
- Var. Gusanillo rumo.
- Var. Huanano rumo
- Var. Hoja norado (Yuca amarilla).
- Var. Hoja morado (Yuca blanca).

2.3.2. COMPOSICION QUIMICA Y VALOR NUTRICIONAL.

Su valor nutricional radica en el aporte en hidratos de carbono de la raíz, concretamente un 38%. Aunque comparativamente tenga un bajo contenido en vitaminas y minerales, no hay que obviar que para determinadas poblaciones mundiales la yuca es la fuente principal de algunos minerales como el potasio y el calcio, además de vitaminas como la C, la B1, B2 y B5. Además, tiene un alto contenido en agua.

En contrapartida, la yuca es pobre en proteínas y grasas, aunque hay que decir que su proteína tiene un valor biológico interesante pese a que la metionina y la cisteína sean sus aminoácidos limitantes.

Cuando se compara su valor nutricional con el de otros alimentos básicos del mundo, se observa que la yuca es una buena fuente de energía, pero tiene una densidad de nutrientes esenciales y proteínas muy baja.

Cuadro 5: Valor nutricional (por 100g de porción comestible de yuca)

COMPONENTES	CANTIDAD
Calorías	120 cal
Proteína	1 g
Grasas	0.4 g
Hidratos de carbono	26.9 g
Magnesio	66g
Potasio	764 mg
Calcio	40 mg
Fosforo	34 mg
Hierro	1.4 mg
Vitamina B ₆	0.3 mg
Vitamina C	48.2 mg

FUENTE: CIAT (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL). (CONSULTA; 2007, JUNIO)

Velastegui R. (1992) indica que “la raíz de yuca se compone de 3 tejidos: el periderma (cascarilla), el parénquima cortical (corteza) y el parénquima interior (pulpa). La cáscara está formada por el periderma y la corteza; el periderma está compuesto por células muertas que envuelven la superficie de la raíz, y cuyo color es café claro u oscuro, la superficie puede ser lisa o rugosa.

Después del periderma se encuentra la corteza o parénquima cortical que tiene de 1 a 2 mm de espesor y es de distintos colores (blanca, crema o rosada). En esta capa se encuentran comprimidos los tejidos del floema que tienen los glucósidos cianogénicos, responsables de la formación del ácido cianhídrico. El parénquima interior o pulpa está compuesto del liber (floema) y del tejido leñoso (xilema). Este último tiene dos clases de

elementos: vasos leñosos y las células parenquimáticas llenas de granos de almidón.

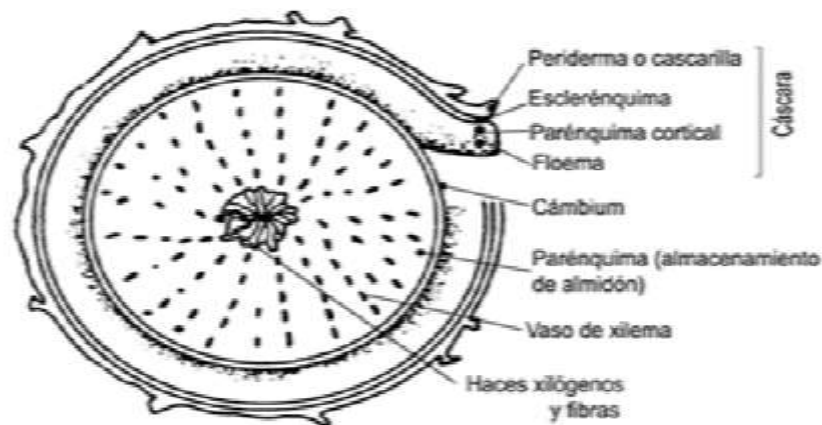


Figura 12: Componentes de la yuca. Fuente: www.ciat.cgiar.org (Consulta:2007)

El contenido de materia seca de la raíz de yuca fluctúa entre el 30% y el 40%. La materia seca del parénquima está constituida en su mayor parte (90-95%) por la fracción no nitrogenada, es decir, por carbohidratos (almidón y azúcares). El resto corresponde a fibra, grasas, cenizas o minerales y proteína”.

cuadro 6: Composición proximal de la yuca (por 100 g de base seca)

COMPONENTES	Peso seco (%)
Carbohidratos	90-95
Fibra	1-2
Grasa	05-1
Ceniza	1.5-2.25
Proteína	0.8-1

FUENTE: ALMIDÓN AGRIO DE YUCA POR ALARCON F. (2004).

2.3.3. PRODUCCION DE YUCA.

La yuca es actualmente uno de los cultivos que está creciendo con más rapidez en el mundo y está resistiendo mejor que otros el aumento de las temperaturas como consecuencia del cambio climático, apuntaron hoy expertos.

En un seminario organizado por la Organización de la ONU para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en su sede en Roma, el especialista Clair Hershey destacó que, desde la década de los 80, la producción global de ese tubérculo ha aumentado un 52 % debido, entre otros motivos, a que en ese periodo se duplicó en África.

Hershey, del Centro Internacional de Agricultura Tropical, con sede en Colombia, consideró que ese alimento parecido a la patata se está adaptando mejor al aumento de las temperaturas en comparación con otros como las judías o el maíz, cuyos cultivos son "más sensibles al cambio climático".

A nivel nacional, la producción de yuca estuvo en aumento desde el año 2007 hasta el 2010 hubo un crecimiento del 13.6%, esto debido a la superficie de cosecha que hubo esos años, pero en el años posteriores hubo un descenso del 4.5% esto debido a que superficie de siembra fue menor por consecuencia de inclemencias del tiempo.

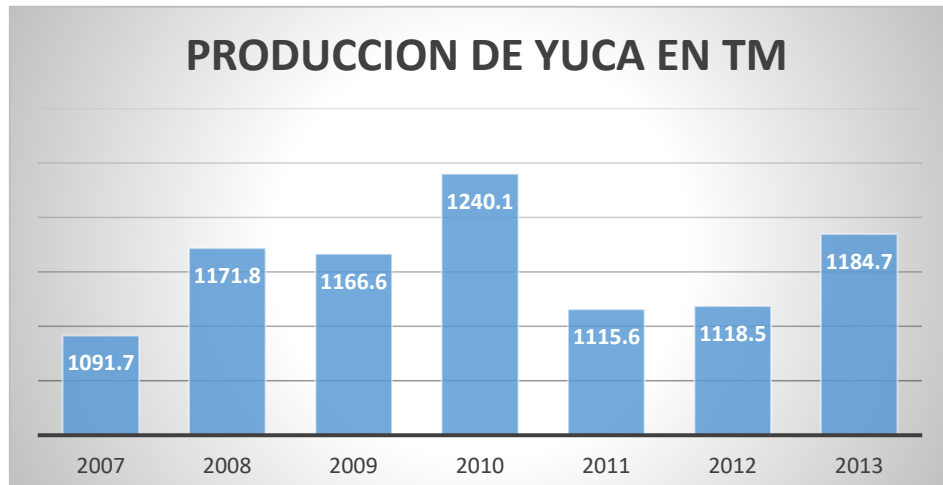


Grafico 4: Producción de yuca en TM. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INIE) dio a conocer los dato de la producción de yuca en el año 2013 que fue de 1184662 tm en los 22 departamentos productores de yuca están los de mayor producción, Loreto con el 33.1%, Amazonas con el 11.3%, Ucayali con el 9.7%, San Martín con el 9.4, Cajamarca con el 6.4%, Pasco con el 6.3%, y los de menor producción Huánuco con el 4.7%, Lima con el 3.9%, Cusco con el 2.0%, La Libertad con el 1.8%, Puno con el 1.3%, Piura con el 0.96% , Madre de Dios con el 0.9%, Ancash con el 0.6%, Lambayeque con el 0.5%, Ayacucho con el 0.5% y Moquegua con el 0.001% de la producción en el año 2013.

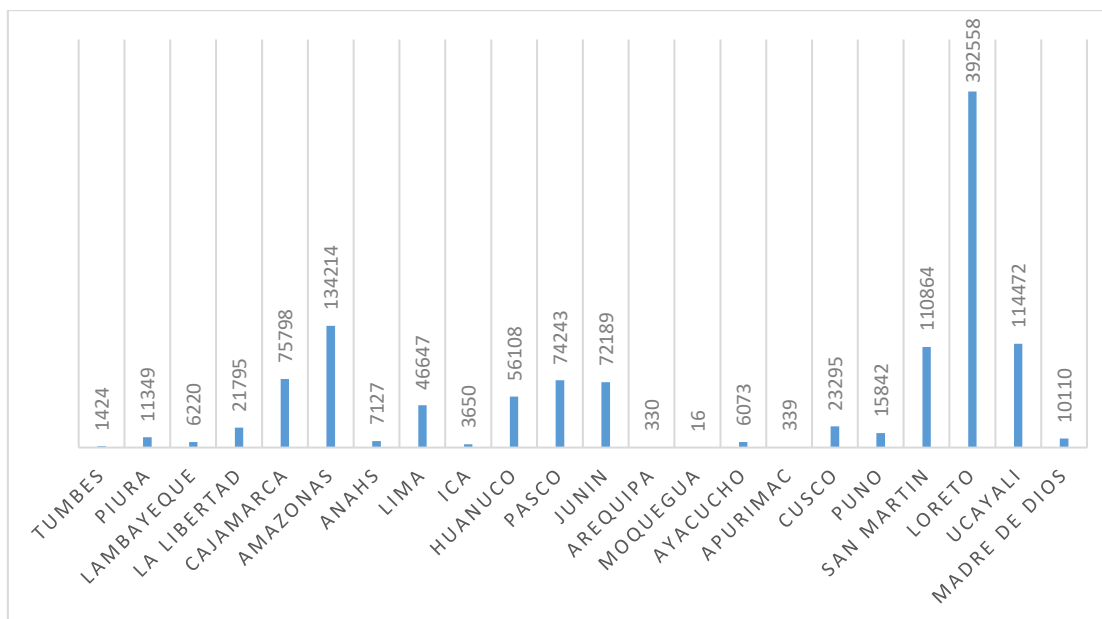


Grafico 5: Producción de yuca por departamento en el año 2013. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

La producción de yuca en enero del 2015 creció en 29,5% con relación al mismo mes de 2014, que fue 87 mil toneladas. Los departamentos en los que se registraron los mayores incrementos de producción fueron Loreto (26%), Ucayali (65%) y Pasco (162%), como resultado de mayores áreas cosechadas, que de una mejora de rendimientos. Al igual que en el caso del arroz, el precio promedio en chacra de yuca en el mes de enero fue de S/. 0,55 el kg, precio ligeramente mayor que el registrado en el mes anterior (S/. 0,53) y también que el observado en el mismo mes del año anterior (S/. 0,52)

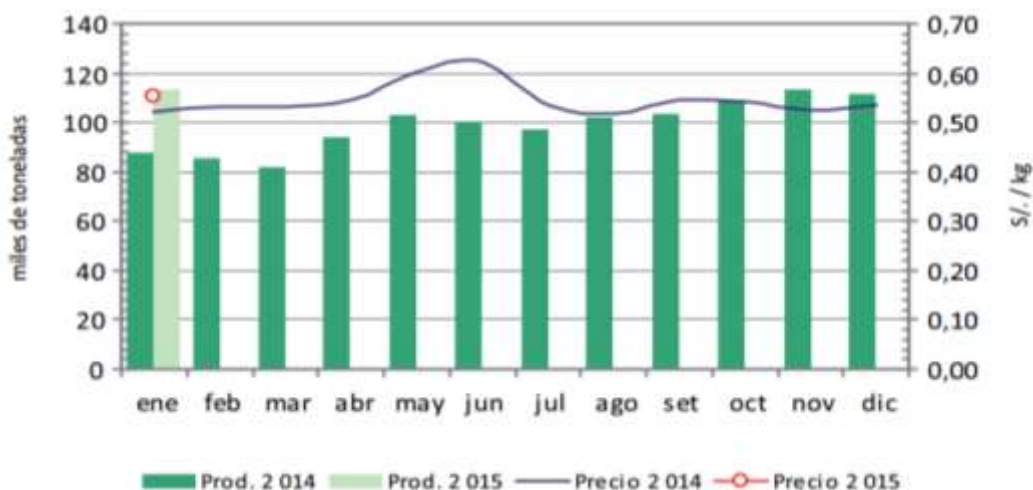


Gráfico 6: Producción y precio en chacra de la yuca.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI).

2.3.4. CONSUMO

La yuca es una tuberosa alimenticia de gran consumo. Puede ser preparada en muchas formas, cocida, frita, harina, almidón, en formas de tapioca y la típica fariña que es consumida por la población nativa de la selva. Así mismo, con la yuca se hace bebidas fermentadas como el masato.

Alrededor del 80% de la producción se usa para el consumo humano, constituyendo la fuente principal de carbohidratos. El otro 20% de la producción es usado para la alimentación animal y procesamientos industriales (industria de alcoholes y gomas).

Para estimular el consumo de la yuca es difundir, a nivel nacional e internacional, presentaciones como la yuca congelada, como pasa bocas o como croqueta pre frita, que se está comercializando desde 1997, reconociendo las tendencias de consumo de los hogares en los cuales el menor tiempo de cocción es un factor de demanda por parte de los consumidores.

La yuca pre frita también puede convertirse en una alternativa a la papa ofrecida por las cadenas de comida rápida. En el ámbito internacional, la demanda de esta presentación se encuentra en crecimiento dado que la población de origen latino y su capacidad de consumo han aumentado en los últimos años en los países desarrollados como Estados Unidos y países Europeos.

2.3.5. VALOR AGREGADO.

En los últimos años, el consumo de la yuca fresca en el país ha mostrado una tendencia decreciente debido a las dificultades para su conservación, a su precio y al precio de algunos sustitutos calóricos como el plátano y la papa.

En la industria de alimentos el almidón, tanto nativo como modificado, tiene un papel importante en la textura de varios preparados al aportar palatabilidad y aceptabilidad.

- Como medio de moldeo, para caramelos de frutas, rodajas de naranja y gomas de mascar.
- Como dador de cuerpo, imparte textura y estabilidad a caramelos y mermeladas.
- Como agente para espolvorear, combinado con azúcar pulverizada en gomas, caramelos y gomas de mascar.
- Como protector contra la humedad, de diversos productos en polvo como azúcares- pues los almidones absorben humedad sin apelmazarse.

- Como espesante, da cuerpo y textura al alimento preparado; para sopas, alimentos para infantes, salsas, gelatinas sintéticas.
- Como agente coloidal, imparte textura, sabor y apariencia. La cocción del almidón produce una solución coloidal estable, compatible con otros ingredientes en productos alimenticios.
- Como aglutinante, para el ligamento de componentes. En la preparación de salchichas y embutidos cocidos.
- Como emulsificante, produce una emulsión estable en la preparación de mayonesas y salsas similares.
- Como estabilizador, por su elevada capacidad de retención de agua es usado en productos mantecados-helados.
- En la mezcla con harinas para bajar el contenido de proteínas y la fuerza del gluten en panaderías. En la fabricación de galletas para aumentar su propiedad de extenderse y crujir, además de ablandar la textura, aumentar el sabor y evitar que se pegue.



Figura 13 : Harina de yuca



Figura 14 : Snack de yuca



Figura 15: Masato hecho de yuca

Uso en productos no alimentarios

En las industrias no alimentarias el almidón nativo y modificado son usados principalmente como:

- Adhesivo, para diferentes aplicaciones en la industria de papel y cartón. Apresto, en la industria textil como encolante de la urdimbre previo al proceso de tejido.
- Agente inerte, como excipiente, vehículo y elemento adhesivo de tabletas y productos medicinales.
- Espolvorante, como polvo fino en la preparación de cosméticos, germicidas, insecticidas y productos medicinales.
- Absorbente, en la preparación de jabones y detergentes para aumentar su efectividad y poder de limpieza.
- Aditivo de sedimentación, para recuperar sólidos en procesos de flotación y clarificación en la refinación de metales.
- Aglutinante, para formar moldes de arena en la industria de fundición y como ligante para formar aglomerados de polvos finos como las briquetas de carbón y en la elaboración de explosivos.
- Dispersante, para mejorar la dispersión y la estabilidad a alta temperatura de los fluidos utilizados en los taladros para la perforación pozos de petróleo o de agua; mejoran la viscosidad del lodo y la capacidad de retención de agua.
- Diluyente, en la industria de colorantes para estandarizar las tinturas con respecto a los rangos de colores.
- Conservante, en la industria de artes gráficas en forma de adhesivo, el cual se aplica a las planchas de impresión litográfica para

conservar la parte que no lleva imagen y protegerla de bacterias, corrosión o rayado.

En la industria de papel y cartón consume almidones con diversos tipos de modificación; el tipo varía en cada empresa de acuerdo a diversos factores entre los cuales se destacan: el tipo de aplicación, el tipo de papel producido, las condiciones de operación y tipo de maquinaria y los costos, entre otras. Esta industria exige tres características básicas en el almidón: blancura, bajo contenido de fibra y pocas impurezas.

El almidón se usa en esta industria en varias formas:

- Como pegamento en masa o interno, su función es servir como aglomerante de los componentes que forman el papel, fibra celulósica y rellenos, formando una capa superficial que reduce la pelusa y aumenta la resistencia mecánica del papel a la aspereza y plegado, aumenta la solidez y la durabilidad del papel.
- En la prensa de encolado, el almidón -generalmente oxidado o modificado- se suele añadir a uno o ambos lados de la hoja de papel o cartón que se ha formado.

2.3.6. TOXICIDAD.

La yuca es una planta cianogénica, es decir, que puede sintetizar bajo determinadas condiciones ácido cianhídrico. Los glucósidos cianogénicos son tóxicos porque generan por degradación enzimática HCN. Otras plantas cianogénicas son: el lino, el caucho, el sorgo, almendro, durazno. El ácido cianhídrico se forma cuando se cortan o

trituran las plantas o las partes que contienen glucósidos. En la yuca se han identificado los glucósidos linamarina y lotaustralina.

La toxicidad de la yuca ha recaído en el alto contenido de HCN generado en algunas variedades de la yuca. Esta sustancia es un potente inhibidor de la respiración celular. Su afinidad por iones metálicos como el cobre o el hierro, hace que al combinarse con el hierro de la hemoglobina y con el cobre de la oxidasa citocrómica, causan depresión neuronal de los centros moduladores, conllevando problemas respiratorios y según la intensidad provocando la muerte. Por tanto el HCN es un veneno para toda forma de vida, si bien las consecuencias dependerán de la dosis, la frecuencia de su ingestión, así como el estado nutricional del individuo. En animales el envenenamiento agudo se manifiesta con una respiración acelerada y profunda, pulso acelerado, movimientos espasmódicos, escasa reacción a estímulos.

La yuca dulce contiene hasta 50 veces menos proporción de cianuro. No obstante, la concentración de glucósidos cianogénicos en las raíces se puede ver afectada por las condiciones ambientales en las que se han cultivado, por tanto, el consumo de variedades no sólo amargas de yuca, sino también dulces pueden resultar peligroso para las personas o animales. Por tanto, las raíces han de ser sometidas a un tratamiento previo, para evitar cualquier intoxicación. Estos tratamientos varían de un país a otro, aunque existen tres tipos: - los que eliminan el glucósido, por lavado y/o prensado del material, o por degradación enzimática del glucósido; -

los que destruyen la enzima; - combinaciones de los dos métodos anteriores.

Para evitar cualquier intoxicación alimentaria es conveniente que esté procesada para ingerirla. Alternativamente, la raíz puede rallarse en crudo, tras lo cual es prensada para extraer el jugo potencialmente tóxico (que contiene ácido cianhídrico - HCN). Una vez secada al fuego o al sol, se muele para obtener una harina fina y delicada de la que se obtiene, por sedimentación, el almidón de mandioca y de éste se obtiene la tapioca, también llamada casabe. Mediante este procedimiento se hacen comestibles incluso las variedades "amargas" que tienen alto contenido de toxinas. Ciertas culturas africanas maceran la raíz en agua hasta su fermentación para eliminar las toxinas antes de secarla y molerla.

La raíz fresca debe consumirse en un plazo breve, ya que debido a su alto contenido de almidones se descompone rápidamente por la acción de diversos microorganismos. Congelada o envasada al vacío se conserva durante meses en buen estado.

2.4. DESHIDRATAACION DE ALIMENTOS.

En el secado o deshidratación de alimentos se extrae agua hasta niveles adecuados para almacenarlos. Como resultado del secado o deshidratación el peso y el volumen de los alimentos disminuyen. El nivel de agua final que contenga el producto se determina según el tipo de producto. Mientras granos y cereales se secan hasta obtener alrededor de 12%, las frutas secas, y las nueces y semillas se secan hasta el 8% a 10% y 3% a 5% respectivamente (Flores, 2004; citado por Álvarez M. et al. 2006).

La deshidratación produce cambios físicos, químicos y sensoriales en los alimentos que dependen del sistema empleado y de la naturaleza del producto (Fennema, 1993; citado por Álvarez M. et al. 2006).

2.5. ALMIDON

El almidón es quizás el polímero natural más importante que existe y es la mayor fuente de energía obtenida de varias plantas. Se encuentra en las semillas de cereales (maíz, trigo, arroz, sorgo), en tubérculos (papa), en raíces (yuca, batata, arrurruz), en semillas de leguminosas (frijoles, lentejas, guisantes), frutas (bananas y manzanas y tomates verdes), troncos (palma sago) y hojas (tabaco). El alto contenido de almidón de la yuca y su mayor proporción de amilosa, en comparación con otras fuentes de almidón, hace de este un importante cultivo industrial además de ser un cultivo alimenticio rico en calorías. El almidón de yuca es la segunda fuente de almidón en el mundo después del maíz, pero por delante de la papa y el trigo; se usa principalmente sin modificar, es decir como almidón nativo, pero también es usado modificado con diferentes tratamientos para mejorar sus propiedades de consistencia, viscosidad, estabilidad a cambios del pH y temperatura, gelificación, dispersión y de esta manera poder usarlo en diferentes aplicaciones industriales que requieren ciertas propiedades particulares.

El almidón está constituido por unidades de glucosa dispuestas en dos componentes: amilosa y amilopectina; su proporción varía de un tipo a otro según sea su fuente. Estas macromoléculas se caracterizan por su grado de polimerización o ramificación lo cual afecta su comportamiento frente a los procesos de degradación. El contenido de amilosa y el grado de polimerización -número total de residuos anhidroglucosa presentes dividido por el número de terminales reducidos- son importantes en la determinación de las propiedades físicas, químicas

y funcionales del almidón. Por ejemplo, el tamaño de los gránulos del almidón muestra relación con la proporción amilosa/amilopectina (Delpeuch y Favier, 1980).

2.5.1. AMILOSA.

Amilosa Es un polímero lineal que consta de moléculas de glucosa unidas por enlaces glucosídicos α -D-(1 \rightarrow 4), el número de unidades varía entre los diferentes tipos de almidones pero generalmente se encuentra entre 1 000 unidades de glucosa por molécula de amilosa y tiene forma de espiral. En un extremo de la macromolécula la unidad de glucosa contiene el hidroxilo del carbono anomérico (a) libre, por lo cual se llama extremo reductor (Aspinal, 1983). En el extremo opuesto, o no reductor, el hidroxilo del carbono anomérico forma parte del enlace glucosídico (Figura 18). La abundancia de hidroxilos otorga propiedades hidrofílicas al polímero, impartándole afinidad por el agua.



Figura 16: Esquema de la amilosa

Sin embargo, debido a su linearidad, los polímeros de la amilosa tienden a agruparse muy estrechamente en forma paralela mediante la formación de puentes de hidrógeno entre los hidroxilos de los polímeros adyacentes reduciendo así su afinidad por el agua. En soluciones diluidas, el tamaño

de agregación de los polímeros se puede incrementar hasta el punto en que ocurre precipitación. En general, la estructura lineal de la amilosa favorece la formación de películas fuertes. Este fenómeno de asociación intermolecular entre las moléculas de amilosa es comúnmente llamado retrogradación. La amilosa forma muchos complejos insolubles con un gran número de moléculas orgánicas como alcoholes alifáticos, ácidos monoglicéridos o ácidos grasos lineales; el complejo generalmente precipita cristalizándose lo que permite hacer la separación con la amilopectina. La amilosa tiene afinidad por el yodo y sus moléculas contienen segmentos hidrofílicos e hidrofóbicos. El color del complejo es característico de la amplitud de la cadena, azul para un grado de polimerización mayor de 40 y rojo, pardo o amarillo para un valor menor que este (Wurzburg, 1986).

2.5.2. AMILOPECTINA

Es un polímero ramificado formado por cadenas lineales constituidas por 15-35 moléculas de glucosa unidas por enlaces α -D-(1 \rightarrow 4). Estas cadenas están unidas entre ellas por enlaces α -D-(1 \rightarrow 6) que forman los puntos de ramificación (Figura 8). La amilopectina tiene 5-6 por ciento de enlaces α -D-(1 \rightarrow 6) y está constituida de alrededor de 100 000 moléculas de glucosa (Duprat et al., 1980). El gran tamaño y naturaleza ramificada de la amilopectina reduce la movilidad de los polímeros e interfiere su tendencia a orientarse muy estrechamente para permitir niveles significantes de enlaces de hidrógeno. Como resultado, los soles o soluciones acuosas de amilopectina se caracterizan por su claridad y estabilidad como medida de la resistencia a gelificarse durante el almacenamiento. Los soles de

amilopectina no forman películas tan fuertes y flexibles como la amilosa y no forman un complejo con yodo asociado con su coloración azul profunda. La amilopectina en sus estructuras lineales puede formar también complejos; pero como estas partes lineales son cortas, las hélices que se forman son cortas y solo se pueden introducir moléculas pequeñas dentro de ellas. La amilopectina puede formar complejos de color rosa con el yodo y no puede formar complejos con los ácidos grasos. Las cadenas lineales de los dos polímeros pueden formar hélices con seis moléculas de glucosa por cada ciclo. En el caso de la amilopectina, los enlaces α -D-(1 \rightarrow 6) son puntos de ruptura para la formación de las hélices y únicamente pueden formarse hélices cortas con las partes lineales de la molécula. En cambio hélices constituidas de 120 moléculas de glucosa pueden formarse con la amilosa.

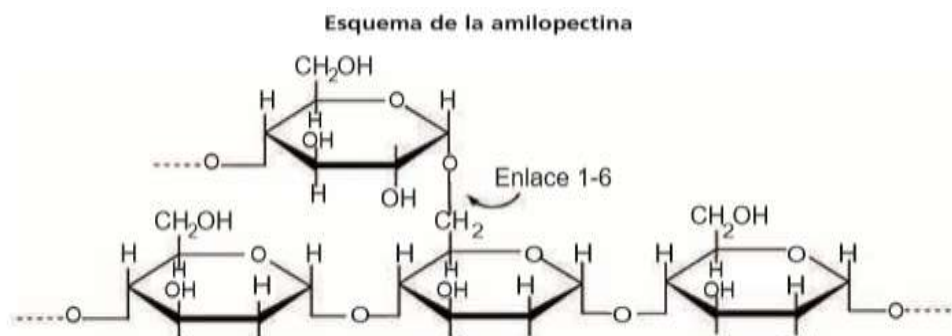


Figura 17: Esquema de la amilopectina

El nivel de amilosa encontrado en el almidón varía dependiendo del origen. Muchos almidones tales como del maíz común, trigo, papa y yuca contienen alrededor de 18-28 por ciento de amilosa; el maíz y el trigo están en el extremo alto del rango, mientras la papa y la yuca están en el extremo más bajo. El almidón de yuca tiene entre 17-22 por ciento de amilosa. La estructura y la cantidad relativa de ambos componentes del almidón juegan

un papel importante en la determinación de las propiedades fisicoquímicas del almidón. La organización intramolecular entre amilosa y amilopectina con enlaces hidrógeno entre los grupos alcoholícos, directamente o a través de moléculas de agua, conduce a la formación de zonas cristalinas (capas densas con un alto número de ramificaciones) y amorfas [(capas menos organizadas ricas en puntos de enlaces α -D-(1 \rightarrow 6)].

Esto da al almidón una estructura semicristalina, con propiedades específicas como la presencia de un cruce en el gránulo ante una observación con luz polarizada y la difracción de los rayos X con tres tipos de espectro que permiten diferenciar los almidones de cereales, raíces y tubérculos. Sin embargo, en esta clasificación hay algunas excepciones como la yuca que presenta un espectro similar al de los cereales.

2.6. HIDROLISIS.

La hidrólisis es un proceso químico que rompe un enlace en presencia de agua y produce uno o varios compuestos, se aplica a reacciones químicas que pueden ser orgánicas o inorgánicas.

Según las investigaciones realizadas para el aprovechamiento de residuos orgánicos vegetales, se concluye que en la mayoría de los procesos se ha realizado hidrólisis para obtener los productos requeridos, estas hidrólisis son de diferente técnica teniendo en cuenta el producto que se desea obtener.

Dentro del estudio realizado a las diferentes técnicas de hidrólisis, generan conocimiento científico a lo largo de los procesos a diseñar para dar un valor agregado a estos residuos vegetales, ricos en almidón, lignina, hemicelulosa y celulosa. Entre las diferentes técnicas de hidrólisis destacadas para tal fin, se

encontró la hidrólisis química, hidrólisis enzimática, hidrólisis alcalina entre otras, que se encontraran en la descripción de hidrólisis de polisacáridos, como también comparaciones entre estas para diferenciar calidad del proceso en cuanto a cantidad de azúcares reductores obtenidos.

Las posibilidades van desde la hidrólisis parcial hasta la total con presencia o no de catalizadores.

- **Hidrólisis parcial.** Se obtienen almidones de baja solubilidad en agua fría y alta solubilidad en agua caliente, dando geles de baja viscosidad utilizados en la industria alimenticia como espesantes, o para dotar a los alimentos de una película protectora.
- **Hidrólisis parcial con ácidos.** Se efectúa preferentemente sobre la amilopectina y permite obtener productos que se disuelven y gelifican mejor dando una menor viscosidad. Se emplean como estabilizantes y en la preparación de jaleas.
- **Hidrólisis total, ácida o enzimática.** Se produce glucosa o dextrosa. Cuando la reacción se completa, la suspensión se neutraliza, filtra y concentra para cristalizar la dextrosa. Los jarabes de glucosa obtenidos son muy empleados en la industria de bebidas.

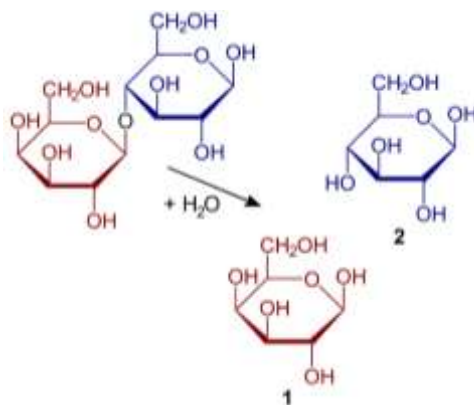


Figura 18: Representación de la hidrólisis Química-Lactosa = 1 Galactosa + 2 Glucosa.Fuente: Wikipedia (2015)

Las moléculas de almidón y de celulosa, como todos los polisacáridos, se despolimerizan por acción de los ácidos en caliente. Cuando los gránulos son expuestos a la acción de ácidos minerales muy diluidos y luego calentando esta mezcla se obtiene la hidrólisis de los enlaces glucosídicos, retomando la moléculas a su forma original, es decir, a sus monómeros principales de D-glucosa. La hidrólisis ácida permite obtener jarabes de D-glucosa con ED (equivalente de dextrosa).

El método que se usa para la hidrólisis química es emplear 100 mg de ácido/g de material seco, donde se encuentra una relación sólido: líquido de 1:8 g: g, a 120°C durante 17 minutos. Tejada, et al, (2010) llevo a cabo la hidrólisis ácida, adicionando 50 ml de ácido sulfúrico al 5% por cada 100 gramos de cáscara de fruta, a una temperatura de 125°C y 15 psi, regulada por medio de un autoclave, durante 15 minutos, como lo reportan Sun et al, (2002). Luego los jarabes obtenidos se separaron de los componentes que precipitaron, por centrifugación. Se determinó el contenido de azúcares en los jarabes obtenidos.

Mejía Giraldo et al, (2007), Hoyos y Pérez (2005), aconseja realizar el proceso de degradación de lignina para poder obtener la celulosa. Tejada, et al, (2011),

Por medio de ensayos descubrieron que sumergiendo en una solución de NaOH 0.1N más adición de 0.816 g de sulfato de calcio por tres horas, se eliminaba gran porcentaje de lignina (30%) presente en la materia orgánica y parte de la hemicelulosa obteniendo así la celulosa libre, este proceso es necesario dentro de la hidrólisis cuando se desea obtener azúcares reductores ya que la lignina por su estructura química recubre la celulosa y la hemicelulosa y sin degradarla no le permite la separación. Se encontró que las concentraciones de azúcares reductores en mayor cantidad se producen en la hidrólisis ácida al: 0,25; 0,50 y 0,75% de ácido sulfúrico, Mejía Giraldo et al, (2007). La hemicelulosa y celulosa alcanzan su mayor degradación al 0,75% de H₂SO₄, por lo tanto descende el contenido de azúcares reductores; aunque se efectuó la hidrólisis, esta concentración es bastante fuerte para estos polisacáridos y los transforma en otro tipo de compuestos como fufural, HMF (Hidroxi Metil Furfural)

Los azúcares reductores tienden a reducir su concentración cuando aumenta la concentración del ácido, formando compuestos tóxicos, ya que la hidrólisis continua, hasta generar productos como HMF (Hidroxi Metil Furfural) y furfural, estos compuestos traen alta incidencia en la reducción en el porcentaje de azúcares reductores y sobre los procesos fermentativos, el cual puede inhibir el crecimiento microbiano.

Los tratamientos con ácido solubiliza una gran porción de carbohidratos totales, de igual forma, sólo azúcares solubles y azúcares derivados de la hidrólisis de hemicelulosa fueron liberados de manera eficiente por el tratamiento con ácido sulfúrico. Pero no todos los autores consultados en la investigación están de acuerdo, Grohmann et al, (1995), dice que el método de hidrólisis con ácido sulfúrico no es un buen método para la extracción de carbohidratos ya que

contienen un alto contenido de poligalacturónico y refleja el contenido alto de pectina presentes en la cáscara de naranja posteriormente. Midió entonces la concentración de azúcares reductores mediante el método de Lane-Eynon.

Mussatto et al, (2006), ha empleado hidrólisis alcalina (reacción química en la que una molécula de agua H₂O, reacciona con una molécula de una sustancia H⁺ y OH⁻) una solución de NaOH 2% p/v, relación sólido: líquido de 1:20 g: g, a 120°C durante 90 minutos, para diferenciar entre hidrólisis ácida e hidrólisis alcalina. Los resultados son significativos ya que se encuentra más confiable y efectividad, en la hidrólisis ácida, para remoción de la hemicelulosa del material. Siguiendo al proceso, la pulpa obtenida por medio de hidrólisis alcalina, quedó enriquecida en celulosa (34, % p/p). Cuando el bagazo fue hidrolizado químicamente con solución de NaOH, la pulpa obtenida presentó un contenido de celulosa mayor que el obtenido por el proceso anterior (54,3% p/p) y menos lignina residual (14,4% p/p). Sin embargo, el contenido de hemicelulosa fue mayor y debido a la presencia de resinas en esa fracción, las fibras de celulosa quedaron fuertemente unidas. La diferencia de resultados se muestra en la siguiente. La diferencia de resultados se muestra en el siguiente cuadro 7.

Cuadro 7: Resultados después de la hidrólisis alcalina e hidrólisis acida.

Componente (% p/p)	Bagazo de malte original	Pulpa 1	Pulpa 2	Pulpa 3
Celulosa	16.8	34	54.3	90.5
Hemicelulosa	28.4	7.9	20.4	1.1
Lignina	27.8	49.2	14.4	8.2
Otros	27.02	8.339	10.9	0.2
Rendimiento de recuperación (% p/p)	-	48.6	30.1	16.3

Pulpa 1: Obtenida después de la hidrólisis acida del bagazo de malta; Pulpa 2: Obtenida después de la hidrólisis alcalina del bagazo de malta; Pulpa 3: Obtenida después de la secuencia de hidrólisis acida y alcalina del bagazo de malta.

Fuente: Mussatto, et al, (2006) Efecto de los tratamientos de hidrólisis ácida e hidrólisis alcalina en la estructura del bagazo de malta para liberación de fibras de celulosa.

2.7. APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGANICOS EN LA INDUSTRIA.

El aprovechamiento de los residuos vegetales han tenido un gran impacto a nivel mundial, ya que en los últimos años se han llevado a investigaciones las diferentes tecnologías de subproductos y productos convirtiendo los residuos

Vegetales en materia prima para generar biotecnología entre ellas, el compostaje, el lombricultivo, producción de etanol, biocombustibles, pectina, Edulcorantes.

Que han ayudado a las industrias a generar nuevos empleos y a diseñar estrategias de mercado que permite a biotécnicas aportar con el medio ambiente y generar una solución a problemas de contaminación y destrucción de la capa de ozono.

A continuación se describen diferentes tipos de productos en las industrias, en los que la materia prima son residuos vegetales. Para el desarrollo de diferentes subproductos se tienen en cuenta técnicas de proceso en el que intervienen la

degradación de algunos componentes químicos de las estructuras de los vegetales.

Monsalve, (2006) encuentra en las propiedades del almidón de yuca y en las cáscaras de banano, un gran valor agregado para su explotación en el diseño y procesos de obtención de subproductos; debido a sus altos contenidos en biomasa y celulosa, se procede a hidrolizar para obtener azúcares reductores.

Mejia Giraldo et al, (2007), analizó y estudió químicamente el residuo del mango común (*Mangifera indica* L.), que comprende la cáscara y residuos de fibra y pulpa, los cuales por su composición química se llevó a procesar azúcares fermentables por medio de la hidrólisis ácida de la materia. Gil-Horan et al, (2008) encuentra conveniente, aprovechar los desechos orgánicos de la cáscara de naranja y el bagazo para la producción de biocombustibles y productos químicos finos por biotransformación, el cual es utilizado en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética y como materia prima para la síntesis orgánica o la producción de plásticos biodegradables.

Cuadro 8: Composición Química de Cascara de banano y Yuca en base Seca.

Componente	Cascara de banano (% base seca)	Yuca (% base seca)
Almidón	39.89	76.43
Humedad	89.10	66.7
Hemicelulosa	14.8	-
Celulosa	13.2	-
Lignina	14	-

Fuente: Monsalve G, et al, (2006). Características químicas de yuca y cáscara de banano

Del bagazo de caña de azúcar se obtienen por medio de hidrólisis ácida, azúcares reductores (fermentables), que son convertidos en bioetanol, Domínguez, et al, (2011), confirma que este es un tratamiento eficaz de bajo costo y bajo consumo energético, de fácil recuperación y reutilización, además de ser aplicable a diversos materiales con eficiencia y reproducibilidad. Salazar Chamba, et al, (2012), explica que mediante desechos orgánicos domésticos obtiene biogás y biofertilizante a partir de la fermentación de la materia orgánica, esta es degradada para producir metano, mediante un conjunto de interacciones complejas entre distintos grupos de bacterias.

Reinoso, (2011), a partir de almidón de cáscara de banano *Musa cavendish*, obtiene jarabe de glucosa, aconseja utilizar banano en estado verde con un grado Brix máximo de 1.2

Terminando con la descripción de los tipos de productos por medio de residuos vegetales en las industrias, se concluye que dichos residuos son de gran importancia tanto para las industrias y también para generar impactos de medio ambiente a nivel mundial, en el que se desarrollen campañas de recolección de desechos orgánicos creando conciencia ciudadana en la mayoría de las naciones, ya que podemos incentivar de acuerdo a las investigaciones, proyectos que generen productos y subproductos con estos materiales orgánicos, un bien común industrial, laboral y también de limpieza y desintoxicación ambiental.

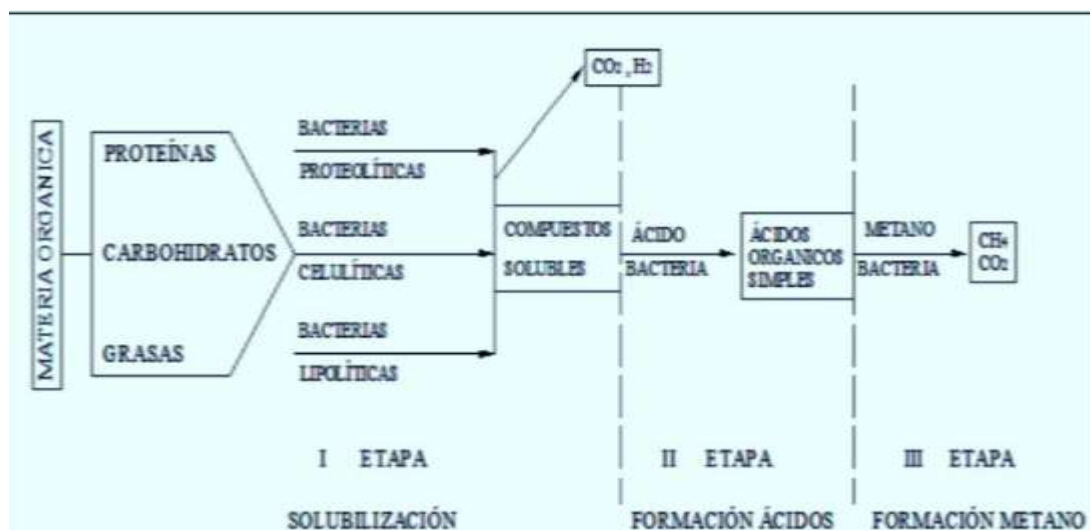


Figura 19: Etapa intervinientes dentro del proceso de gestión anaeróbica.
Fuente: Chungandro. K. et al. (2010)

2.8. CASCARA DE PAPA.

La papa se obtiene a partir de la planta solanácea (*Solanum tuberosum* L), es una herbácea anual que alcanza una altura de un metro y produce un tubérculo, la papa misma, con tan abundante contenido de almidón, es el cuarto de mayor ingesta en el mundo, después del maíz, el trigo y el arroz.

La papa es un alimento de consumo básico, que por sus características sensoriales, sabor y color neutro, puede ser parte de una alimentación saludable y variada. Corresponde a los tubérculos conformados por engrosamiento subterráneo, Pertuz Cruz, (2012). Cada unidad se encuentra conformada por tres partes principales: piel, cáscara y zona medular, esta última se forma primordialmente de tejido parenquimatoso, reservorio por excelencia de almidón, y por ende de energía. Luego de su cosecha los tubérculos contienen en promedio 80% de agua y 20% de materia seca (60% de esta corresponde a almidón).

Cuadro 9: Composición de los residuos de cascara de papa

<i>Parámetros</i>	<i>Peso seco (%)</i>
Humedad	85.06
Carbohidratos totales	68.7
Azúcares solubles totales	1
Azúcares reductores	0.61
Almidón	1.3
Proteínas (N.tot 6.25)	8
Ceniza	6.34

Fuente: Arapoglou et al, (2010).

La cáscara de la papa considerada "sin valor" en la industria tiene un abundante contenido de almidón un polvo fino y sin sabor, de "excelente textura", da mayor viscosidad que los almidones de trigo o de maíz, y permite elaborar productos más gustosos. Se utiliza para hacer espesas las salsas y los cocidos, y como aglutinante en las harinas para pastel, las masas, las galletas y el helado. La fibra alimentaria representa 1-2% del total de la papa y se encuentra preferentemente en la piel. Tienen muchos carbohidratos, por lo cual son una buena fuente de energía. Tienen el contenido más elevado de proteínas (en torno al 2,1% del peso del producto fresco. Además tienen abundante vitamina C. (lacascaradepapa.blogspot.com).



Figura 20 : Cascara de papa.

Cáscara de papa proporciona una fuente excelente para la recuperación de compuestos fenólicos, ya que casi el 50% de compuestos fenólicos se encuentra en la piel y de los tejidos adyacentes y a disminuir hacia el centro del tubérculo (Freidmen, 1997).

La eficacia de la extracción, la estabilidad y la actividad de los compuestos fenólicos y su idoneidad para el uso de alimentos son las consideraciones importantes para su recuperación y utilización de subproductos industriales (Peschel et al 2006).

2.9. CASCARA DE YUCA.

La cáscara de yuca es un subproducto que se obtiene de la utilización de la raíz de yuca, tanto en alimentación humana directa como en la industrialización (obtención de almidón).

En pruebas de laboratorio se ha determinado que la cáscara seca de yuca sumergida en agua se rehidrata hasta 160 por ciento de su peso en 25 minutos. Se ha demostrado que la cáscara seca de yuca absorbe en promedio 120 por ciento de su peso de agua de mar. Esta agua no es salobre y es apropiada para uso agrícola. La cáscara seca de la yuca puede ser un modelo estructural para obtener un producto que absorba agua de mar para uso agrícola. . (Autor- Jorge Egusquiza Loayza Lima, Perú 2006).

Buitrago (1990) afirma que la cáscara de yuca representa entre el 15 a 20% del peso total de la raíz y su calidad es bastante uniforme, conteniendo mayor proporción de proteína, grasa, fibra y minerales que la pulpa; y que al secar y transformar en harina, es un insumo energético que puede ser empleado en la

alimentación de cerdos. Señala también que la cáscara de yuca, en base seca, aporta 2,20 mcal/kg de energía digestible para cerdos, 5,3% de proteína y niveles relativamente altos de fibra (14%). Es deficiente en aminoácidos azufrados tales como lisina (0.1%) y metionina-cistina (0.06%). Los valores de calcio y fósforo son de 0.90 y 0.30%, respectivamente.

La corteza es un subproducto de importancia especial, constituye aproximadamente el 20% de peso total de la raíz fresca. En cuanto composición, la corteza de yuca tiene la ventaja de un buen contenido de almidón y un nivel de fibra que no es tan exageradamente alto como sucede con otros tipos de cascara y cortezas, la mayor parte de la información disponible asigna a la corteza de yuca valores de energía digestibles superiores a 2000 Kcal/kg en base seca; los valores para la fibra cruda son inferiores al 3% en base fresca y 15% en base seca. Estas cifras permiten incluir pequeñas cantidades del subproducto en raciones para gallinas ponedoras, cerdos de engorde y, naturalmente, rumiantes.



Figura 21 : Cascara de yuca

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. MATERIA PRIMA

a. Cascara de Papa

Las cascaras de papa (*Solanum tuberosum*) variedad papa Colparina (INIA-308) se tomaron de empresas dedicadas a vender papas peladas a las diferentes pollerías de la ciudad.



Figura 22: Muestra de Cáscaras de papa

b. Cascara de Camote

Las cascaras de camote (*Ipomoea batatas* L) se obtuvieron de las pequeñas empresas dedicadas a la venta de chifles en diferentes partes de la ciudad.



Figura 23: Muestra de Cáscara de camote

c. Cascara de Yuca

Las cascaras de yuca (*Manihot esculenta* Familia: Euforbiáceas) variedad huayro se obtuvieron de vendedores del mercado buenos aires de nuevo Chimbote.

Luego de la recolección se llevaron directamente al laboratorio donde se procedió a la selección y adecuación (lavado y desinfección), se congelaron en bolsas de polietileno de 2 kg aproximadamente.



Figura 24: Muestra de Cáscara de yuca

3.1.2. EQUIPOS E INSTRUMENTACION.

Insumos.

- Hipoclorito de Sodio.
- Ácido Ascórbico.
- Agua.
- Agua destilada.

Reactivos.

- Hexano.
- Benceno.
- Etanol.
- Ácido Sulfúrico H_2SO_4 [] 20 %
- Hidróxido de Sodio NaOH
- Ácido Nítrico HNO_3
- Éter de petróleo.
- Reactivo Folin – Ciocalteu
- Estándar de β -caroteno.
- Acetona.

Materiales de vidrio.

- Probetas de 100 y 500ml.
- Placas Petri.
- Vasos precipitados 500 y 1000 ml.
- Matraces Erlenmeyer 500 ml.
- Tubos de ensayo
- Pipeta de 1, 2, 5, 10ml
- Desecadores.

Otros materiales.

- Mesa de acero inoxidable
- Pinzas de metal.
- Bolsas de polipropileno.

- Crisoles de porcelana.
- Jarras plásticas.
- Gradilla de tubos de ensayo.
- Cuchillos

Equipos.

- Centrífuga
- Módulo de Molienda y Tamizado
- Secadora de Bandejas
- Balanza
- Balanza Analítica
- Mufla.
- Ph metro digital

3.2. METODOS.

3.2.1. DIAGRAMA DE FLUJO EXPERIMENTAL.

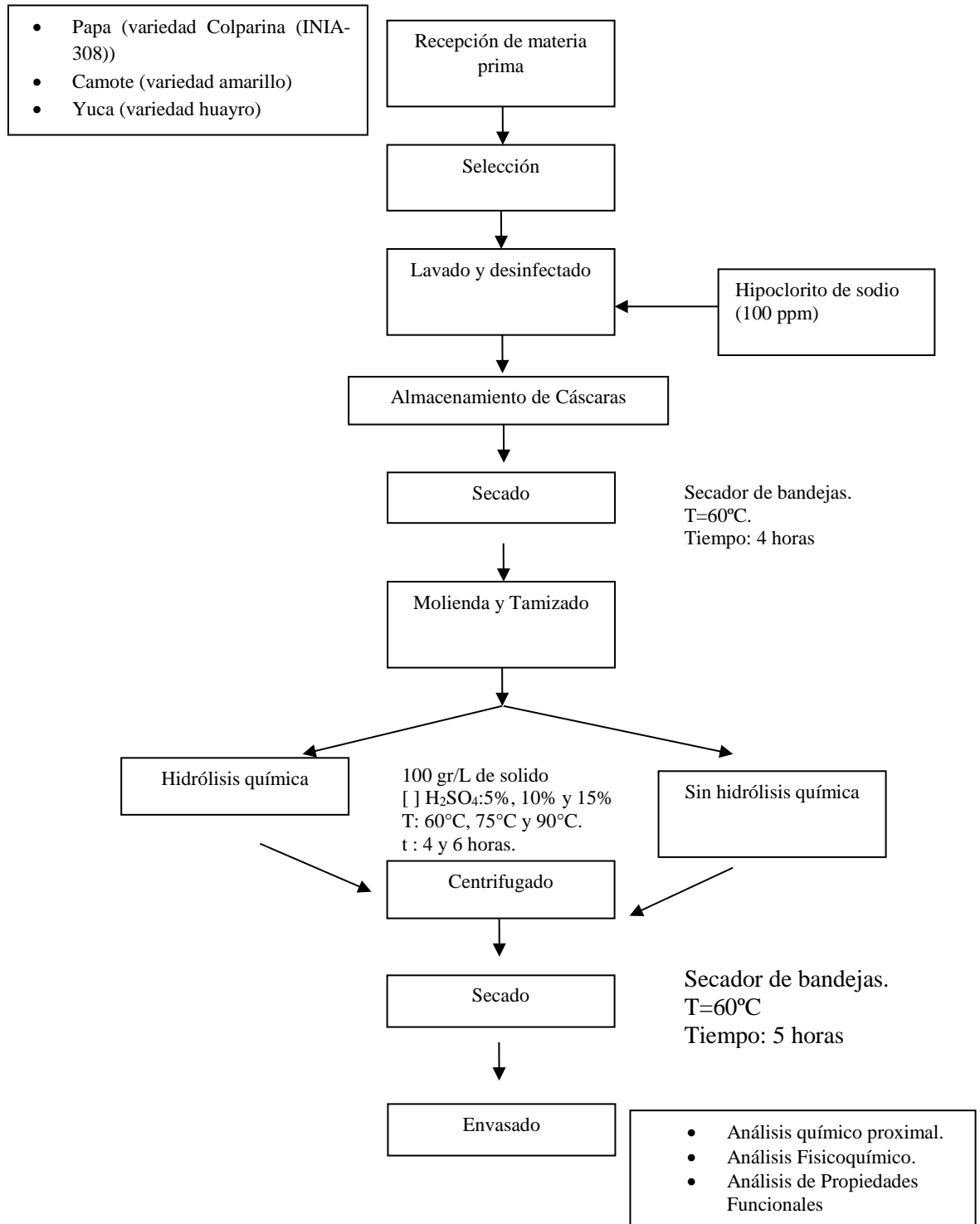


Figura 25: Diagrama de Flujo para la obtención de harina de cascara de tres especies de tubérculo (papa, camote y yuca)

a) Recepción de materia prima.

Las cascaras de papa se tomaron de empresas dedicadas a vender papas peladas a las diferentes pollerías de la ciudad, las cascaras de camote se obtuvieron de las pequeñas empresas dedicadas a la venta de chifles en diferentes partes de la ciudad.

Las cascaras de yuca se obtuvieron de vendedores del mercado buenos aires de nuevo Chimbote.

b) Selección

Luego de la recolección se llevaron directamente al laboratorio donde se procedió a la selección y adecuación.

c) Lavado y desinfección.

En el lavado y desinfección se realizó con una concentración de hipoclorito de sodio (100 ppm).

d) Almacenamiento de cascaras

Se congelaron en bolsas de polietileno de 2 kg aprox

e) Secado de las cascaras

La materia prima fue deshidratada a una temperatura de 60 ° C por un periodo de 4 horas en un horno secador de bandejas.



Figura 26: Secador de bandejas



Figura 27: Cascara deshidratada de papa



Figura 28: Cascara deshidratada de yuca



Figura 29: Cascara deshidratada camote.

f) Molienda y tamizado

Las cascaras secas fueron molidas en un molino.



Figura 30: Molino.



Figura 31: Harina de Cáscara de papa.



Figura 32: Harina de Cáscara de camote.

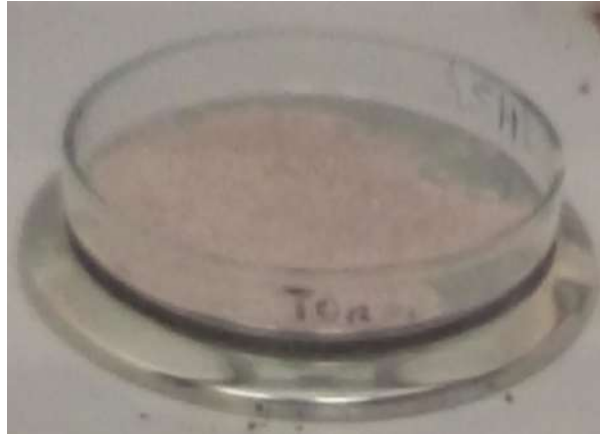


Figura 33: Harina de cáscara de yuca

g) Hidrolisis Química

A las muestras se les realizó un tratamiento químico con el objeto de hidrolizar los polisacáridos del almidón provenientes de cascara de papa (*Solanum tuberosum*), camote (*Ipomoea batatas* L) y yuca (*Manihot esculenta*), siguiendo la metodología de Monsalve, et al (2006). El procedimiento se desarrolló en tres replicas para cada muestra de tubérculo. En el anexo 2, se presenta el protocolo aplicado.

De acuerdo con el protocolo, para la hidrolisis de almidón se llevó a cabo en las tres muestras de cascara por separado (papa, camote y yuca), adicionando H_2SO_4 en tres concentraciones 5%, 10% y 15% , se llevó a baño maría a 60°C, 75°C y 90°C por 2 y 4 horas con agitación constante.



Figura 34: Proceso de Hidrólisis – Dilución de ácido sulfúrico y pesado de muestras.



Figura 35: Proceso de hidrólisis - Centrifugación y separación de sólidos.

h) Centrifugado.

Después de haber realizado la hidrólisis se realizó la caracterización del sedimento que resulta de la hidrólisis, esto con el fin de ver si la

hidrolisis tuvo influencia sobre las características físico químicas y funcionales en las cascaras de papa, camote y yuca.



Figura 36: Residuos del hidrolizado de las cáscaras de papa, camote y yuca (De izquierda a derecha).

i) Secado

El sedimento obtenido es llevado al secador de bandejas por un tiempo de 5 horas a una temperatura de 60 °C.

j) Envasado

Una vez secas las muestras son almacenadas para luego proceder a los análisis químicos y funcionales.

3.2.2. CARACTERIZACION DE LAS CASCARAS DE PAPA, CAMOTE Y YUCA

Caracterización Químico Proximal.

En el anexo 1 se muestran los procedimientos para la caracterización fisicoquímica.

- **Determinación de humedad:** La determinación se realizará por el método de sólidos totales y humedad en harina 925.10 de la AOAC (2002).
- **Determinación de cenizas:** Se realizará por el método de incineración, método oficial de la AOAC 923.03 (2002).

- **Determinación de Proteínas:** Se determinará mediante el método Kjeldahl Chow et al. (1980).
- **Determinación de grasas:** La determinación del porcentaje de grasas se llevó a cabo empleando el método 920.39C de la AOAC (1997).
- **Determinación de fibra Cruda:** Se analiza en el Laboratorio Colecbi s.a.c.
- **Determinación de Carbohidratos:** Se calculó por diferencia del 100% menos la suma de porcentajes de los demás componentes.

Caracterización físico.

- **Determinación del Color.** Método CIElab.
- **Densidad.** Según lo descrito por Vilche et al., 2003; citado por García (2011).
- **Determinación de pH.** Según el procedimiento 02-52 AACC (1995).

Caracterización Funcional.

- **Índice de Solubilidad en agua.** Metodología descrita por Anderson (1969); mencionada por Contreras (2009).
- **Índice de Absorción de Agua.** Metodología descrita por Anderson (1969); mencionada por Contreras (2009).
- **Capacidad de hinchamiento:** Se determinó por el método descrito por Robertson (2000) y Aguilera (2009); mencionado por García (2011).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Para la determinación de la influencia de la hidrólisis química sobre las características fisicoquímicas y funcionales de las harinas de cascara de Papa (*Solanum tuberosum*), Camote (*Ipomoea batatas* L) y Yuca (*Manihot esculenta*), se comparó los resultados obtenidos antes y después de la hidrólisis química.

Después de la hidrólisis química se determinó los azúcares reductores mediante el método DNS.

En los cuadros 10, 14 y 18 tenemos los resultados de los tratamientos de la hidrólisis química para las cascara de papa, camote y yuca, respectivamente; obtenidos de la matriz de diseño, con tres replicas según el tratamiento detallado en el anexo 8.1.

Cuadro 10: Concentración de Azúcares Reductores en la hidrólisis química de cáscara de papa

	Azúcares Reductores (mg/ml)	Concentración de H ₂ SO ₄						Control
		5%		10%		15%		
		Tiempo		Tiempo		Tiempo		
		2 h	4 h	2 h	4 h	2 h	4 h	
Temperatura	60°C	6.426±0.221	7.188±0.287	6.024±0.19	6.770±0.25	5.931±0.18	6.690±0.24	6.12±0.13
	75°C	6.739±0.292	7.503±0.370	6.288±0.25	7.045±0.32	6.184±0.24	6.957±0.32	5.92±0.18
	90°C	17.297±0.890	20.964±1.133	15.612±0.782	19.150±1.012	15.222±0.756	18.801±0.989	5.78±0.211

El procedimiento de comparación múltiple determina cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 2 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. El método empleado para la comparación de las medias fue según el procedimiento de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0. Esta comparación se

hizo para las tres variables, temperatura (Cuadro 11), concentración de ácido H₂SO₄ (Cuadro 12) y el tiempo (Cuadro 13).

Cuadro 11: Comparación de Rangos Múltiples-Muestra de cascara de papa (Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD)

Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
60°C	18	6.505	0.137487	X
75°C	18	6.78606	0.137487	X
90°C	18	17.8411	0.137487	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
60°C - 75°C		-0.281056	0.475344
60°C - 90°C	*	-11.3361	0.475344
75°C - 90°C	*	-11.0551	0.475344

Según la comparación de medias y rangos múltiples, en la obtención de azúcares reductores en las tres harinas (Cuadro 11, 15 y 19), se determinó que no existe diferencia significativa entre 60°C y 75°C y de éstas al compararlas con la temperatura de 90°C se observa una diferencia altamente significativa. Ya que a 90°C se rompen con mayor facilidad los enlaces glucosídicos del almidón presente en las diferentes harinas sometidas a hidrólisis (Arapoglou et al. 2010).

Cuadro 12: Comparación de Rangos Múltiples-Muestra de cascara de papa (Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD)

Concentración	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
15%	18	9.96433	0.137487	X
10%	18	10.1484	0.137487	X
5%	18	11.0194	0.137487	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
10% - 15%		0.184056	0.475344
10% - 5%	*	-0.871056	0.475344
15% - 5%	*	-1.05511	0.475344

En el cuadro 12, 16 y 20 se determinaron la influencia y el grado de significancia que ejerce la concentración del ácido sulfúrico en el proceso de hidrólisis en las tres harinas. Así podemos diferenciar dos rangos de concentración de ácido, uno al 5% y otro de 10% – 15%, los cuales muestran diferencias significativas en la obtención de los azúcares reductores. A las concentraciones de 10% y 15% de ácido sulfúrico se presenció una posible saturación de ácido que limitó la producción de azúcares reductores, así mismo que no se evidenció diferencias entre estos dos niveles.

Cuadro 13: Comparación de Rangos Múltiples-Muestra de cascara de papa (Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD)

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2h	27	9.52489	0.112258	X
4h	27	11.2299	0.112258	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
2h - 4h	*	-1.705	0.321973

Según los cuadros 13, 17 y 21 se observó que en cuanto al tiempo operación existen diferencia significativa entre los dos niveles que fueron de 2 horas y 4 horas, respectivamente. Obteniéndose mejores resultados a un tiempo de 4 horas. Este fenómeno se observó en las tres harinas.

Según el Análisis de Varianza (Anexo 8.1) y como se observa en el Grafico 7 el tratamiento con mayor presencia de azúcares reductores es el que se manejó a una temperatura de 90°C, con un concentración de 5% H₂SO₄ y un tiempo de 4 horas, reportando para cascara de papa un 20.96 g/ml; Se reportaron similares datos para la hidrólisis de cáscara de papa (Arapoglou et al. 2010) obteniéndose azúcares reductores hasta 19.37 g/ml, con tratamientos en hidrólisis ácida con H₂SO₄.

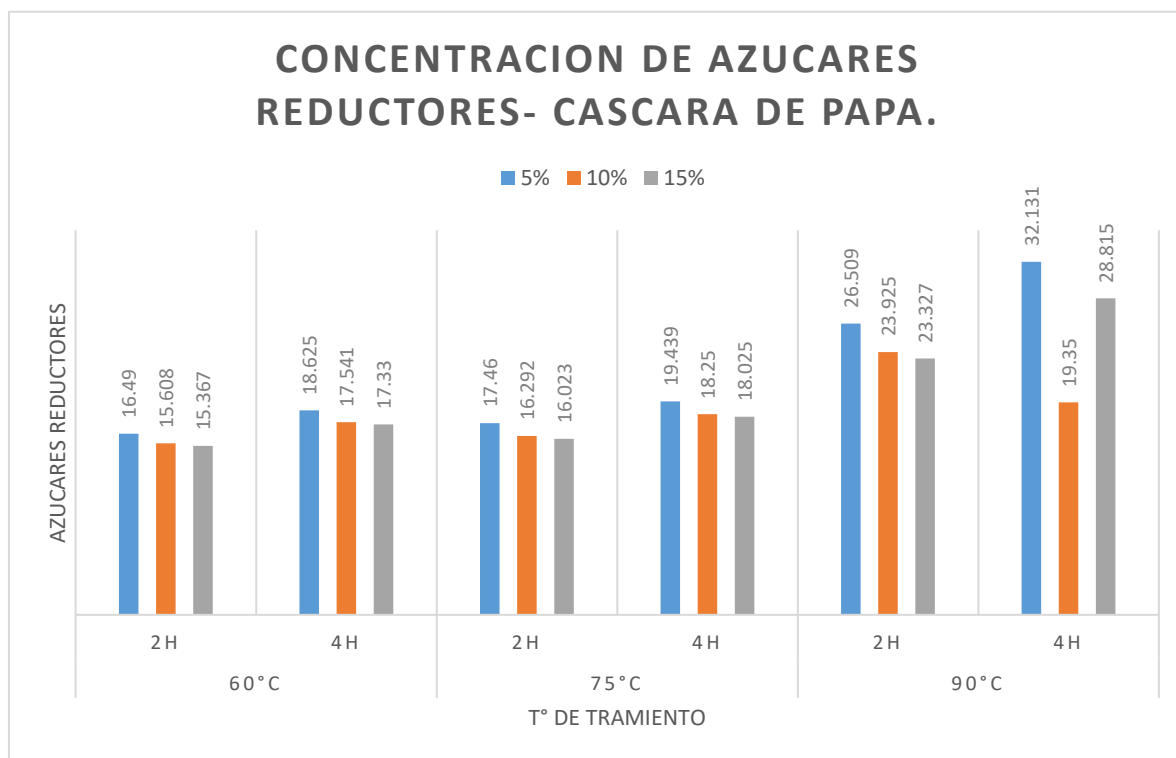


Grafico 7: Concentración de Azúcares Reductores después de la Hidrolisis en Cascara de papa.

Cuadro 14: Concentración de Azúcares Reductores en la hidrólisis química de cáscara de camote.

	Concentración de H2SO4							Control
	5%		10%		15%			
	Tiempo		Tiempo		Tiempo			
Azúcares Reductores (mg/ml)	2 h	4 h	2 h	4 h	2 h	4 h		
60°C	16.649±0.572	18.625±0.743	15.608±0.483	17.541±0.649	15.367±0.462	17.332±0.631	14.550±0.572	
75°C	17.460±0.757	19.439±0.958	16.292±0.639	18.253±0.838	16.023±0.612	18.025±0.815	14.012±0.613	
90°C	17.297±0.890	32.131±1.738	23.925±1.093	29.350±1.520	23.327±1.047	28.815±1.478	15.157±0.499	

Se obtuvo mayor cantidad de azúcares reductores a una temperatura de 90°C, fenómeno registrado para las tres harinas, registrándose mayor cantidad de azúcares en la harina de cáscara de camote, como se puede ver en el cuadro 14, esto debido a la composición de los residuos de pulpa presentes aún en la cáscara; que tienen mayor cantidad de azúcares.

En promedio se determinó 14.573 mg/ml antes de hidrolizar la cáscara de camote (F. Gerena et al. 2013).

Cuadro 15: Comparación de Rangos Múltiples-Muestra de cascara de camote (Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD)

Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
60°C	18	16.8536	0.230879	X
75°C	18	17.5822	0.230879	X
90°C	18	27.3429	0.230879	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
60°C - 75°C		-0.728611	0.798237
60°C - 90°C	*	-10.4893	0.798237
75°C - 90°C	*	-9.76072	0.798237

Cuadro 16: Comparación de Rangos Múltiples-Muestra de cascara de camote (Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD)

Concentración	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
15%	18	19.8151	0.230879	X
10%	18	20.1616	0.230879	X
5%	18	21.8021	0.230879	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
10% - 15%		0.346556	0.798237
10% - 5%	*	-1.6405	0.798237
15% - 5%	*	-1.98706	0.798237

Cuadro 17: Comparación de Rangos Múltiples-Muestra de cascara de camote (Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD)

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2h	27	19.0178	0.188512	X
4h	27	22.1681	0.188512	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
2h - 4h	*	-3.1503	0.540684

Según el Análisis de Varianza (Anexo 8.2) y como se observa en el grafico 8, el tratamiento con mayor presencia de azúcares reductores es el que se manejó a una temperatura de 90°C, con un concentración de 5% H₂SO₄ y un tiempo de 4 horas, reportando para cascara de papa un 32.13 g/ml; Se reportaron similares datos para la hidrólisis de cáscara de camote (F. Gerena et al. 2013) obteniéndose azúcares reductores hasta 30.57 g/ml, con tratamientos en hidrólisis ácida con H₂SO₄.

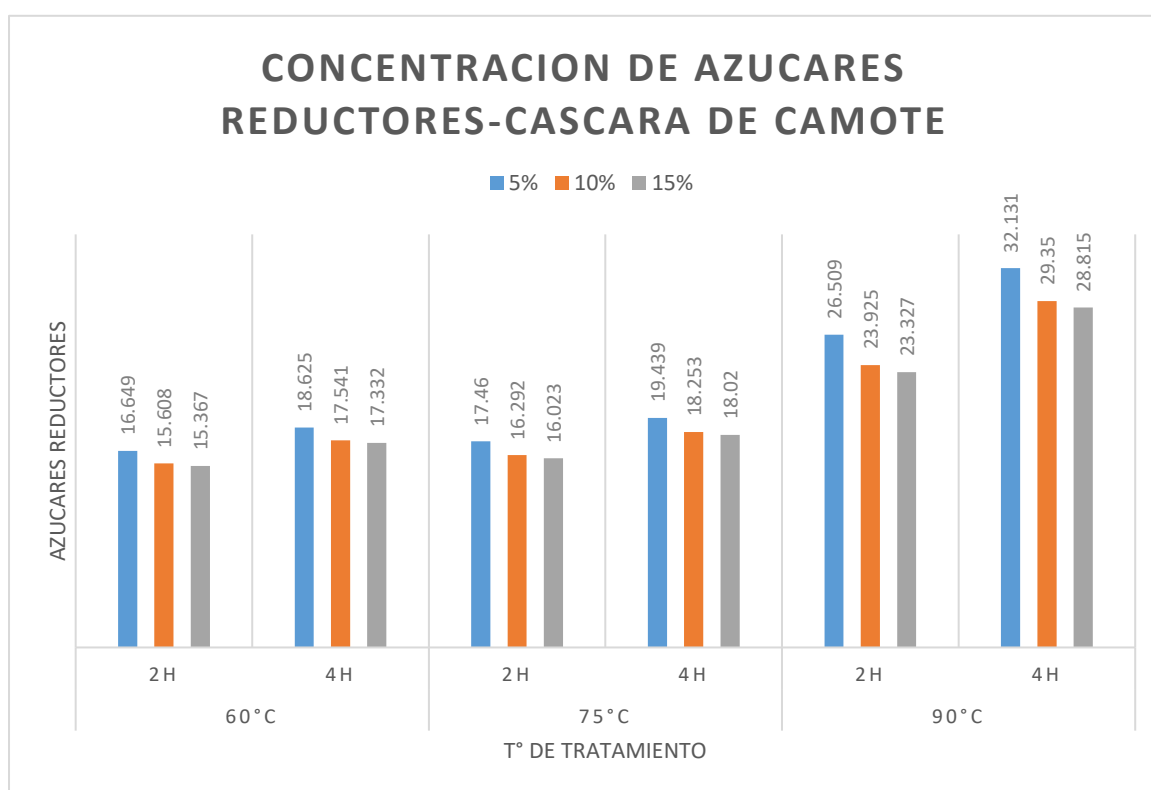


Grafico 8: Concentración de Azúcares Reductores después de la Hidrolisis en Cascara de camote.

Cuadro 18: Concentración de Azúcares Reductores en la hidrólisis química de cáscara de yuca.

Temperatura	Azúcares Reductores (mg/ml)	Concentración de H2SO4						Control
		5%		10%		15%		
		Tiempo		Tiempo		Tiempo		
		2 h	4 h	2 h	4 h	2 h	4 h	
60°C	4.843±0.167	5.418±0.216	4.540±0.140	5.103±0.189	4.470±0.134	5.042±0.184	4.375±0.093	
75°C	5.079±0.221	5.655±0.279	4.739±0.186	5.310±0.244	4.661±0.178	5.243±0.237	4.290±0.102	
90°C	7.259±0.373	8.797±0.476	6.551±0.328	8.037±0.425	6.388±0.317	7.890±0.415	5.78±0.083	

La menor concentración de azúcares reductores se determinó en la harina de cáscara de yuca, tanto antes como después de la hidrólisis; al comparar con los demás resultados de las demás harinas, como se puede ver en el cuadro 18, esto debido a la composición de los residuos de pulpa presentes aún en la cáscara; que tienen menor cantidad de azúcares, así como los compuestos lignocelulósicos presentes en la cáscara de yuca, siendo menos efectivo el proceso de hidrólisis (Zhou N et al. 2011).

Cuadro 19: Comparación de Rangos Múltiples-Muestra de cascara de camote Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
60°C	18	4.90267	0.0661157	X
75°C	18	5.11467	0.0661157	X
90°C	18	7.487	0.0661157	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
60°C - 75°C		-0.212	0.228587
60°C - 90°C	*	-2.58433	0.228587
75°C - 90°C	*	-2.37233	0.228587

Cuadro 20: Comparación de Rangos Múltiples-Muestra de cascara de camote Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Concentración	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
15%	18	5.61583	0.0661157	X
10%	18	5.71339	0.0661157	X
5%	18	6.17511	0.0661157	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
10% - 15%		0.0975556	0.228587
10% - 5%	*	-0.461722	0.228587
15% - 5%	*	-0.559278	0.228587

Cuadro 21: Comparación de Rangos Múltiples-Muestra de cascara de camote Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2h	27	5.39241	0.0539832	X
4h	27	6.27715	0.0539832	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
2h - 4h	*	-0.884741	0.154833

Como se observa en el grafico 9 el tratamiento con mayor presencia de azucares reductores es el que se manejó a una temperatura de 90°C, con un concentración de 5% H₂SO₄ y un tiempo de 4 horas, reportando para cascara de yuca con un 8.797g/ml.

Si bien la hidrólisis química, no fue tan efectiva como con los residuos de las demás especies, esto se debió la naturaleza química y ubicación en la pared celular de la celulosa, para lo cual se requiere separarla de la lignina, para exponer los enlaces glucosídicos a la acción hidrolítica química. Esto se podría lograr con un pre tratamiento con sulfato de calcio; ya que según Zhou N et al. (2011); cuando se trabajan con ácidos diluidos como el H₂SO₄, el rendimiento de conversión es bajo (40 – 60 %). En cambio para los residuos

de cáscara de papa y camote la hidrólisis de almidón fue adecuado el tiempo y la temperatura de hidrólisis (4 horas a 90 °C); ya que casi en su totalidad el componente principal era el almidón.

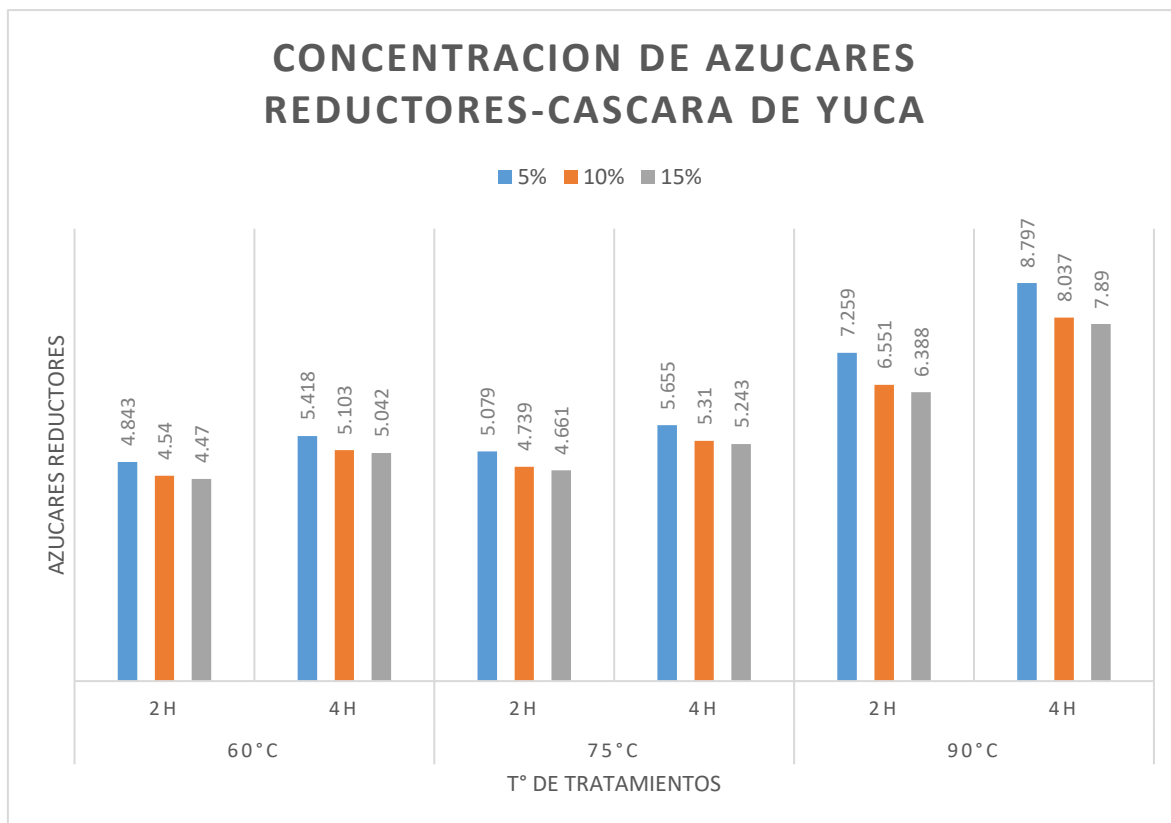


Grafico 9: Concentración de Azucares Reductores después de la Hidrolisis en Cascara de Yuca.

Si bien la hidrólisis química, no fue tan efectiva como con los residuos de las demás especies, esto se debió a la naturaleza química y ubicación en la pared celular de la celulosa, para lo cual se requiere separarla de la lignina, para exponer los enlaces glucosídicos a la acción hidrolítica química. Esto se podría lograr con un pre tratamiento con sulfato de calcio; ya que según Zhou N et al. (2011); cuando se trabajan con ácidos diluidos como el H_2SO_4 , el rendimiento de conversión es bajo (40 – 60 %). En cambio para los residuos de cáscara de papa y camote la hidrólisis de almidón fue adecuado el tiempo y la temperatura de hidrólisis (4 horas a 90 °C); ya que casi en su totalidad el componente principal era el almidón.

Entonces los parámetros óptimos de hidrolizado fueron de 90°C de temperatura y un tiempo de 4 horas (F. Gerena et al. 2013), obteniéndose mayores cantidades de azúcares reductores, y a una concentración de H₂SO₄ de 5%; ya que a mayores concentraciones se evidenció una saturación del ácido y desnaturalización de los azúcares presentes.

Para contrastar la efectividad del procedimiento de hidrólisis, se cuantificó la cantidad de azúcares reductores presentes en los residuos de cáscaras de tubérculos antes del hidrolizado. La cantidad de azucares reductores al inicio fueron de 5.94 g/ml en residuos de cáscara de papa, 14.57 g/ml en residuos de cáscara de camote y 4.35 g/ml en residuos de cáscara de yuca. Para el tratamiento óptimo de hidrólisis química se logró a duplicar (32.13 g/ml) la cantidad de azucares reductores en cáscara de camote y hasta aumentar tres veces más (20.97 g/ml) la cantidad final de azucares reductores en cáscara de papa y para la cascara de yuca fue de 8.797 g/ml, como se muestra en el grafico 10.

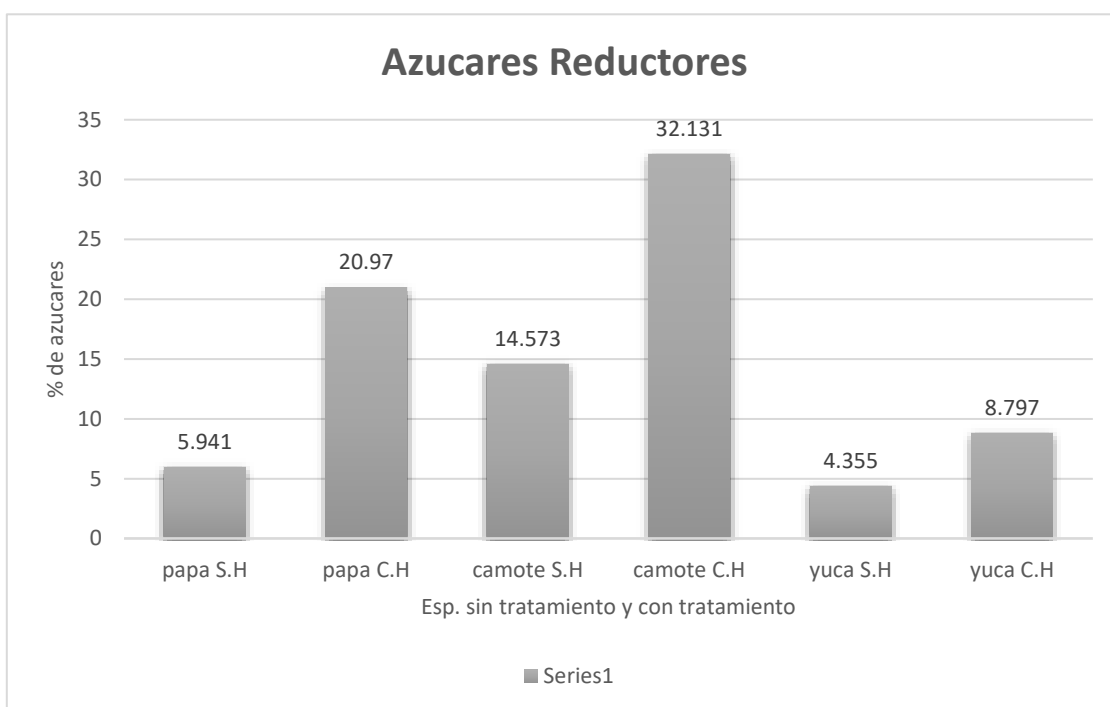


Grafico 10: Comparación de Obtención de Azucares reductores en las diferentes harinas y Con Hidrólisis (C.H.) y sin hidrólisis (S.H.)

Los resultados demuestran que en medio ácido y a altas temperaturas se rompen en mayor cantidad los enlaces de los polisacáridos presentes en las cascara obteniéndose azucares

simples, pero a concentraciones bajas de H₂SO₄, en cambio a concentraciones altas de ácido las cantidad de azúcares reductores disminuye.

Después de tener el óptimo hidrolizado se procedió a realizar los análisis químicos, físicos y funcionales del sedimento, para luego ser comparados con los datos obtenidos antes del hidrolizado, estos resultados se muestran en el cuadro 22.

Cuadro 22: Comparación del análisis químico antes y después de la hidrolisis

Análisis físico químico	Especie de Tubérculo					
	Papa		Camote		Yuca	
	Sin hidrolisis	Con hidrolisis	Sin hidrolisis	Con hidrolisis	Sin hidrolisis	Con hidrolisis
Humedad	8.81±0.61	13.97±0.57	7.26±0.57	12±0.46	7.15±0.05	11.83±1.33
Ceniza	5.9±0.66	12.07±0.55	5.12±0.29	11.07±0.62	5.33±1.07	11.29±1.04
Proteína Total	10±0.2	5.26±0.15	6.5±0.88	2.16±0.15	6.13±1.536	2.66±0.15
Grasa	4.8±0.1	2.78±0.11	5.23±0.60	3.46±0.66	5.776±0.15	3.33±0.15
Fibra bruta	6.83±0.32	30.77±1.62	7.76±1.10	31.93±1.77	12.36±2.10	35.5±1.65
Carbohidrato	63.66±0.60	35.15±1.82	68.12±0.97	39.36±1.96	63.11±1.48	35.37±3.09

De los resultados obtenidos para el análisis químico después de la hidrolisis vemos que en lo que respecta a la humedad habido una variación, al compararlos con los resultados obtenidos antes de la hidrolisis y someterlo al programa estadístico se puede apreciar que si hubo una diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 23).

Cuadro 23: Pruebas de Múltiple Rangos para Humedad- Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Sin Hidrolisis	9	7.75056	0.3073	X
Con Hidrolisis	9	12.6033	0.295245	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Con Hidrolisis – Sin Hidrolisis	*	4.85278	0.928501

* indica una diferencia significativa.

Entre las muestras reportándose aumentos de humedad en las muestras después de la hidrólisis que van de 13.97% para el caso de la cascara de papa y 11.83% para el caso de la cascara de yuca como se muestra en el gráfico 11.

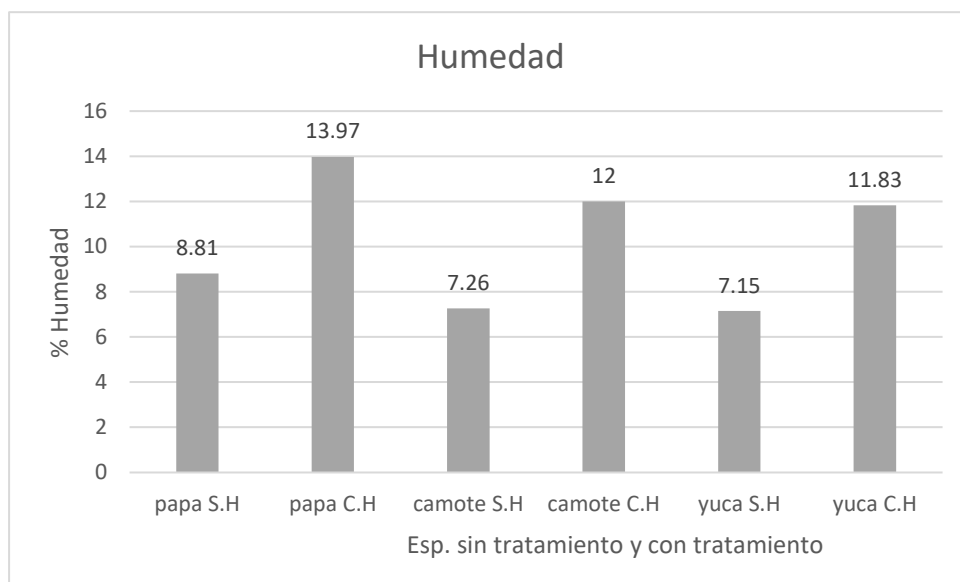


Gráfico 11: Porcentaje de Humedad, en las diferentes harinas, antes de la hidrólisis (S.H.) y después de la hidrólisis (C.H.).

En lo que respecta a los resultados obtenidos en ceniza también hubo incremento después de la hidrólisis química, al comparar los resultados vemos que hay diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 24).

Cuadro 24: Pruebas de Múltiple Rangos para Ceniza-Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Sin Hidrolisis	9	5.45111	0.252705	X
Con Hidrolisis	9	11.4778	0.252705	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Con Hidrolisis – Sin Hidrolisis	*	6.02667	0.778664

* indica una diferencia significativa.

Las muestras reportan un aumento del porcentaje de ceniza que se encuentra entre 12.07% en la caso de la cascara de papa y un 11.29% en el caso de la cascara de yuca (en promedio) y un 11.07% en la cascara de camote, como se puede ver en gráfico 12.; podemos deducir que al ser sometidas (cascara de papa, camote y yuca) al tratamiento de hidrólisis ácida la materia inorgánica aumenta por lo tanto hay una disminución de la materia orgánica (proteína, carbohidratos y lípidos).

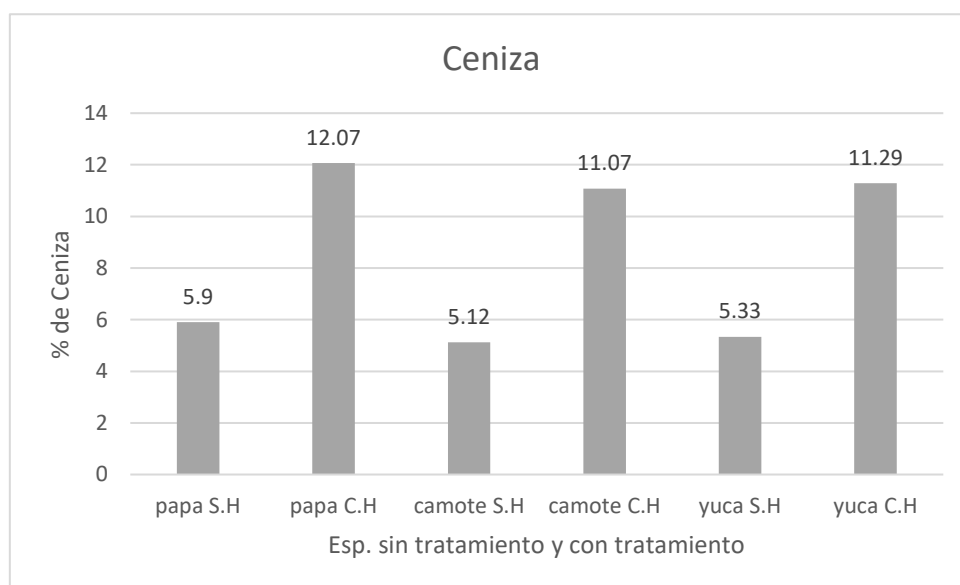


Grafico 12: Porcentaje de Ceniza en las diferentes harinas, antes de la hidrólisis (S.H.) y después de la hidrólisis (C.H.).

Los resultados obtenidos para las proteínas después de la hidrólisis química reflejan una disminución en su contenido proteico al ser comparadas con los datos obtenidos antes de la hidrólisis química, ya que al ser sometidos al programa estadístico se puede apreciar que hay diferencia estadísticamente significativa Cuadro 25.

Cuadro 25: Pruebas de Múltiple Rangos para Proteína-Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Con Hidrolisis	9	3.36667	0.245829	x
Sin Hidrolisis	9	7.54444	0.245829	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Con Hidrolisis – Sin Hidrolisis	*	-4.17778	0.757477

* indica una diferencia significativa.

Las muestras reportaron una disminución del contenido proteico en las muestras, que van desde 2.27% en el caso de la cascara de camote y un 5.2% en la cascara de papa (en promedio) como se observa en el Grafico 13.

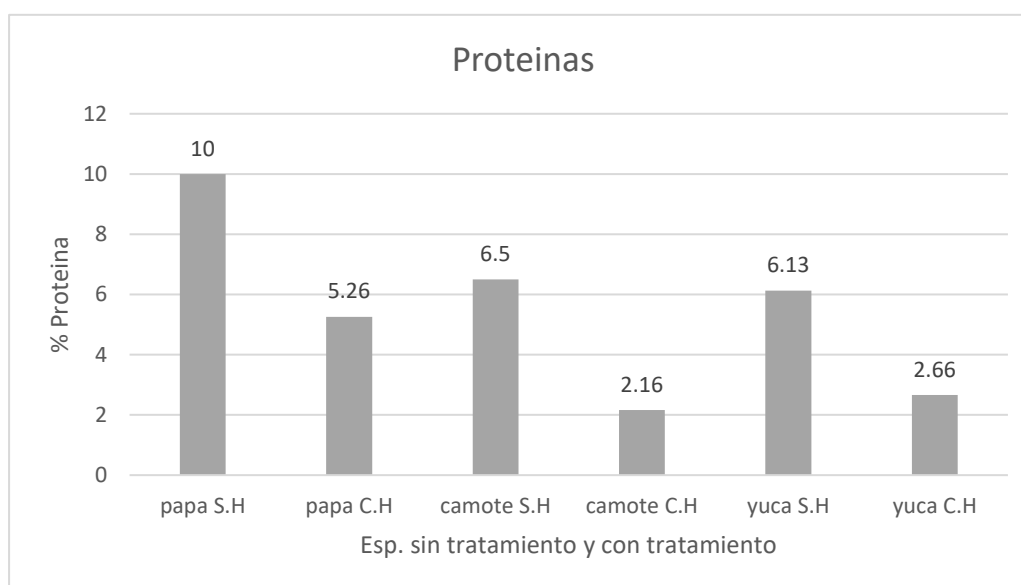


Grafico 13: Porcentaje de Proteína en las diferentes harinas, antes de la hidrólisis (S.H.) y después de la hidrólisis (C.H.).

En el porcentaje de grasa también hay una disminución en las muestras ya que al ser comparadas con las muestras obtenidas antes de la hidrolisis mediante el programa estadístico se encontró una diferencia estadísticamente significativa Cuadro 26.

Cuadro 26: Pruebas de Múltiple Rangos para Grasa-Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Con Hidrolisis	9	3.18889	0.127415	x
Sin Hidrolisis	9	5.26667	0.127415	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Con Hidrolisis – Sin Hidrolisis	*	-2.07778	0.392605

* indica una diferencia significativa.

Las muestras reportan una disminución del porcentaje de grasa en las muestras un 3.8% en la cascara de papa y un 4.33% en la cascara de yuca (en promedio), Grafica N° 14. Según Jorge Luis Gil Lt y Julian A. Buitrago (2001) los nutrientes grasos se encuentran en concentración mínimas en residuos de papa y yuca ya que están constituidos, principalmente por galactosil- digliceridos y ácidos grasos saturados.

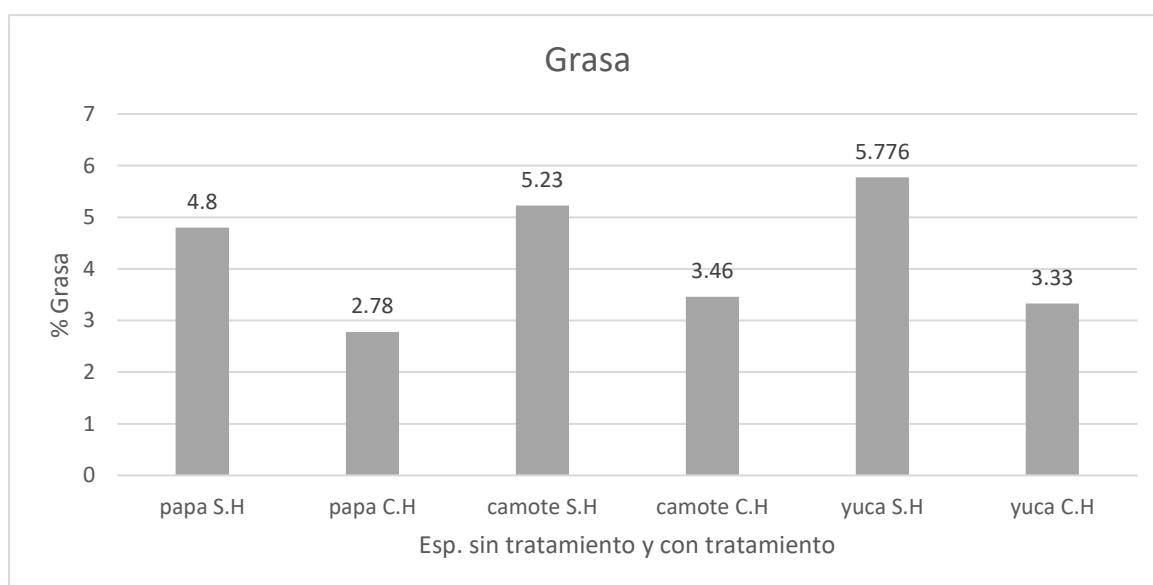


Grafico 14: Porcentaje de Grasa en las diferentes harinas, antes de la hidrólisis (S.H.) y después de la hidrólisis (C.H.).

En el caso del porcentaje de fibra se obtuvo un aumento en comparación con los datos obtenidos antes de la hidrólisis química esto se refleja al ser sometidas las muestras al programa estadístico ya que se encontró una diferencia estadísticamente significativa Cuadro 27.

Cuadro 27: Pruebas de Múltiple Rangos para Fibra Bruta-Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Sin Hidrolisis	9	8.98889	0.514362	×
Con Hidrolisis	9	32.7333	0.514362	×

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Con Hidrolisis – Sin Hidrolisis	*	23.7444	1.58491

* indica una diferencia significativa.

Las muestras reportándose un aumento del porcentaje de fibra que esta entre 35.5% en el caso de la cascara de yuca y un 31.93% en el caso de la cascara de camote (Grafico 15); esto debido a que estas harinas (cascaras de papa, camote y yuca molidas) al ser sometidas a un tratamiento acido caliente provoco la degradación del almidón y el aumento de la fibra cruda que tiene como componentes lignina y celulosa; Food and Agriculture Organization of the Uniet nations FAO (2016).

Mussatto *et al*, (2006), utilizo bagazo de malta al cual uso una hidrolisis acida en los resultados hubo un aumento de celulosa de 16.8 a 90.5. Al analizar harina de cascara de yuca y papa se encontró (15 – 19) % de celulosa, 14 – 17 % lignina) reportados por Jiménez *et al*. (2008); estos datos confirman la presencia de celulosa y lignina en las cascara de papa y yuca.

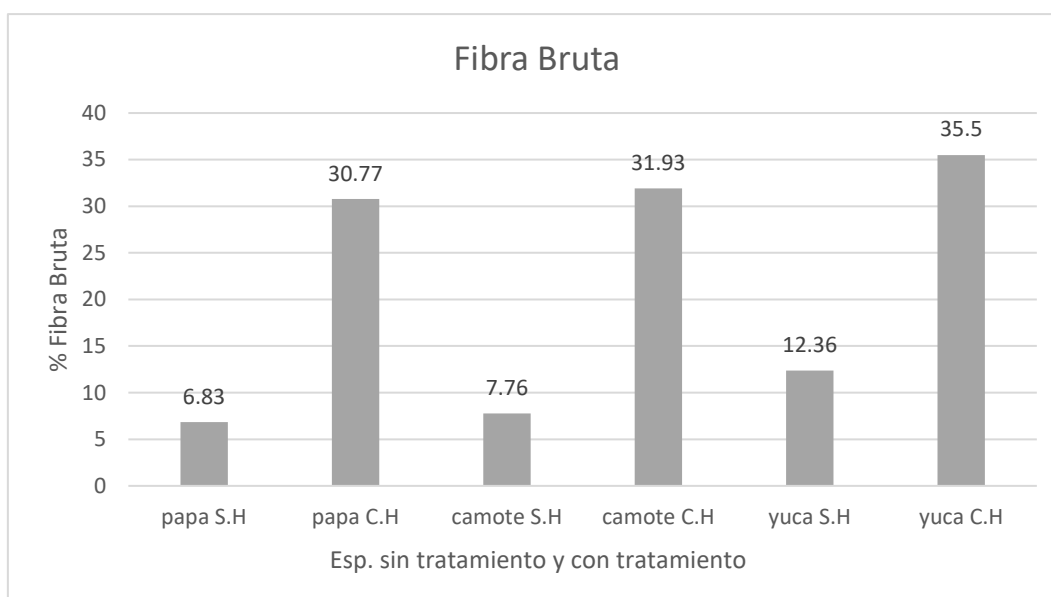


Grafico 15: Fibra Bruta en las diferentes harinas, antes de la hidrólisis (S.H.) y después de la hidrólisis (C.H.).

En el caso de los carbohidratos este disminuyo en comparación con los datos obtenidos antes de la hidrolisis estos también se refleja en programa estadístico ya que se encontró una diferencia estadísticamente significativa Cuadro 28.

Cuadro 28: Pruebas de Múltiple Rangos para Fibra Bruta-Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Con Hidrolisis	9	36.63	0.613237	X
Sin Hidrolisis	9	64.9656	0.613237	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Con Hidrolisis – Sin Hidrolisis	*	-28.3356	1.88957

* indica una diferencia significativa.

Las muestras reportan la disminución del porcentaje de fibra que va desde 34.12 % en el caso de las cascara de papa y 39.03% en el caso de la cascara de camote (Grafico 16); esto debido a que las cantidades de humedad, ceniza y principalmente la fibra aumentaron después de la hidrólisis y que la determinación de estos carbohidratos se hizo por la diferencia del 100%.

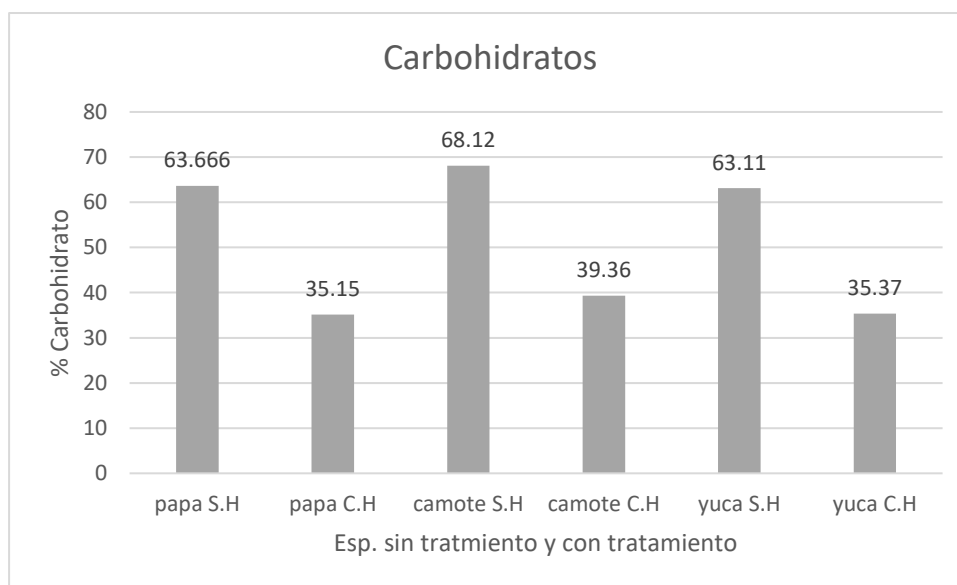


Grafico 16: Carbohidratos en las diferentes harinas, antes de la hidrólisis (S.H.) y después de la hidrólisis (C.H.).

Cuadro 29: Comparación del análisis físico antes y después de la hidrólisis

Propiedades Físicas	Especie de Tubérculo						
	Cascara de Papa		Cascara de Camote		Cascara de Yuca		
	S.H	C.H	S.H	C.H	S.H	C.H	
Densidad	0.63±0.04	0.54±0.01	0.67±0.04	0.52±0.01	0.49±0.02	0.48±0.07	
Determinación de Color	a	0.2	0.3	5.4	6.7	1.7	3.6
	b	5.9	5.2	13.1	11.4	5.9	5.2
	l	87.4±0.40	24.9±0.40	69.3±0.34	28.6±0.40	88.3±0.40	14.8±0.41
Determinación de pH	5.73	5.29	6.11	5.43	6.38	5.48	

De los resultados obtenidos para el análisis físico después de la hidrólisis vemos que en lo que respecta a la densidad este disminuyó en los tres tipos de cascara de tubérculo esto

se demostró estadísticamente que hubo una diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 30).

Cuadro 30: Pruebas de Múltiple Rangos para Densidad -Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Con Hidrolisis	9	0.514111	0.0159085	x
Sin Hidrolisis	9	0.593889	0.0159085	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Con Hidrolisis – Sin Hidrolisis	*	-0.0797778	0.0490191

* indica una diferencia significativa.

Entre las muestras reportándose la disminución de la densidad que va desde un $0.48\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ en la cascara de yuca y $0.54\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ en la cascara de papa (en promedio), como se puede apreciar en el grafico 17.

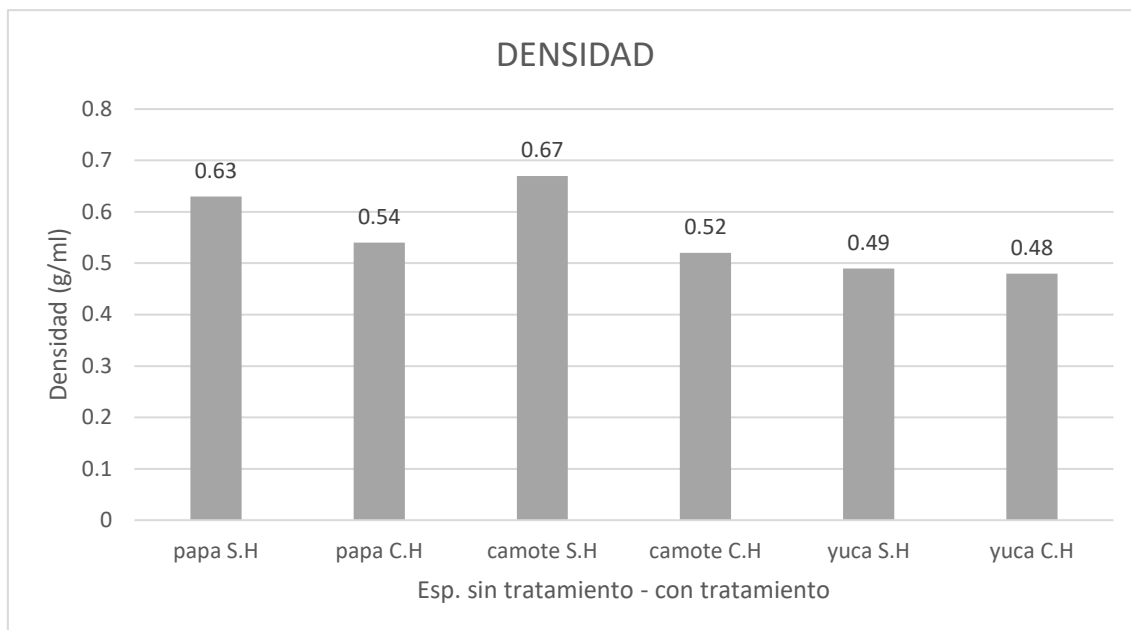


Grafico 17: Comparación de Densidad en las diferentes harinas, antes de la hidrólisis (S.H.) y después de la hidrólisis (C.H.).

En la evaluación de color, los valores de L, a y b muestran una diferencia estadísticamente significativa Cuadro 31.

Cuadro 31: Pruebas de Múltiple Rangos para L-Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Con Hidrolisis	9	22.7567	0.131597	x
Sin Hidrolisis	9	81.6367	0.131597	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Con Hidrolisis – Sin Hidrolisis	*	-58.88	0.405493

* indica una diferencia significativa.

Al comparar las muestras (Grafico 18) tomadas antes de la hidrolisis y después de esta, esta diferencia está entre 14.8 para las cascara de yuca y 28.6 para las cascara de camote y un 24.4 para la cascara de papa en lo que respecta a la luminosidad. Alvarado y Cornejo (2010).

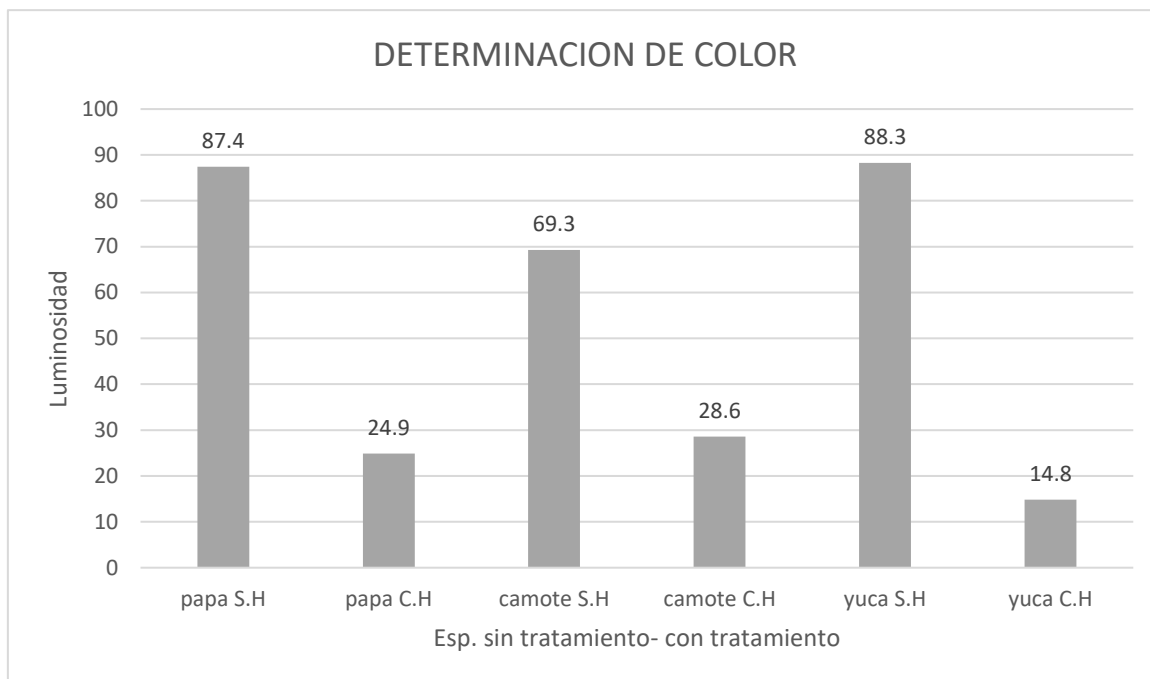


Grafico 18: Comparación de Determinación de Color en las diferentes harinas, antes de la hidrólisis (S.H.) y después de la hidrólisis (C.H.).

En la comparación de los datos de pH antes y después de la hidrolisis se encontró una diferencia estadísticamente significativa; según el Cuadro 32.

Cuadro 32: Pruebas de Múltiple Rangos para pH -Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Con Hidrolisis	9	5.40111	0.0535586	x
Sin Hidrolisis	9	6.07444	0.0535586	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Con Hidrolisis – Sin Hidrolisis	*	-0.673333	0.165031

* indica una diferencia significativa.

Se reporta una disminución en el contenido de pH (Grafico 19) en las muestras de cascara de papa, camote y yuca que van desde 5.29 para las cascara de papa, 5.48 para la cascara de yuca y 5.43 para la cascara de camote. Gerena (2013).

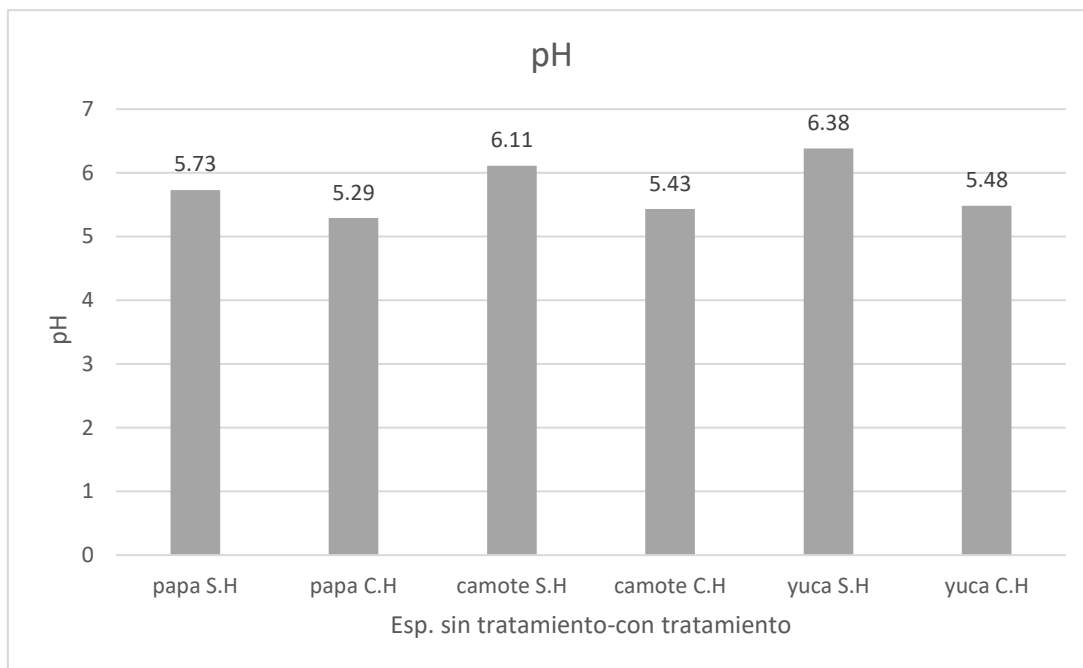


Grafico 19: Comparación de Determinación de pH en las diferentes harinas, antes de la hidrólisis (S.H.) y después de la hidrólisis (C.H.).

Cuadro 33: Comparación del análisis funcional antes y después de la hidrolisis

Propiedades Funcionales	Especie de Tubérculo					
	Cascara de Papa		Cascara de Camote		Cascara de Yuca	
	S.H	C.H	S.H	C.H	S.H	C.H
ISA%	11.3±1.02	19.4±0.38	8.4±0.4	16.9±0.27	2.8±0.7	5.5±0.25
IAA(g gel/g de muestra)	16.2±0.33	4.6±0.72	10.9±0.19	3.1±0.10	4.8±0.32	3.6±0.35
PH (ml/g)	12.4±0.34	9.8±0.21	11.2±0.42	8.8±0.30	4.7±0.39	2.5±0.42

De los resultados obtenidos para el análisis funcional después de la hidrolisis vemos que en lo que respecta a Índice de Solubilidad en Agua (ISA) habido una variación, al compararlos con los resultados obtenidos antes de la hidrolisis y someterlo al programa estadístico se puede apreciar que si hubo una diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 34).

Cuadro 34: Pruebas de Múltiple Rangos para ISA-Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Sin Hidrolisis	9	7.49378	0.192705	x
Con Hidrolisis	9	13.9249	0.192705	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Con Hidrolisis - Sin Hidrolisis	*	6.43111	0.593785

* indica una diferencia significativa

De los resultados mostrados en la Cuadro 33 al compararlos gráficamente (Grafico 20), se observa un aumento en el Índice de Solubilidad en Agua (ISA) que va desde un 5.5% en la cascara de yuca, 16.9% en las cascara de camote y un 19.4% en las cascara de papa. Esto debido a la desnaturalización de los almidones presentes en los residuos de estos tubérculos, así como el contenido de lípidos en las muestras. (Yuan et al., 2007).

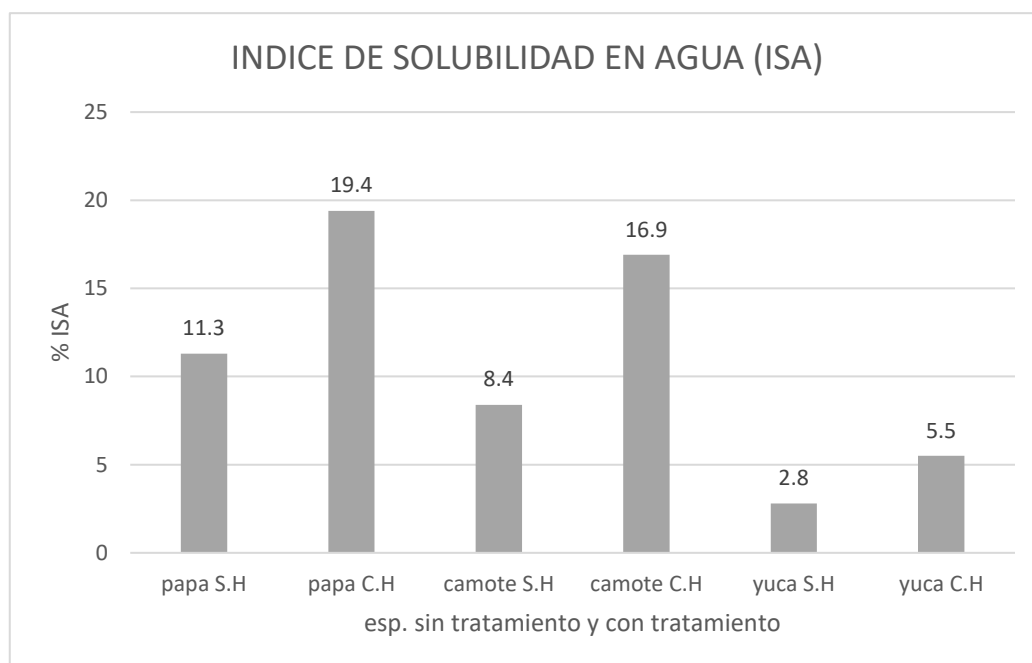


Grafico 20: Comparación de Índice de Solubilidad en Agua (ISA) en las diferentes harinas, antes de la hidrólisis (S.H.) y después de la hidrólisis (C.H.).

De los resultados obtenidos para el análisis funcional después de la hidrolisis vemos que en lo que respecta a Índice de Absorción de Agua (IAA) habido una variación, al compararlos con los resultados obtenidos antes de la hidrolisis y someterlo al programa estadístico se puede apreciar que si hubo una diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 35).

Cuadro 35: Pruebas de Múltiple Rangos para IAA-Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Con Hidrolisis	9	3.86722	0.121884	x
Sin Hidrolisis	9	10.6558	0.121884	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Con Hidrolisis - Sin Hidrolisis	*	-6.78856	0.375562

* indica una diferencia significativa.

De los resultados mostrados en la Cuadro 33 al compararlos gráficamente (Grafico 21) estos reportan una disminución que va desde un 3.1 g gel/g para la cascara de camote, 3.6 g gel/g para la cascara de yuca y un 4.9 g gel/g para la cascara de papa, estos nos indica que las muestras al ser sometidas al proceso de hidrolisis química hay una disminución en la cantidad de almidón, al disminuir la cantidad de almidón la capacidad de absorción de agua disminuye Aristizábal y Sánchez (2007).

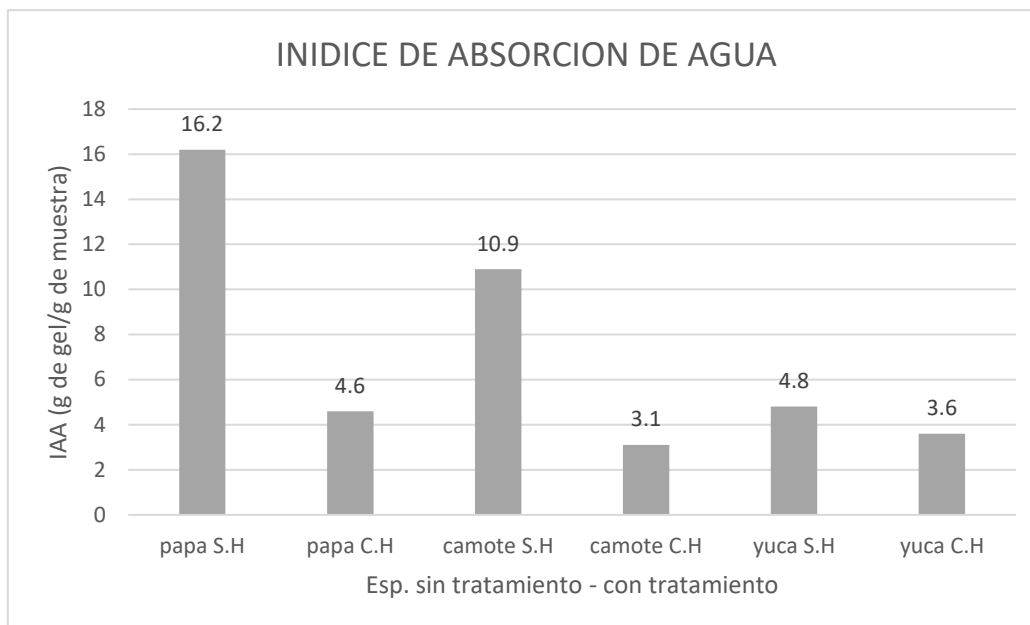


Grafico 21: Comparación de Índice de Absorción de Agua (IAA) en las diferentes harinas, antes de la hidrólisis (S.H.) y después de la hidrólisis (C.H.).

En la comparación que se hizo al Poder de Hinchamiento (PH) antes y después de la hidrólisis química vemos que al someterlo al programa estadístico se encontró una diferencia estadísticamente significativa; según el Cuadro 36, que reporta una disminución que va desde 2.5 en las cascara de yuca, 8.8 en la cascara de camote y 9.8 en la cascara de papa como se puede ver en el Grafico 22 , las disminución en el PH en las muestras están en relación con la disminución del IAA ya que existe una relación directamente proporcional con la cantidad de almidón que contienen las muestras, Singh et al., 2003.

Cuadro 36: Pruebas de Múltiple Rangos para PH -Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Con Hidrolisis	9	6.95422	0.116387	x
Sin Hidrolisis	9	9.40436	0.116387	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Con Hidrolisis - Sin Hidrolisis	*	-2.45014	0.358623

* indica una diferencia significativa.

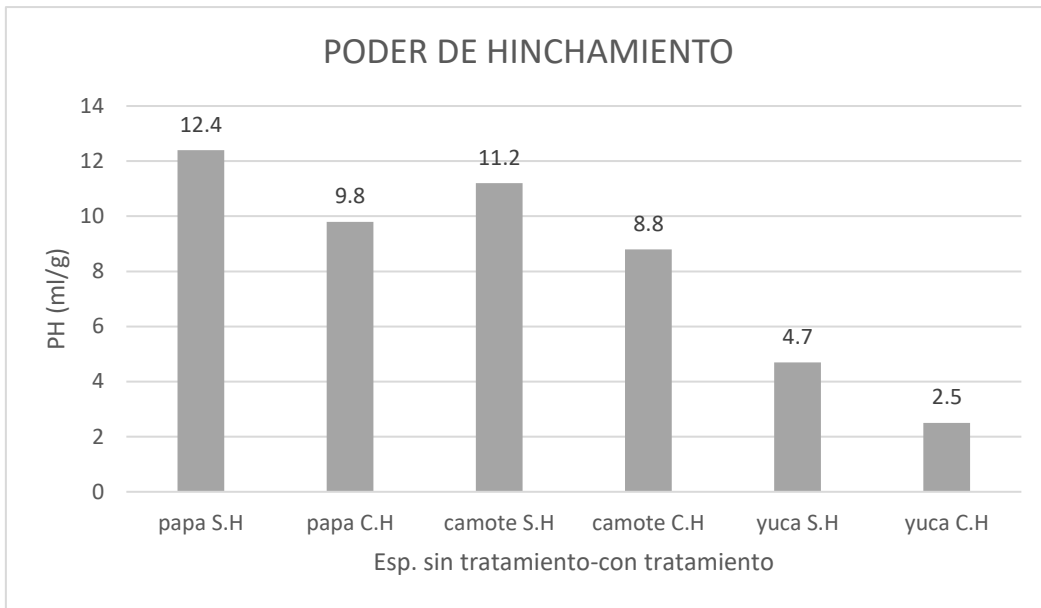


Grafico 22: Comparación de Poder de Hinchamiento (PH) en las diferentes harinas, antes de la hidrólisis (S.H.) y después de la hidrólisis (C.H.).

V. CONCLUSIONES

- Se determinó las características físico químicas y funcionales de los residuos de papa, camote y yuca; antes y después de ser sometidos a un proceso de hidrólisis química.
- La composición química proximal después de la hidrolisis para las muestras de harinas de cascara de papa, camote y yuca respectivamente son: Humedad: 13.97%, 12% y 11.83%; Ceniza: 12.07%, 11.07% y 11.29%; Proteína: 5.26%, 2.16% y 2.66%; Grasa: 2.78%, 3.46% y 3.33%; Fibra Bruta: 30.77%, 39.36% y 35.5% y Carbohidratos: 35.15%, 39.36% y 35.37%.
- La caracterización física antes del proceso de hidrolisis en los análisis de densidad de las tres muestras (cascara de papa, camote y yuca) la más alta densidad fue la cascara de camote (0.67 g ml^{-1}), en la evaluación de color nos presenta una mayor luminosidad en la harina de cascara de yuca (88.3) por consiguiente tiene mayor índice de blancura, en el caso de los colores más bajos como es en el de harina de camote que solo presenta un 69.3 atribuidos a la presencia de carotenoides.
- En lo que respecta a las Propiedades Funcional, la harina de cascara yuca presenta la solubilidad (ISA) la más baja (2.8%), con respecto a las harinas de cascara de camote y papa presentan mayor solubilidad (8.4% y 11.3% respectivamente) ; en el caso de absorción de agua (IAA) obtenemos una gran diferencia en cuanto a las distintas harinas ya que tenemos como mayor valor a la papa (16.2 g gel/g de muestra) y menor valor a la yuca (4.8 g gel/g de muestra); con respecto al poder de hinchamiento (PH) reportamos que la menor presencia es la en harina de cascara de yuca .

- Se determinó con un nivel de significancia de 0.95 y evaluando las diferentes concentraciones (5, 15 y 20) de ácido sulfúrico H_2SO_4 , a diferentes temperaturas ($60^\circ C$, $75^\circ C$ y $90^\circ C$) y diferentes tiempo (2h y 4h), que el tratamiento más eficiente en cuanto a producción de azúres reductores es 5% de concentración de H_2SO_4 , tiempo de 4 horas y a temperatura de $90^\circ C$.

VI. RECOMENDACIONES

- Ajustar los protocolos de hidrólisis química para la eliminación de lignina.
- Realizar seguimiento de formación de compuestos tóxicos para descartar la presencia de residuos del ácido sulfúrico o pesticidas presentes en las cascara de papa, camote y yuca.
- Llevar a cabo la extracción del almidón, así como la cuantificación de las propiedades físico-químicas y nutrimentales con tubérculos de diferentes tiempos de maduración para ver reflejada la influencia de éste factor en los resultados.
- Realizar un balance de materia, energía y económico, para así analizar la factibilidad del proyecto.
- Realizar un análisis comparativo con otros métodos de hidrólisis, determinando los beneficios y perjuicios con los otros métodos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alarcón F (2004). Almidón Agrio de Yuca; Colombia.
- Aliaga Urquiaga, A., S. Maza y Silupú, S., Menacho Dávila, C.P. y Yupanqui Ospina, J.C. (2006). Viabilidad productiva y comercial de variedades de papa aptas para fritura en las principales zonas productivas del departamento de Junín y su demanda en las pollerías de Lima Metropolitana. Universidad Nacional Agraria – La Molina.
- Alvarez C., Salgado R., García E., Domínguez M. (2012). Aprovechamiento Integral de los materiales lignocelulósicos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*. Pág. 140 – 150.
- Alvis, A., Vélez, C., Villada, H., & Rada-Mendoza, M. (2008). Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas. *Información Tecnológica*, 19-28.
- Arapoglou, D., Varzakas, T., Vlyssides, A., & Israilides, C. (2010). La producción de etanol a partir de piel de patata de residuos. *Gestion de residuos*, 1898-1902.
- Aristizábal & Sánchez (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO* 163. Pág. 1 – 120.
- Barragán, B; Téllez, Y; Laguna, T. (2008). Utilización de Residuos Agroindustriales. *Revista Sistemas Ambientales - Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. 2(1):44-50.
- Bressani R. (2001). Caracterización Física y Química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. Pág. 63-69.
- Buitrago, A.J.A. (1990). Yuca y papa en la alimentación animal. Centro Internacional de Agricultural Tropical (CIAT), Cali, Colombia p. 446.

- Buitrago A JA; Gil JL; Ospina B: (2001). La yuca en la alimentación avícola. Cuadernos Avícolas no 14. Federación Nacional de Avicultores-Fondo Nacional Avícola (FENAVI-FONAV), Bogotá DC. 47.
- Castellanos Domínguez, O. F., Cruz Guerrero, G. T., Gonzales, G., & Renteria Ayala, A. Y. (2004). Alternativas para clarificación del jarabe de glucosa obtenido por hidrólisis enzimática del almidón. Ingeniería de Investigación, 8-21.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). (2001). Informa del Laboratorio de servicios de Servicios Analíticos. Cali, Colombia.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1998. Ecuador usa yuca en la cría de cerdos. CIAT Internacional 7(2):4-6.
- Contreras, Brenda (2009). Caracterización de harina de maíz instantánea obtenida por calentamiento óhmico (Tesis de grado). Pág. 40. Instituto Politécnico Nacional, Querétaro, México.
- FAO (2006), Ficha Técnica-Productos Frescos; Camote.
- FAO (2015). Datos agrícolas de FAOSTAT. Producción. Cultivos primarios. En Base de datos estadísticos de la FAO (FAOSTAT).
- García O., Aiello C., Peña M., Ruiz J., & Acevedo I., (2011). Caracterización físico – química y propiedades funcionales de la harina obtenida de granos de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) sometidos a diferentes procesamientos. Revista Científica UDO Agrícola 12 (4). Pág. 919 – 928.
- Garnica H., A. M., Romero B., & Prieto Contreras (2010). Características funcionales de almidones nativos extraídos de clones promisorios de papa (*solanum tuberosum* L. subespecie andigena) para la industria de los alimentos. CORPOICA. Pág. 41 – 51.

- Gerena Flor, (2013). Obtención de Jarabes Azucarados a partir de la Hidrolisis Química de Residuos de Naranja (*Citrus sinensis* L var valencia) Y PAPA (*Solanum tuberosum*) variedad Diacol Capiro (R-12) para ser empleado como edulcorantes en la Industria de Alimentos. Trabajo de Grado, Proyecto previo a la obtención del título de “Ingeniería de Alimentos”. Universidad Nacional Abierta y a Distancia “UNAD” Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería Duitama.
- Gil J. L.; Escobar G; Buitragi A JA. (2001). Evaluación técnica y económica de cuatro dietas a base de harina de yuca, papa y una dieta comercial para la alimentación de pollos de engorde. Informe técnico. CLAYUCA-CIAT, Cali Colombia. 14p.
- Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) (2012)- Catalogo de nuevas variedades de papa: sabores y colores para el gusto peruano.
- Jiménez Martín, P. (2008). Reciclando la materia orgánica: Biometanización y compostaje. Moleola, Revista de química de la Universidad Pablo de Olavide, 24-26. Chávez Paez, D. E. (2002). Elaboración de jarabe de glucosa partiendo del almidón de camote (*Ipomoea batata*L.). *Zamorano*, 1-36.
- Mejía Giraldo, L. F., Martínez Correa, H. A., Betancourt Gutierrez, J. E., & Castrillón Castaño, C. E. (2007). Aprovechamiento de Residuo agroindustrial del mango común (*Mangifera indica* L.) en la obtención de azúcares fermentables. *Ingeniería y Ciencia*, ISSN 1794-9165, Volumen 3, número 6, Diciembre de 2007, pag. 41-62.
- Ministerio de Agricultura (MINAG). (2016). Estadística Agraria Mensual. Publicación. Diciembre (2016).

- Mossatto, S; Dragone, G; Fernandez, M; Rocha, G; Roberto, I. 2006. Efecto de los tratamientos de hidrólisis ácida e hidrólisis alcalina en la estructura del bagazo de malta para liberación de fibras de celulosa. Universidad de São Paulo. Escola de Engenharia de Lorena - Departamento de Biotecnología. Brasil.
- Moreno B, Nancy. Determinación de los parámetros experimentales para la obtención de hojuelas de papa deshidratada. Santafé de Bogotá: Tesis Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Química, (1986).
- Mussatto, S., Dragone, G., Fernandes, M., Rocha, G., & Roberto, I. (2006). Efecto de los tratamientos de hidrólisis ácida e hidrólisis alcalina en la estructura del bagazo de malta para liberación de fibras de celulosa. Escola de Engenharia de Lorena – Departamento de Biotecnologia, 1-10.
- Obbink, M. (1996) Market Segments in developing countries: The Case of French fries in Lima, Peru. M,Sc thesis. University of Nymegen, The Netherlands.
- Pérez, LA. Hernández, S Sánchez. Moren, ED. Vázquez, JF. Laboratorio de escala de malto dextrina y jarabe de glucosa de almidón de plátano. (2005).
- Pertuz Cruz, S. L. (2012). La papa (*Solanum Tuberosum L*), Composición química y valor nutricional del tubérculo. Instituto de Estudios Ambientales IDEA, 1-5.
- Rincón, A., Vázquez, A., & Padilla, F. (2005). Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 1-8.
- Rodriguez Reinoso, C. E. (2011). Estudio comparativo entre los métodos de hidrólisis ácida y enzimática de banano (*musa cavendish*) para la obtención de jarabe de glucosa. Colegio de Agricultura, Alimentos y Nutrición, 1-39.

- Sánchez, A; Gutiérrez, A; Muñoz, J; Rivera, C. (2010). Producción de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósico. *Revista Tumbaga*. 5(2):61-90.
- Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Singh, N., & Singh, B. (2003). Morfología, propiedades térmicas y reológicas de los almidones de diferentes fuentes botánicas. *Química de los alimentos*. Pág. 219 – 231.
- Tejada, L., Quintana, J., Pérez, J., & Young, H. (2011). Obtención de etanol a partir de residuos de poda, mediante hidrólisis ácida e hidrólisis enzimática. *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 111-116.
- Tejada, L., Tejada, C., Villabona, A., Alvear, M., Castillo, C., Henao, D. Taron, A. (2010). Producción de bioetanol a partir de la fermentación alcohólica de jarabes glucosados derivados de cáscaras de naranja y piña. *Educación en Ingeniería*, 121-125.
- Yuan, Y., Zhang, L., Dai, Y., & Yu, J. (2007). Propiedades fisicoquímicas del almidón obtenido de (*Dioscorea nipponica*) y comparación con otros almidones de tubérculos. *Diario de ingeniería de alimentos*. Pág. 436 – 442.
- VELASTEGUI (1992). El cultivo de la yuca en el Ecuador.

ANEXOS

1. ANEXOS 1: ANALISIS FISICO QUIMICOS

1.1. DETERMINACION DE HUMEDAD EN BASE SECA:

Se determinó según la A.O.A.C. 930.15:2005 harina de pescado.
Determinación del contenido de humedad.



Uso de la termo balanza



Muestras de harina de cascara de papa camote y yuca

1.2. DETERMINACIÓN DE CENIZA

Se realizará por el método de incineración, método oficial de la AOAC 923.03 (2002).

Procedimiento:

- ✓ En un crisol identificado, seco y tarado, pesar aproximadamente 3 gr de muestra (m).
- ✓ Incinerar la muestra en la cocina eléctrica hasta total carbonización.
- ✓ Colocar la muestra en la mufla y calcinar a 550 °C por 3 a 5 h hasta cenizas blancas o blanco grisáceo.

- ✓ Retirar el crisol de la mufla y colocar en el desecador, enfriar 30 minutos a temperatura ambiente y pesar el residuo.

Calculo:

$$\% \text{ de cenizas totales} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

M₀= masa de crisol vacío

M₁= masa de crisol con la muestra.

M₂= masa de crisol con muestra incinerada.



Muestras de harina de papa, yuca y camote



Quema de las muestras en la cocina



1.3. DETERMINACION DE PROTEINAS:

Se determinará mediante el método Kjeldahl Chow et al. (1980).

Procedimiento:

- ✓ Se pesa 0.5 gr de muestra y se transfiere a un tubo de digestión, añadiendo un gramo de catalizador (sulfato de potasio y sulfato de cobre).
- ✓ Se limpia con un poco de agua destilada las paredes del tubo de digestión luego se agrega 20 ml de ácido sulfúrico concentrado y se coloca en un

digestor kjeldahl, se digiere a 420 °C por dos horas cuando el contenido del tubo este completamente cristalino (verde esmeralda).

- ✓ Se transfiere la muestra digerida a un destilador agregando 5 ml de hidróxido de sodio concentrado e inmediatamente se conecta la fuente de calor para que se produzca la digestión.
- ✓ Se recibe el destilado en un Erlenmeyer conteniendo 25 ml de una solución de ácido bórico con los indicadores de pH. La digestión termina cuando ya no pasa amoníaco (viraje del color del indicador).
- ✓ Luego se titula con ácido clorhídrico 0.05 N hasta que vire el rojo. Se anota el gasto.

Cálculos:

$$\% \text{ de nitrógeno} = \frac{v \times n \times 0.014 \times 100}{M}$$

V= Volumen de ácido clorhídrico empleado en la titulación.

N=Normalidad de ácido clorhídrico HCL (0.1N).

M=Masa de la muestra (G).

Mili equivalente del nitrógeno= 0.014

Factor de conversión= 5.70

$$\% \text{ de proteína cruda} = \% \text{ de nitrógeno} \times \text{factor de conversion}$$





1.4. DETERMINACIÓN DE GRASAS:

La determinación del porcentaje de grasas se llevará a cabo empleando el método 920.39C de la AOAC (1997).





1.5. DETERMINACION DE FIBRA:

Las muestras fueron analizadas por el Laboratorio Colecibi S.A.C.

1.6. DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS:

Se determinó por el método de la A.O.A.C (1984). Se calculara por diferencia del 100% menos la suma de porcentajes de los demás componentes.

2. ANEXOS 2: ANALISIS FUNCIONALES

2.1. Densidad Aparente.

Se establecerá mediante la relación masa/volumen en una probeta de 50 mL. Y con balanza electrónica con precisión 0.01 g. Según lo descrito por Vilche et al., 2003; citado por García (2011).

- Agregar hasta enrazar una cantidad conocida de volumen (10 a 50 mL) y registrar el peso.
- Determinar la densidad aparente mediante la siguiente relación:

$$\text{Densidad aparente} = \frac{(\text{Peso de la muestra; g})}{(\text{Volumen ocupado; mL})}$$

2.2. Determinación de pH.

Se determinará el pH en las harinas a temperatura ambiente, según el procedimiento descrito por 02-52 AACC (1995).

- Se mezclará 10 g de muestra y 90 mL de agua destilada a temperatura ambiente durante 15 minutos.
- Dejar reposar la mezcla por 30 minutos.
- Determinar el pH del sobrenadante, por triplicado, con un potenciómetro (CONDICTRONIC PC45) previamente calibrado con agua destilada.

2.3. Determinación de Color (Luminosidad)

Determinación del color, mediante el método CIElab.

Muestra	L	a	B
HCP			
HCC			
HCY			
HiCP			
HiCC			
HiCY			

HCP: Harina de cáscara de papa, **HCC:** Harina de cascara de camote y
HCY: Harina de cáscara de yuca.
HiCP: Harina del Hidrolizado de Cáscara de papa
HiCC: Hidrolizado de cascara de camote
HiCY: Hidrolizado de cáscara de yuca.

PROPIEDADES FUNCIONALES.

1. Índice de Absorción de agua (IAA) e Índice de solubilidad en agua (ISA).

Se determinarán los IAA e ISA en las harinas de acuerdo a la metodología descrita por Anderson (1969). Este análisis permitirá cuantificar la cantidad de agua incorporada a la harina y el porcentaje de sólidos solubles disueltos en agua a una temperatura de 30°C. Cada muestra de harina de 2.5 g en base seca, será colocada en tubos de propileno de 50 mL previamente tarados y se adicionarán 40 mL de agua destilada. Los tubos fueron colocados en un baño María con agitación a 30°C durante 30 min. Pasado este tiempo los tubos se centrifugarán a 3000 rpm durante 10 min. El sobrenadante se vertirá cuidadosamente en vasos tarados para evaporarse en estufa a 105°C durante 24 hrs. y se pesará el residuo de evaporación. Por otro lado, se determinará el peso del residuo de centrifugación por diferencia de pesos de los tubos de propileno con el gel. El IAA se expresará como una relación del peso de residuo de la evaporación y el peso seco de la muestra. Para calcular los índices se utilizarán las siguientes expresiones:

IAA = (Peso del residuo de centrifugación) / (Peso seco de la muestra – Peso del residuo de evaporación); g de gel/g de muestra

$$IAA = \frac{(\text{Peso del residuo de centrifugacion})}{(\text{Peso seco de la muestra} - \text{Peso del residuo de evaporacion})} \text{ en } \frac{g \text{ de gel}}{g \text{ de muestra}}$$

Referencias: Harinas comerciales contienen 2.1 a 3.7 g de gel/g de muestra (Flores Farías y Col; 2002), 3.4 a 4.2 (Bressani y Col; 2001)

ISA = (Peso de residuo de evaporación)/(Peso seco de la muestra)*100

$$ISA = \frac{(\text{Peso del residuo de evaporacion})}{(\text{Peso seco de la muestra})} * 100 \text{ en } \%$$

Referencias: 4.38 a 7% en harinas comerciales (Bressani 2001)

2. Poder de Hinchamiento.

Se determinó utilizando la técnica citada por (Aguilera, 2009; citado por García, 2011).

Se pesaron 100 mg de muestra en un cilindro graduado, se agregó agua destilada hasta 10 mL, agitando suavemente para dispersar la muestra.

Luego se dejó en reposo durante 16 horas para lograr su hidratación, midiendo el volumen final que ocupa la muestra. Los resultados se expresan en mL/g de muestra.

$$PH = ((V_f(\text{ml}) - V_o(\text{ml})) / (\text{Peso de muestra (g)}))$$

ANEXO 3: PROCESO DE HIDROLISIS

Protocolo de Hidrolisis Acida (Monsalve, *et al.*, 2006 y Sun, *et al.*, (2002))

Materiales

- Matraz de 200 ml.
- Pipetas.
- Balanza.
- Espátula.
- Vasos de vidrio 1000 ml.
- Cocina eléctrica.
- Papel aluminio.
- Agua destilado.
- Agitador magnético con regulador de temperatura.

Reactivos

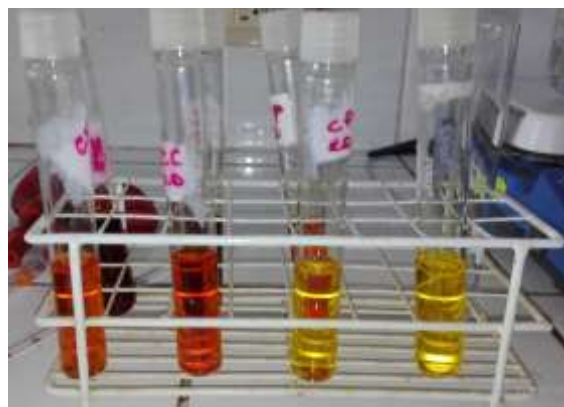
- H₂SO₄ al 27% (250 ml).

Hidrólisis del almidón

- Tomar 10 gr de cascara de papa, camote y yuca.
- Preparar una solución de ácido sulfúrico al 5% de concentración.
- Aforar hasta 200 ml con agua destilada en un matraz (pH entre 1.0 y 2.0).
- Llevar a ebullición a baño María a 300 rpm por 6 horas.
- Llevar a la centrifuga por 25 min a 750 rpm, separar el sobrenadante del bagazo.
- Neutralizar con NaOH al 5N el sobrenadante.
- Aplicar el protocolo para la determinación de Azúcares Reductores por el método del ácido 3,5- Dinitrosalicílico (DNS).
- Se pueden dejar en refrigeración a 8°C, el sobre nadante, para la posterior utilización y el bagazo secarlo para posterior análisis.

ANEXOS 4: AZUCARES REDUCTORES

AZUCARES REDUCTORES



ANEXOS 5

5.1. MATRIZ Y DATOS DEL EXPERIMENTO CARACTERIZACION FISICO QUIMICA.

ESPECIE	REPLICAS	HUMEDAD %H	CENIZA %C	PROTEINA %P	GRASAS %G	FIBRA %F	CARBOHIDRATOS %C
CASCARA DE PAPA SIN HIDROLISIS	R1	9.14	6.5	10	4.8	6.6	62.96
	R2	8.1	6	9.8	4.9	7.2	64
	R3	9.18	5.2	10.2	4.7	6.7	64.02
CASCARA DE PAPA CON HIDROLISIS	R1	14.2	12.42	5.4	2.7	30.2	35.08
	R2	13.33	12.35	5.1	2.7	29.5	37.02
	R3	14.4	11.43	5.3	2.9	32.6	33.37
CASCARA DE CAMOTE SIN HIDROLISIS	R1	7.58	5.35	7.5	4.6	7.9	67.07
	R2	7.6	4.8	6.2	5.8	6.6	69
	R3	6.6	5.21	5.8	5.3	8.8	68.29
CASCARA DE CAMOTE CON HIDROLISIS	R1	12.1	11.5	2.2	2.7	32.7	38.8
	R2	12.4	10.36	2	3.8	29.9	41.54
	R3	11.5	11.36	2.3	3.9	33.2	37.74
CASCARA DE YUCA SIN HIDROLISIS	R1	7.15	5.8	5.1	5.8	10.4	65.75
	R2	7.1	4.5	7.9	5.6	9.2	65.7
	R3	7.2	6.1	5.4	5.9	12.5	62.9
CASCARA DE YUCA CON HIDROLISIS	R1	10.3	11.3	2.8	3.5	35.6	36.5
	R2	12.5	10.25	2.5	3.2	33.8	37.75
	R3	12.7	12.33	2.7	3.3	37.1	31.87

5.2 RESUMEN ESTADISTICO CARACTARIZACIÓN FISICO-QUIMICA- HUMEDAD

Resumen Estadístico para humedad Sin hidrolisis.

Humedad Materia Prima	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
Muestra de Camote	3	7.26	0.571664	7.87416%	6.6	7.6	1.0
Muestra de Papa	3	8.80667	0.612318	6.95289%	8.1	9.18	1.08
Muestra de Yuca	3	7.15	0.05	0.699301%	7.1	7.2	0.1
Total	9	7.73889	0.905351	11.6987%	6.6	9.18	2.58

Resumen Estadístico para humedad con hidrolisis

Humedad Materia Prima	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
Muestra de Camote	3	12.0	0.458258	3.81881%	11.5	12.4	0.9
Muestra de Papa	3	13.9767	0.568888	4.07027%	13.33	14.4	1.07
Muestra de Yuca	3	11.8333	1.33167	11.2535%	10.3	12.7	2.4
Total	9	12.6033	1.28174	10.1698%	10.3	14.4	4.1

Análisis de Varianza para HUMEDAD - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamiento	101.734	1	101.734	129.68	0.0000
B:Materia prima	6.71764	2	3.35882	4.28	0.0395
INTERACCIONES					
AB	2.47431	2	1.23715	1.58	0.2466
RESIDUOS	9.4143	12	0.784525		
TOTAL (CORREGIDO)	126.183	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

5.3. RESUMEN ESTADISTICO CARACTERIZACIÓN FISICO-QUIMICA-CENIZA

Resumen Estadístico para cenizas sin hidrolisis

Cenizas Materia Prima	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
Muestra de Camote	3	5.12	0.285832	5.58266%	4.8	5.35	0.55
Muestra de Papa	3	5.9	0.655744	11.1143%	5.2	6.5	1.3
Muestra de Yuca	3	5.33333	1.07858	20.2234%	4.1	6.1	2.0
Total	9	5.45111	0.73528	13.4886%	4.1	6.5	2.4

Resumen Estadístico para cenizas con hidrolisis

Cenizas Materia Prima	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
Muestra de Camote	3	11.0733	0.621718	5.61455%	10.36	11.5	1.14
Muestra de Papa	3	12.0667	0.552479	4.57856%	11.43	12.42	0.99
Muestra de Yuca	3	11.2933	1.04002	9.20911%	10.25	12.33	2.08
Total	9	11.4778	0.80467	7.01068%	10.25	12.42	2.17

Análisis de Varianza para CENIZA - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Materia prima	2.42324	2	1.21162	2.11	0.1642
B: Tratamiento	163.443	1	163.443	284.38	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.184933	2	0.0924667	0.16	0.8532
RESIDUOS	6.89687	12	0.574739		
TOTAL (CORREGIDO)	172.948	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

5.4. RESUMEN ESTADISTICO CARACTERIZACIÓN FISICO-QUIMICA-PROTEINA

Resumen Estadístico para proteína sin hidrolisis

Proteína Materia Prima	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
Muestra de Camote	3	6.5	0.888819	13.6741%	5.8	7.5	1.7
Muestra de Papa	3	10.0	0.2	2.0%	9.8	10.2	0.4
Muestra de Yuca	3	6.13333	1.53731	25.0649%	5.1	7.9	2.8
Total	9	7.54444	2.05311	27.2136%	5.1	10.2	5.1

Resumen Estadístico para proteína con hidrolisis

Proteína Materia Prima	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
Muestra de Camote	3	2.16667	0.152753	7.05012%	2.0	2.3	0.3
Muestra de Papa	3	5.26667	0.152753	2.90036%	5.1	5.4	0.3
Muestra de Yuca	3	2.66667	0.152753	5.72822%	2.5	2.8	0.3
Total	9	3.36667	1.44741	42.9924%	2.0	5.4	3.4

Análisis de Varianza para PROTEINA - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	78.5422	1	78.5422	144.41	0.0000

B: materia prima	42.6978	2	21.3489	39.25	0.0000
INTERACCIONES					
AB	1.25778	2	0.628889	1.16	0.3474
RESIDUOS	6.52667	12	0.543889		
TOTAL (CORREGIDO)	129.024	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

5.5. RESUMEN ESTADISTICO CARACTERIZACIÓN FISICO-QUIMICA-GRASA

Resumen Estadístico para grasa sin hidrolisis

Grasa materia prima	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
Muestra de Camote	3	5.23333	0.602771	11.5179%	4.6	5.8	1.2
Muestra de Papa	3	4.8	0.1	2.08333%	4.7	4.9	0.2
Muestra de Yuca	3	5.76667	0.152753	2.64889%	5.6	5.9	0.3
Total	9	5.26667	0.524404	9.95705%	4.6	5.9	1.3

Resumen Estadístico para grasa con hidrolisis

Grasa materia prima	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
Muestra de Camote	3	3.46667	0.665833	19.2067%	2.7	3.9	1.2
Muestra de Papa	3	2.76667	0.11547	4.17362%	2.7	2.9	0.2
Muestra de Yuca	3	3.33333	0.152753	4.58258%	3.2	3.5	0.3
Total	9	3.18889	0.472875	14.8288%	2.7	3.9	1.2

Análisis de Varianza para GRASA - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamineto	19.4272	1	19.4272	132.96	0.0000
B: materia prima	1.89778	2	0.948889	6.49	0.0123
INTERACCIONES					
AB	0.337778	2	0.168889	1.16	0.3475
RESIDUOS	1.75333	12	0.146111		
TOTAL (CORREGIDO)	23.4161	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

5.6. RESUMEN ESTADISTICO CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA-FIBRA CRUDA

Resumen Estadístico para fibra cruda sin hidrolisis

<i>fibra cruda materia prima</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
Muestra de Camote	3	7.76667	1.10604	14.2409%	6.6	8.8	2.2
Muestra de Papa	3	6.83333	0.321455	4.70422%	6.6	7.2	0.6
Muestra de Yuca	3	12.3667	2.10317	17.0068%	10.2	14.4	4.2
Total	9	8.98889	2.83172	31.5024%	6.6	14.4	7.8

Resumen Estadístico para fibra cruda con hidrolisis

<i>fibra cruda materia prima</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
Muestra de Camote	3	31.9333	1.77858	5.56965%	29.9	33.2	3.3
Muestra de Papa	3	30.7667	1.62583	5.2844%	29.5	32.6	3.1
Muestra de Yuca	3	35.5	1.65227	4.65428%	33.8	37.1	3.3
Total	9	32.7333	2.58747	7.90469%	29.5	37.1	7.6

Análisis de Varianza para FRIBRA - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTO	2537.09	1	2537.09	1065.51	0.0000
B: materia prima	88.2544	2	44.1272	18.53	0.0002
INTERACCIONES					
AB	0.881111	2	0.440556	0.19	0.8334
RESIDUOS	28.5733	12	2.38111		
TOTAL (CORREGIDO)	2654.8	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

5.7 RESUMEN ESTADISTICO CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA-CARBOHIDRATOS

Resumen Estadístico para carbohidrato sin hidrolisis

<i>Carbohidrato materia prima</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
Muestra de Camote	3	68.12	0.976166	1.43301%	67.07	69.0	1.93
Muestra de Papa	3	63.66	0.6063	0.952404%	62.96	64.02	1.06
Muestra de Yuca	3	63.1167	1.48689	2.35578%	61.75	64.7	2.95
Total	9	64.9656	2.55643	3.93506%	61.75	69.0	7.25

Resumen Estadístico para carbohidrato con hidrolisis

<i>Carbohidrato materia prima</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
Muestra de Camote	3	39.36	1.96092	4.98201%	37.74	41.54	3.8
Muestra de Papa	3	35.1567	1.82621	5.19448%	33.37	37.02	3.65
Muestra de Yuca	3	35.3733	3.09768	8.75711%	31.87	37.75	5.88
Total	9	36.63	2.89742	7.90996%	31.87	41.54	9.67

Análisis de Varianza para CARBOHIDRATO - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: TRATAMIENTO	3613.07	1	3613.07	1067.52	0.0000
B: materia prima	77.9901	2	38.995	11.52	0.0016
INTERACCIONES					
AB	0.838544	2	0.419272	0.12	0.8846
RESIDUOS	40.6144	12	3.38453		
TOTAL (CORREGIDO)	3732.51	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

ANEXO 6

6.1. MATRIZ Y DATOS DEL EXPERIMENTO CARACTERIZACION FISICO

ESPECIE	REPLICAS	Densidad (gr.ml-1)	DETERMINACION DE COLOR			Ph
			L	a	b	
CASCARA DE PAPA SIN HIDROLISIS	R1	0.564	87.43	0.22	5.88	5.7
	R2	0.695	86.98	0.17	6.12	5.92
	R3	0.619	87.78	0.31	5.67	5.58
CASCARA DE PAPA CON HIDROLISIS	R1	0.56	24.86	0.29	5.27	5.27
	R2	0.54	25.31	0.25	4.92	5.16
	R3	0.53	24.51	0.34	5.48	5.45
CASCARA DE CAMOTE SIN HIDROLISIS	R1	0.62	69.56	5.4	13.1	6.14
	R2	0.673	68.88	5.31	12.86	6.26
	R3	0.71	69.34	5.45	13.31	5.92
CASCARA DE CAMOTE CON HIDROLISIS	R1	0.516	28.56	6.72	11.46	5.43
	R2	0.53	29.01	6.67	11.11	5.31
	R3	0.504	28.21	6.76	11.67	5.56
CASCARA DE YUCA SIN HIDROLISIS	R1	0.496	88.22	1.78	5.92	6.34
	R2	0.51	87.87	1.69	6.13	6.57
	R3	0.458	88.67	1.73	5.75	6.24
CASCARA DE YUCA CON HIDROLISIS	R1	0.405	14.85	3.58	5.17	5.51
	R2	0.48	14.34	3.63	5.38	5.29
	R3	0.562	15.16	3.49	4.93	5.63

6.2 RESUMEN ESTADISTICO CARACTARIZACIÓN FISICA-DENSIDAD.

Resumen Estadístico para SIN HIDROLIZAR

Densidad materia prima	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
Muestra de camote	3	0.667667	0.0452364	6.7753%	0.62	0.71	0.09
Muestra de papa	3	0.626	0.0657799	10.508%	0.564	0.695	0.131
Muestras de yuca	3	0.488	0.0269072	5.51378%	0.458	0.51	0.052
Total	9	0.593889	0.0916889	15.4387%	0.458	0.71	0.252

Resumen Estadístico para HIDROLIZADO

Densidad materia prima	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
Muestra de camote	3	0.516667	0.0130128	2.51861%	0.504	0.53	0.026
Muestra de papa	3	0.543333	0.0152753	2.8114%	0.53	0.56	0.03
Muestra de yuca	3	0.482333	0.078526	16.2804%	0.405	0.562	0.157
Total	9	0.514111	0.0484109	9.41642%	0.405	0.562	0.157

Análisis de Varianza para DENSIDAD – Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:ESPECIE	0.042811	2	0.0214055	9.40	0.0035
B:TRATAMIENTO	0.0286402	1	0.0286402	12.57	0.0040
INTERACCIONES					
AB	0.0158601	2	0.00793006	3.48	0.0642
RESIDUOS	0.0273327	12	0.00227772		
TOTAL (CORREGIDO)	0.114644	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

6.3 RESUMEN ESTADISTICO CARACTERIZACIÓN FISICA - L.

Resumen Estadístico para L Sin hidrolisis

<i>tubérculo</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
camote	3	69.26	0.346987	0.500992%	68.88	69.56	0.68
papa	3	87.3967	0.40104	0.458874%	86.98	87.78	0.8
yuca	3	88.2533	0.40104	0.454419%	87.87	88.67	0.8
Total	9	81.6367	9.29586	11.3869%	68.88	88.67	19.79

Resumen Estadístico para L con hidrolisis

<i>tuberculo</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
camote	3	28.5933	0.40104	1.40257%	28.21	29.01	0.8
papa	3	24.8933	0.40104	1.61104%	24.51	25.31	0.8
yuca	3	14.7833	0.414045	2.80076%	14.34	15.16	0.82
Total	9	22.7567	6.20085	27.2485%	14.34	29.01	14.67

Análisis de Varianza para L – Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:F.TRATAMIENTO	15600.8	1	15600.8	100094.53	0.0000
B:F.ESPECIE	160.454	2	80.2271	514.73	0.0000
INTERACCIONES					
AB	836.583	2	418.292	2683.75	0.0000
RESIDUOS	1.87033	12	0.155861		
TOTAL (CORREGIDO)	16599.8	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

6.4 RESUMEN ESTADISTICO CARACTERIZACIÓN FISICA- a.

Resumen Estadístico para a sin hidrolisis

tubérculo	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
camote	3	5.38667	0.070946	1.31707%	5.31	5.45	0.14
papa	3	0.233333	0.070946	30.4054%	0.17	0.31	0.14
yuca	3	1.73333	0.0450925	2.60149%	1.69	1.78	0.09
Total	9	2.45111	2.29614	93.6773%	0.17	5.45	5.28

Resumen Estadístico para a con hidrolisis

tubérculo	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
camote	3	6.71667	0.0450925	0.671352%	6.67	6.76	0.09
papa	3	0.293333	0.0450925	15.3724%	0.25	0.34	0.09
yuca	3	5.93333	0.190351	3.20816%	5.75	6.13	0.38
Total	9	4.31444	3.03651	70.38%	0.25	6.76	6.51

Análisis de Varianza para a – Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMINETO	15.624	1	15.624	1789.01	0.0000
B:G.ESPECIE	102.341	2	51.1707	5859.24	0.0000
INTERACCIONES					
AB	13.4947	2	6.74735	772.60	0.0000
RESIDUOS	0.1048	12	0.00873333		
TOTAL (CORREGIDO)	131.565	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

6.5 RESUMEN ESTADISTICO CARACTERIZACIÓN FISICA- b.

Resumen Estadístico para b sin hidrolisis

tubérculo	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
camote	3	13.09	0.225167	1.72014%	12.86	13.31	0.45
papa	3	5.89	0.225167	3.82286%	5.67	6.12	0.45
yuca	3	5.93333	0.190351	3.20816%	5.75	6.13	0.38
Total	9	8.30444	3.59401	43.2781%	5.67	13.31	7.64

Resumen Estadístico para b con hidrolisis

tubérculo	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
camote	3	11.4133	0.282902	2.47869%	11.11	11.67	0.56
papa	3	5.22333	0.282902	5.41611%	4.92	5.48	0.56
yuca	3	5.16	0.225167	4.36369%	4.93	5.38	0.45
Total	9	7.26556	3.11941	42.9342%	4.92	11.67	6.75

Análisis de Varianza para b – Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:H.TRATAMIENTO	4.85681	1	4.85681	83.64	0.0000
B:H.ESPECIE	179.56	2	89.7802	1546.16	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.923744	2	0.461872	7.95	0.0063
RESIDUOS	0.6968	12	0.0580667		
TOTAL (CORREGIDO)	186.038	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

6.6 RESUMEN ESTADISTICO CARACTERIZACIÓN FISICA- Ph

Resumen Estadístico para sin hidrolisis

<i>Tubérculo</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
camote	3	6.10667	0.172434	2.82369%	5.92	6.26	0.34
papa	3	5.73333	0.172434	3.00756%	5.58	5.92	0.34
yuca	3	6.38333	0.169214	2.65087%	6.24	6.57	0.33
Total	9	6.07444	0.319105	5.25323%	5.58	6.57	0.99

Resumen Estadístico para con hidrolisis

<i>Esp. Tubérculo</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
camote	3	5.43333	0.125033	2.30123%	5.31	5.56	0.25
papa	3	5.29333	0.146401	2.76577%	5.16	5.45	0.29
yuca	3	5.47667	0.172434	3.14851%	5.29	5.63	0.34
Total	9	5.40111	0.153578	2.84345%	5.16	5.63	0.47

Análisis de Varianza para F.Ph – Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:F.TRATAMIENTO	2.0402	1	2.0402	79.03	0.0000
B:F.ESPECIE	0.530178	2	0.265089	10.27	0.0025
INTERACCIONES					
AB	0.163333	2	0.0816667	3.16	0.0788
RESIDUOS	0.3098	12	0.0258167		
TOTAL (CORREGIDO)	3.04351	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

ANEXO 7

7.1 MATRIZ Y DATOS DEL EXPERIMENTO CARACTERIZACION FUNCIONALES

ESPECIE	REPLICAS	ISA (%)	IAA (g gel/g de muestra)	PH
Cascara de Papa Hidrolisis Sin	R1	10.274	15.859	12.673
	R2	11.345	16.531	11.994
	R3	12.321	16.168	12.439
Cascara de Papa Hidrolisis con	R1	19.764	5.349	9.874
	R2	18.985	4.171	9.963
	R3	19.344	5.191	9.563
Cascara de Camote Hidrolisis Sin	R1	8.786	10.714	10.765
	R2	7.987	11.093	11.225
	R3	8.334	10.994	11.604
Cascara de Camote Hidrolisis con	R1	17.128	3.056	8.764
	R2	16.987	3.093	8.533
	R3	16.592	3.252	9.135
Cascara de Yuca Hidrolisis Sin	R1	2.007	4.481	4.843
	R2	3.013	4.988	4.972
	R3	3.377	5.074	4.238
Cascara de Yuca Hidrolisis con	R1	5.454	3.931	2.047
	R2	5.783	3.546	2.562
	R3	5.287	3.216	2.893

7.2 RESUMEN ESTADISTICO CARACTARIZACIÓN FISICA-INDICE DE SOLUBILIDAD DE AGUA (% ISA)

Resumen Estadístico para ISA sin hidrolisis

TUBERCULO	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
camote	3	8.369	0.400648	4.78729%	7.987	8.786	0.799
papa	3	11.3133	1.02387	9.05009%	10.274	12.321	2.047
yuca	3	2.799	0.709628	25.3529%	2.007	3.377	1.37
Total	9	7.49378	3.80152	50.7291%	2.007	12.321	10.314

Resumen Estadístico para ISA con hidrolisis

TUBERCULO	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
camote	3	16.9023	0.277849	1.64385%	16.592	17.128	0.536
papa	3	19.3643	0.389898	2.01348%	18.985	19.764	0.779
yuca	3	5.508	0.252371	4.58189%	5.287	5.783	0.496
Total	9	13.9249	6.40777	46.0167%	5.287	19.764	14.477

Análisis de Varianza para ISA - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTO	186.116	1	186.116	556.87	0.0000
B:ESP	408.732	2	204.366	611.48	0.0000
INTERACCIONES					
AB	31.3462	2	15.6731	46.89	0.0000
RESIDUOS	4.01061	12	0.334218		
TOTAL (CORREGIDO)	630.205	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

7.3 RESUMEN ESTADISTICO CARACTERIZACIÓN FISICA- INDICE DE ABSORCION DE AGUA (% IAA)

Resumen Estadístico para IAA SIN HIDROLISIS

TUBERCULO	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
CAMOTE	3	10.9337	0.196571	1.79785%	10.714	11.093	0.379
PAPA	3	16.186	0.336361	2.0781%	15.859	16.531	0.672
YUCA	3	4.84767	0.320441	6.61021%	4.481	5.074	0.593
Total	9	10.6558	4.92053	46.1771%	4.481	16.531	12.05

Resumen Estadístico para IAA CON HIDROLISIS

TUBERCULO	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
CAMOTE	3	3.13367	0.104136	3.32314%	3.056	3.252	0.196
PAPA	2	4.681	0.721249	15.408%	4.171	5.191	1.02
YUCA	3	3.56433	0.357852	10.0398%	3.216	3.931	0.715
Total	8	3.682	0.730709	19.8454%	3.056	5.191	2.135

Análisis de Varianza para IAA - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:E.TRATAMIENTO	207.38	1	207.38	1551.07	0.0000
B:ESPECIE	121.01	2	60.5048	452.54	0.0000
INTERACCIONES					
AB	77.2868	2	38.6434	289.03	0.0000
RESIDUOS	1.60441	12	0.133701		
TOTAL (CORREGIDO)	407.281	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

7.4 RESUMEN ESTADISTICO CARACTERIZACIÓN FISICA- PODER DE HINCHAMIENTO (PH)

Resumen Estadístico para PH SIN HIDROLISIS

TUBERCULO	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
CAMOTE	3	11.198	0.420151	3.75202%	10.765	11.604	0.839
PAPA	3	12.3687	0.344921	2.78867%	11.994	12.673	0.679
YUCA	3	4.68433	0.391881	8.36577%	4.238	4.972	0.734
Total	9	9.417	3.60114	38.2408%	4.238	12.673	8.435

Resumen Estadístico para PH CON HIDROLISIS

TUBERCULO	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
CAMOTE	3	8.81067	0.303701	3.44697%	8.533	9.135	0.602
PAPA	3	9.8	0.210017	2.14303%	9.563	9.963	0.4
YUCA	3	2.50067	0.426322	17.0483%	2.047	2.893	0.846
Total	9	7.03711	3.44077	48.8947%	2.047	9.963	7.916

Análisis de Varianza para PH - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:D.TRATAMIENTO	24.9363	1	24.9363	221.59	0.0000
B:ESPECI	182.756	2	91.3781	812.00	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.31965	2	0.159825	1.42	0.2795
RESIDUOS	1.35041	12	0.112535		
TOTAL (CORREGIDO)	210.026	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

ANEXO 8

8.1. MATRIZ Y DATOS DEL EXPERIMENTO DE AZUCARES REDUCTORES

HARINA DE CASCARA DE PAPA

Azúcares Reductores (mg/ml)		Concentración de H2SO4						CONTROL
		5%		10%		15%		
		Tiempo		Tiempo		Tiempo		
		2 h	4 h	2 h	4 h	2 h	4 h	
Temperatura	60°C	6.417	7.177	6.017	6.760	5.924	6.680	6.12
		6.209	6.908	5.842	6.525	5.757	6.451	
		6.651	7.481	6.214	7.026	6.113	6.938	
	75°C	6.469	7.161	6.060	6.746	5.966	6.666	5.92
		6.699	7.452	6.255	7.001	6.152	6.914	
		7.049	7.895	6.550	7.388	6.435	7.291	
	90°C	16.377	19.848	14.782	18.132	14.414	17.801	5.783
		17.360	20.929	15.719	19.164	15.340	18.824	
		18.154	22.114	16.334	20.156	15.913	19.779	

Análisis de Varianza para resultado – ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:temperatura	1504.8	2	752.402	2455.55	0.0000
B:concentracion	11.4352	2	5.71762	18.66	0.0000
C:tiempo	39.2448	1	39.2448	128.08	0.0000
INTERACCIONES					
AB	5.81352	4	1.45338	4.74	0.0032
AC	24.109	2	12.0545	39.34	0.0000
BC	0.00576944	2	0.00288472	0.01	0.9906
RESIDUOS	12.2564	40	0.306409		
TOTAL (CORREGIDO)	1597.67	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para resultado por temperatura

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>temperatura</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
60°C	18	6.505	0.130471	x
75°C	18	6.78606	0.130471	x
90°C	18	17.8411	0.130471	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
60°C - 75°C		-0.281056	0.449161
60°C - 90°C	*	-11.3361	0.449161
75°C - 90°C	*	-11.0551	0.449161

* indica una diferencia significativa.

HARINA DE CASCARA DE CAMOTE

Azúcares Reductores (mg/ml)		Concentración de H2SO4						CONTROL
		5%		10%		15%		
		Tiempo		Tiempo		Tiempo		
		2 h	4 h	2 h	4 h	2 h	4 h	
Temperatura	60°C	16.626	18.595	15.588	17.515	15.349	17.307	14.550
		16.088	17.897	15.135	16.905	14.915	16.714	
		17.232	19.382	16.100	18.203	15.838	17.976	
	75°C	16.760	18.553	15.702	17.478	15.457	17.272	14.012
		17.357	19.308	16.205	18.139	15.939	17.914	
		18.264	20.456	16.971	19.143	16.672	18.890	
	90°C	26.469	32.077	23.891	29.304	23.295	28.770	15.157
		25.233	30.421	22.848	27.855	22.297	27.361	
		27.825	33.895	25.034	30.893	24.390	30.315	

Análisis de Varianza para resultado – ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:temperatura	1234.97	2	617.486	714.72	0.0000
B:concentracion	40.5584	2	20.2792	23.47	0.0000
C:tiempo	133.979	1	133.979	155.08	0.0000
INTERACCIONES					
AB	8.20991	4	2.05248	2.38	0.0681
AC	37.6538	2	18.8269	21.79	0.0000
BC	0.0164438	2	0.00822191	0.01	0.9905
RESIDUOS	34.5582	40	0.863955		
TOTAL (CORREGIDO)	1489.95	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para resultado por temperatura

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
60°C	18	16.8536	0.219083	X
75°C	18	17.5822	0.219083	X
90°C	18	27.3429	0.219083	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
60°C - 75°C		-0.728611	0.754218
60°C - 90°C	*	-10.4893	0.754218
75°C - 90°C	*	-9.76072	0.754218

* indica una diferencia significativa.

HARINA DE CASCARA DE YUCA

Azúcares Reductores (mg/ml)		Concentración de H2SO4						CONTROL
		5%		10%		15%		
		Tiempo		Tiempo		Tiempo		
		2 h	4 h	2 h	4 h	2 h	4 h	
Temperatura	60°C	4.836	5.409	4.535	5.095	4.465	5.035	4.375
		4.680	5.206	4.403	4.918	4.339	4.862	
		5.013	5.638	4.683	5.295	4.607	5.229	
	75°C	4.875	5.397	4.568	5.084	4.496	5.024	4.290
		5.049	5.617	4.714	5.277	4.637	5.211	
		5.313	5.951	4.937	5.569	4.850	5.495	
	90°C	6.873	8.329	6.203	7.609	6.049	7.470	4.455
		7.285	8.783	6.597	8.042	6.438	7.900	
		7.618	9.280	6.854	8.458	6.678	8.300	

Análisis de Varianza para resultado – ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:temperatura	74.1101	2	37.0551	523.04	0.0000
B:concentracion	3.21298	2	1.60649	22.68	0.0000
C:tiempo	10.5673	1	10.5673	149.16	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.561102	4	0.140276	1.98	0.1161
AC	2.62589	2	1.31295	18.53	0.0000
BC	0.00128559	2	0.000642796	0.01	0.9910
RESIDUOS	2.8338	40	0.070845		
TOTAL (CORREGIDO)	93.9125	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para resultado por temperatura

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>temperatura</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
60°C	18	4.90267	0.062736 2	X
75°C	18	5.11467	0.062736 2	X
90°C	18	7.487	0.062736 2	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
60°C - 75°C		-0.212	0.215976
60°C - 90°C	*	-2.58433	0.215976
75°C - 90°C	*	-2.37233	0.215976

* indica una diferencia significativa.