



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TEMA

**Elaboración de harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz)
evaluando métodos de inhibición enzimática para la
obtención de puré instantáneo.**

AUTOR

Mosquera Astudillo Pablo Andrés

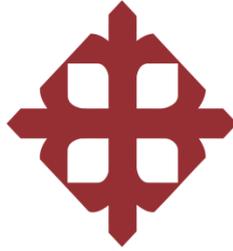
**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

TUTORA

Dra. Moreno Veloz Ema Nofret, M. Sc.

Guayaquil, Ecuador

Marzo de 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Mosquera Astudillo, Pablo Andrés**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Agroindustrial**.

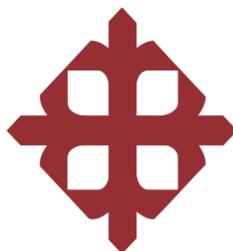
TUTORA

Dra. Moreno Veloz, Ema Nofret, M. Sc.

DIRECTOR DELA CARRERA

Ing. John Eloy Franco Rodríguez, Ph. D.

Guayaquil, a los 17 días de Marzo de 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Mosquera Astudillo, Pablo Andrés

DECLARO QUE:

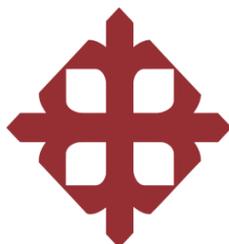
El Trabajo de Titulación, **Elaboración de harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) evaluando métodos de inhibición enzimática para la obtención de puré instantáneo**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agroindustrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 17 días de Marzo de 2017

EL AUTOR

Mosquera Astudillo Pablo Andrés



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

AUTORIZACIÓN

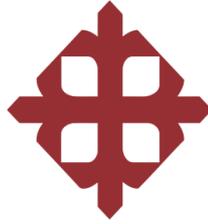
Yo, Mosquera Astudillo, Pablo Andrés

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Elaboración de harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) evaluando métodos de inhibición enzimática para la obtención de puré instantáneo**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 17 días de Marzo de 2017

EL AUTOR

Mosquera Astudillo Pablo Andrés



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN URKUND

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Trabajo de Titulación “**Elaboración de harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) evaluando métodos de inhibición enzimática para la obtención de puré instantáneo**”, presentada por el estudiante **Mosquera Astudillo, Pablo Andrés**, de la carrera Ingeniería Agroindustrial con Concentración en Agronegocios, obtuvo el resultado del programa URKUND el valor de 0 %, Considerando ser aprobada por esta dirección.

URKUND	
Documento	Mosquera Pablo UTE 2016B.docx (D25490543)
Presentado	2017-02-03 18:12 (-05:00)
Presentado por	ute.fetd@gmail.com
Recibido	alfonso.kuffo.ucsg@analysis.arkund.com
Mensaje	SRTTB 2016 Mosquera Mostrar el mensaje completo
	0% de esta aprox. 25 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 0 fuentes.

Fuente: URKUND-Usuario Alfonso Kuffó García, 2017

Certifican,

Ing. John E. Franco Rodríguez, Ph. D.
Director Carreras Agropecuarias
UCSG-FETD

Ing. Alfonso Kuffó García, M. Sc.
Revisor - URKUND

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme permitido estudiar esta Carrera, las enseñanzas que me dio en su largo camino, las personas y situaciones que me puso.

A mis Padres, por su compromiso día a día para que sus hijos salgan adelante.

A mis Hermanos, por ser un apoyo en momentos difíciles.

A la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, por sus acciones encaminadas a que sus alumnos sean mejores cada día.

A los profesores de la Carrera, que ofrecieron todos sus conocimientos, experiencias y entrega.

A amigos y compañeros, con quienes compartimos ideas y experiencias.

A la empresa TROPIFRUTAS y la Unidad de Investigación de ECOMATERIALES, por haberme recibido durante las Pasantías y contribuir con mi desarrollo personal, y que con su ayuda permitieron realizar este trabajo.

A todas aquellas personas, que de alguna manera aportaron mi formación y crecimiento durante la Carrera.

Mosquera Astudillo, Pablo Andrés

DEDICATORIA

Este trabajo, va dedicado a mi familia.

Mosquera Astudillo, Pablo Andrés



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Dra. Ema Nofret Moreno Veloz, M. Sc.

TUTORA

Ing. John Eloy Franco Rodríguez, Ph. D.

DIRECTOR DE CARRERA

Ing. Jorge Ruperto Velásquez Rivera, M. Sc.

COORDINADOR DE LA CARRERA



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

CALIFICACIÓN

Dra. Ema Nofret Moreno Veloz, M. Sc.

TUTORA

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	18
1.1 Objetivos	19
1.1.1 Objetivo general.....	19
1.1.2 Objetivos específicos.....	19
2. MARCO TEÓRICO	20
2.1 Descripción botánica.....	20
2.2 Taxonomía de la yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	20
2.3 Origen	21
2.4 Importancia de la raíz de yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	21
2.5 Composición Química y Nutricional de la Yuca	
(<i>Manihot esculenta</i> Crantz.).....	21
2.6 Zonas y Volúmenes de Producción de Yuca	
(<i>Manihot esculenta</i> Crantz) en Ecuador	24
2.7 Harina de Yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	25
2.7.1 Factores de calidad de la harina de yuca	
(<i>Manihot esculenta</i> Crantz).	25
2.7.2 Análisis químicos aplicables a la harina de yuca.	26
2.8 Purés instantáneos	27
2.9 Inhibición enzimática.....	28
2.10 Gelatinización.....	28
2.11 Retrogradación.....	28
2.12 Poder de Hinchamiento (PH)	29

2.13	Índice de Absorción de Agua (IAA)	29
2.14	Deshidratación	29
2.15	Métodos de deshidratación	30
3.	MARCO METODOLÓGICO	31
3.1	Ubicación geográfica.....	31
3.2	Materiales.....	31
3.3	Determinación de la humedad inicial y porcentaje de materia seca de la yuca.....	31
3.4	Determinación de la temperatura de secado de la yuca	31
3.5	Curvas de secado	32
3.6	Inhibición enzimática.....	32
3.7	Evaluación de la efectividad de la inhibición enzimática	33
3.8	Producción de harina	33
3.9	Rendimiento en la harina de yuca.....	35
3.10	Caracterización fisicoquímica del producto obtenido	36
3.11	Caracterización de las propiedades funcionales.....	36
3.12	Evaluación microbiológica.....	37
3.13	Análisis sensorial	38
4.	RESULTADOS	40
4.1	Determinación de humedad inicial	40
4.2	Determinación de la temperatura de secado	40
4.3	Inhibición enzimática.....	43
4.4	Curvas de secado de los tratamientos	44

4.5	Evaluación de la efectividad de los tratamientos de inhibición enzimática.....	46
4.6	Producción de harina	49
4.7	Rendimiento de la harina yuca.....	49
4.8	Caracterización microbiológica	50
4.9	Pruebas de rehidratación	51
4.10	Temperatura de gelatinización	52
4.11	Caracterización fisicoquímica.....	53
4.12	Caracterización de las propiedades nutricionales.....	53
4.13	Caracterización de las propiedades funcionales de la harina de yuca	54
4.14	Análisis sensorial	54
5.	DISCUSIÓN.....	58
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
6.1	Conclusiones.....	63
6.2	Recomendaciones.....	64

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Tabla 19. Propiedades nutricionales..... 53

Tabla 20. Propiedades funcionales de la harina de yuca..... 54

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Secado a 60 °C de rodajas de yuca de 0.2 cm.....	41
Gráfico 2. Secado a 70 °C de rodajas de yuca de 0.2 cm.....	41
Gráfico 3. Secado a 80 °C de rodajas de yuca de 0.2 cm.....	42
Gráfico 4. Curva de secado a 80 °C de yuca testigo.....	44
Gráfico 5. Curva de secado a 80 °C de método 1.....	45
Gráfico 6. Curva de secado a 80 °C de método 2.....	45
Gráfico 7. Curva de secado a 80 °C de método 3.....	46
Gráfico 8. Proceso de elaboración de harina de yuca.....	49
Gráfico 9. Relaciones de harina – agua.....	52
Gráfico 10. Distribución de las calificaciones a la Variable 1.....	55
Gráfico 11. Distribución de las calificaciones a la Variable 2.....	55
Gráfico 12. Distribución de las calificaciones a la Variable 3.....	56
Gráfico 13. Distribución de las calificaciones a la Variable 4.....	56
Gráfico 14. Distribución de la preferencia de consumo del producto.....	57

RESUMEN

La harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) para puré instantáneo fue elaborada aplicando tres métodos de inactivación enzimática y evaluando la capacidad de rehidratación del producto después de haber sido sometido al secado.

Los métodos utilizados para la inactivación de la enzima polifenoloxidasasa fueron: tratamiento térmico en baño de María e inmersiones en solución de ácido cítrico al 1 % y 0.5 %, siendo seleccionada la inmersión en ácido cítrico al 1 % por ofrecer el menor valor de b* en la comparación de las coordenadas del color (L*, a* y b*) usando un colorímetro.

La temperatura de secado fue a 80 °C, debido a que extrajo mayor humedad en comparación con la deshidratación a 60 °C y 70 °C.

El producto cumplió con el standard de granulometría fina del CODEX STAN 176-1989 al ser el 92.55 % de sus partículas menor a 0.60 mm, y además presentó valores de ceniza y grasa mayores a lo indicado por la Corporación CLAYUCA, siendo éstos 2.78 g y 1.55 g en 100 g de muestra, respectivamente.

Las propiedades funcionales de poder de hinchamiento, índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua medidas a 25 °C fueron de 8.61 (g gel/g muestra (BS)), 9.57 (g gel/g muestra (BS)) y 10.31 (g gel/g muestra (BS)) respectivamente; valores semejantes a los obtenidos en deshidratados de otras raíces y tubérculos.

Palabras Claves: puré instantáneo, enzima polifenoloxidasasa, inhibición enzimática, coordenadas del color, propiedades funcionales.

ABSTRACT

Cassava flour (*Manihot esculenta* Crantz) for instant meal was produced after been compared 3 enzymatic inactivation methods and rehydration capacity evaluated.

Immersion in citric acid solution 1 among double boiler and citric acid solution 0.5 as polyphenol oxidase enzyme inactivation methods on 2 mm thick cassava slices resulted the best as its b* value was the minor among the other methods.

Drying temperature was determined by running into dehydration two samples of 100 g cassava slices for each temperature, 60 °C, 70 °C and 80 °C, resulting the greater humidity extraction at 80 °C.

The final product met fine granulometry standard from CODEX STAN 176-1989 as 92.55 % of its content passed through a 0.60 mm sieve.

Ash and fat values of the final product were 2.78 g and 1.55 g per 100 g sample respectively, significantly over CLAYUCA Corporation standards.

Functional properties, swelling power, water absorption index and water solubility index at 25 °C were 8.61 (gel g/ sample g (BS)), 9.57 (gel g/ sample g (DB)) and 10.31 (gel g/ sample g (DB)); similar to other dehydrated tuber and root purees.

Keywords: dehydrated puree, polyphenol oxidase enzyme, enzymatic inactivation, color coordinates, functional properties.

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador por ser un país tropical tiene entre sus cultivos a la yuca dulce (*Manihot esculenta* Crantz), la cual se caracteriza por su alto contenido en almidones y su bajo contenido de ácido cianhídrico que la hace comestible, siendo su consumo evidenciado en las preparaciones culinarias como trozos de yuca cocidos, frituras, panes y tortillas.

No obstante, pese a ser una rica fuente de carbohidratos en forma de almidones, no existe en el mercado presentaciones de yuca deshidratada de rápida preparación como lo son los fideos, sopas y purés instantáneos.

Por otra parte, cabe resaltar que en la actualidad en el país ya se han realizado investigaciones de sopas y purés deshidratados con diversos tubérculos como camote y zanahoria blanca, lo cual significa un avance en la oferta de productos autóctonos y nutritivos

En consecuencia, conociendo este contexto se hace evidente el potencial de la yuca para puré deshidratado como una solución más para la alimentación, y al mismo tiempo se generan oportunidades para los agricultores y la agroindustria.

Con los antecedentes expuestos, mediante el presente trabajo de titulación, se elaboró una harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz.)

evaluando tres métodos de inactivación enzimática para obtener un puré de yuca que posea una aceptable capacidad de rehidratación. Habiendo manifestado el propósito del presente estudio, se plantearon los objetivos siguientes:

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general.

Elaborar harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz.) que posea el menor pardeamiento y la mayor rehidratación a 25 °C.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Comparar los resultados de la aplicación de tres métodos de inactivación enzimática de la yuca.
- Evaluar la capacidad de rehidratación del producto después de haber sido sometido al secado.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Descripción botánica

La yuca es un arbusto perenne, leñoso, de tamaño variable y fotoperiodo corto (Suárez y Mederos, 2011, p. 27).

Suárez y Mederos (2011), indican que su tallo en la etapa de madurez de la planta es cilíndrico, posee un diámetro de dos a seis centímetros (cm) y sus colores son gris-plateado, morado y amarillo verdoso dependiendo de la edad y variedad (p. 29).

La raíz es tuberosa, de cáscara dura y leñosa, con pulpa blanca, y mide hasta un metro de largo y 20 cm de diámetro (Barroso, 2013, p. 12).

2.2 Taxonomía de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

La yuca tiene la siguiente clasificación taxonómica de acuerdo a Paredes (2014, p. 18):

Reino: Vegetal

División: Phanerogamas

Clase: Dicotiledoneae

Orden: Euphorbiales

Familia: Euphorbiaceae

Género: *Manihot*.

Especie: *esculenta*

2.3 Origen

De acuerdo a Miguez, Gutierrez y Mercado (2015, p. 2), su origen radica en Sudamérica donde fue domesticada por primera vez y es en Brasil donde existe el mayor número de especies y subespecies de *Manihot*. Es una de las primeras plantas alimenticias del mundo.

2.4 Importancia de la raíz de yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

Según Silva *et. al* (2016, p. 159), la yuca, en las áreas donde se cultiva, es el alimento que mayor contenido de almidón aporta a la dieta humana y es consumida especialmente como harina, ya que constituye la forma más práctica de almacenarla. Además, según Guira *et. al* (2016, p. 2), la yuca es la tercera fuente más importante de calorías en el trópico después del maíz y el arroz.

Bennett, Hickman, Kang y Taylor (2015, p. 5), afirman que debido a su resiliencia en terrenos con poca agua disponible y su alto contenido de carbohidratos, la yuca es altamente consumida en las regiones tropicales y pobres.

2.5 Composición Química y Nutricional de la Yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

La raíz de la yuca, por ser el órgano de reserva de energía, es usada de diversas formas en la alimentación humana y animal, siendo un ejemplo de ellas la extracción de almidón (Montero, 2015, p. 14).

De acuerdo a Alcívar (2013, p. 32), las raíces de yuca tienen, entre otros nutrientes, 55 g de carbohidratos por cada 100 g de producto (Ver Tabla 1).

Además las raíces de yuca contienen cianuro, el cual se encuentra como linamarina en un 90 %, un glucósido cianógeno, y cianuro libre en un 10 % (Pérez y Yépez, 2011, p. 23).

Las raíces de yuca, según Rojas (2012, p.12), se clasifican en variedades dulces y amargas con base en el contenido de ácido cianhídrico (Ver Tabla 2).

Por otra parte, cabe mencionar que la dosis letal mínima de este ácido para la especie humana es de 60 ppm, Martínez y Ramos (2012, p. 31) y su consumo prolongado en dosis subletales puede provocar intoxicación simple, crecimiento del bocio, cretinismo, problemas cardiovasculares como encefalopatía y neuropatía y la muerte (Orjiekwe, Solola, Yyen e Imade, 2013, p. 468).

Tabla 1. Composición química de la yuca

Datos obtenidos con muestra entera del tubérculo de 100 g		
Componente de la raíz	Contenido	Unidades
Humedad	36.87	g
Carbohidratos	55.34	g
Proteínas	4.05	g
Grasas	0.34	g
Fibra	1.34	g
Ceniza	2.06	g

Fuente: Alcívar (2013, p. 32)

Tabla 2. Clasificación de las variedades de yuca de acuerdo a su contenido de ácido cianhídrico en base seca

Variedad	Contenido de ácido cianhídrico en base seca
Variedades dulces	< 180 ppm de HCN
Rango intermedio	300 ppm < o > 180 ppm de HCN
Variedades amargas	> 300 ppm de HCN

Fuente: Rojas (2012, p. 12)

Elaborado por: El Autor

Tabla 3. Clasificación de variedades de yuca por su color en Ecuador

Color	Variedad
Negro	Tres meses o prieta, Escancela, Morada, Mulata, Quevedeña, entre otras.
Blanco	Taureña, Espada y Blanca.
Amarillo	Yema de huevo, Crema y Amarilla.

Fuente: Intriago y Muñoz (2014, p. 6)

Elaborado por: El Autor

2.6 Zonas y Volúmenes de Producción de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Ecuador

Según la investigación de Torres (2015, p 46, 47), se cultiva yuca en casi todas las provincias de Ecuador, siendo las zonas más productoras Santo Domingo de los Tsáchilas, con una producción entre el 2009 y 2014 del 19.80 %; Manabí con el 19.33 % y Los Ríos con el 12.10 % del total de la producción nacional.

Tabla 4. Producción nacional de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en t.

Provincia / Años	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Azuay	960,00	870,00	845,00	860,00	860,00	961,35	999,80	1032,80	1105,09	1182,45	1265,22	1353,79
Bolívar	4443,00	4682,00	4729,00	4729,00	4736,00	5294,13	5505,90	5687,59	6805,72	6511,72	6957,54	7455,27
Canar	49,00	230,00	360,00	374,00	366,00	409,13	425,50	439,54	470,31	503,23	538,45	576,16
Cotopaxi	1820,00	1410,00	1846,00	2446,00	3256,00	3639,71	3785,30	3910,22	4183,93	4476,81	4790,19	5125,50
Chimborazo	185,00	210,00	336,00	521,00	525,00	566,87	610,37	630,49	674,62	721,84	772,37	826,44
El Oro	468,00	1500,00	1650,00	2235,00	2201,00	2460,38	2558,80	2643,24	2828,27	3026,25	3238,08	3464,75
Esmeraldas	3240,00	3970,00	1800,00	11425,00	11900,00	13302,40	13834,49	14291,03	15291,40	16361,80	17507,13	18732,62
Guayas	1880,00	2240,00	3898,00	5616,00	5814,00	6499,17	6759,14	6982,19	7470,94	7993,91	8553,48	9152,23
Imbabura	145,00	417,00	844,00	866,00	732,00	818,27	851,00	879,08	940,61	1006,46	1076,91	1152,29
Lojas	5715,00	6608,00	7153,00	6956,00	6812,00	7614,78	7919,37	8180,71	8753,36	9336,10	10021,73	10723,25
Los Ríos	2240,00	6700,00	6658,00	14380,00	18267,00	20419,74	21236,53	21937,33	23472,94	25116,05	26874,17	28755,37
Manabí	22400,00	20640,00	25730,00	27691,00	29172,00	32609,87	33914,27	35033,44	37485,78	40109,78	42917,47	45921,69
Morona Santiago	8472,00	8100,00	8666,00	9870,00	10125,00	11318,21	11770,94	12159,38	13010,54	13921,28	14895,77	15938,77
Napo	4250,00	4500,00	5250,00	5340,00	5540,00	6192,88	6440,60	6653,13	7118,85	7617,17	8150,38	8720,90
Pastaza	310,00	375,00	350,00	410,00	405,00	452,73	470,84	486,38	520,42	556,85	595,83	637,54
Pichincha	1205,90	1410,00	1560,00	2292,00	2469,80	3036,95	3474,27	3588,92	3840,14	4108,95	4396,58	4704,34
Santo Domingo	12059,00	14100,00	15600,00	22920,00	24698,00	30369,48	34742,69	35889,19	38401,44	41089,54	43965,81	47043,41
Zamora Chinchipe	3200,00	4200,00	3980,00	3845,00	3989,00	4459,10	4637,46	4790,50	5125,83	5484,64	5868,57	6279,36
Sucumbios	12424,00	12500,00	10300,00	9360,00	4163,00	4653,60	4839,75	4999,46	5349,42	5723,88	6124,55	6553,27
Orellana	2750,00	3900,00	9600,00	9200,00	9100,00	10172,42	10579,32	10928,43	11693,42	12511,96	13387,80	14324,95
Galápagos		50,00	40,00	54,00	54,00	60,36	62,78	64,85	69,39	74,25	79,44	85,11
TOTAL	88215,9	98612	111195	141390	145184,8	165311,53	175419,12	181207,9	194612,42	207434,92	221977,47	237527,01

Fuente: Torres (2015, p. 45)

2.7 Harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

En la recopilación de información técnica sobre la harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) no se encontró una norma nacional relevante, por lo que es necesario citar la de FAO (1989) CODEX STAN 176-1989 que sostiene: La yuca comestible (*Manihot esculenta* Crantz) es el producto que se obtiene de las hojuelas o pasta de yuca con un proceso de pulverización y molienda, seguido del cernido para separar la fibra de la harina.

2.7.1 Factores de calidad de la harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Tabla 5. Factores de calidad de la harina de yuca

Generales
La harina de yuca comestible deberá ser inocua y apropiada para el consumo humano.
La harina de yuca comestible deberá estar exenta de sabores y olores extraños y de insectos vivos.
La harina de yuca comestible deberá estar exenta de suciedad (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos) en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.
Específicos
Contenido de humedad: 13.0 % m/m máximo
Para determinados destinos, por razones de clima, duración del transporte y almacenamiento, deberían requerirse límites de humedad más bajos. Se pide a los gobiernos que acepten esta Norma que indiquen y justifiquen los requisitos vigentes en su país.

Fuente: FAO (1989) CODEX STAN 176-1989

Elaborado por: El Autor

2.7.2 Análisis químicos aplicables a la harina de yuca.

La información pertinente a los análisis químicos para la harina de yuca corresponden a FAO (1989) CODEX STAN 176-1989.

Tabla 6. Análisis aplicables a la harina de yuca

Factor Descripción	Límite	Método de Análisis
FIBRA BRUTA	Máx.: 2.0 %	ISO 5498 (1981) - Determinación de fibra bruta -Separación de B.S. por filtración a través de un filtro de papel - Método general
CENIZA	Máx.: 3.0 %	ISO 2171 (1980) - Cereales, legumbres y productos derivados - Determinación de la cantidad de ceniza (Método del Tipo I)
ADITIVOS ALIMENTARIOS	Conforme a la legislación del país en que se vende el producto	Ninguno definido
TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS		Ninguno definido
• Harina fina	Mín.: El 90 % deberá pasar por un tamiz de 0,60 mm	
• Harina gruesa	Mín.: El 90 % deberá pasar por un tamiz de 1.20 mm	

Fuente: FAO (1989) CODEX STAN 176-1989

Elaborado por: El Autor

2.8 Purés instantáneos

Álvarez (2013, p. 4) en su obra “Optimización del proceso de recuperación de almidón en una planta de puré instantáneo” indica la definición de un puré instantáneo a base de papa el cual dice: los copos de papa deshidratados o harina de papa deshidratada son el puré de papas elaborado a partir de dichos tubérculos sometidos a cocción, triturados y secados a la humedad final requerida y finalmente molidos.

Merino y Otiniano (2014, p. 186), en sus investigaciones ofrece la definición del puré de zapallo macre instantáneo, como un producto semielaborado a base de zapallo macre deshidratado pulverizado, que puede reconstituirse al instante agregándosele agua hervida. La dilución antes de consumirlo que se recomienda es de 90 g de puré para 240 ml a 300 ml de agua hervida.

Según Pacco (2015, p. 11), el puré es una preparación culinaria que se basa en cocer un alimento para luego molerlo, de modo que muestre una textura homogénea de pasta. Los alimentos elaborados en forma de puré suelen ser elaborados a base de tubérculos, legumbres u hortalizas.

2.9 Inhibición enzimática

De acuerdo a las investigación “Elaboración de sopa instantánea a partir de harina de batata (*Ipomea batata*) de Albán y Figueroa (2011, p. 3) se recomienda la combinación de ácido cítrico y ascórbico, ya que el escaldado y la aplicación de metabisulfito de sodio provoca la decoloración del producto.

En cambio, Alonso, García, González y Benavente (2014, p. 112) en su obra “Producción de harina de papa para puré instantáneo”, el mejor método es la cocción completa del tubérculo a 90 °C por 20 minutos, debido a que el ácido ascórbico se descompone en el producto final y el metabisulfito dificulta el secado del interior de las muestras.

2.10 Gelatinización

Durante el proceso de gelatinización el orden molecular dentro de los gránulos, es destruido gradual e irreversiblemente, por esto la temperatura de gelatinización es característica para cada tipo de almidón (Martínez, Pérez y Ramírez, 2015, p.32). En cambio, Arias (2016, p. 10), afirma que es el proceso en el que los gránulos de almidón, insolubles en agua fría, al ser calentados absorben agua lentamente en sus zonas intermicelares amorfas.

2.11 Retrogradación

La retrogradación del almidón es un fenómeno que ocurre cuando las cadenas de almidón se reasocian en una estructura ordenada (Rodríguez (2015, p. 23).

En el proceso de cocción de yuca en agua, los gránulos de almidón (amilasa y amilopectina) gelatinizan a temperaturas relativamente bajas (60 °C - 70 °C); alcanzado en poco tiempo el pico máximo, lo que significa que es un almidón fácil de cocinar y que requiere menor consumo de energía durante este proceso. Además se caracteriza por baja retrogradación lo que produce un gel muy claro y estable (Valencia y Torres, 2011, p. 20).

2.12 Poder de Hinchamiento (PH)

El poder de hinchamiento es una medida de la capacidad del almidón para hidratarse bajo condiciones específicas tales como: temperatura y disponibilidad de agua (Rodríguez, 2015, p. 23).

2.13 Índice de Absorción de Agua (IAA)

De acuerdo a Córdova (2014, p. 26), la capacidad de absorción de agua y la temperatura de gelatinización están en relación de dependencia con el tamaño de los gránulos, como la relación amilosa/amilopectina y también las fuerzas intra e intermoleculares.

2.14 Deshidratación

El propósito principal de la deshidratación es reducir el contenido de humedad de los alimentos, lo cual minimiza la actividad enzimática y las condiciones para que los microorganismos se desarrollen sobre el mismo (Ochoa *et. al*, 2012).

2.15 Métodos de deshidratación

Según Acosta (2012, p. 41) se puede utilizar deshidratadores adiabáticos, Montero (2012, p. 32, 36) deshidratadores solares y estufas de aire, Albán y Figueroa (2011, p. 2) secadores horizontales de cabina, y Salcedo, Mercado, Vanegas, Fernández y Vertel (2014, p. 3) secadores de bandejas

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación geográfica

La elaboración de harina para puré de yuca instantáneo se realizará en la ciudad de Guayaquil en el Laboratorio de Desarrollo de Productos de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

3.2 Materiales

Los materiales a usar son yuca variedad morada (*Manihot esculenta* Crantz) adquirida en los mercados de Guayaquil.

3.3 Determinación de la humedad inicial y porcentaje de materia seca de la yuca

Para conocer el porcentaje de materia seca de la materia prima a utilizar se aplicará el método de la estufa a 105 °C por 24 horas (A.O.A.C, 1990).

3.4 Determinación de la temperatura de secado de la yuca

Previo a producir la harina con el mejor método de inhibición enzimática se debe conocer a qué temperatura será recomendable deshidratar la materia prima, por lo que se ensayará con 3 temperaturas, 60 °C, 70 °C y 80 °C en muestras de 100 g y por duplicado. En la presente investigación la yuca se

secará en un deshidratador eléctrico de aire por convección marca BIOBASE WGL-125B

3.5 Curvas de secado

La pérdida de peso de las muestras en el tiempo fue determinada pesando las muestras en una balanza cada hora hasta peso constante.

Con los resultados obtenidos, se calculó el porcentaje de humedad perdida de cada muestra con la Ecuación (1):

$$H = \frac{W - W_s}{W}$$

Dónde:

H= contenido de humedad (g de agua/g de sólido seco);

W= peso de la muestra húmeda (g totales de agua más muestra seca)

W_s= peso de la muestra seca (g).

Al final con los datos tomados se realizó las curvas de secado para la selección de temperatura deshidratación.

3.6 Inhibición enzimática

Los tratamientos de inhibición enzimática fueron:

Método 1: inmersión en baño de María.

Método 2: inmersión en solución ácido cítrico al 0.5 % (Dosis 1).

Método 3: inmersión en solución de ácido cítrico al 1 % (Dosis 2).

Testigo: Muestra sin tratamientos químicos o físicos

3.7 Evaluación de la efectividad de la inhibición enzimática

Con el fin de poder determinar la efectividad de cada uno de los tratamientos de inhibición enzimática se realizaron ensayos sobre rodajas de yuca de 2 mm de grosor para poder aplicar la metodología usada por García, Alvis y Romero (2016) de evaluación del color a través del uso de un colorímetro KONICA MINOLTA CR-5.

Las variables son:

L^* = luminosidad

a^* = escala entre rojo y verde

b^* = escala entre azul y amarillo

a^*/b^* = relación estímulo a^*/b^*

Una vez realizada la evaluación de las coordenadas del color a las muestras de los tratamientos se eligió el tratamiento con el menor valor de b^* para la producción de harina.

3.8 Producción de harina

La producción de la harina se realizó aplicando el método de inhibición enzimática que mostró la menor oxidación o decoloración de su superficie y las etapas se detallan a continuación:

Recepción: La materia prima fue receptada en el Laboratorio de Desarrollo de Productos de la UCSG.

Selección: Mediante inspección organoléptica se seleccionó la yuca que no tuviera un estado de madurez fisiológica avanzada y deterioro microbiológico.

Lavado: Utilizando agua de grifo se procedió a lavar la materia prima para retirar la suciedad que poseía.

Pesado: La materia prima receptada fue pesada para conocer la cantidad de material que ingresaba al proceso.

Pelado: De manera manual, empleando un cuchillo, se retiró la cáscara de la yuca.

Corte: Con la rebanadora de embutidos de la Laboratorio de Desarrollo de Productos de la UCSG, se hicieron rodajas de la yuca pelada de 0.2 cm de espesor.

Inhibición enzimática: Se aplicó el método de inhibición enzimática con el menor valor de b^* .

Secado: Las rodajas de yuca, a las que previamente se les realizó la inhibición enzimática, se secaron a la temperatura determinada en el punto 3.4 hasta obtener un valor de humedad menor al 13 % del máximo exigido por el CODEX STAN 176-1989.

Molienda: Usando un molino artesanal para granos marca CORONA las rodajas de yuca fueron pulverizadas.

Tamizado: Siguiendo la norma NTE INEN 0517 (1981), 100 g de producto fueron agitados en un tamiz eléctrico digital y juego de tamices

marca RETSCH Modelo AS-200 110V para conocer la granulometría y distribución de partículas.

Envasado: El producto final fue envasado en fundas de polietileno transparente de baja densidad.

3.9 Rendimiento en la harina de yuca

El cálculo del rendimiento de la harina elaborada se realizó aplicando las siguientes ecuaciones.

Ecuación (2)

$$R_{BH} = \frac{m_3}{m_1} \times 100$$

Ecuación (3)

$$R_{BS} = \frac{m_3}{m_2} \times 100$$

Dónde:

R_{BH} = Rendimiento en base húmeda

R_{BS} = Rendimiento en base seca

m_1 = Masa de la yuca fresca entera

m_2 = Masa de la yuca deshidratada

m_3 = Masa de harina de yuca

3.10 Caracterización fisicoquímica del producto obtenido

Para determinar la calidad de la harina de yuca obtenida, el producto fue sometido a los análisis fisicoquímicos que se indican en la Tabla 7. Por otra parte la determinación del aporte nutricional de las harinas se realizará mediante el análisis proximal.

Tabla 7. Métodos analíticos utilizados para la caracterización de la harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

Análisis	Método
% Humedad	NTE INEN 518
% Acidez	NTE INEN 521
% Ceniza	NTE INEN 520
% Grasa*	AOAC 19th 922.06
% Proteína*	AOAC 19th 920.87
% Fibra bruta*	AOAC 19th 978.10

Fuente: AOAC 19th 922.06, 920.87 978.10
NTE INEN 518, 520 y 521.

Elaborado por: El Autor

*Análisis realizados en PROTAL.

3.11 Caracterización de las propiedades funcionales

Los parámetros PH, IAA e ISA para la harina de yuca fueron realizados aplicando la metodología de Anderson *et. al* (1969).

Tabla 8. Propiedades funcionales de los almidones

Propiedad Funcional	Metodología
IAA (g gel / g muestra (BS))	Anderson <i>et. al.</i> 1969
ISA (g gel / g muestra (BS))	Anderson <i>et. al.</i> 1969
PH (g gel / g muestra (BS))	Anderson <i>et. al.</i> 1969

Fuente: Anderson. *et. al.*, (1969).

Elaborado por: El Autor

Ecuación (4)

$$ISA = \frac{Pg_{(g)}}{Pm_{(g)} bs}$$

Ecuación (5)

$$IAA = \frac{Pg_{(g)}}{Pm_{(g)} bs} \times V \times 10$$

Ecuación (6)

$$PH = \frac{Pg_{(g)}}{Pm_{(g)} bs - Ps_{(g)}}$$

Dónde:

ISA = Índice de Solubilidad en agua

IAA = Índice de Absorción de agua

PH = Poder de Hinchamiento

$Pg_{(g)}$ = Peso del gel formado en gramos

$Pm_{(g)} bs$ = Peso de la muestra en base seca

V = Volumen del decantado

$Ps_{(g)}$ = Peso de solubles

3.12 Determinación de temperatura de gelatinización

La temperatura de gelatinización de la harina a obtenerse se la realizará de acuerdo al método (Grace, 1977).

3.13 Evaluación microbiológica

La inocuidad de la harina de yuca fue evaluada comparando los valores obtenidos con los límites permitidos por la norma INEN 0616 (2006).

Tabla 9. Estándares microbiológicos

Microorganismo	Método de ensayo	Unidad	Límite máximo
Aerobios mesófilos	NTE INEN 1 529 - 5	UFC/g	100 000
Coliformes	NTE INEN 1 529 - 7	UFC/g	100
E. Coli	NTE INEN 1 529 - 8	UFC/g	0
Mohos y Levaduras	NTE INEN 1 529 -10	UFC/g	500
Salmonella	NTE INEN 1 529 - 15	UFC/25 g	0

Fuente: NTE INEN 0616 (2006)

Elaborado por: El Autor

3.14 Análisis sensorial

El puré de yuca deshidratado, fue evaluado organolépticamente por 25 panelistas, los cuales indicaron su nivel de agrado o desagrado en una escala de 1 al 7, según la Tabla 10.

Además, también se les consultó la frecuencia con que consumirían el producto en la semana y al mes. Los resultados de dichas encuestas de calificación de producto se encuentran en los Anexos.

Tabla 10. Escala de calificación de satisfacción

Categoría	Calificación
Me disgusta mucho	1
Me disgusta moderadamente	2
Me disgusta levemente	3
No me gusta ni me disgusta	4
Me gusta levemente	5
Me gusta moderadamente	6
Me gusta mucho	7

Elaborado por: El Autor

4. RESULTADOS

4.1 Determinación de humedad inicial

La humedad inicial de la raíz empleada se determinó por el método de la estufa a 105 °C por 24 horas (A.O.A.C. 1990) con una muestra testigo de 100 g y 3 réplicas, obteniéndose el siguiente resultado.

Tabla 11. Humedad inicial de la Yuca

No.	Humedad
Testigo	63 %
Réplica 1	64 %
Réplica 2	63 %
Réplica 3	64 %
Promedio	64 %
Materia Seca	36 %

Elaborado por: El Autor

4.2 Determinación de la temperatura de secado

Con el fin de encontrar la temperatura que diera el menor tiempo de secado fue necesario comparar mediante curvas de tiempo vs masa la temperatura en la que se deshidratará más rápido la masa vegetal. Para tal objetivo, se prepararon muestras de 100 g de rodajas de 0.2 cm por duplicado para cada temperatura 60 °C, 70 °C y 80 °C.

Durante el secado de las muestras, éstas fueron pesadas en una balanza tipo mesa cada hora para luego elaborar las curvas de secado, las cuáles se pueden apreciar en los Gráficos 1 al 3.

Gráfico 1. Secado a 60 °C de rodajas de yuca de 0.2 cm

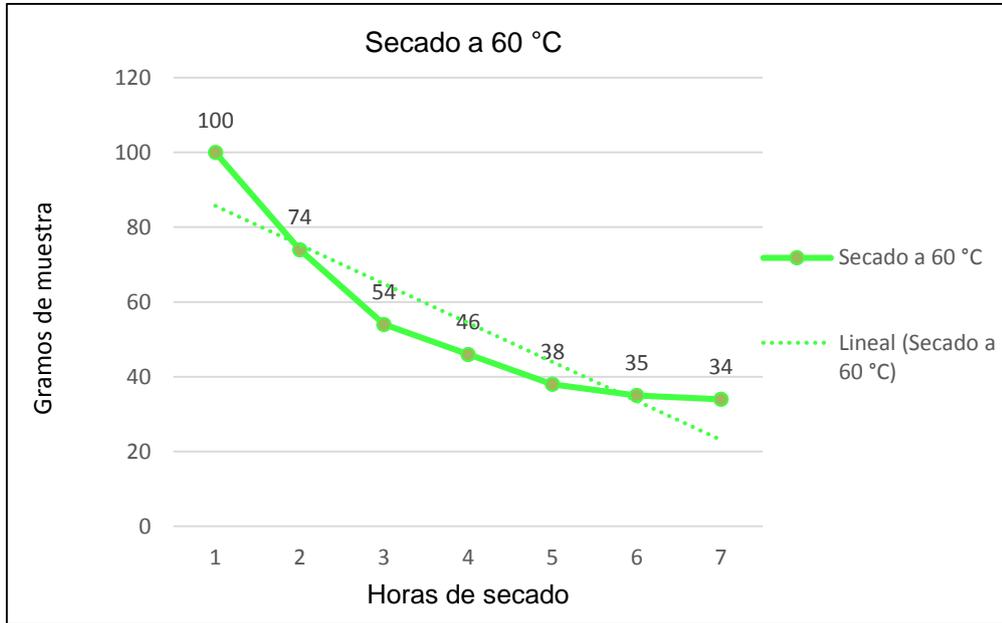
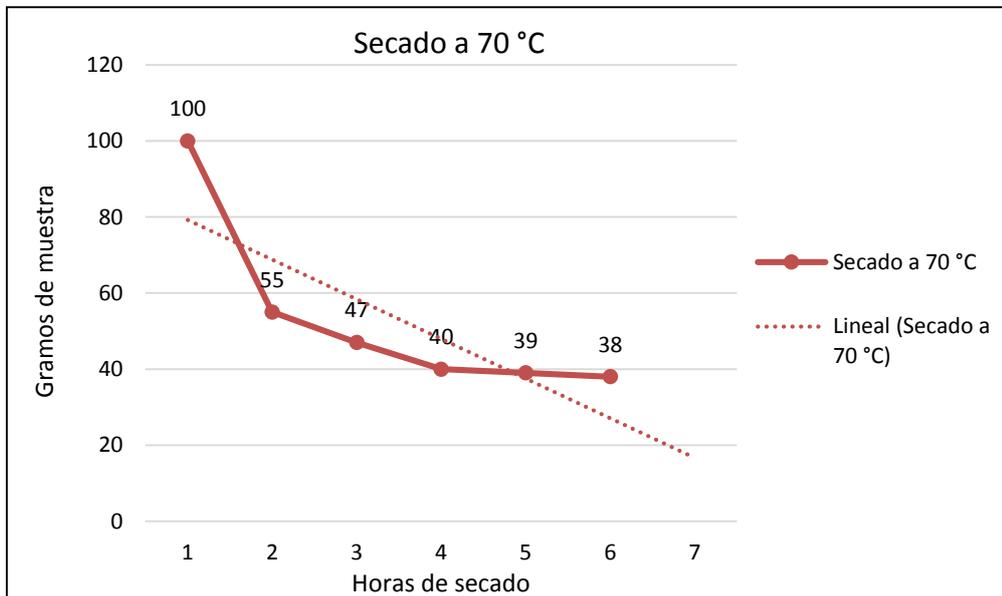
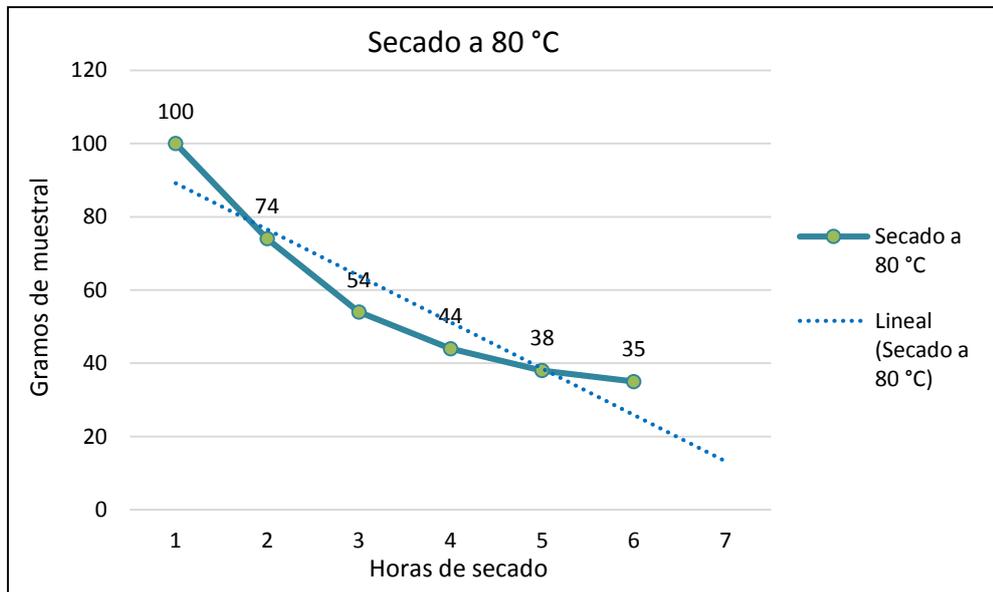


Gráfico 2. Secado a 70 °C de rodajas de yuca de 0.2 cm



Elaborado por: El Autor

Gráfico 3. Secado a 80 °C de rodajas de yuca de 0.2 cm



Elaborado por: El Autor

En el Gráfico 2, la deshidratación a 70 °C provocó que la pérdida de masa en la primera hora fuera mayor, es decir 55 g en comparación con los 25 g en promedio que se perdieron en el secado a 60 °C y 80 °C. Además, se puede observar que se llegó a peso constante en 5 horas, 1 hora menos que con las otras temperaturas, siendo éste el secado más rápido.

En cambio en el secado a 60 °C, hubo un descenso de 26 g en su masa en la primera hora, similar al secado a 80 °C, y duró 7 horas; por lo que entre ambas curvas el secado a 80 a °C fue el más óptimo en cuestión de tiempo, tomando 1 hora menos.

De acuerdo al análisis de los gráficos se determinó que la temperatura óptima para el secado de las rodajas de yuca fue a 80 °C.

4.3 Inhibición enzimática

La inhibición enzimática aplicada a la masa de yuca variedad morada se realizó en 3 métodos.

El primer método consistió en someter la masa de la yuca a un tratamiento térmico para destruir la enzima polifenoloxidasa (PPO) a través del escaldado a 100 °C durante 30 min, dando una coloración amarillenta y textura blanda a la masa de yuca. Ver Anexo 3.

Luego se optó por aplicar calor a través de la utilización de un baño de María durante 30 min ya que en este método el calor no afecta de manera directa.

El método 2 consistió en la aplicación de una solución de ácido cítrico al 0.5 %, la cual fue preparada disolviendo el ácido en agua destilada a 10 °C, para luego sumergir la masa de yuca por 20 minutos. Al término de la inmersión, las masas de yuca se drenaron en un cernidero con el fin de introducirla al equipo deshidratador sin exceso de agua.

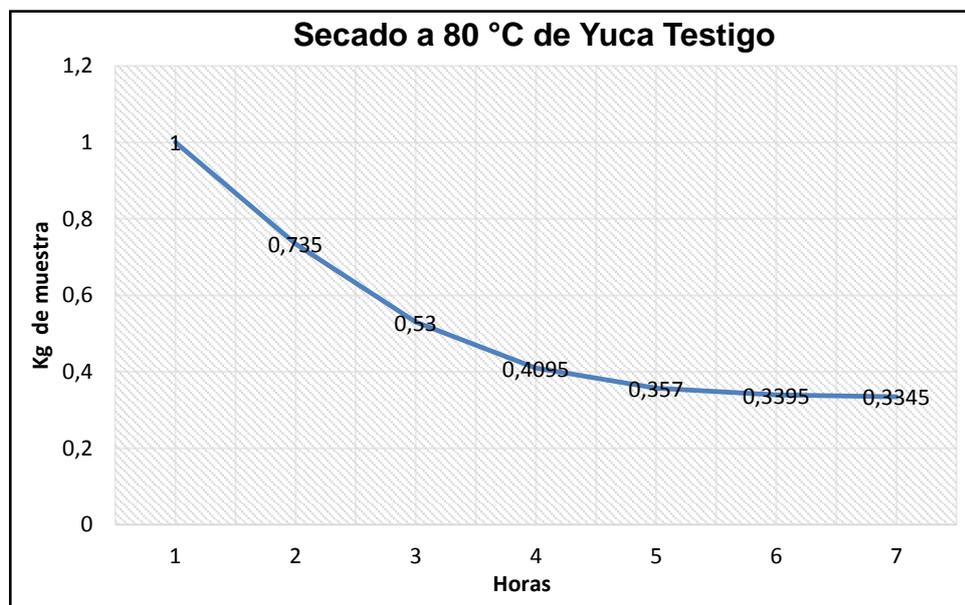
Seguidamente se procedió con el método 3, donde se sumergió las rodajas de yuca en una solución de ácido cítrico al 1 % por 20 minutos, procediendo de igual manera como en el método 2 para retirar el exceso de agua al término de la inmersión.

Tanto en el método 2 y 3, no se presentaron cambios desfavorables ni durante ni inmediatamente después de haberse realizado. Además, todas las muestras tratadas con los diferentes métodos fueron deshidratadas a la temperatura y por el tiempo determinado en el punto 4.2

4.4 Curvas de secado de los tratamientos

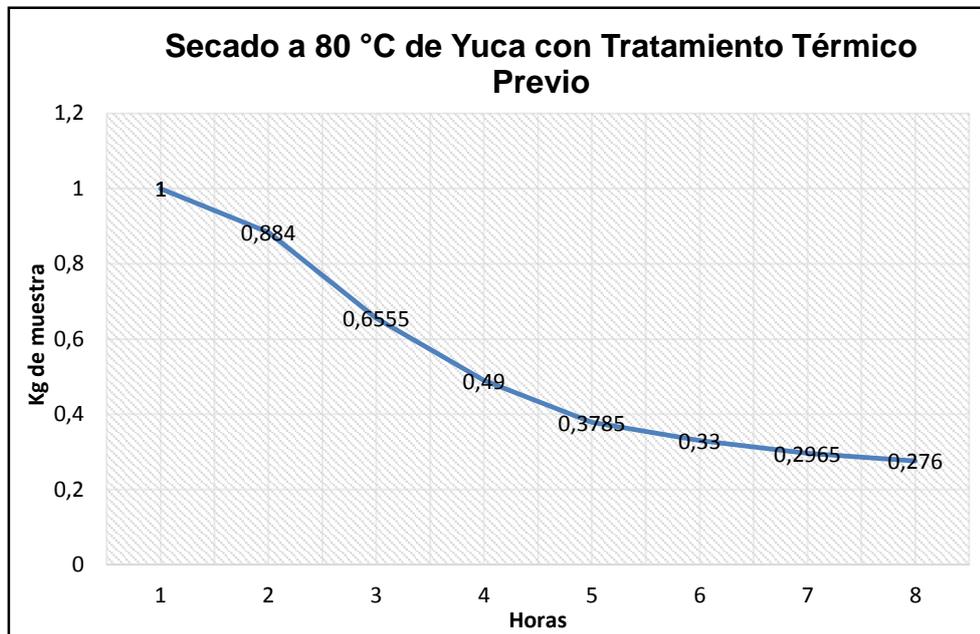
Durante el secado se pudo apreciar que los métodos 2 y 3 requirieron de mayor tiempo en el deshidratador, el cual se extendió de 6 horas a 7 y 10 horas respectivamente. Mientras que la muestra testigo y del método 1 llegaron a peso constante en las 6 horas proyectadas en el punto 4.2. Dichos eventos se ilustraron mediante los siguientes gráficos.

Gráfico 4. Curva de secado a 80 °C de yuca Testigo



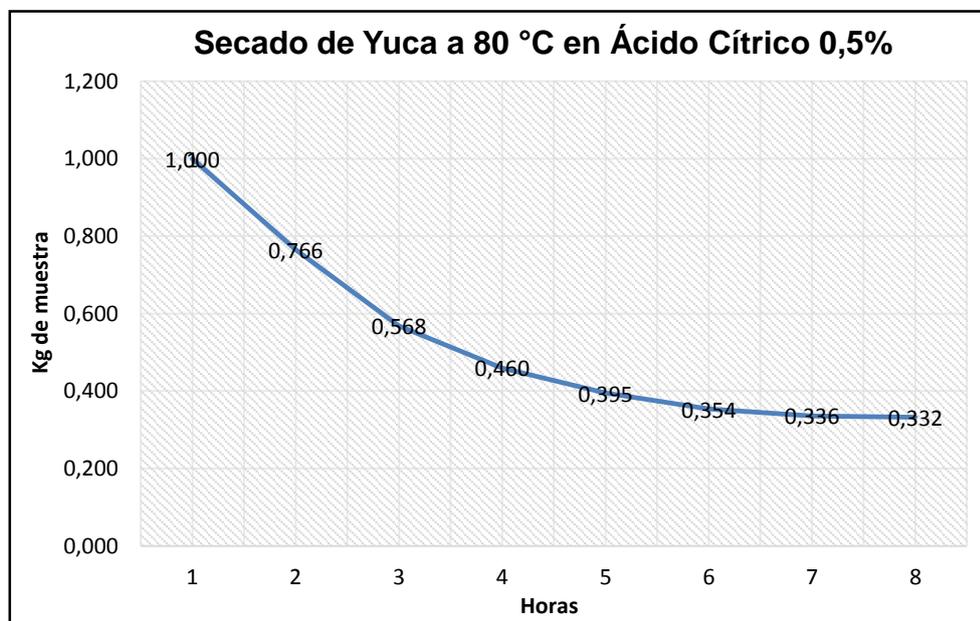
Elaborado por: El Autor

Gráfico 5. Curva de secado a 80 °C de método 1



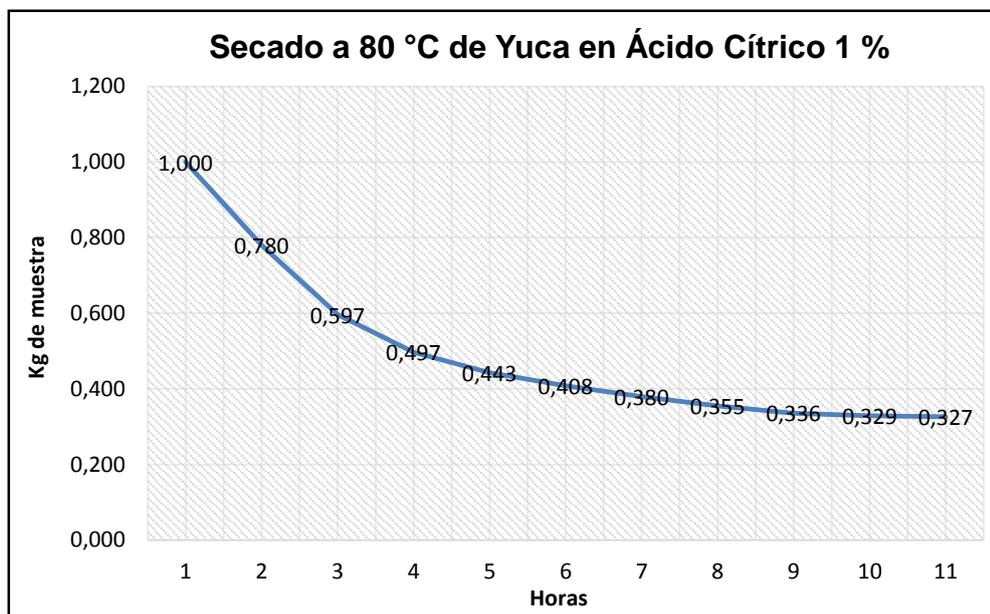
Elaborado por: El Autor

Gráfico 6. Curva de secado a 80 °C de método 2.



Elaborado por: El Autor

Gráfico 7. Curva de secado a 80 °C de método 3



Elaborado por: El Autor

4.5 Evaluación de la efectividad de los tratamientos de inhibición enzimática

Una vez terminado el secado de los diferentes tratamientos, se pudo evidenciar que a simple vista las rodajas de yuca sometidas al método 1 tuvieron un color amarillo grisáceo como resultado de la hidratación de sus almidones por el vapor indirecto del baño de María, en contraste con las rodajas de yuca de la muestra Testigo.

En cambio, las rodajas de yuca de los métodos 2 y 3 obtuvieron un color más blanco que el de la muestra testigo y del método 1, por lo cual se tomaron las rodajas para evaluar su color en el colorímetro, comparando entre sí las variables L^* , a^* , b^* y la relación a^*/b^* , como se muestra en la Tabla 12.

La toma de las coordenadas de color de las rodajas por cada método se realizó primero limpiando el lente del colorímetro, tarando el equipo de la lectura anterior, seguido de la inserción de la rodaja en la cápsula y finalmente dando inicio a la lectura.

Tabla 12. Comparación de coordenadas de color de los métodos

Parámetro de referencia	L*	a*	b*	a*/b*
Yuca fresca*	97.0a	-0.024	1.035	-0.0232
Yuca secada en microondas 2 cm*	99.99	0.317	0.58	0.5466
Tratamiento de Inhibición enzimática				
Testigo	99.75	0.3220	0.5854	0.5501
Métodos 1	66.85	-0.2670	1.62	-0.1648
Métodos 2	99.99	0.3165	0.5746	0.5508
Métodos 3	99.99	0.3163	0.5743	0.5508

Elaborado por: El Autor

**Valores de referencia de rodajas de yuca de García, Alvis y Romero (2016, p. 58).*

Los valores más cercanos a 100 indican que las muestras evaluadas poseen una alta luminosidad L*; los valores positivos y negativos de a* indican la inclinación hacia el rojo y el verde respectivamente. Por su parte, en el estímulo b*, los valores negativos y positivos muestran que el color de cualquier muestra tiene tendencia hacia el azul o al amarillo respectivamente.

Por lo expuesto en la Tabla 12, no hay diferencias significativas en la variable L* entre los métodos 2 y 3 contra la rodaja de yuca secada en microondas de 2 cm, pero existe una diferencia significativa en la variable L*

entre el grupo de los métodos 2 y 3 con la muestra testigo y la rodaja de yuca fresca. Asimismo, existe una diferencia muy significativa entre la rodajas del método 2 y 3 contra la el método 1.

Por otra parte, no existió diferencia significativa en la variable en el espacio de color verde-rojo (a^*) entre los métodos 2 y 3, pero si entre las mismas y el grupo de la muestra testigo y la rodaja de yuca de 2 cm secada en microondas. También se puede observar una diferencia muy significativa entre las rodajas del grupo de métodos 2 y 3 con la rodaja del método 1.

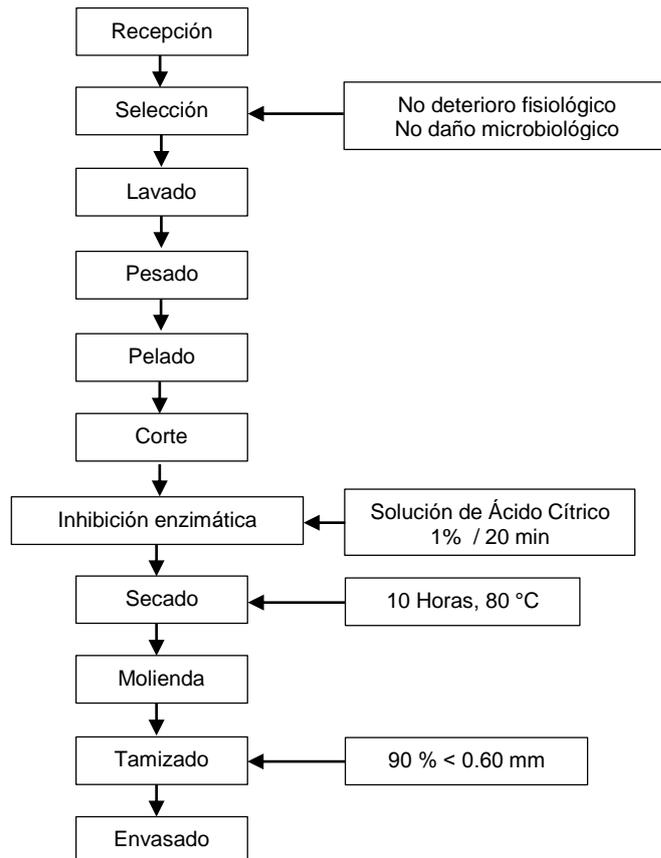
Con respecto al estímulo b^* , se puede observar que no existen diferencias significativas entre los métodos 2 y 3, pero si entre éstas contra el testigo, rodajas de yuca secadas sin tratamiento físico o químico previo, y la rodaja de yuca fresca del parámetro de referencia. Resalta sobre todo, la diferencia muy significativa entre todos los métodos y el método 1, lo cual se debe a la coloración amarillenta que tuvo el mismo.

Finalmente, en la relación a^*/b^* no hay diferencia significativa entre los métodos 2 y 3, pero sí de manera significativa entre dicho grupo con la rodaja de 2 cm secada en microondas y la rodaja testigo. Además, se observa diferencias muy significativas entre el grupo de los métodos 2 y 3, y el grupo de la rodaja fresca y del método 1.

4.6 Producción de harina

El proceso de producción de la harina se realizó de la siguiente manera:

Gráfico 8. Proceso de elaboración de harina de yuca



Elaborado por: El Autor

4.7 Determinación del tamaño de las partículas

Habiendo aplicado la norma NTE INEN 0517 (1981), el producto obtenido tuvo la siguiente distribución de partículas.

Tabla 13. Distribución de partículas

Distribución de partículas			
Malla	Réplica 1	Réplica 2	Promedio
60 micras	7.62 %	7.28 %	7.45 %
75 micras	40.36 %	40.85 %	40.61 %
90 micras	38.5 %	38.10 %	38.30 %
125 micras	13.52 %	13.77 %	13.65 %
Total	100 %	100 %	100 %

Elaborado por: El Autor

4.8 Rendimiento de la harina yuca

Usando las ecuaciones (2) y (3) se calculó el rendimiento en base húmeda y base seca de la harina obtenida. Ver Tabla 14.

Tabla 14. Rendimientos en base húmeda y base seca

Rendimiento	Harina		
	Réplica 1	Réplica 2	Promedio.
Rendimiento en base húmeda	26.48	23.82	25.15 %
Rendimiento en base seca	98.21	98.42	98.32 %

Elaborado por: El Autor

4.9 Caracterización microbiológica

La harina de yuca elaborada en el presente trabajo cumplió los estándares microbiológicos exigidos por la Corporación CLAYUCA y la NTE INEN 0616 (2006).

Tabla 15. Análisis microbiológico

Tratamiento	Dilución	Fecha:	13/12/2016	
			Recuento	Promedio
	10 ⁽²⁾			
Mesófilos Aerobios	10 ⁽²⁾	R1: 20	R2: 34	27*10 ⁽²⁾
Coliformes	10 ⁽²⁾	R1: 22	R2: 18	20*10 ⁽²⁾
Mohos y Levaduras	10 ⁽²⁾	AUSENCIA		
E. Coli	10 ⁽²⁾	AUSENCIA		
Salmonella	10 ⁽²⁾	AUSENCIA		

Elaborado por: El Autor

4.10 Pruebas de rehidratación

La harina de yuca fue hidratada en 3 relaciones tentativas de harina – agua, siendo éstas 1:2, 1:2.25 y 1:2.5. Además se describió el sabor y color de las soluciones. Ver Tabla 16.

Tabla 16. Prueba de rehidratación

Pruebas de rehidratación						
Relación	Masa de harina	Sustancia Hidratante	Temperaturas °C			Observaciones
	Masa	Volumen	R1	R2	Prom.	
1:2.0	100 g	200 ml	67	64	65.5	Solución muy espesa, color beige opaco y sabor neutro. Gráfico 9
1:2.25	100 g	225 ml	61	68	64.5	Solución uniforme, color café ligeramente rosado y sabor dulce. Gráfico 9
1:2.5	100 g	250 ml	65	66	65.5	Solución muy fluida con separación de fases, color ocre y sabor dulce. Gráfico 9

Elaborado por: El Autor

Gráfico 9. Relaciones de harina – agua



Elaborado por: El Autor

Según las pruebas de rehidratación la relación 1:2.25, harina – agua, por lo descrito en las observaciones de la tabla 15 fue la elegida.

4.11 Temperatura de gelatinización

A la relación de harina – agua resultante de las pruebas de rehidratación se le determinó la temperatura de gelatinización de acuerdo a la metodología indicada en el punto 3.12. Ver Tabla 17.

Tabla 17. Temperatura de gelatinización

Relación	Masa	Unidad	Volumen	Unidad	Temperatura °C de Gelatinización		
					R1	R2	Prom.
1:2.25	100	g	225	ml	62	65	63.5

Elaborado por: El Autor

4.12 Caracterización fisicoquímica

De acuerdo a los análisis fisicoquímicos realizados la harina de yuca de variedad morada obtenida tuvo la siguiente caracterización:

Tabla 18. Caracterización fisicoquímica de la harina de yuca

Análisis	Método	Parámetro de Referencia	Valor
% Humedad	NTE INEN0518 (1981)	10 – 12 % ¹	6.5 %
% Acidez	NTE INEN 0521 (1981)	0 – 0.1 % ²	0.24 %
% Ceniza	NTE INEN 0520 (1981)	1 – 2 % ¹	2.78 %
% Grasa	AOAC 19th 922.06	0.5 – 1 % ¹	1.55 %
% Proteína	AOAC 19th 920.87	1 – 3 % ¹	1.13 %
% Fibra cruda	AOAC 19th 978.10	1 -3 % ¹	0.94 %

¹CLAYUCA. ²NTE INEN 0616 (2006): Harina de Trigo.

Requisitos

Elaborado por: El Autor

4.13 Caracterización de las propiedades nutricionales

Según los análisis realizados en la el punto 4.11, 100 g puré de yuca deshidratado en base seca poseen los siguientes valores nutricionales:

Tabla 19. Propiedades nutricionales

Propiedad Nutricional	Método	Valor
Calorías	Cálculo	366.87 kcal
Humedad	NTE INEN 0518 (1981)	6.5 g
Carbohidratos	Por Diferencia	87.1 g
Ceniza	NTE INEN 0520 (1981)	2.78 g
Grasa	AOAC 19th 922.06	1.55 g
Proteína	AOAC 19th 920.87	1.13 g
Fibra cruda	AOAC 19th 978.10	0.94 g

Elaborado por: El Autor

4.14 Caracterización de las propiedades funcionales de la harina de yuca

El producto elaborado fue sometido por duplicado a los análisis de las propiedades funcionales de *Anderson et. al* (1969) a la temperatura de 25 °C y los resultados se exponen a continuación:

Tabla 20. Propiedades funcionales de la harina de yuca

Parámetros	Temperatura	Harina de Yuca (Variedad Morada)		
		Réplica 1	Réplica 2	Promedio
ISA (g gel/ g muestra (BS))	25 °C	8.16	9.05	8.61
IAA (g gel/ g muestra (BS))	25 °C	9.07	10.06	9.57
PH (g gel/ g muestra (BS))	25 °C	9.78	10.84	10.31

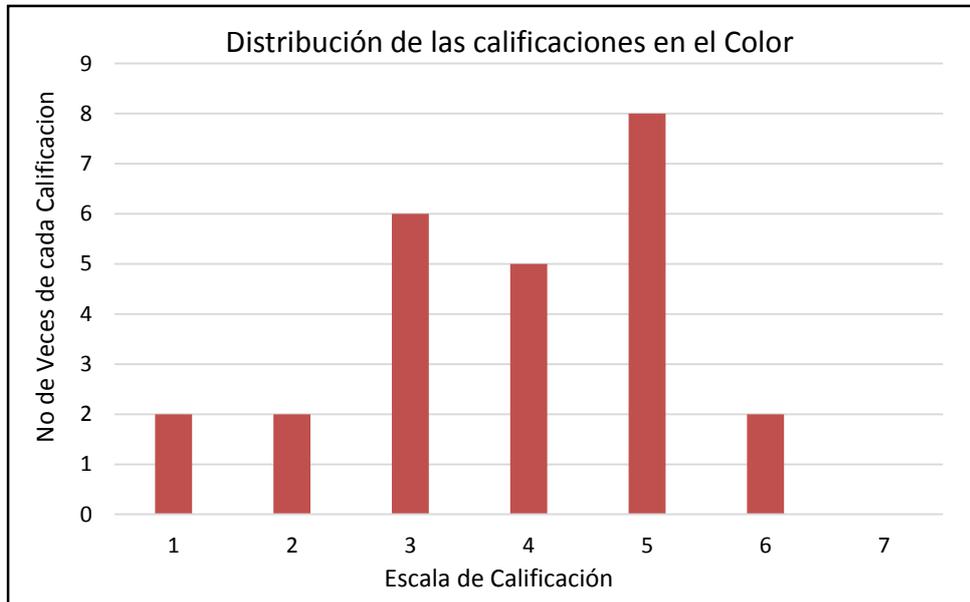
Elaborado por: El Autor

*Los valores expuestos en la Tabla 20 corresponden a una harina obtenida con un secado a 80 °C y con 6 % de humedad.

4.15 Análisis sensorial

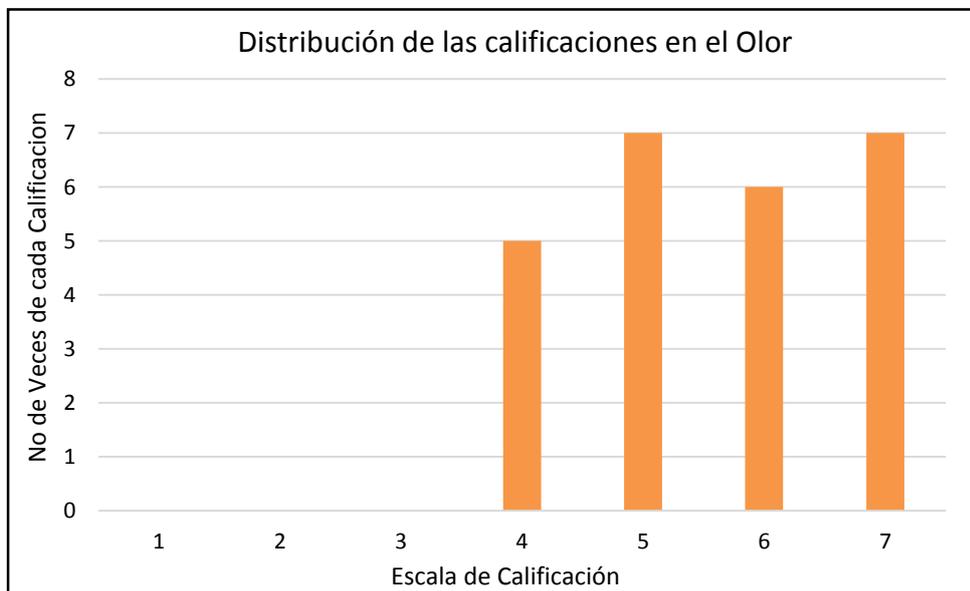
El análisis sensorial se ejecutó ofreciendo muestras de 56.25 g de puré de yuca hidratado (25 g de harina de yuca y 56.25 g de agua) a 25 personas sin entrenamiento alguno, y se les indicó de qué manera llenar la hoja de calificación de satisfacción del producto. Los resultados se muestran a continuación.

Gráfico 10. Distribución de las calificaciones a la Variable 1



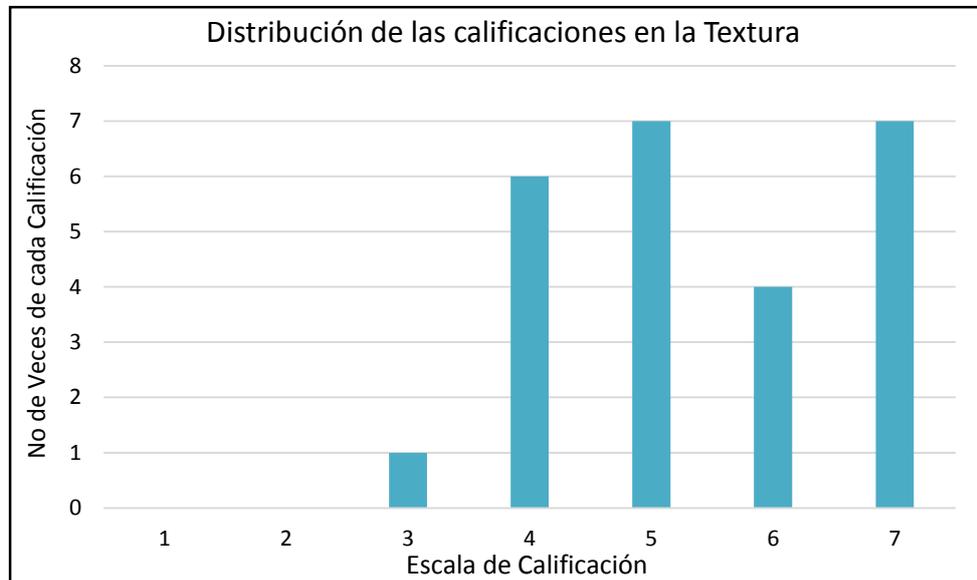
Elaborado por: El Autor

Gráfico 11. Distribución de las calificaciones a la Variable 2



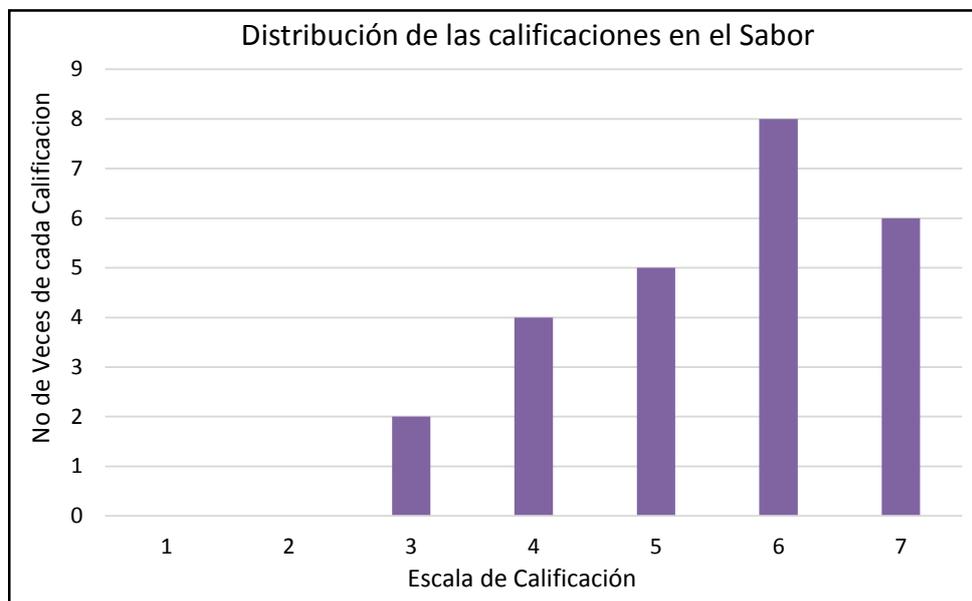
Elaborado por: El Autor

Gráfico 12. Distribución de las calificaciones a la Variable 3



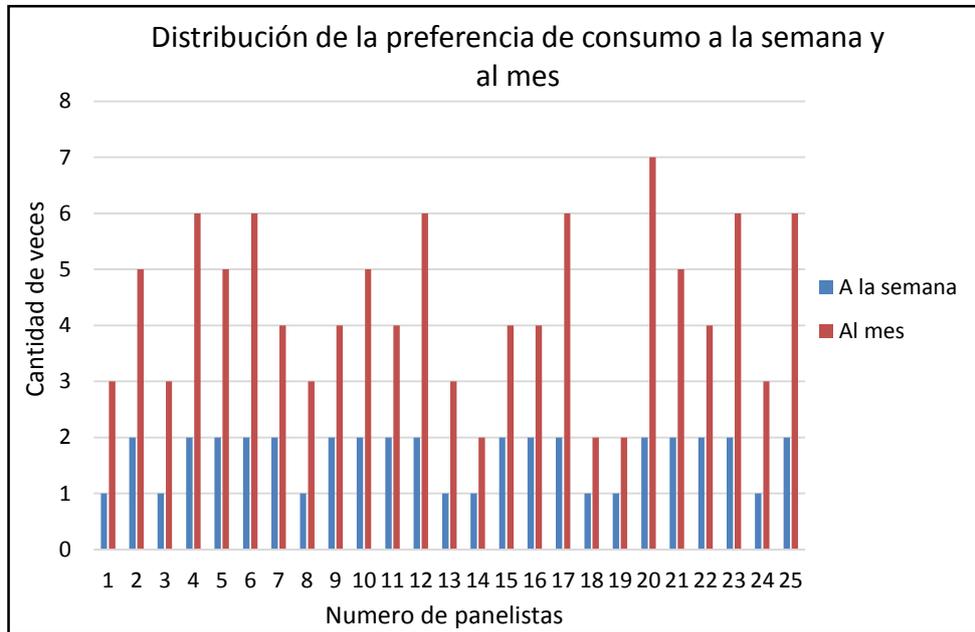
Elaborado por: El Autor

Gráfico 13. Distribución de las calificaciones a la variable 4



Elaborado por: El Autor

Gráfico 14. Distribución de la preferencia de consumo del producto



Elaborado por: el Autor

5. DISCUSIÓN

Se evaluó los resultados de L^* , a^* y b^* de los métodos 2 y 3 contra el testigo y el método 1, donde la inhibición enzimática a través del uso de ácido cítrico fue efectiva, en comparación con el baño de María, en el cual las rodajas tuvieron un pardeamiento y las mismas incrementaron su humedad. Entre los métodos 2 y 3 no se reportó diferencias notables entre ellos; siendo el método 3 el que tuvo el menor valor de b^* , motivo por el cual fue escogido.

Además se corroboró lo encontrado por García *et. al* (2016, p. 57) que en el caso de la yuca el aumento de la variable L^* indica un blanqueamiento de la superficie y que el descenso en los valores de b^* muestran la reducción del color amarillo en la materia.

En cuanto a la capacidad de rehidratación, el puré de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) necesitó por cada 100 g de harina 225 ml de agua, es decir, una relación harina – agua 1:2.25; en comparación con las relaciones del puré de zapallo macre, Merino y Otiniano (2015), y el puré de zanahoria blanca y camote, Acosta (2012), los cuales necesitan por cada 90 g de harina 240 ml de agua (1:2.66) y 300 ml de agua en cada 100 g de harina (1:3), respectivamente. El notable incremento en la relación de harina – agua del puré de zanahoria blanca y camote (1:3) se debe a la mayor absorción de agua y solubilidad de los almidones del camote con respecto al almidón de

yuca como lo muestra Techeira, Sivoli, Perdomo, Ramírez y Sosa (2014, p. 195).

El índice de absorción de agua (IAA) de la harina de yuca de la variedad morada se caracteriza por ser muy mayor al rango de IAA obtenido por Inca (2015) para el puré de papa, quinua y oca (0.287 – 0.450 g de gel / g puré), y a las muestras de puré de mandioca deshidratada de las variedades “Pomberí” y “Concepción” medidas de 30 °C, Brousse, Nieto, Linares y Vergara (2012, p. 85), cuyos valores fueron 4.78 +/- 0.06 y 4.36 +/- 0.11, respectivamente.

Asimismo, el valor encontrado en este trabajo es ligeramente mayor a los IAA obtenidos por Bautista (2016, p. 63) para la base deshidratada de palmito (8.11) con 7.98 % de humedad; pero considerablemente menor a los valores reportados por Alonso *et. al* (2014, p. 111 y 112) para los purés de papa de las variedades Provento y Granola, 12.39 y 10.08, con 3.88 % y 4.3 % de humedad en promedio respectivamente.

Acercas del poder de hinchamiento (PH), la harina de yuca de variedad morada ostenta el valor de 10.31, significativamente mayor a los valores presentados en la base deshidratada de palmito, 8.6, y a la harina de papa precocida Provento, 10.14, respectivamente. No obstante, fue menor al valor encontrado para el puré de papa de variedad Granola, 12.43.

El índice de solubilidad en agua (ISA) del producto de este trabajo fue significativamente mayor a los valores obtenidos por Alonso *et. al* (2014), 0.32 y 0.50. No obstante, fue menor al reportado por Rodríguez *et. al* (2011), 9.26, para la harina de malanga; como también, inferior al rango (10.38 - 16.78 g de gel / g puré) de los purés de papa, quinua y oca. Un mayor valor de ISA se debe a mayor cantidad de almidón soluble, Inca (2015, p.47).

De acuerdo a los valores de propiedades funcionales obtenidos para la presente harina de yuca, ratifica lo expuesto por Bautista (2016, p. 63), Techeira *et. al* (2014, p. 195) y Olu-Owolabi, Olayinka, Adegmebile y Adebowale (2014, p. 225), acerca del aumento de absorción de agua cuando se aumenta la temperatura de secado.

La humedad inicial encontrada, 63.50 %, fue similar a la hallada por Urbano, García y Martínez (2012), 63.88 %, usando la metodología 950.46 AOAC; pero notablemente mayor a las determinadas por método convencional, 925.09 AOAC, y el secado por microondas a diferentes potencias (140 W, 280 W Y 560W) realizadas por García, Dussán y Gutierrez (2012), cuyos valores fueron 56.21 %, 52.63 % (45 min), 54.66 % (14 min) y 56.27 % (5 min) respectivamente. De acuerdo a los resultados obtenidos, la yuca de variedad morada posee diferencias muy significativas de humedad con respecto a las variedades usadas en el secado por microondas.

El tiempo de secado de los métodos 2 y 3 tomaron 7 y 10 horas respectivamente, es decir, 1 y 4 hora más de las 6 horas proyectadas en el punto 4.2. Montero (2012, p. 60) reportó 2 horas y 15 minutos para el secado de yuca en estufa a 65 °C. Salcedo *et. al* (2014) registró 12 y 9 horas para el secado a 35 °C de muestras de yuca de 0.2 cm con velocidades de aire de 1 y 2 m/s respectivamente.

El rendimiento en base húmeda, 25.15 %, indica que para elaborar un kilo de harina de yuca de la variedad morada se necesitan 3.976 kilos de yuca fresca, en comparación con los 6.045 kilos de materia prima requeridos para elaborar un kilo de harina de camote (*Ipomea batata*) (Cruz y Vargas, 2011).

Se corroboró lo que sostiene Vargas y Hernández, (2012) que el almidón de yuca en comparación con otros almidones, se gelatiniza a temperaturas relativamente bajas (62°C a 73 °C).

Los porcentajes de carbohidratos reportados por Bermúdez (2015), para las harinas de yuca de las variedades Colombiana Rosada y Colombiana Blanca secadas en un equipo eléctrico a 58 °C por 13 horas, fueron 89.26% para cada una, muy similar a lo encontrado en esta investigación. Rodríguez *et. al* (2011), en la caracterización fisicoquímica y funcional de la harina de malanga (*Colocasia esculenta*) encontró 87.91 g de carbohidratos por cada 100 g.

En cuanto a valores de humedad, proteína y ceniza, Montero (2012, p. 59) reportó 9.56 %, 4.36 % y 2.76%, respectivamente, por cada 100 g de harina obtenida usando una estufa de aire a 50 °C por 405 minutos.

Con respecto a los valores de fibra cruda, Salvador, Steenkamp y Mc Crindle (2014, p. 33), indican que el contenido de fibra en las raíces frescas de yuca es menor al 1.7%, pero que al elaborarse harina de las mismas este valor aumenta hasta el 4%. Sin embargo, la variedad de yuca empleada en este trabajo aportó por debajo del 1% en este nutriente.

El aporte energético determinado fue similar al de la mezcla 1 de la harina de papa, quinua y oca elaborada por Inca (2015), 365.6 Kcal/100 g; y mayor al del puré de zanahoria blanca y camote, Acosta (2012), 332.30 Kcal/100 g.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- 1.** Los análisis microbiológicos muestran que la harina de yuca para puré instantáneo posee aceptable calidad de acuerdo a los parámetros de la Corporación CLAYUCA y la NTE INEN 0616 (2006).
- 2.** En la rehidratación del producto elaborado se observó que posee baja solubilidad en agua.
- 3.** El secado a 80 °C de la yuca otorgó a la harina mayor capacidad de absorción de agua.
- 4.** Existe una relación inversa entre el valor de la humedad de una harina y los valores de sus propiedades funcionales, es decir, mientras la humedad incrementa, disminuye el poder de hinchamiento.

6.2 Recomendaciones

- 1.** Considerar la velocidad del aire de secado, como el tiempo que toma hasta llegar a peso constante, debido a que estos influyen en los costos de producción.
- 2.** Por su baja solubilidad, se recomienda la combinación de esta harina con otros tubérculos o raíces deshidratados para la elaboración de sopas o cremas instantáneas.
- 3.** Para mantener el rendimiento en base húmeda de la harina se recomienda adquirir materia prima sin exceso de madurez fisiológica y optimizar las etapas de pelado.
- 4.** Las condiciones de las instalaciones de procesamiento deben tener temperaturas iguales o menores a 25 °C, ya que por el contrario se favorecería el deterioro fisiológico y microbiano de la materia prima.
- 5.** Se sugiere para quienes deseen producir este producto, utilicen envases herméticos o de mediana y alta densidad que no permita el paso de la humedad, ya que ésta reduce el poder de hinchamiento y la capacidad de absorción de agua.
- 6.** Ejecutar un estudio de mercado para los purés instantáneos citados en este trabajo como de nuevos tubérculos y raíces.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta A. (2012). *Elaboración de un puré instantáneo a partir de zanahoria blanca y camote en la planta de alimentos de la UTE*. Universidad Técnica Equinoccial. Quito. Recuperado de: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4982/1/51186_1.pdf

Albán C. y Figueroa A. (2011). *Elaboración de Sopa Instantánea a partir de Harina de Ipomea Batatas (Camote)*. ESPOL. Guayaquil. Recuperado de: [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14784/1/ELABORACION%20DE%20SOPA%20INSTANTANEA%20PARTIR%20DE%20HARINA%20DE%20IPOMOEABATATAS%20\(CAMOTE\).pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14784/1/ELABORACION%20DE%20SOPA%20INSTANTANEA%20PARTIR%20DE%20HARINA%20DE%20IPOMOEABATATAS%20(CAMOTE).pdf)

Alcívar F. (2013). *Propuesta de una guía culinaria basada en el uso de tubérculos producidos en el Ecuador*. Universidad de Guayaquil. Guayaquil. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6072/1/Gs048.pdf>

Alonso J., García K., González K y Benavente M. (2014). *Producción de harina de papa para puré instantáneo*. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Nicaragua. Recuperado de:

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5179450.pdf+ycd=2yhl=esyc>
t=clnkygl=ec

Álvarez V. (2013). *Optimización del proceso de recuperación de almidón en una planta de puré instantáneo*. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile.

Recuperado de:
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/faa473o/doc/faa473o.pdf>

Anderson. *et. al.*, (1969). *ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA, ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA Y PODER DE HINCHAMIENTO*. FAO.
Recuperado de: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1028s/a1028s03.pdf>

AOAC. (1990). *Determinación de humedad en alimentos por estufa*. FAO.
Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/ah833s16.htm>

AOAC. Official Method 920.87. OSTI. Recuperado de:
http://www.osti.ca/research/Methods/AOAC%2016th%20Edition/PDFS/920/M920_87.PDF

AOAC. Official Method 922.06. OSTI. Recuperado de:
http://www.osti.ca/research/Methods/AOAC%2016th%20Edition/PDFS/922/M922_06.PDF

AOAC. Official Method 925.09. OSTI. Recuperado de:
[http://www.osti.ca/research/Methods/AOAC%2016th%20Edition/PDFS/
925/M925_09.PDF](http://www.osti.ca/research/Methods/AOAC%2016th%20Edition/PDFS/925/M925_09.PDF)

AOAC. Official Method 978.10. OSTI. Recuperado de:
[http://www.osti.ca/research/Methods/AOAC%2016th%20Edition/PDFS/
978/M978_10.PDF](http://www.osti.ca/research/Methods/AOAC%2016th%20Edition/PDFS/978/M978_10.PDF)

Arias. M. (2016). *Obtención de almidón de Alocacia Macrorrizas y Cuantificación de Oxalato de Calcio. Universidad Central del Ecuador. Quito. Pichincha. Ecuador.* Recuperado de:
[http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7188/1/T-UCE-0017-
0034-2016.pdf](http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7188/1/T-UCE-0017-0034-2016.pdf)

Barroso N. (2013). *Utilización de almidón de yuca (Manihot esculenta) en la elaboración de salchicha de tilapia roja (Oreochromis sp.) en la UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA. Puyo. Pastaza. Ecuador* Recuperado de:
[http://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/handle/123456789/24/TESIS%2
0DE%20NELSON%20RODRIGO%20BARROSO%20ZAVALA.pdf?seq
uence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/handle/123456789/24/TESIS%20ODE%20NELSON%20RODRIGO%20BARROSO%20ZAVALA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Bautista E. (2016). *Diseño de una planta para la elaboración de puré deshidratado instantáneo a base de palmito (Bactris gasipaes H.B.K).*

Escuela Politécnica Nacional. Quito. Pichincha. Ecuador. Recuperado de:

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16734/1/CD-7330.pdf>

Bennett M., Hickman Z., Kang W. y Taylor A. (2015). *Cassava Flour Production For Small-scale Farmers. Michigan State University. Nutri – Fresh Farm y Agri – Hub. Michigan.* Recuperado de: <https://www.egr.msu.edu/sites/default/files/content/GLOBAL/Cassava%20Flour%20Production%20-%20Main%20Report.pdf>

Bermúdez C. (2015). *Comparación de métodos de deshidratación de yuca (Manihot esculenta crantz), para conservar, transformar y transferir a las familias en INSAN.* Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. San Andrés. El Salvador. Recuperado de: [http://www.priica.sictanet.org/sites/default/files/ES_YUCA%20\(18.2\)%20Transformaci%C3%B3n_Informe%20de%20avance.pdf](http://www.priica.sictanet.org/sites/default/files/ES_YUCA%20(18.2)%20Transformaci%C3%B3n_Informe%20de%20avance.pdf)

Brousse M., Nieto A., Linares A. y Vergara M. (2012). *Cinética de adsorción de agua de purés deshidratados de mandioca.* Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Argentina. Recuperado de: <https://docs.google.com/viewer?a=vypid=sitesysrcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnwxcnZjdGF8Z3g6N2MzYzUwNzMxM2I1Zjk3Mw>

Córdova V. (2014). *Estudio de los aportes funcionales de la papa (Solanum tuberosum) y desarrollo de dos productos alimenticios*. UDLA. Quito. Pichincha. Ecuador. Recuperado de: dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/703/1/UDLA-EC-TIAG-2014-09.pdf

Cruz. E. y Vargas M. 2011. Cruz. E. y Vargas M. (2011). *Diseño de una Planta Procesadora de Galletas, utilizando Harina de camote (Ipomea Batata), ubicada en Guayllabamba Provincia de Pichincha al Noroeste de la Ciudad de Quito*. UDLA. Quito. Pichincha. Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/744/1/UDLA-EC-TIAG-2011-15.pdf>

FAO. (1989). (CODEX STAN 176-1989). Norma del Codex para la harina de yuca comestible. Recuperado de: www.fao.org/input/download/standards/59/CXS_176s.pdf+ycd=1yhl=esyct=clnkygl=ec

Gallego S. y García J. (2015). *Producción y Usos de la Harina Refinada de Yuca*. CLAYUCA. Palmira. Colombia. Recuperado de: http://www.clayuca.org/sitio/images/publicaciones/cartilla_modulo_5_produccion_harina_refinada.pdf

García C., Alvis A. y Romero P. (2015). *Capacidad de Rehidratación y Cambio de Color de Yuca (Manihot esculenta crantz) Deshidratada en Microondas*. Colombia. Recuperado de: <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v27n1/art07.pdf>

García C., Dussán S. y Gutierrez N. (2012). *Uso de horno microondas en la determinación de contenido de humedad: yuca, ñame y plátano*. Universidad Nacional de Colombia. Berastegui. Colombia. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a08.pdf>

Grace. (1977). *Análisis fisicoquímicos del almidón*. Capítulo 8. FAO. Recuperado de: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1028s/a1028s03.pdf>

Guira. F., Some K., Kabore D., Sawadogo-Lingani H., Traore Y. y Savadogo A. (2016). *Origins, production, and utilization of cassava in Burkina Faso, a contribution of a neglected crop to household food security*. Laboratory of Applied Biochemistry and Immunology (LabIA); Department of Biochemistry-Microbiology, Université Ouaga. National Institute of Environment and Agriculture Research (INERA/CNRST). Laboratory of Microbiology, Food Technology Department (DTA/IRSAT/ CNRST. Ouagadougou. Burkina Faso. Recuperado de: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fsn3.408/pdf>

Inca E. (2015). Evaluación de las propiedades tecnofuncionales y sensoriales de puré deshidratado de papa nativa (*Solanum tuberosum*) fortificado con quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y oca (*Oxalis tuberosa Mol.*). Universidad Nacional José María Arguedas. Andahuaylas. Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/123456789/212/18-2015-EPIA-Inca%20Vasquez-Evaluaci%C3%B3n%20de%20propiedades%20de%20pur%C3%A9%20deshidratado%20de%20papa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Intriago M. y Muñoz G. (2014). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa que produzca almidón de yuca, como materia prima para el mercado de Guayaquil*. UCSG. Guayaquil. Recuperado de: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/2257/1/T-UCSG-PRE-ESP-CFI-66.pdf>

IS 10226-1 (1982): Method for determination of crude fibre content, Part 1: General method [FAD 16: Foodgrains, Starches and Ready to Eat Foods]. ISO 5498 (1981). Determinación de fibra bruta –Separación de B.S. por filtración a través de un filtro de papel –Método General Recuperado de: <https://law.resource.org/pub/in/bis/S06/is.10226.1.1982.pdf>

Martínez J. y Ramos A. (2012). *Estudio de factibilidad técnica y económica de hojas de yuca finamente triturada, como fortificante directo en la preparación de alimentos*. Universidad Dr. José Matías Delgado. La Libertad. El Salvador. Recuperado de: <http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/05/INI/0001691-ADTESME.pdf>

Martínez O., Pérez J. y Ramírez E. (2015). Estudio del mecanismo de gelatinización del almidón nativo de banano exportable del Ecuador. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México. Universidad Técnica de Machala. Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/4896/1/MEM%200003%20Estudio%20del%20mecanismo%20de%20gelatinizaci%C3%B3n%20del%20almid%C3%B3n%20nativo%20de%20banano.pdf>

Merino M. y Otiniano G. (2014). *Estudio para instalar una planta procesadora de puré instantáneo de zapallo macre*. Universidad de Lima. Lima. Perú. Recuperado de: [http://fresno.ulima.edu.pe/sf/sf_bdfde.nsf/OtrosWeb/Ing32Merino/\\$file/08-ingenieria32-MERINO.pdf](http://fresno.ulima.edu.pe/sf/sf_bdfde.nsf/OtrosWeb/Ing32Merino/$file/08-ingenieria32-MERINO.pdf)

Miguez J., Gutierrez N. y Mercado A. (2015). *Cultivo de Yuca*. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Santa Cruz. Bolivia. Recuperado de: http://www.academia.edu/16701302/CULTIVO_DE_YUCA5

Montero D. (2012). *Evaluación de dos métodos de deshidratación para la Producción de harina de yuca (Manihot esculenta Crantz), en el Cantón Pastaza. Pastaza. Ecuador. Recuperado de:*
<http://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/handle/123456789/37/TESIS%20DE%20DIEGO%20VINICIO%20MONTERO%20DIAZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Montero D. (2015). *Evaluación de tres mezclas alimenticias a partir de harina de papa china (Colocasia esculenta) y harina yuca (Manihot esculenta) con adición de harina de fréjol (Phaseolus vulgaris). Pastaza. Ecuador. Recuperado de:*
<http://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/handle/123456789/82/MONTERO%20GAR%C3%93FALO%20DIEGO%20FERNANDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

NTE INEN 0616 (2006) (Spanish): *Harina de Trigo. Requisitos. Recuperado de:* <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0616.2006.pdf>

NTE INEN 0517 (1981) (Spanish): *Harina de Origen Vegetal. Determinación del tamaño de partículas. Recuperado de:* <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0517.1981.pdf>

NTE INEN 0518 (1981) (Spanish): *Harinas de Origen Vegetal*. Determinación de la pérdida por calentamiento. Recuperado de: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0518.1981.pdf>

NTE INEN 0520 (1981) (Spanish): *Harinas de Origen Vegetal*. Determinación de la ceniza. Recuperado de: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0520.1981.pdf>

NTE INEN 0521 (1981) (Spanish): *Harinas de Origen Vegetal*. Determinación de la acidez titulable. Recuperado de: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0521.1981.pdf>

NTE INEN 1529-5 (2006) (Spanish): Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesofilos. REP. Recuperado de: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1529.5.2006.pdf>

NTE INEN 1529-7 (1990) (Spanish): Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica de recuento de colonias. Recuperado de: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1529.7.1990.pdf>

NTE INEN 1529-8 (1990) (Spanish): Control microbiológico de los alimentos. Determinación de coliformes fecales y E.coli. Recuperado de: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1529.8.1990.pdf>

NTE INEN 1529-10 (1998) (Spanish): Control Microbiológico de los Alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra en profundidad. Recuperado de: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1529.10.1998.pdf>

NTE INEN 1529-15 (1996) (Spanish): Control microbiológico de los alimentos. Salmonella. Método de detección. Recuperado de: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1529.15.1996.pdf>

Ochoa E, Ornelas J., Ruiz S., Ibarra V., Pérez J., Guevara J., Aguilar C. (2012). *Tecnologías de deshidratación para la preservación de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)*. Universidad de Sonora. Biotecnia. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud. Sonora. México. Recuperado de: <http://www.biotecnia.uson.mx/revistas/articulos/23-Articulo%207%20Biotecnia%20XV%202.pdf>

Olu-Owolabi B., Olayinka O., Adegmebile A. y Adebowale K. (2014). *Comparison of Functional Properties between Native and Chemically Modified Starches from Acha (Digitaria Stapf) Grains*. Scientific

Research. Recuperado de:
http://file.scirp.org/pdf/FNS_2014012016433225.pdf

Orjiekwe CL., Solola A., Yyen E. e Imade S. (2013). *Determination of cyanogenic glucosides in cassava products sold in Okada, Edo State, Nigeria.* Recuperado de:
<http://www.academicjournals.org/journal/AJFS/article-full-text-pdf/C30889642015>

Pacco W. (2015). *Evaluación del efecto del soleado y la cocción en la capacidad antioxidante del puré deshidratado de mashua (Tropaeolum tuberosum R. et P.).* Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú.
Recuperado de: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/845>

Paredes E. (2014). *Determinación del periodo crítico de control de Malezas en yuca (Manihot esculenta Crantz.) Sembrada a dos Densidades, en la provincia de Orellana.* ESPE. Santo Domingo. Ecuador. Recuperado de:
http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:6N4P_bnrjKJ:repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8595/1/TESPE002693.pdf+ycd=15yhl=esyct=clnkygl=ec

Pérez C. y Yépez A. (2011). *Suplementación con yuca y follaje de yuca (Manihot esculenta Crantz) en ganado doble propósito en época de verano.* ESPAM. Calceta. Manabí. Ecuador Recuperado

de:VJv9gQmSIWUJ:repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/259/1/T
AI100.pdf+ycd=1yhl=esyct=clnkygl=ec

Rodríguez D. (2015). *Potencial agroalimentario del almidón de arroz de tres variedades cultivadas en el Departamento del Tolima. Universidad del Tolima. Colombia. Recuperado de:*
<http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/1441/1/RIUT-FFA-spa-2015-Potencial%20agroalimentario%20del%20almid%C3%B3n%20de%20arroz%20de%20tres%20variedades%20cultivadas%20en%20el%20departamento%20del%20Tolima.pdf>

Rodríguez J., Rivadeneyra J., Ramírez E., Juárez J., Herrera E., Navarro R. y Hernández B. (2011). *Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (Colocasia esculenta) cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México. Universidad del Mar. Oaxaca. México. Recuperado de:* <http://www.umar.mx/revistas/43/0430104.pdf>

Rojas M. (2012). *Estudio de las características fisicoquímicas de la yuca (Manihot esculenta Crantz) y sus efectos en la calidad de hojuelas fritas para su procesamiento en la empresa PRONAL S.A. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. Recuperado de:*
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2904/633682R741.pdf?sequence=1>

Salcedo J., Mercado J., Vanegas M., Fernández A. y Vertel M. (2014). *Cinética de secado de la yuca (Manihot esculenta Crantz) variedad CORPOICA M-tai en función de la temperatura y de la velocidad de aire*. Sincelejo. Colombia. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/3420/342033068004.pdf>

Salvador E., Steenkamp V. y Mc Crindle C. (2014). *Production, Consumption and nutritional value of cassava (Manihot esculenta, Crantz) in Mozambique: An overview*. School of Health Systems and Public Health, Faculty of Health Sciences, University of Pretoria. Department of Pharmacology, Faculty of Health Sciences, Basic Medical Sciences, University of Pretoria. Pretoria South Africa. Recuperado de: http://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/45686/Salvador_Production_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Silva D., Ferreira E., Oliveira M., Pereira G., Braga R., Dos Santos J., Aspiazu I. y Souza M. (2016). *Productivity of cassava and other crops in an intercropping system*. Brasil. Recuperado de: <http://www.scielo.cl/pdf/ciagr/v43n1/art15.pdf>

Suárez L. y Mederos V. (2011). *Apuntes sobre el cultivo de la yuca (Manihot esculenta crantz.) Tendencias actuales*. Cuba. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025859362011000300004

Techeira N., Sivoli L., Perdomo B, Ramírez A. y Sosa F. (2014). Caracterización físicoquímica, funcional y nutricional de harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), Batata (*Ipomea batatas* Lam) y Name (*Dioscorea alata*), cultivadas en Venezuela. INTERCIENCIA. Recuperado de: http://www.interciencia.org/v39_03/191.pdf

Torres J. (2015). *Modelo de gestión asociativa para los productores de yuca de la parroquia San Jacinto del Búa en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas*. Universidad Andina Simón Bolívar. Quito. Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/4939/1/T1918-MBA-Torres-Modelo.pdf>

Urbano A., García P. y Martínez J. (2012). *Evaluación del comportamiento de yuca (Manihot esculenta Crantz) en el proceso de fritura a vacío de chips*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. España. Recuperado De: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/14424/TM%20ANGELA%20M.%20URBANO%20RAMOS.pdf?sequence=1>

Valencia L. y Torres J. (2011). *Caracterización del proceso de cocción de yuca a presión atmosférica con empaque y sin empaque al vacío*. Universidad del Valle. Santiago de Cali. Colombia. Recuperado de:

<http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/4161/4/CB0438936.pdf>

Vargas P. y Hernández D. (2012). *Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria*. Revista Tecnología en Marcha. Costa Rica. Recuperado de: http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/viewFile/1120/1033

3

ANEXOS

ANEXO 1. Materia prima



Elaborado por: El Autor

ANEXO 2. Rodajas de yuca testigo



Elaborado por: El Autor

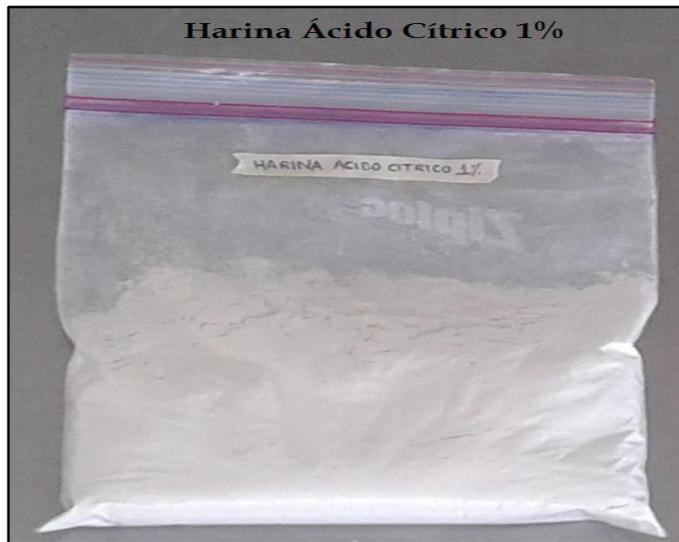
ANEXO 3. Rodajas secas del Método 1.



Elaborado por: El Autor

ANEXO 4. Harina Obtenida

Harina Ácido Cítrico 1%



Elaborado por: El Autor

ANEXO 5. Determinación del tamaño de partícula.



Elaborado por: El Autor

ANEXO 6. Determinación de la temperatura de gelatinización



Elaborado por: El Autor

ANEXO 7. Determinación de las propiedades funcionales



Elaborado por: El Autor

ANEXO 8.



Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo

Evaluación del Análisis Sensorial

Nombre:..... Fecha:
Género:..... Hora:
Edad:

Instrucciones

Delante de usted se presenta una muestra de puré de yuca. Por favor, observe, huela y pruebe la muestra e indique su nivel de agrado para las variables de color, olor, sabor y textura, escribiendo con un valor del 1 al 7 su respuesta al producto.

Categoría	Calificación	Color	Olor	Sabor	Textura
Me disgusta mucho	1				
Me disgusta moderadamente	2				
Me disgusta levemente	3				
No me gusta ni me disgusta	4				
Me gusta levemente	5				
Me gusta moderadamente	6				
Me gusta mucho	7				

Indique con qué frecuencia usted consumiría el producto:

No. Veces a la semana: _____ No. Veces al mes: _____

Comentarios: _____

ANEXO 9. Tabla de Evaluación Sensorial

No. Panelistas	Variable 1	Variable 2	Variable 3	Variable 4
	Color	Olor	Sabor	Textura
1	3	6	5	4
2	4	5	4	5
3	5	7	3	5
4	5	7	6	5
5	5	4	5	6
6	5	5	6	7
7	4	5	6	7
8	3	5	4	7
9	3	4	7	4
10	5	6	5	3
11	5	6	6	4
12	3	7	7	5
13	3	7	4	6
14	1	7	3	5
15	1	5	7	5
16	3	4	6	7
17	2	6	7	6
18	2	4	5	4
19	4	7	4	4
20	6	7	5	7
21	5	6	6	6
22	5	4	6	5
23	6	5	7	7
24	4	5	7	4
25	4	6	6	7
Promedio	3.84	5.6	5.48	5.40
Varianza	1.8944	1.2	1.5296	1.52
Desvicion estándar	1.38	1.10	1.24	1.23
Coficiente de Variación	5.51	4.38	4.95	4.93
MODA	5	5	6	5

ANEXO 10. Frecuencia de consumo

Frecuencia de consumo		
No. Panelista	A la semana	Al mes
1	1	3
2	2	5
3	1	3
4	2	6
5	2	5
6	2	6
7	2	4
8	1	3
9	2	4
10	2	5
11	2	4
12	2	6
13	1	3
14	1	2
15	2	4
16	2	4
17	2	6
18	1	2
19	1	2
20	2	7
21	2	5
22	2	4
23	2	6
24	1	3
25	2	6
Promedio	1.68	4.32
Varianza	0.22	2.0576
Desviación estándar	0.47	1.43
Coficiente de Variación	1.87	5.74

ANEXO 11.



Escuela Superior Politécnica del Litoral
Laboratorio PROTAL-ESPOL



Informe: 17-01/0088-M001

GCR -4.1-01-00-03

Datos del cliente

Nombre: Mosquera Astudillo Pablo Andrés	Teléfono: 0993213007
Dirección: Kennedy Nueva Calle D 402	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: HARINA DE YUCA ACIDO CÍTRICO 1%	Código muestra: 17-01/0088-M001
Marca comercial: S/M	Lote: N/A
Referencia: Harinas y Semolas	Fecha elaboración: 09/01/2017
Envase: FUNDA DE POLIETILENO TRANSPARENTE (ZIPLOC)	Fecha expiración: N/A
Conservación de la muestra: Ambiente Fresco y Seco - Zona Climática IV	Fecha recepción: 18/01/2017
Fecha análisis: 18/01/2017	Vida útil:
Contenido neto declarado: 400 g	
Contenido neto encontrado: N/A	
Presentaciones: N/A	
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura 22.5 °C ± 2.5 °C Y Humedad Relativa 55% ± 15%	

Análisis Físico - Químicos

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos	Métodos/Ref.
Fibra Cruda *	%	0.94	---	AOAC 19th 978.10 *
Grasa Total *	%	1.55	---	AOAC 19th 922.06 *
Proteínas *	%	1.13	---	AOAC 19th 920.87 *

Los resultados emitidos corresponden exclusivamente a la muestra proporcionada por el cliente.

Las opiniones / interpretaciones / etc. que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

*** Observaciones:**
Se analizaron los parámetros solicitados por el cliente.
Los resultados bromatológicos se encuentran registrados en el Cuaderno de Aguas N°26 pagina 3519.

Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
^ Representa el Exponente
* Subcontratado

En microbiología los valores expresados como < 1.8, < 2, < 3, y < 10 se estiman ausencia

Guayaquil, 2 de Febrero del 2017.



Dra. Gloria Bajaña de Pacheco
Directora General y Gerente Técnico



Ing. María Teresa Amador
Gerente de Calidad

Protal
LABORATORIO

VIGENTE DESDE: 01.07.07

REV. 03

Página 1 de 1

www.laboratorioprotal.espol.edu.ec

Campus "Gustavo Galindo V", Km. 30.5 vía Perimetral, antiguo a la Cda. Santa Cecilia
Teléfono: 042 - 260733 / 260723 / 260729
Contactos: cotizacion@protal.espol.edu.ec - recepcion@espol.edu.ec

ANEXO 12

Determinación de Humedad

NTE INEN 0518 (1981) (Spanish): Harinas de origen vegetal.

Determinación de la pérdida por calentamiento.

Equipos y materiales

1. *Pesafiltro de vidrio*, con tapa esmerilada.
2. *Desecador*, con cloruro de calcio u otro deshidratante adecuado.
3. *Estufa*, con regulador de temperatura.
4. *Balanza analítica*, sensible al 0.1 mg.

Procedimiento

1. La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.
2. Calentar el pesafiltro y tapa durante 30 min en la estufa a $130 \pm 3^\circ\text{C}$. Enfriar en el desecador hasta temperatura ambiente y pesar.
3. Pesar, con aproximación al 0.1 mg, 2 g de muestra preparada, transferirla al pesafiltro y distribuirla uniformemente en su fondo.
4. Calentar el pesafiltro y su contenido durante una hora, en la estufa calentada a $130 \pm 3^\circ\text{C}$, sin la tapa.
5. Colocar la tapa con el pesafiltro antes de sacarlo y trasladarlo al desecador; tan pronto haya alcanzado la temperatura ambiente, pesar.
6. Repetir las operaciones de calentamiento, enfriamiento y pesaje, hasta que la diferencia de masa entre los resultados de dos operaciones de pesaje sucesivas no exceda de 0.1 mg.

Cálculos

La pérdida por calentamiento en muestras de harina de origen vegetal se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$P_c = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$$

Siendo:

P_c = pérdida por calentamiento, en porcentaje de masa.

m_1 = masa del pesafiltro vacío con tapa, en g.

m_2 = masa del pesafiltro y tapa, con la muestra sin secar, en g.

m_3 = masa del pesafiltro y tapa, con la muestra seca, en g.

ANEXO 13

Determinación de acidez titulable

NTE INEN 0521 (1981) (Spanish): Harinas de origen vegetal.

Determinación de la acidez titulable

Equipos y Materiales

1. Matraz Erlenmeyer *con tapón esmerilado*, de 100 cm³.
2. Matraz Erlenmeyer, de 50 cm³.
3. Pipetas, de 10 y de 25 cm³.
4. Bureta, de 25 cm³, con divisiones de 0.05 cm³ ó de 0.1 cm³.

Reactivos

1. Solución 0.02 N de hidróxido de sodio, debidamente estandarizada.
2. Solución Indicadora de fenolftaleína. Disolver 0.1 g de fenolftaleína en 100 cm³ de alcohol etílico de 60% (V/V).
3. Alcohol etílico de 90% (V/V). Neutralizado.

Preparación de la muestra

1. Las muestras para el ensayo deben estar acondicionados en recipientes herméticos, limpios, secos (vidrio plástico u otro material inoxidable), completamente llenos para evitar que se formen espacios de aire.
2. La cantidad de muestra de la harina de origen vegetal extraída dentro de un lote determinado debe ser representativa y no debe exponerse al aire mucho tiempo.
3. Se homogeniza la muestra invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.

Procedimiento

1. La determinación debe realizarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.
2. Pesar, con aproximación al 0.1 mg, 5 g de la harina de origen vegetal y transferir al matraz Erlenmeyer de 100 cm³.
3. Agregar lentamente 50 cm³ de alcohol de 90% (V/V) neutralizado, tapan el matraz Erlenmeyer y agitar fuertemente.
4. Dejar en reposo durante 24 h, agitando de vez en cuando.

5. Tomar con la pipeta una alícuota del 10 cm³ del líquido claro sobrenadante y transferir al matraz Erlenmeyer de 50 cm³; agregar 2 cm³ de la solución indicadora de fenolftaleína.
6. Agregar lentamente y con agitación la solución 0.02 N de hidróxido de sodio, hasta conseguir un color rosado que desaparece poco a poco.
7. Continuar agregando la solución hasta que el color rosado persista durante 30 s.
8. Leer en la bureta el volumen de solución empleada, con aproximación a 0,05 cm³.

Cálculos

La acidez titulable en harinas de origen vegetal, en base seca, se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$A = \frac{490 \text{ NV}}{m (100 - H)} \times \frac{V_1}{V_2}$$

Siendo:

A = contenido de acidez en las harinas de origen vegetal, en porcentaje de masa de ácido sulfúrico.

N = normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

V = volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación, en cm.

V₁ = volumen del alcohol empleado en cm³.

V₂ = volumen de la alícuota tomada para la titulación, en cm³.

m = masa de la muestra, en g.

H = porcentaje de humedad en la muestra.

ANEXO 14

NTE INEN 0520 (1981) (Spanish): Harinas de origen vegetal.

Determinación de la ceniza

Equipos y materiales

1. Crisol de porcelana, o de otro material inalterable a las condiciones del ensayo.
2. Mufla, con regulador de temperatura, ajustado a $550 \pm 15^{\circ}\text{C}$.
3. Desecador, con cloruro de calcio u otro deshidratante adecuado.
4. Pinza, para la cápsula.
5. Balanza analítica, sensible al 0.1 mg.

Preparación de la muestra

1. Las muestras para el ensayo deben estar acondicionadas en recipientes herméticos, limpios, secos (vidrio plástico u otro material inoxidable) y completamente llenos para evitar que se formen espacios de aire.
2. La cantidad de muestra de harina de origen vegetal extraída dentro de un lote determinado debe ser representativa y no debe exponerse al aire mucho tiempo.
3. Se homogeniza la muestra invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.

Procedimiento

1. La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada
2. Calentar el crisol de porcelana vacío en la mufla ajustada a $550 \pm 15^{\circ}\text{C}$, durante 30 min. Enfriar en el desecador y pesar con aproximación al 0.1 mg.
3. Transferir al crisol y pesar, con aproximación al 0.1 mg, 5 g de la muestra.
4. Colocar el crisol con su contenido cerca de la puerta de la mufla abierta y mantenerla allí durante pocos minutos, para evitar pérdidas por proyección de material, lo que podría ocurrir si el crisol se introduce directamente a la mufla.
5. Introducir el crisol en la mufla a $550 \pm 15^{\circ}\text{C}$ hasta obtener cenizas de un color gris claro. No deben fundirse las cenizas.

6. Sacar de la mufla el crisol con la muestra, dejar enfriar en el desecador y pesar tan pronto haya alcanzado la temperatura ambiente, con aproximación al 0.1 mg.
7. Repetir la incineración por períodos de 30 min, enfriando y pesando hasta que no haya disminución en la masa.
8. El contenido de cenizas en muestras de harinas de origen vegetal, en base seca, se calcula mediante la ecuación siguiente:

Cálculos

El contenido de cenizas en muestras de harinas de origen vegetal, en base seca, se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$C = \frac{100(m_3 - m_1)}{(100 - H)(m_2 - m_1)}$$

Siendo:

C = contenido de cenizas en harinas de origen vegetal, en porcentaje de masa.

m_1 = masa del crisol vacío, en g.

m_2 = masa del crisol con la muestra, en g.

m_3 = masa del crisol con las cenizas, en g.

H = porcentaje de humedad en la muestra.

ANEXO 15

Determinación de proteína

AOAC Official Method 920.87 Protein Total in flour

Equipos y materiales

1. Balanza analítica
2. Matraces Erlenmeyer
3. Balón de Khejdal
4. Equipo Khejdal
5. Equipo de destilación

Reactivos

1. 0.7 g HgO o 0.65 g Hg
2. 15 g de K₂SO₄ en polvo o Na₂SO₄ anhidro.
3. 25 ml H₂SO₄
4. Gránulos de Zn
5. Parafina
6. H₂O destilada
7. Solución de tiosulfato
8. NaOH
9. Ácido clorhídrico como solución de ácido estándar
10. Solución rojo de metilo como indicador

Procedimiento

1. Pesar 0.7 a 2.2 g de muestra y verterlos en el balón Khejdal.
2. Agregar en el balón Khejdal 0.7 g de HgO o 0.65 Hg sólido, 15 g de K₂SO₄ y 25 ml H₂SO₄.
3. Inclina el balón KHEJDAL y calentar gentilmente hasta que la espuma cese.
4. Llevar a hirvición la solución hasta que se aclare y extenderlo por 30 minutos
5. Dejar enfriar y añadir 200 ml de agua destilada a 25 C.
6. Anadir 25 ml de la solución de tiosulfato y agitar hasta que se precipite el Hg.
7. Agregar gránulos de Zn para prevenir salpicaduras de la solución.

8. Inclinar el matraz y agregar 15 g de NaOH o más hasta que la solución sea lo suficiente alcalina.
9. Inmediatamente conectar el matraz con el balón de destilación en el condensador
10. Asegurar que el bulbo del condensador este sumergido en ácido estándar.
11. Agregue de 5 a 7 gotas de solución indicador en el matraz.
12. Rotar el matraz para mezclar el contenido homogéneamente.
13. Calentar la solución hasta que todo el NH₃ se haya destilado. (150 ml destilado)
14. Retirar el matraz y lavar el bulbo del condensador.
15. Valorar el exceso de ácido estándar en el destilado con solución de NaOH estándar.
16. Realizar una corrección en blanco de los reactivos.

Cálculos

$$\%N = (mL \text{ standard acid normality acid}) - (mL \text{ standard NaOH normality NaOH}) \times \frac{1.4007}{g \text{ sample}}$$

ANEXO 16

NTE INEN 0523 (1981) (Spanish): Harinas de origen vegetal.

Determinación de la grasa

Equipos y materiales

1. Estufa, con regulador de temperatura, ajustado a $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
2. Desecador, con cloruro de calcio anhidro u otro deshidratante adecuado.
3. Aparato de extracción, tipo Soxhlet u otro similar.
4. Plancha eléctrica de calentamiento.
5. Pincel.
6. Dedal de Soxhlet de porosidad adecuada.
7. Vaso de precipitación.
8. Espátula de acero inoxidable.
9. Balanza analítica, sensible al 0.1 mg.

Reactivos

1. *Éter anhidro.*
2. *Arena purificada con ácido y calcinada*, con un tamaño de grano entre 0.1 y 0.3 mm.

Procedimiento

1. La determinación debe realizarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.
2. Lavar el balón del aparato Soxhlet y secarlo en la estufa calentada a $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$, por el tiempo de una hora.
3. Transferir al desecador y pesar con aproximación al 0.1 mg, cuando haya alcanzado la temperatura ambiente.
4. En el dedal de Soxhlet, pesar, con aproximación al 0.1 mg, 2.35 g de la muestra de harina, 2 g de arena bien seca; mezclar íntimamente con la espátula, limpiando ésta con el pincel.
5. Colocar algodón hidrófilo en la parte superior del dedal a manera de tapa e introducir en la estufa calentada a $130 \pm 5^{\circ}\text{C}$, por el tiempo de una hora, y luego transferir el dedal con su contenido al desecador y dejar enfriar hasta temperatura ambiente.

6. Colocar el dedal y su contenido en el aparato Soxhlet, agregar suficiente cantidad de éter anhidro y extraer durante cuatro horas, si la velocidad de condensación es de 5 a 6 gotas por segundo, o durante 16 h, si dicha velocidad es de 2 a 3 gotas por segundo.
7. Terminada la extracción, recuperar el disolvente por destilación en el mismo aparato y eliminar los restos de disolvente en baño María.
8. Colocar el balón que contiene la grasa, durante 30 min, en la estufa calentada a $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$; enfriar hasta temperatura ambiente en el desecador y pesar.
9. Repetir el calentamiento por períodos de 30 min, enfriando y pesando, hasta que la diferencia entre los resultados de dos operaciones de pesaje sucesivas no exceda de 0,2 mg.

Cálculos

El contenido de grasa en muestras de harina de origen vegetal, en porcentaje de masa sobre base seca, se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$G = \frac{(m_2 - m_1)}{m(100 - H)} \times 100$$

Siendo:

G = contenido de grasa en la harina de origen vegetal, en porcentaje de masa.

m = masa de la muestra, en g.

m_1 = masa del balón vacío, en g.

m_2 = masa del balón con grasa, en g.

H = porcentaje de humedad en la muestra.

ANEXO 17

NTE INEN 0522 (1981) (Spanish): Harinas de origen vegetal.

Determinación de la fibra cruda

Equipos y materiales

1. Estufa, con regulador de temperatura, ajustada a $130 \pm 2^\circ\text{C}$.
2. Desecador, con sulfato de calcio anhidro u otro deshidratante adecuado.
3. Aparato de extracción tipo Soxhlet u otro similar.
4. Cápsula de porcelana o de sílice.
5. Mufla con regulador de temperatura ajustado a $600 \pm 15^\circ\text{C}$.
6. Embudo de 12 cm de diámetro, con una tela de algodón de tejido fino (tela de lino) para filtración.
7. Matraz Erlenmeyer de 1 000 cm³.
8. Filtro de succión.
9. Pipeta volumétrica, de 25 cm³.
10. Aparato de digestión.

Reactivos

1. Éter anhidro
2. Solución 0,255 N de ácido sulfúrico
3. Solución 0,313 N de hidróxido de sodio.
4. Alcohol etílico al 95%.
5. Antiespumante.

Procedimiento

1. La determinación debe realizarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.
2. Pesar, con aproximación al 0.1 mg, 3 g de muestra y transferir a un dedal de porosidad adecuada, tapar con algodón, colocar en la estufa calentada a $130 \pm 2^\circ\text{C}$, por el tiempo de una hora.
3. Transferir al desecador el dedal que contiene la muestra, dejar enfriar hasta temperatura ambiente.
4. Colocar en el aparato Soxhlet y llevar a cabo la extracción de la grasa, con una cantidad suficiente de éter anhidro; el tiempo de extracción será de cuatro horas, si la velocidad de condensación es de 5 a 6 gotas por

segundo, o por un tiempo de 16 h, si dicha velocidad es de 2 a 3 gotas por segundo.

5. Sacar el dedal con la muestra sin grasa, dejar en el medio ambiente para que se evapore el solvente, colocarlo en la estufa y llevar a una temperatura de 100°C, por el tiempo de dos horas. Transferir al desecador y dejar enfriar a la temperatura ambiente.
6. Pesar, con aproximación al 0.1 mg, aproximadamente 2 g de la muestra desengrasada y transferir al balón de precipitación de 600 cm³, con mucho cuidado.
7. Agregar aproximadamente 1 g de asbesto preparado, 200 cm³ de solución hirviendo, 0.255 N de ácido sulfúrico, una gota de antiespumante diluido o perlas de vidrio (ver Nota 1).
8. Colocar el balón de precipitación y su contenido en el aparato de digestión, dejar hervir durante 30 min exactos, girando el balón periódicamente, para evitar que los sólidos se adhieran a las paredes.
9. Filtrar a través de la tela de tejido fino puesta en el embudo, el que, a su vez, se coloca en el Erlenmeyer de 1 000 cm³, lavar el residuo con agua destilada caliente, hasta que las aguas de lavado no den reacción acida.
10. Colocar el residuo en el balón de precipitación, agregar 200 cm³ de solución 0.313 N de hidróxido de sodio hirviendo, colocar en el aparato de digestión y llevar a ebullición durante 30 min exactos.
11. Filtrar a través de la tela de tejido fino, lavar el residuo con 25 cm³ de la solución 0.255 N de ácido sulfúrico hirviendo y luego con agua destilada hirviendo, hasta que las aguas de lavado no den reacción alcalina.
12. El residuo es transferido cuantitativamente al crisol de Gooch que contiene asbesto, y previamente pesado, agregar 25 cm³ de alcohol etílico poco a poco y filtrar aplicando el vacío.
13. Colocar el crisol Gooch y su contenido en la estufa calentada a 130 ± 2°C por el tiempo de dos horas, transferir al desecador, dejar enfriar a temperatura ambiente y pesar.

14. Colocar el crisol con la muestra seca en la mufla e incinerar a una temperatura de $500 \pm 50^{\circ}\text{C}$, por el tiempo de 30 min; enfriar en desecador y pesar.
15. Realizar un solo ensayo en blanco con todos los reactivos, sin la muestra y siguiendo el mismo procedimiento descrito a partir de 7.7 para cada determinación o serie de determinaciones.

Cálculos

El contenido de fibra cruda en muestras de harina de origen vegetal se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$F_c = \frac{(m_1 - m_2) - (m_3 - m_4)}{m} \times 100$$

Siendo:

F_c = contenido de fibra cruda, en porcentaje de masa.

m = masa de la muestra desengrasada y seca, en g.

m_1 = masa de crisol conteniendo asbestos y la fibra seca, en g.

m_2 = masa de crisol contiendo asbesto después de ser incinerado, en g.

m_3 = masa de crisol del ensayo en blanco conteniendo asbestos, en g.

m_4 = masa de crisol del ensayo en blanco conteniendo asbesto, después de ser incinerado, en g.

ANEXO 18

Determinación de las propiedades funcionales del almidón: Poder de hinchamiento, índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua

(Anderson et. al, 1969)

Equipos y materiales.

1. Tubos de centrífuga de 30 ml.
2. Balanza analítica
3. Pipetas de 10 ml
4. Aquabath con regulación de temperatura
5. Centrífuga
6. Vasos de precipitación de 50 ml
7. Estufa eléctrica
8. Papel filtro fino
9. Embudo

Reactivos

1. 1.25 g de harina
2. Agua destilada

Procedimiento

1. Pesar los tubos de centrifuga secos.
2. Agregar 1.25 g de almidón en base seca (*Pm*) y 30ml de agua destilada precalentada a 60 °C a cada tubo y agitarlos.
3. Colocar en baño de agua a 60°C durante 30min;
4. Agitar las suspensiones a los 10min de haber iniciado el calentamiento.
5. Centrifugar los tubos a temperatura ambiente a 4900rpm durante 30min. Decantar el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar y medir el volumen (*V*).
6. Filtrar el sobrenadante.
7. Desechar los sólidos retenidos en el papel filtro.
8. Tomar una alícuota de 10 ml del sobrenadante y colocar en un vaso de precipitado de 50 ml (previamente pesado).
9. Secar el sobrenadante en un horno durante 12h a 70°C.

10. Pesar el tubo de centrifuga con el gel (Pg), y el vaso de precipitados con los solubles (Ps).

$$ISA = \frac{Pg_{(g)}}{Pm_{(g)} bs}$$

$$IAA = \frac{Pg_{(g)}}{Pm_{(g)} bs} \times V \times 10$$

$$PH = \frac{Pg_{(g)}}{Pm_{(g)} bs - Ps_{(g)}}$$

Dónde:

ISA = Índice de Solubilidad en agua

IAA = Índice de Absorción de agua

PH = Poder de Hinchamiento

$Pg_{(g)}$ = Peso del gel formado en gramos

$Pm_{(g)} bs$ = Peso de la muestra en base seca

$Ps_{(g)}$ = Peso de solubles

V = Volumen del decantado

ANEXO 19

Temperatura de gelatinización (Modificado)

(Grace, 1977)

Equipos y materiales

1. Balanza analítica con una precisión de 0.01 g
2. AquaBath
3. Vasos de precipitación de vidrio de 100 y 250 ml.
4. Frascos volumétricos de 100 ml.
5. Pinzas de acero inoxidable
6. Termómetro con escala de 0-100 °C

Procedimiento

1. Pesar 10 g de harina, disolver en agua destilada y completar a 100 ml.
2. Calentar agua en el Aquabath a 85 °C.
3. Tomar 50 ml de la suspensión en un vaso de precipitado de 100 ml.
4. Introducir el vaso de precipitado en el Aquabath a 85 °C.
5. Agitar con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que se forma una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos.
6. Leer la temperatura de gelatinización.

Valores de referencia

- El valor de la temperatura de gelatinización en almidones de yuca varía entre 57.5-70 °C.

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Mosquera Astudillo, Pablo Andrés**, con C.C: # 0930321930 autor del trabajo de titulación: **Elaboración de harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz.) evaluando métodos de inhibición enzimática para la obtención de puré instantáneo** previo a la obtención del título de **Ingeniero Agroindustrial** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **17 de marzo de 2017**

Nombre: **Mosquera Astudillo, Pablo Andrés**

C.C: **0930321930**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Elaboración de harina de yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz.) evaluando métodos de inhibición enzimática para la obtención de puré instantáneo		
AUTOR(ES)	Pablo Andrés, Mosquera Astudillo		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ema Nofret Moreno Veloz		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Agroindustrial		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Agroindustrial		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	17 de Marzo de 2017	No. PÁGINAS:	DE 104
ÁREAS TEMÁTICAS:	Desarrollo de nuevos productos		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	<i>Puré instantáneo, enzima polifenoloxidasa, inhibición enzimática, CODEX STAN (176 – 1989), coordenadas del color, propiedades funcionales.</i>		
<p>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): La harina de yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) para puré instantáneo fue elaborada aplicando tres métodos de inactivación enzimática y evaluando la capacidad de rehidratación del producto después de haber sido sometido al secado. Los métodos utilizados para la inactivación de la enzima polifenoloxidasa fueron: tratamiento térmico en baño de María e inmersiones en solución de ácido cítrico al 1 % y 0.5 %, siendo seleccionada la inmersión en ácido cítrico al 1 % por ofrecer el menor valor de b* en la comparación de las coordenadas del color (L*, a* y b*) usando un colorímetro. La temperatura de secado fue a 80 °C, debido a que extrajo mayor humedad en comparación con la deshidratación a 60 °C y 70 °C. El producto cumplió con el standard de granulometría fina del CODEX STAN 176-1989 al ser el 92.55 % de sus partículas menor a 0.60 mm, y además presentó valores de ceniza y grasa mayores a lo indicado por la Corporación CLAYUCA, siendo éstos 2.78 g y 1.55 g en 100 g de muestra, respectivamente. Las propiedades funcionales de poder de hinchamiento, índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua medidas a 25 °C fueron de 8.61 (g gel/g muestra (BS)), 9.57 (g gel/g muestra (BS)) y 10.31 (g gel/g muestra (BS)) respectivamente; valores semejantes a los obtenidos en deshidratados de otras raíces y tubérculos. Palabras Claves: puré instantáneo, enzima polifenoloxidasa, inhibición enzimática, coordenadas del color, propiedades funcionales.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-0993213007	E-mail: pabmos92@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ing. Donoso Bruque, Manuel Enrique M. Sc		
	Teléfono: +593-9- 91070554		
	E-mail: manuel.donosos@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			