

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

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

**DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD
DE AIRE EN LA DESHIDRATACIÓN DE LA HOJA Y RAÍZ
DE YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*) PARA LA OBTENCIÓN
DE UN FILTRANTE EDULCORADO**

Autor: Bach. Segundo Vero Collantes Lingán

Asesor: Ing. Segundo Víctor Olivares Muñoz

CHACHAPOYAS – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A Dios por darme salud para poder cumplir los objetivos.

A mis adorados padres Vero y Reyna, por el amor inmenso, el sacrificio constante y por guiarme siempre.

A mis queridos hermanos Alexander, Jarlyn, Leily, Lili y Luvi por sus consejos y apoyo incondicional para cumplir mis metas.

A mi esposa Leidy Vanesa y mis hermosas hijas Reyna y Rhyana por ser mi compañía y motivación para seguir esforzándome cada día.

Segundo Vero

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser guía de mi sendero, por la felicidad todos los días de la vida, junto a mi familia.

A mis padres Vero y Reyna quienes me brindaron todo su apoyo y me enseñaron a luchar contra la adversidad.

A mis hermanos Alexander, Jarlyn, Leily, Lili y Luvi con quienes luchamos cada día para poder seguir adelante en la vida.

A mi esposa Leidy Vanesa quien estuvo conmigo apoyándome y motivándome en todo momento.

A mis dos princesas Reyna y Rhyana quienes me motivan y fortalecen a seguir como verdadera persona y profesional.

A la UNTRM, a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, a los docentes por brindarme aprendizajes y ayudar en la formación como profesional.

Al asesor y técnicos de Laboratorios por su apoyo desinteresado durante esta investigación.

SEGUNDO VERO COLLANTES LINGÁN

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI

RECTOR

Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

MSc. ERICK ALDO AUQUÍÑIVÍN SILVA

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

VISO BUENO DEL ASESOR DE TESIS

El profesor de la UNTRM-A que suscribe, hace constar que ha asesorado la tesis titulada **DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE AIRE EN LA DESHIDRATACIÓN DE LA HOJA Y RAÍZ DE YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*) PARA LA OBTENCIÓN DE UN FILTRANTE EDULCORADO**, ejecutada por el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial SEGUNDO VERO COLLANTES LINGÁN

Asimismo el que suscribe da **VISTO BUENO**, para que la tesis mencionada sea presentada al jurado evaluador, manifestando su voluntad de apoyar al tesista en el levantamiento de observaciones y en el acto de sustentación de tesis.

Chachapoyas, febrero del 2019



Ing. SEGUNDO VICTOR OLIVARES MUÑOZ
PROFESOR AUXILIAR – UNTRM - A

JURADO EVALUADOR



Ing. MSc. ERICK ALDO AUQUIÑIVÍN SILVA

PRESIDENTE



Ing. MSc. AURA DEL ROCÍO TAFUR JIMÉNEZ

SECRETARIA



Ing. Ma. JANNIE CAROLL MENDOZA ZUTA

VOCAL

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo **SEGUNDO VERO COLLANTES LINGAN**, identificado con DNI 47663044, egresado de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada
Determinación de la temperatura y velocidad de aire en la deshidratación de la hoja y raíz de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) para la obtención de un filtrante edulcorado

La misma que presento para optar:

El título de **Ingeniero Agroindustrial**.

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para lo cual se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Así mismo por la presente me comprometo asumir todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivos de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo e investigación haya sido publicado anteriormente: asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas 20 de febrero del 2019



Segundo Vero Collantes Lingán

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA DE TESIS



UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS

Secretaría General
OFICINA DE GRADOS Y TÍTULOS

ANEXO 3-N

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 07 de marzo del año 2019, siendo las 11:30 am. horas, el aspirante Segundo Vero Collantes Lingan defiende en sesión pública la Tesis titulada: "Determinación de la temperatura y velocidad de aire en la deshidratación de la hoja y raíz de yacón (Smallanthus sonchifolius) para la obtención de un filtrante edulcorado"

para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Ing. M.Sc. Erick Aldo Auquiñivín Silva

Secretario: Ing. M.Sc. Aura del Rocío Tafur Jiménez

Vocal: Ing. Ma. Jannie Carol Mendoza Zuta

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado ()

Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 12:30 pm. horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.


SECRETARIO


VOCAL


PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	iv
VISO BUENO DEL ASESOR DE TESIS.....	v
JURADO EVALUADOR.....	vi
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO.....	vii
ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA DE TESIS.....	viii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCION.....	1
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	9
2.1. Lugar de ejecución.....	9
2.2. Materiales y equipos.....	9
2.3. Diseño de investigación.....	27
2.4. Procedimiento experimental.....	27
2.5. Proceso.....	29
2.6. Evaluación de Análisis Físicoquímico:.....	31
2.7. Evaluación de Análisis Sensorial:.....	32
III. RESULTADOS.....	35
3.1. Evaluación sensorial de la bebida.....	35
3.2. Evaluación físicoquímica de la bebida.....	35
3.3. Cinética de secado de la hoja de yacón para la obtención del filtrante.....	39
3.4. Cinética de secado de la raíz de yacón.....	41

IV. DISCUSIÓN.....	42
V. CONCLUSIONES.....	43
VI. RECOMENDACIONES	44
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
A N E X O S	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del yacón	6
Tabla 2. Valor nutricional del yacón	7
Tabla 3. Descripción de los factores y sus niveles	27
Tabla 4. Características de la escala hedónica.....	32
Tabla 5. Registro de datos según cada tratamiento con tres repeticiones.....	33
Tabla 6. ANVA.....	34
Tabla 7. Valores de la evaluación del sabor	48
Tabla 8. Valores de la evaluación del color.....	48
Tabla 9. Valores de la evaluación del aroma.....	49
Tabla 10. Registro de datos de la cinética de secado de hojas con aire a 40 °C y 2 m/s.....	50
Tabla 11. Registro de datos de la cinética de secado de hojas con aire a 40 °C y 3 m/s.....	51
Tabla 12. Registro de datos de la cinética de secado de hojas con aire a 40 °C y 4 m/s.....	52
Tabla 13. Registro de datos de la cinética de secado de hojas con aire a 50 °C y 2 m/s.....	53
Tabla 14. Registro de datos de la cinética de secado de hojas con aire a 50 °C y 3 m/s.....	54
Tabla 15. Registro de datos de la cinética de secado de hojas con aire a 50 °C y 4 m/s.....	55
Tabla 16. Registro de datos de la cinética de secado de hojas con aire a 60 °C y 2 m/s.....	58
Tabla 17. Registro de datos de la cinética de secado de hojas con aire a 60 °C y 3 m/s.....	59
Tabla 18. Registro de datos de la cinética de secado de hojas con aire a 60 °C y 4 m/s.....	60
Tabla 19. Registro de datos de la cinética de secado de la raíz con aire a 50 °C y 2 m/s	63
Tabla 20. Registro de datos de la cinética de secado de la raíz con aire a 50 °C y 3 m/s	64
Tabla 21. Registro de datos de la cinética de secado de la raíz con aire a 50 °C y 4 m/s	65
Tabla 22. Ficha de evaluación sensorial	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Raíz de yacón.....	5
Figura 2. Hoja de yacón.....	6
Figura 3. Diagrama de flujo del proceso - Adaptado de Cozar y Mucha. (2009)	28
Figura 4. Puntuación hedónica de cada tratamiento para la evaluación sensorial del sabor, color y aroma	35
Figura 5. pH del filtrante de yacón en el tratamiento 1 (T1) y tratamiento 4 (T4).....	35
Figura 6. Densidad del filtrante de yacón para el tratamiento 1(T1) y tratamiento 4 (T4)	36
Figura 7. Viscosidad del filtrante de yacón para el tratamiento 1(T1) y tratamiento 4(T4).....	36
Figura 8. Concentración (%) de las características químicas del filtrante de yacón para el tratamiento 1(T1) y tratamiento 4(T4).....	37
Figura 9. Concentración (%) de características de extracto libre de nitrógeno en el filtrante de yacón para el tratamiento 1(T1) y tratamiento 4(T4)	37
Figura 10. Concentración de energía bruta en el filtrante de yacón, para el tratamiento 1(T1) y tratamiento 4(T4).....	38
Figura 11. Comportamiento de la humedad residual en función del tiempo de proceso de hojas de yacón en la operación de secado.....	39
Figura 12. Comportamiento de la velocidad de secado en función de la humedad media de hojas de yacón.....	40
Figura 13. Comportamiento de la humedad residual en función del tiempo de proceso de raíz de yacón en la operación de secado.....	41
Figura 14. Comportamiento de la humedad residual en función del tiempo de proceso de hojas de yacón en la operación de secado.....	56
Figura 15. Comportamiento de la velocidad de secado en función de la humedad media de hojas de yacón.....	57
Figura 16. Comportamiento de la humedad residual en función del tiempo de proceso de hojas de yacón en la operación de secado.....	61
Figura 17. Comportamiento de la velocidad de secado en función de la humedad media de hojas de yacón.....	62
Figura 18. Secado de la hoja de yacón	70
Figura 19. Secado de la raíz de yacón	70

Figura 20. Triturado de la hoja y raíz	70
Figura 21. Raíz de yacón deshidratado.....	70
Figura 22. Envasado y sellado.....	70
Figura 23. Obtención de la muestra molida	70
Figura 24. Preparación de la bebida	71
Figura 25. Obtención de los filtrantes	71
Figura 26. Catación de la bebida	71
Figura 27. Tratamientos a ser evaluados	71
Figura 28. Determinación del pH	71
Figura 29. Medición de la viscosidad.....	71

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la temperatura y velocidad de aire para la deshidratación de la hoja y raíz de yacón, que permita la obtención de un filtrante edulcorado, con características fisicoquímicas y sensoriales aptas para el consumo; para lo cual se recepcionó la materia prima, la hoja fue seleccionada, lavada y picada; la raíz fue seleccionada, luego separada la cáscara, cortada en rodajas y pesado, posteriormente sometándose a secado a temperaturas de 40, 50 y 60 °C y velocidades de aire de 2, 3 y 4 m/s, estableciéndose para tal fin nueve tratamientos con tres repeticiones, se recolectó y evaluó los resultados de calificación sensorial y fisicoquímica, previo triturado, envasado y sellado del producto final, se trabajó bajo un diseño bifactorial 3A X 3B; determinando que a temperatura de 40 °C y velocidad de 2 m/s del aire de secado para la deshidratación de la hoja y raíz del yacón, permite la obtención de un filtrante edulcorado, con características fisicoquímicas y sensoriales aptas para el consumo, el cual fue aceptado sensorialmente con calificación aceptable a bueno (T1 y T4); sin existir diferencia significativa según la prueba de Friedman; las características fisicoquímicas del filtrante obtenido fueron pH entre 5,60 y 5,40; densidad 1,009 y 1,006 g/ml; viscosidad 1,4 y 1,3 cp; humedad 9,99 % y 10,46 %; ceniza 2,76 % y 3,22 %; extracto etéreo 3,96 % y 3,12 %, fibra cruda 2,25 % y 1,91 %; proteína total 4,09 % y 4,3 %; extracto libre de nitrógeno 76,47 % y 77,46 %; y energía bruta entre 4171,5 kcal/g y 4093,2 kcal/g.

Palabras clave: edulcorado, evaluación, filtrante, fisicoquímica, sensorial y yacón

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the temperature and air speed for the dehydration of the leaf and root of yacon, which allow obtaining a sweetened, filter with physicochemical and sensorial characteristics suitable for consumption; for the which the raw material is received, the sheet was selected, washed and chopped; the root was selected, then separate the shell, cut into slices and heavy, subsequently undergoes drying at temperatures of 40, 50 and 60 ° C and 2, 3 and 4 m/s air velocities, establishing for this purpose nine treatments with three repetitions, is collected and It evaluated the results of physico-chemical and sensory rating, prior grinding, packaging and sealing the final product, worked under a bivariate 3A 3B X design; determining that a temperature of 40 ° C and speed of 2 m/s in air drying for the dehydration of the leaf and root of yacon, allows obtaining of a sweetened filter, physico-chemical and sensory characteristics suitable for consumption, which was accepted sensually with acceptable rating to good (T1 and T4); There is significant difference according to the Friedman test. physicochemical characteristics of the filtering retrieved were pH between 5,60 and 5,40; density 1,009 and 1,006 g/ml; viscosity 1,4 and 1,3 cp; humidity 9,99% and 10,46%; Ash 2,76% to 3,22%; extract Ethereal 3,96% and 3,12%, crude fiber 2,25% and 1,91%; total protein 4,09% and 4,3%; nitrogen-free extract 76,47% and 77,46%; and gross energy among 4171,5 kcal/g and kcal/g 4093,2.

Key words: sweetened, evaluation, filter, physicochemical, sensory and yacon

I. INTRODUCCION

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*), es una planta domesticada hace varios siglos por los pobladores de las culturas prehispánicas, aunque hasta hace poco tiempo se cultivaba en huertos caseros para auto consumo, recientemente se ha descubierto algunas de sus propiedades, generando en la población un creciente interés por este cultivo (Maldonado, Santapaola, Singh, Torrez, & Garay, 2008). Es una planta promisoría en los tiempos modernos ya que la demanda de azúcares emulsificantes no dañinos para el organismo humano está creciendo continuamente por dos razones, el afán de no subir de peso y los millones de seres humanos que sufren de diabetes y no pueden consumir sacarosa. Las raíces y las hojas son usadas para la diabetes, desórdenes digestivos y desórdenes renales (Muñoz, Blanco, Serván, & Alvarado, 2006)

El yacón es un producto que en la región amazonas, su cultivo y usos se realiza de forma artesanal ya que se tiene un total desconocimiento que es un alimento útil, para los enfermos de diabetes y para bajar de peso (Melgarejo, 1999). En sus raíces almacena diferentes carbohidratos como fructosa, glucosa y principalmente oligosacáridos de bajo grado de polimerización (mayormente de 3 a 10 oligofructanos), trazas de almidón e inulina (Roberto, 2006). Sus hojas han demostrado tener actividad hipoglicemiante, antioxidante sobre el metabolismo hepático. Los flavonoides han demostrado tener una gran actividad biológica y principalmente como antioxidantes (Aguilar & Bonilla, 2009).

Si bien es cierto se han realizado esfuerzos por conservar las características del yacón, se han obtenido productos a partir de técnicas artesanales; el tiempo de vida útil de este producto es corta. El desarrollo de nuevos métodos de conservación, es fundamental para poder identificar las mayores posibilidades y potencialidades, en la prevención o tratamiento de enfermedades, en su aplicación en la agroindustria.

Por lo tanto, como se puede entender el yacón es una materia prima muy importante que no está siendo aprovechada eficientemente, se está desperdiciando su potencial como un producto promisorio para la región y el país.

Por las razones mencionadas se propone la presente investigación en el marco de lograr el uso integral del yacón, utilizando un método de conservación que es la deshidratación para luego ser utilizado en el consumo directo o en la elaboración de otros productos, tanto la raíz como las hojas, obteniendo mediante un proceso de deshidratación un producto natural con características aceptables para el consumo, es decir se busca obtener un filtrante edulcorado y analizado desde el aspecto sensorial y fisicoquímico.

El objetivo de esta investigación fue determinar la temperatura y velocidad de aire para la deshidratación de la hoja y raíz de yacón, que permita la obtención de un filtrante edulcorado, con características fisicoquímicas y sensoriales aptas para el consumo.

Según, (Mansilla, López, Blas, Chia, & Baudoin, 2006), el yacón es un cultivo andino caracterizado por almacenar principalmente fructooligosacáridos en sus raíces; en el Perú caracterizaron 30 accesiones de yacones cultivados provenientes del norte, centro y sur mediante la técnica de RAPDs. En dicha investigación no lograron encontrar material duplicado y la mayor diversidad estuvo concentrada en las accesiones provenientes del centro del Perú. Reportaron un 21,14% de variación genética explicada por el componente interregional y la mayor variabilidad estuvo concentrada entre las accesiones de cada región (78,86%).

En cuanto a la producción del yacón, (Seminario, Valderrama, & Manrique, 2003), señalan que los principales nichos de producción en el Perú se encuentran en Amazonas (Utcubamba, Bongará y Chachapoyas); Ancash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cerro de Pasco, Cusco, entre otras.

(Muñoz, Blanco, Serván, & Alvarado, 2006), realizaron una evaluación del contenido de nutrientes de yacón proveniente de cinco departamentos del país: Cajamarca, Junín, Huánuco, Lima y Puno, determinaron el contenido de lípidos, carbohidratos, proteínas y minerales como magnesio, cobre y hierro, encontrando en las muestras procedente de Lima mayor contenido de proteínas (4,52%) y cobre (1,14 mg/100g); mientras que las muestras provenientes de Huánuco tuvieron mayor contenido de magnesio (77,2 mg/100g); en cuanto a contenido de grasa, las que presentaron mayor contenido fueron aquellas provenientes de Junín (0,87%); existiendo diferencia significativa con las de Lima (0,05%); con respecto al contenido de fibra, presentaron un mayor número las muestras procedentes de Cajamarca (3,31%); el contenido de los demás nutrientes determinados fueron similares.

En la investigación denominada cinética de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de yacón, (Maldonado, Santapaola, Singh, Torrez, & Garay, 2008), determinaron la pérdida de peso de las muestras, la ganancia de sólidos y la retención de agua, determinándose que la mayor transferencia de masa, tanto de agua como de soluto, ocurre durante los primeros 60 a 90 minutos de proceso, lográndose una ganancia media de sólidos de 9,5 [g.100 g⁻¹ MF] y una pérdida de agua de 68,8 [g.100 g⁻¹MF], donde se puede asegurar que es posible aplicar satisfactoriamente el proceso de deshidratación osmótica en yacón como pre tratamiento de conservación.

La raíz del yacón ha sido utilizado en la obtención de jarabe de yacón, así tenemos a (Manrique, Párraga, & Hermann, 2005), quienes obtuvieron jarabe de yacón, con un alto contenido de fructooligosacáridos, que dieron como resultado de la concentración del zumo de las raíces. Sus características físicas y organolépticas son parecidas a la miel de abeja de maple o de caña de azúcar y puede emplearse para propósitos parecidos, tienen la ventaja que sirve a consumidores preocupados en reducir su ingesta calórica y mejorar la calidad de su alimentación; también señalan que puede ser consumido personas con diabetes, ya que los FOS no elevan el nivel de glucosa en la sangre.

(Arnao, Seminario, Cisneros, & Trabucco, 2011), determinaron la capacidad antioxidante de 10 accesiones de yacón procedentes de Cajamarca en la cual concluyeron que las accesiones con mayor potencial antioxidante, para hojas y raíces, provinieron de las localidades de Yanamango y Chuquibamba. Estos resultados estarían relacionados a su diferente distribución geográfica.

También se han realizado estudios mediante laboratorio para evaluar la capacidad antioxidante de las hojas de yacón, así por ejemplo (Aguilar & Bonilla, 2009), evaluaron la actividad antioxidante e inmunológica de flavonoides aislados de hojas de yacón, en la cual se aislaron y elucidaron la estructura química de los flavonoides de las hojas de *S. sonchifolius* y estudiaron su actividad antioxidante e inmunológica en ratones albinos Balb/C, en la cual concluyeron que, los flavonoides presentes en las hojas de *S. sonchifolius* tienen actividad antioxidante, inmunológica y no muestran toxicidad a las dosis ensayadas.

En el estudio denominado actividad hipoglucemiante del extracto hidroalcohólico de las hojas de yacón en ratas con diabetes Tipo 1 y 2, los objetivos del estudio fueron demostrar que el extracto hidroalcohólico al 10% p/v presenta actividad hipoglucemiante en ratas con diabetes mellitus tipo 2, su probable mecanismo de acción es por que mejoran las concentraciones de insulina en la sangre, la dosis efectiva es entre 500 y 1000 mg/Kg de peso corporal, no presenta actividad hipoglucemiante en ratas con diabetes mellitus tipo 1, no presenta efectos adversos significativos. (Nesquen, 2007).

En cuanto a raíz deshidratada, (Valdez, Margalef, & Gómez, 2013), elaboraron harina de yacón con raíces de 8 meses de edad de cultivo, las mismas que fueron secadas en estufa con corriente de aire a 70°C por 23 horas; efectuándose una caracterización física, química y sensorial; de la harina obtenida emplearon en la formulación de una barra dietética funcional prebiótica (BDFP),

determinaron preferencia/aceptabilidad de las formulaciones y composición química. Se obtuvo una harina de 4,5% de humedad con un contenido de fructanos de 70,23 g% (base seca). La BDFP resultó de valor calórico reducido, bajo valor glúcido, alto contenido de proteínas y de alto contenido en fibra; resultando aceptable para el 93% de los consumidores.

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) es una planta que crece hasta en los 3500 msnm de altitud, en un rango óptimo de temperatura de 18 a 25°C y que no requiere de fertilizantes, pesticidas ni mayores cuidados. Estas características agronómicas permiten su cultivo en diferentes departamentos del Perú. Es un recurso vegetal valorado por sus propiedades nutricionales y medicinales, han concitado gran interés su uso en el tratamiento de la diabetes, pues se le atribuye una acción hipoglicemiante. A la raíz se la considera como alimento prebiótico e hipocalórico, lo cual es debido a su contenido de fructooligosacáridos (FOS), compuestos que no pueden ser hidrolizados por las enzimas digestivas de los humanos. En el caso de las hojas los extractos acuosos han demostrado tener efectos hipoglicemiantes, además de poseer capacidad antioxidante y antimicrobiana (Arnao, Seminario, Cisneros, & Trabucco, 2011).

Las raíces reservantes tienen una apariencia bastante semejante a las raíces reservantes del camote. Diferentes factores como la variedad, el tipo de suelo, la localidad, entre otros pueden influenciar en la forma y el tamaño de las raíces. Su peso puede fluctuar fácilmente entre los 50 y 1000 gramos, pero mayormente lo hacen entre los 300 y 600 gramos. Bajo un sistema de producción poco tecnificado, una planta produce entre 2 a 4 kg de raíces reservantes. Sin embargo, con abonamiento y un adecuado manejo agronómico, el peso puede llegar cerca a los 6 kg (Amaya 2002) citado por (Seminario, Valderrama, & Manrique, 2003).



Figura 1. Raíz de yacón

Las hojas son opuestas, de lámina triangular, de base trunca, hastada o cordada (acorazonada). Hasta la floración en cada tallo se producen entre 13 a 16 pares de hojas. Después de la floración la planta solo produce hojas pequeñas (Seminario, Valderrama, & Manrique, 2003).



Figura 2. Hoja de yacón

El yacón es una de las raíces comestibles con mayor contenido de agua, entre 83 y 90% del peso fresco de las raíces es agua. En términos generales, los carbohidratos representan alrededor del 90% del peso seco de las raíces recién cosechadas, de los cuales entre 60 y 70 % son fructooligosacáridos (FOS). El contenido de proteínas, lípidos, vitaminas y minerales es bastante bajo. La composición química de las hojas de yacón es poco conocida. Se sabe que contienen sesquiterpenos, lactonas, flavonoides y un grupo de sustancias aún no identificadas. Varios de estos compuestos tienen actividad fungicida y antioxidante, por lo que es factible esperar el desarrollo futuro de bioinsecticidas y nuevos productos en la industria farmacológica (Inoue et al. 1995, Daóková et al. 2001) citado por (Seminario, Valderrama, & Manrique, 2003).

Tabla 1. Características del yacón

Nombre Científico	<i>Smallanthus sonchifolius</i>
Nombre Común	Yacón, llacón, lajuash
Color interno del grano	Anaranjado bajo
Olor	Característico a yacón
Sabor	Agradable

Fuente: Galindo y Paredes (2002)

Tabla 2. Valor nutricional del yacón

Componentes	Para 100 g de yacón
Energía	54 Kcal
Agua	86,6 g
Proteína	0,3 g
Grasa	0,3 g
Carbohidratos	12,5 g
Calcio	23 mg
Fósforo	21 mg
Hierro	0,3 mg
Riboflavina	0,1 mg
Niacina	0,34 mg

Fuente: Galindo y Paredes (2002)

El secado, se define como el calor requerido que puede ser suministrado por convección, conducción y radiación. En el proceso de alimentos se puede realizar tanto el secado directo o indirecto, los sistemas de secado indirecto son simples, no solo en los conceptos utilizados sino también en el equipo requerido (Geankoplis, 1998).

La humedad, es el contenido de agua por unidad de masa de sólido seco. El término secado se refiere a la eliminación de humedad de una sustancia. De acuerdo a la forma de la eliminación, el secado puede ser continuo o discontinuo; y de acuerdo al agente de secado puede ser directo o indirecto. En Ingeniería Agroindustrial, consideraremos que el causante de la humedad es el agua y que el agente de secado es aire caliente (Perry y Chilton, 1982).

El contenido de humedad en base seca es la que expresa la humedad de un material como porcentaje del peso del sólido seco. Se define como:

$$Y_s = \frac{[\text{msólido a secar} - \text{msólido seco}]}{\text{msólido seco}} \times 100$$

.Un secador de bandejas es un equipo totalmente cerrado y aislado en el cual los sólidos se colocan sobre bandejas perforadas. La transmisión de calor puede ser directa del aire a los sólidos, utilizando la circulación de grandes volúmenes de aire caliente, o indirecta, utilizando repisas o bases calentadas por serpentines de radiador o paredes refractarias al interior de la cubierta. En unidades de calor indirecto, exceptuando los equipos de repisas al vacío, casi siempre se necesita la circulación de una pequeña cantidad de aire para eliminar el vapor del compartimiento y evitar la saturación y condensación del gas (Perry y Chilton, 1982).

Conviene tener una circulación de aire con velocidades de 1 a 10 m/s para mejorar el coeficiente de transferencia de calor en la superficie y con el propósito de eliminar bolsas de aire estancado. La corriente del aire adecuada para este tipo de secadores depende de si el ventilador tiene una capacidad suficiente, del diseño de la red de ductos para manejar cambios repentinos de dirección y de desviadores correctamente ubicados. La corriente del aire no uniforme es uno de los problemas más graves que se presentan en el funcionamiento de los secadores de bandejas (Perry & Chilton, 1982).

El Secador de bandejas del Laboratorio de Ingeniería consta de un ducto de aire montado sobre una estructura que está a una altura confortable para tener condiciones de trabajo adecuadas. El aire entra al ducto por medio de un soplador, cuya velocidad puede ser controlada para producir un rango de velocidades de aire arriba de 1,5 m/s en el ducto.

El aire se calienta por medio de dos resistencias eléctricas instaladas en el ducto y activadas cada una por un interruptor, para proporcionar una temperatura del aire de hasta un máximo de 80 °C. El aire pasa por el ducto y llega a una cabina que tiene 3 bandejas con el material a secar, soportadas en una estructura que permite el paso de la corriente de aire el flujo paralelo. Las bandejas son colocadas o retiradas de la cabina a través de una puerta lateral que tiene un vidrio para poder visualizarlas desde el exterior.

Después de pasar por las bandejas, el aire es descargado a la atmosfera, en este punto se mide la velocidad del aire con un anemómetro digital. La temperatura del bulbo seco se mide con un termómetro que se coloca sobre la puerta de la cabina.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

La ejecución de esta investigación se desarrolló en el Laboratorio de Ingeniería, de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial, el secado tanto de las hojas como la raíz de yacón se realizó en el secador de bandejas. El análisis organoléptico también se desarrolló en el Laboratorio de Ingeniería y el análisis fisicoquímico se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de Alimentos.

2.2. Materiales y equipos

Utensilios

- Cuchillo de cocina
- Recipientes
- Tabla de cortar

Protección personal

- Mandil de laboratorio
- Mascarilla
- Guantes quirúrgicos
- Gorro protector

Materiales

- Papel filtro
- Lapicero
- Papel aluminio
- Plumón indeleble
- Vasos acrílicos
- Regla
- Cuaderno de apuntes

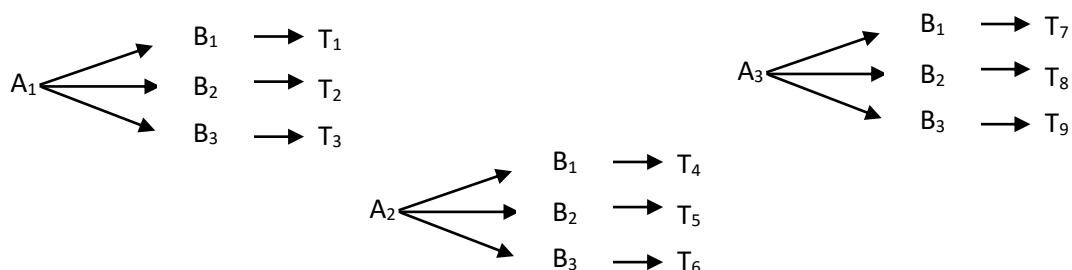
Equipos

- Secador de bandejas
- pH-metro
- Estufa
- Mortero
- Selladora
- Balanza electrónica
- Anemómetro
- Balanza mecánica
- Viscosímetro
- Computadora portátil
- Densímetro

2.3. Diseño de investigación

Se utilizó un experimento factorial 3A x 3B bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones (Montgomery, 2004). Se empleó tres temperaturas y tres velocidades del aire de secado.

Los tratamientos se efectuaron de acuerdo a la siguiente gráfica:



(A₁, A₂, A₃: Temperatura de secado y B₁, B₂, B₃: Velocidad del aire de secado).

Tabla 3. Descripción de los factores y sus niveles

Factor	Descripción	Nivel del factor	
		Símbolo	Referencia
A	Temperatura del aire de secado	A ₁	40 °C
		A ₂	50 °C
		A ₃	60 °C
B	Velocidad del aire de secado	B ₁	2 m/s
		B ₂	3 m/s
		B ₃	4 m/s

2.4. Procedimiento experimental

Se recibió la materia prima, la hoja y la raíz de yacón que fueron de procedencia del Distrito de la Jalca Grande, Provincia de Chachapoyas, Región Amazonas, posteriormente se clasificó y seleccionó; las hojas fueron lavadas con hipoclorito de sodio al 2 %, luego picada eliminando el tallo y las partes no adecuadas; la raíz estuvo constituida por yacón con madurez fisiológica total, es decir que presente principalmente el color naranja del mesocarpio, siendo estas peladas y troceadas en forma de rodajas de 0,3 cm aproximadamente; luego continuando con el pesado de 100 g de ambas muestras para ser colocados en las bandejas, donde se realizó la deshidratación de las hojas y raíz de yacón

controlando la temperatura y velocidad del aire en el secador de bandejas del Laboratorio de Ingeniería de la UNTRM.

A las muestras deshidratadas se pesaron 3 g de cada una, seguidamente fueron envasadas y finalmente realizando el sellado del producto; para lo cual se utilizó diferentes equipos y materiales de la Planta Piloto Agroindustrial de la UNTRM.

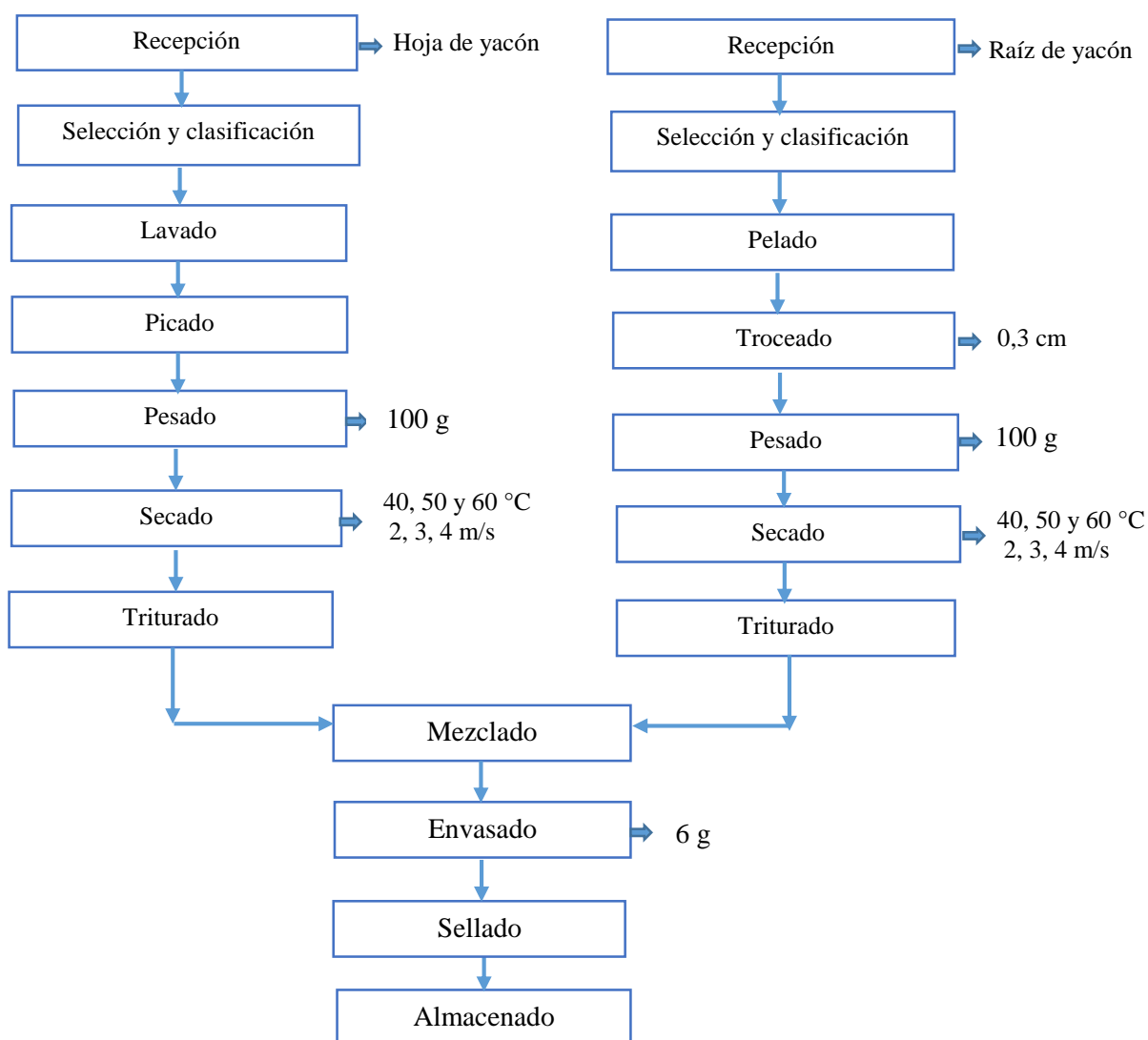


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso - Adaptado de Cozar y Mucha. (2009)

2.5. Proceso

Proceso de secado de la hoja de yacón

- **Recepción:** se recibió la hoja recolocando de acuerdo a la técnica de muestreo y el periodo de desarrollo, teniendo en cuenta que no presente plagas y enfermedades u otras patologías como partes necrosadas, decoloradas, deshidratadas, etc.
- **Selección y clasificación:** se seleccionó y clasificó la materia prima teniendo en cuenta la homogeneidad del color característico de las hojas y exento de daños mecánicos.
- **Lavado:** la materia prima seleccionada fue lavada y desinfectada mediante la inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 2 % durante 20 minutos, luego se lavó con abundante agua para eliminar la traza de hipoclorito.
- **Picado:** el picado de la hoja de yacón se realizó eliminando tallos y partes no adecuadas.
- **Pesado:** se pesó 100 g de hojas de yacón en cada bandeja obteniendo un total de 300 g por cada tratamiento.
- **Secado:** se utilizó el secador de bandejas con flujo de aire caliente del Laboratorio de Ingeniería de la UNTRM-A, previa selección de los parámetros de temperatura y velocidad del aire de secado, donde se realizaron diferentes repeticiones, con los mismos tratamientos (temperatura del aire de 40 °C, 50 °C y 60 °C y velocidades del aire de 2 m/s, 3 m/s, 4 m/s). Asimismo se realizó el secado en la estufa hasta peso seco al final del secado, se colocó el contenido de las tres bandejas en la estufa a 100 °C, hasta peso constante.
- **Trituración:** las muestras secas de las hojas de yacón deshidratadas se sometieron a trituración con pilón y mortero.

Proceso de secado de la raíz de yacón

- **Recepción:** se recibió la raíz recolocando de acuerdo a la técnica de muestreo y el periodo de madurez, es decir con madurez fisiológica, teniendo en cuenta que no presente plagas y enfermedades u otras patologías como partes necrosadas, decoloradas, deshidratadas, etc.
- **Selección y clasificación:** se seleccionó y clasificó la materia prima teniendo en cuenta las características sensoriales aceptables (color, olor, sabor); peso y tamaño.

- **Pelado:** el pelado de la raíz se realizó de forma manual para eliminar la cáscara con cuchillos de acero inoxidable.
- **Troceado:** las raíces fueron cortadas de manera transversal en rodajas de 0,3 cm de espesor aproximadamente.
- **Pesado:** se pesó 100 g de raíz de yacón en cada bandeja obteniendo un total de 300 g por cada tratamiento.
- **Secado:** se utilizó el secador de bandejas con flujo de aire caliente del Laboratorio de Ingeniería de la UNTRM-A, previa selección de los parámetros de temperatura y velocidad del aire de secado, donde se realizaron diferentes repeticiones, con los mismos tratamientos (temperatura del aire de 40 °C, 50 °C y 60 °C y velocidades del aire de 2 m/s, 3 m/s, 4 m/s). Asimismo, se realizó el secado en la estufa hasta peso seco al final del secado, se colocó el contenido de las tres bandejas en la estufa a 100° C, hasta peso constante.
- **Trituración:** las muestras secas de la raíz de yacón deshidratadas se sometieron a trituración con pilón y mortero.

Obtención del filtrante de la hoja y la raíz de yacón

- **Mezclado:** esta operación consistió en realizar la mezcla de la materia prima seca tanto de la hoja como de la raíz deshidratada con el fin de obtener un filtrante.
- **Envasado:** el envasado se realizó para darle características de producto filtrante con una cantidad de 3 gramos de cada muestra en bolsas de polietileno.
- **Sellado:** inmediatamente después de ser envasado el filtrante fue sellado herméticamente.
- **Almacenamiento:** una vez envasado y sellado se almacenó en estantes cerrados bajo condiciones ambientales hasta su posterior evaluación.

2.6. Evaluación de Análisis Físicoquímico:

Se realizó el análisis físicoquímico a las muestras que obtuvieron mayor aceptación sensorial y de acuerdo a la metodología de los diferentes análisis propuesta en la presente investigación y ajustada a la NTC 5839.

- **pH:** se realizó mediante el método del pH-metro marca QUIMIS, modelo Q400MT según la norma AOAC (937.01).
- **Densidad:** se determinó utilizando un densímetro con rango de escala de 1000 a 1100 g/ml, según la norma AOAC (1998).
- **Viscosidad.** Se realizó mediante el viscosímetro rotacional Brookfield LVDVE con juego de spinles del (S₁ al S₇) y adaptador para baja viscosidad.
- **Humedad:** se determinó el porcentaje de humedad en la estufa marca RAYPA, modelo DO – 135, ajustada a la norma AOAC 925.09, Revisada 2016.
- **Ceniza:** se determinó mediante la mufla marca BLUE-M, modelo BF51732C-1 según la norma AOAC 942.05.
- **Fibra cruda:** se realizó en el analizador de fibra marca ANKOM, modelo A2001 según la norma AOAC 978.10 (Van Soest)
- **Extracto etéreo:** se efectuó el análisis mediante la estufa marca SELECTA, modelo Conterm 2000210, ajustado a la norma AOAC 920.39.
- **Proteína total:** se realizó mediante el destilador marca selecta, modelo PRO - NITRO A, según la norma AOAC 976.05 – ISO 5983 – 2002 (revisado 2013).
- **Extracto libre de nitrógeno:** se efectuó aplicando la sumatoria total de las características químicas, según la norma AOAC 923.03.

- **Energía bruta:** se realizó mediante una bomba calorimétrica marca IKA, modelo A1290 DDEE.

2.7. Evaluación de Análisis Sensorial:

El análisis sensorial se llevó a cabo con la participación de 15 panelistas del tipo consumidor, y se evaluó mediante una escala hedónica recomendada por (Ramirez-Navas, 2012) de 7 puntos, que está delimitado por los parámetros siguientes:

Tabla 4. Características de la escala hedónica

Identificación sensorial	Escala hedónica
Excelente.	7
Muy bueno.	6
Bueno.	5
Aceptable.	4
Regular	3
Malo	2
Muy malo	1

2.8. Análisis de datos

Análisis de acuerdo a la caracterización fisicoquímica y sensorial

Se realizó el análisis de los resultados de la evaluación sensorial (mediante escala hedónica) y fisicoquímica mediante un diseño estadístico (Factorial 3A x 3B bajo un diseño completamente al azar DCA), análisis de varianza y comparaciones de medias para establecer las diferencias entre tratamientos.

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde: i = 1, 2, 3 (Niveles del factor A)

j = 1, 2, 3 (Niveles del factor B)

$k = 1, 2, 3$ repeticiones

Y_{ijk} : cuantificación de características fisicoquímicas y sensoriales del filtrante, registrada en la i -ésima Temperatura del aire de secado; j -ésima velocidad del aire de secado, observado en la k -ésima repetición.

μ : Efecto de la media poblacional.

A_i : Efecto de la i -ésima temperatura del aire de secado.

B_j : Efecto de la j -ésima velocidad del aire de secado.

(AB) ij : efecto de la i -ésima temperatura del aire de secado; j -ésima velocidad del aire de secado.

E_{ijk} : efecto del error experimental en la i -ésima temperatura del aire de secado y j -ésima velocidad del aire de secado.

Nivel de significación (α): 5% = 0.05

Nivel de confianza ($1-\alpha$): 95% = 0.95

Prueba de comparaciones múltiples

Para las comparaciones múltiples se utilizó la prueba Tuckey al 95% de confianza.

Registro de datos según cada tratamiento con tres repeticiones

Tabla 5. Registro de datos según cada tratamiento con tres repeticiones

Repeticiones	A1			A2			A3		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
1									
2									
3									

Tabla 6. ANVA

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos					
A					
B					
A*B					
Error experimental					
Total					

III. RESULTADOS

3.1. Evaluación sensorial de la bebida

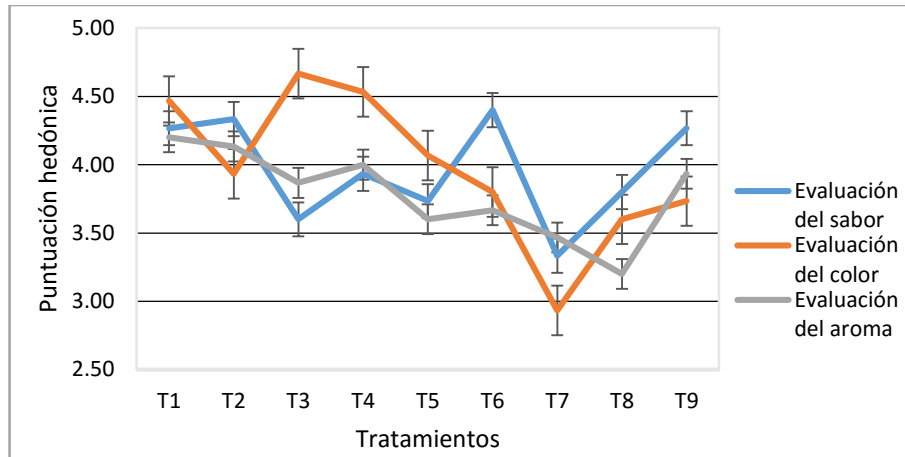


Figura 4. Puntuación hedónica de cada tratamiento para la evaluación sensorial del sabor, color y aroma

En la figura 4, la puntuación hedónica indica que los mejores tratamientos son el tratamiento 1 (T1), tratamiento 4 (T4), tratamiento 2 (T2), tratamiento 3(T3), tratamiento 6(T6) y tratamiento 9(T9); sin embargo al realizar la prueba estadística de Friedman no existe diferencia significativa entre estos tratamientos.

3.2. Evaluación fisicoquímica de la bebida

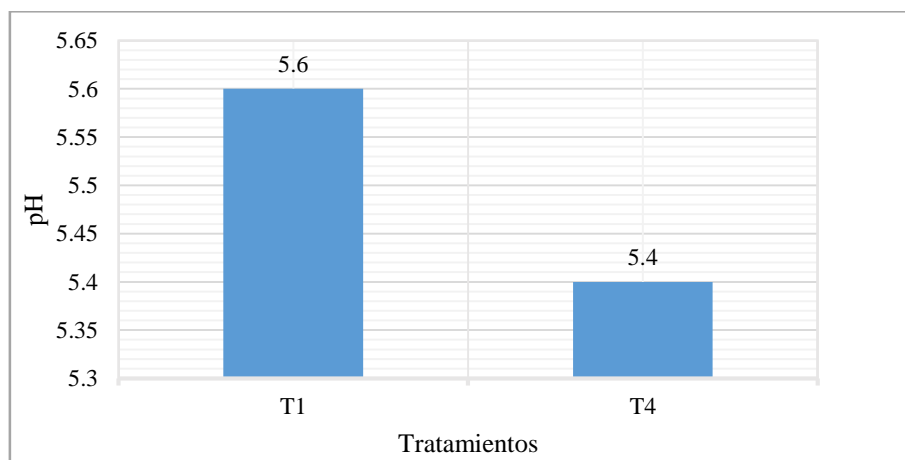


Figura 5. pH del filtrante de yacón en el tratamiento 1 (T1) y tratamiento 4 (T4)

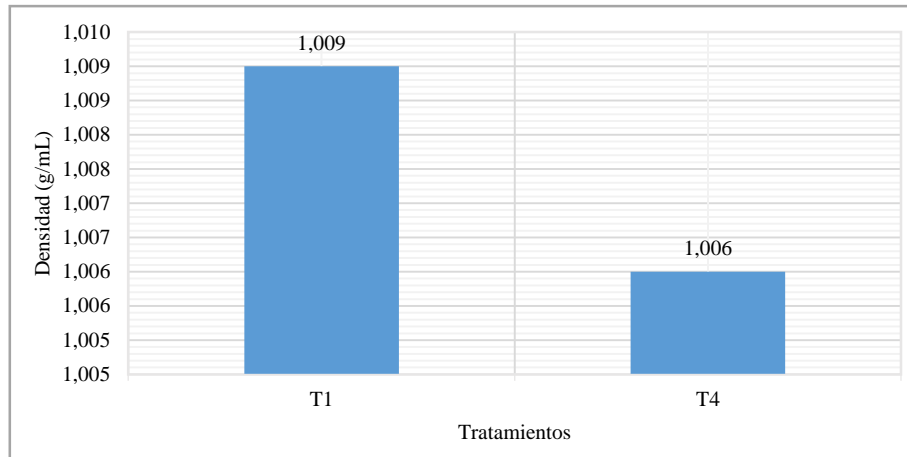


Figura 6. Densidad del filtrante de yacón para el tratamiento 1(T1) y tratamiento 4 (T4)

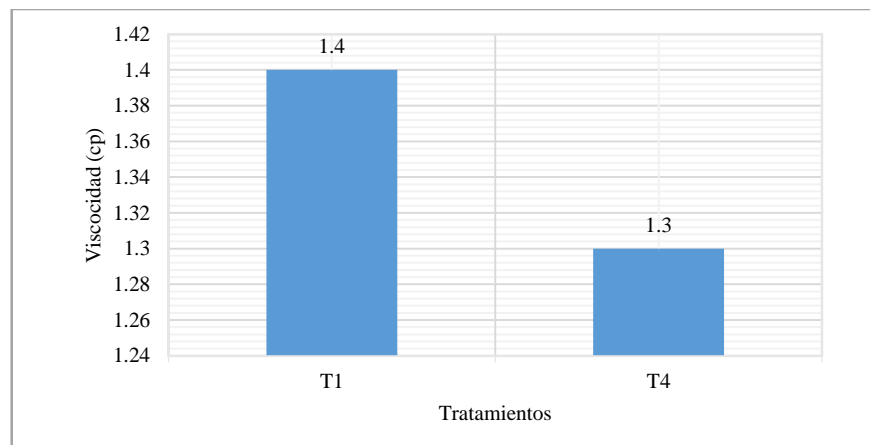


Figura 7. Viscosidad del filtrante de yacón para el tratamiento 1(T1) y tratamiento 4(T4)

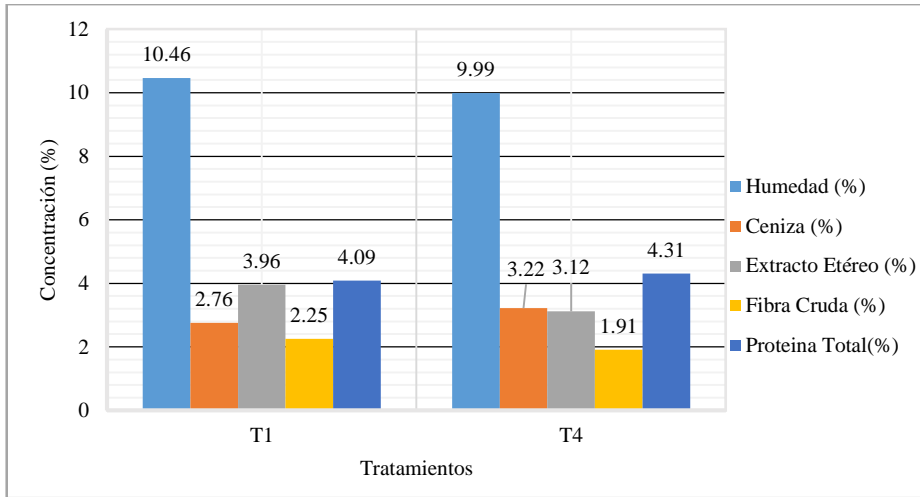


Figura 8. Concentración (%) de las características químicas del filtrante de yacón para el tratamiento 1(T1) y tratamiento 4(T4)

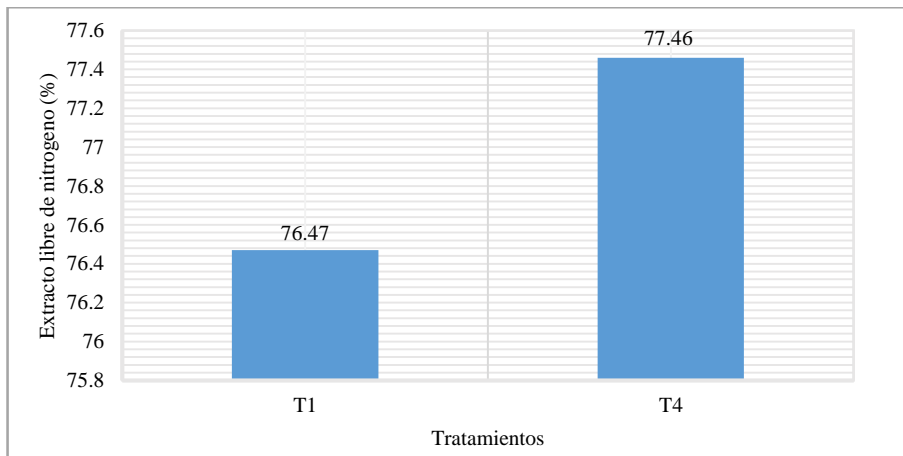


Figura 9. Concentración (%) de características de extracto libre de nitrógeno en el filtrante de yacón para el tratamiento 1(T1) y tratamiento 4(T4)

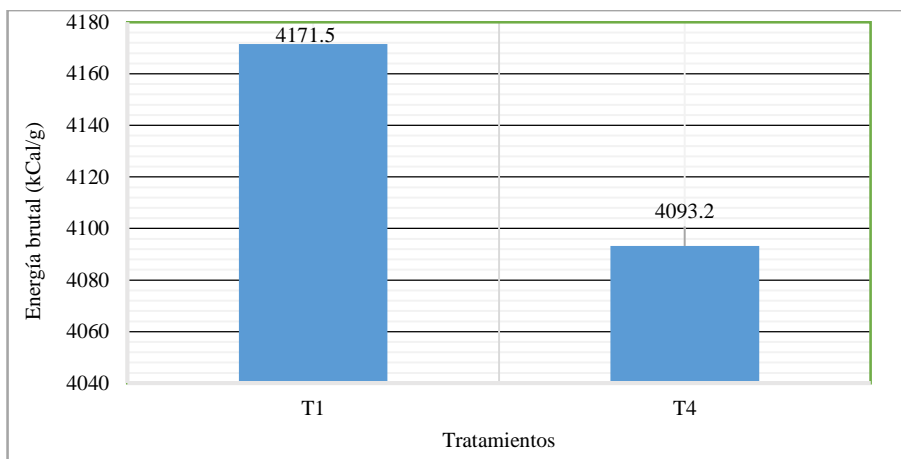


Figura 10. Concentración de energía bruta en el filtrante de yacón, para el tratamiento 1(T1) y tratamiento 4(T4)

Las figuras 5, 8 y 9, muestran las concentraciones de las características químicas en el filtrante obtenido en el tratamiento 1(T1) y tratamiento 4(T4), pero al realizar el análisis de varianza entre estos dos tratamiento no existe diferencia significativa entre los valores de cada tratamiento.

Las figuras 6 y 7, muestran las características físicas de la Densidad en g/ml y la viscosidad expresada en cp de la bebida preparada obtenida a base de la raíz y la hoja.

La figura 10, muestra la concentración de energía bruta, medida en kilocalorías por gramo de filtrante; lo cual demuestra la cantidad de azúcar adicionado por la harina de raíz seca del yacón.

3.3. Cinética de secado de la hoja de yacón para la obtención del filtrante

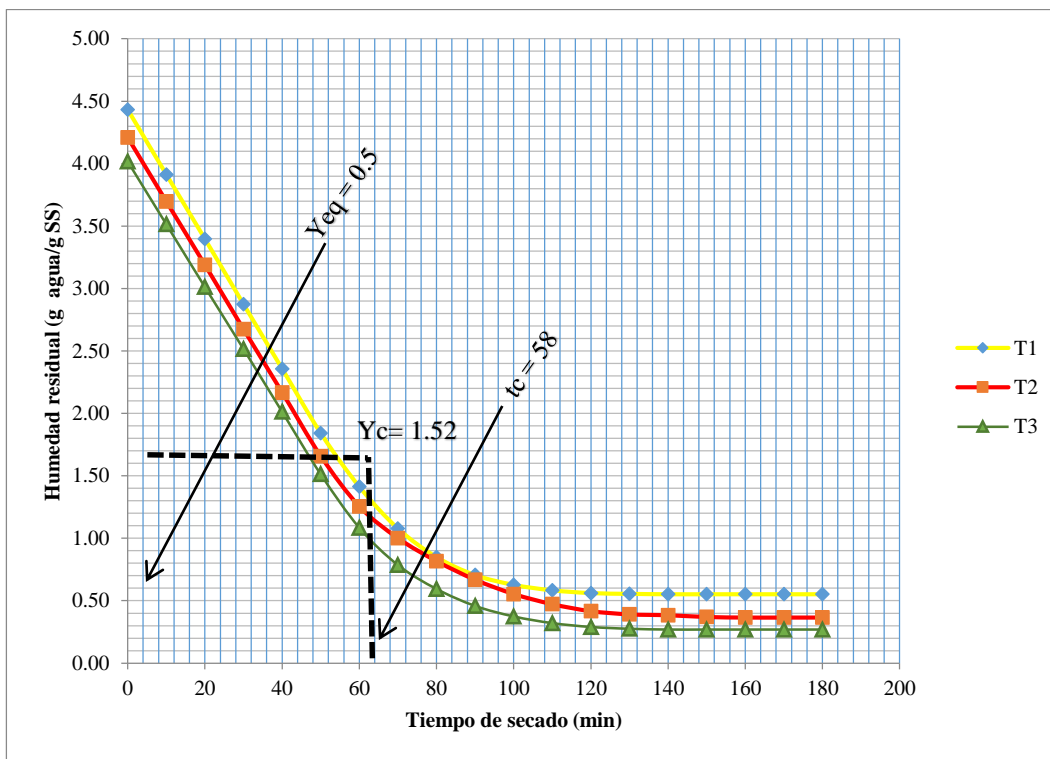


Figura 11. Comportamiento de la humedad residual en función del tiempo de proceso de hojas de yacón en la operación de secado

En la figura 11, se muestra la cinética de secado, teniendo en cuenta la humedad residual en función del tiempo de secado; proceso efectuado para los tratamientos T1, T2 y T3; en los cuales se trabajó a una temperatura de secado de 40 °C y velocidades del aire de 2 m/s, 3 m/s y 4 m/s.

Además, en la figura 11, se lee la humedad de equilibrio de 0.5 g agua/g ss, lograda aproximadamente a las 2 horas; la humedad crítica a los 58 min; resultados del mejor tratamiento (T1)

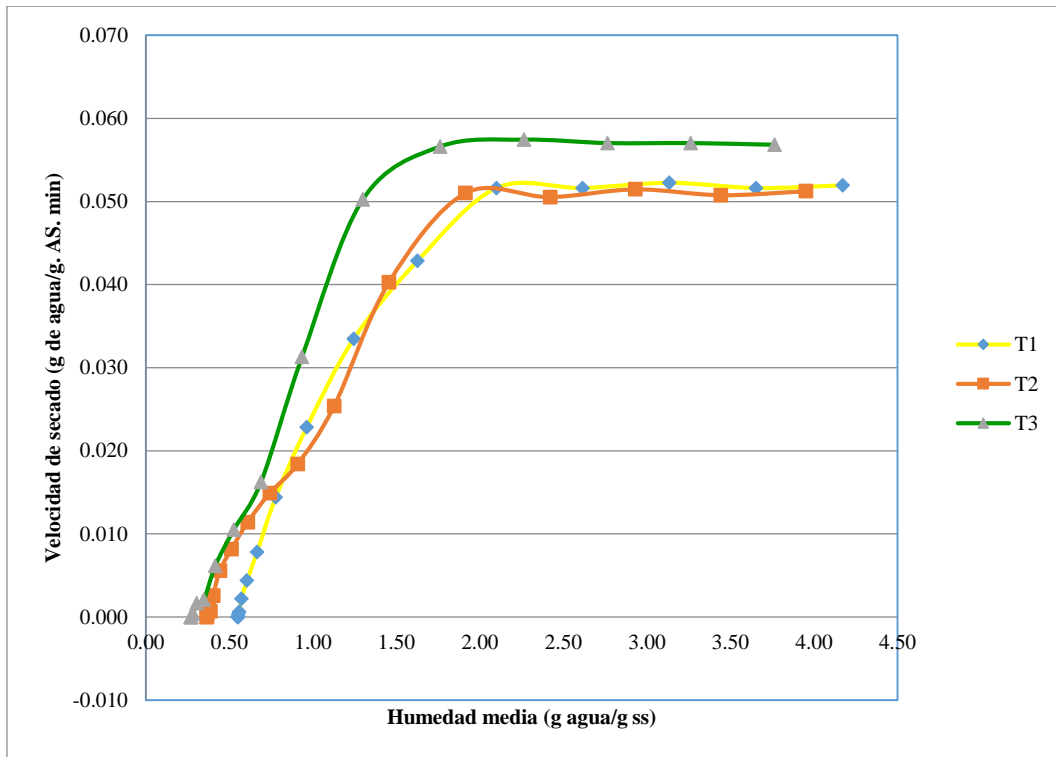


Figura 12. Comportamiento de la velocidad de secado en función de la humedad media de hojas de yacón

La figura 12, muestra el comportamiento de la velocidad de secado en función de la humedad residual media de hojas de yacón notándose que la humedad de equilibrio es 0,5 g agua/g ss, y la velocidad de secado antecrítico es de 0,052 g de agua/g. ss. min

3.4. Cinética de secado de la raíz de yacón

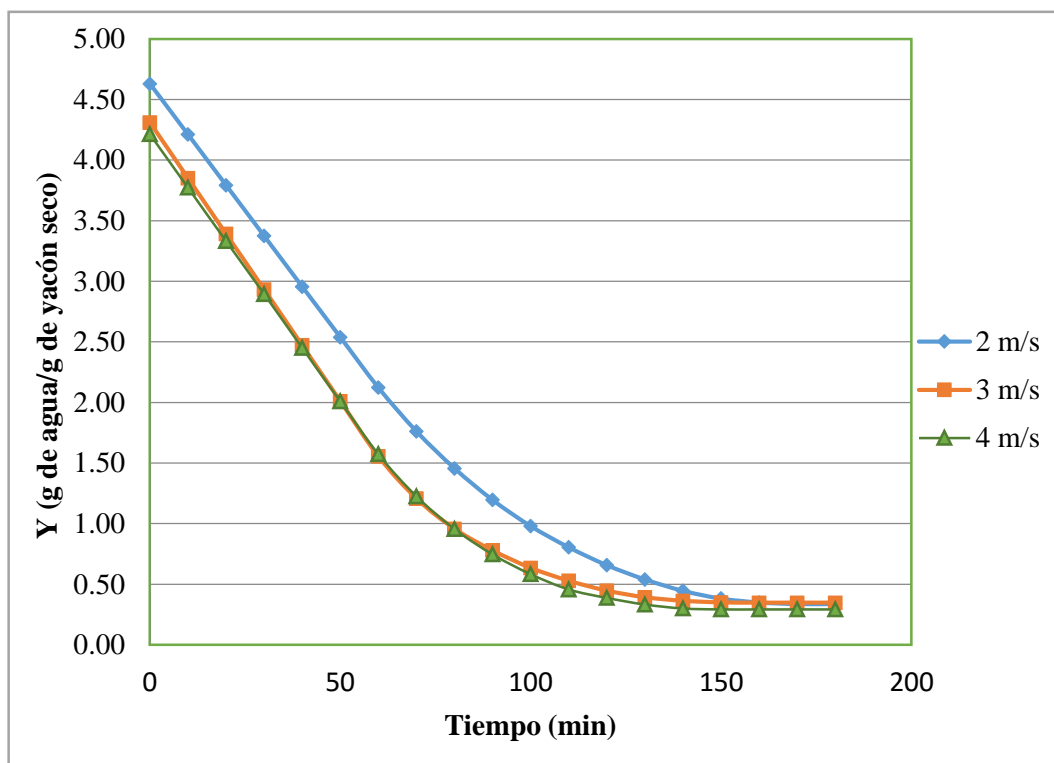


Figura 13. Comportamiento de la humedad residual en función del tiempo de proceso de raíz de yacón en la operación de secado

En la figura 13, se muestra la cinética de secado de la raíz de yacón, teniendo en cuenta un proceso a una sola temperatura y tres velocidades con la finalidad de obtener la harina de raíz de yacón que sirva como edulcorante para la elaboración del filtrante.

De la figura podemos mencionar que los mejores parámetros de secado son a 50 °C y una velocidad de 4 m/s de velocidad de aire, ya mediante estos parámetros el yacón se seca en menos tiempo conforme se observa en la figura.

IV. DISCUSIÓN

Los flavonoides presentes en las hojas de yacón tienen actividad antioxidante, inmunológica y no muestran toxicidad a las dosis ensayadas (Aguilar & Bonilla, 2009). De acuerdo a lo mencionado, al filtrante obtenido se le atribuye estas características basadas en la hoja, lo cual otorgaría al producto la característica de nutraceutico.

Las accesiones con mayor potencial antioxidante, provinieron de las localidades de Yanamango y Chuquibamba. Estos resultados se podrían relacionar a su diferente distribución geográfica (Arnao, Seminario, Cisneros, & Trabucco, 2011). Tal como se evidencia en investigaciones precedentes, en este caso se utilizó yacón del distrito de la Jalca Grande, que se encuentra a una altitud similar; por lo cual se podría obtener un filtrante con características fisicoquímicas equivalentes al yacón utilizado.

En la investigación denominada actividad hipoglucemiante del extracto hidroalcohólico de las hojas de yacón en ratas con diabetes Tipo 1 y 2 (Nesquen, 2007), indicó que el extracto hidroalcohólico al 10% p/v presenta actividad hipoglucemiante en ratas con diabetes mellitus tipo 2, su probable mecanismo de acción es porque mejoran las concentraciones de insulina en la sangre, no presenta efectos adversos significativos. De acuerdo a lo mencionado en la presente investigación se ha obtenido un producto que aprovecha las características de las hojas de yacón, conservada en un proceso de secado a 40 °C y 2 m/s de características del aire de secado.

En cuanto a secado de raíz de yacón, (Valdez , Margalef, & Gómez, 2013), obtuvieron harina de yacón mediante secado en estufa a 70 °C por 23 horas, posteriormente efectuaron una caracterización física, química y sensorial; en la cual determinaron preferencia/aceptabilidad de las formulaciones y composición química; resultando aceptable para el 93 % de los consumidores. En la presente investigación se obtuvo un filtrante con una humedad de 9 a 10 % (T1 y T4); y características químicas importantes, además de las características sensoriales, lo cual nos indica que es factible el secado de la hoja y raíz del yacón utilizando un secador de bandejas en la obtención de infusiones filtrantes de este producto.

V. CONCLUSIONES

Se determinó que a temperatura 40 °C y velocidad de 2 m/s del aire de secado para la deshidratación de la hoja y raíz del yacón permite la obtención de un filtrante edulcorado, con características fisicoquímicas y sensoriales aptas para el consumo.

El filtrante obtenido fue la mezcla de hoja y raíz deshidratada de yacón, el cual fue aceptado sensorialmente con calificación aceptable a bueno (T1 y T4); sin existir diferencia significativa según la prueba de Friedman.

Las características fisicoquímicas del filtrante obtenido fueron pH entre 5,60 y 5,40; densidad 1,009 y 1,006 g/ml; viscosidad 1,4 y 1.3 cp; humedad 9,99 % y 10,46 %; ceniza 2,76 % y 3,22 %; Extracto etéreo 3,96 % y 3,12 %, fibra cruda 2,25 % y 1,91 %; proteína total 4,09 % y 4,31 %; extracto libre de nitrógeno 76,47 % y 77,46 % y energía bruta entre 4171,5 kcal/g y 4093.2 kcal/g.

VI. RECOMENDACIONES

En función a los resultados encontrados, se recomienda:

Seleccionar adecuadamente la materia prima, el yacón según el estado de madurez, tratando de que esté con madurez sensorial.

Envasar inmediatamente luego de obtener la muestra de la raíz deshidratada de lo contrario se pierde rápidamente la textura semicrocante.

Realizar el secado de la hoja y raíz del yacón controlando con eficiencia la temperatura de secado para evitar pérdidas de la calidad o características propias del yacón.

La preparación del filtrante para ser consumido debe ser preparado con agua en punto de ebullición, es decir como una infusión.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, E., & Bonilla, P. (2009). Actividad antioxidante e inmunológica de flavonoides aislados de hojas de *Smallanthus sonchifolius* (yacón). *Ciencia E Investigación*, 15 - 23. Recuperado el 24 de febrero de 2017, de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/farma/article/view/3380> - ISSN 1561-0861
- Amaya, J. (2000). *Efeitos de doses crescentes de nitrogenio e potássio na produtividade de yacon (Polymnia sonshifolia Poep. & Endl.)*. Brasil: Area de concentracao em horticultura, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho.
- Arnao, I., Seminario, J., Cisneros, R., & Trabucco, J. (2011). Potencial antioxidante de 10 accesiones de yacón, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson, procedentes de Cajamarca - Perú. *An. Fac. med. [online]*, 72(4), 239-243. Recuperado el 26 de febrero de 2017, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832011000400003&lng=es&nrm=iso. ISSN 1025-5583.
- Geankoplis, C. J. (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias* (1ra. Reimpresión ed.). (C. E. Continental, Ed.) México: CECSA.
- Maldonado, S., Santapaola, J. E., Singh, J., Torrez, M., & Garay, A. (2008). Cinética de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *Food Science and Technology (Campinas)*, 251-256. Recuperado el 1 de abril de 2017, de <https://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000100036>. ISSN 0101-2061
- Manrique, I., Párraga, A., & Hermann, M. (2005). *Jarabe de yacón: Principios y Procesamiento*. Lima - Peru: Centro Internacional de la Papa.
- Mansilla, R. C., López, C., Blas, R., Chia, J., & Baudoin, J. (2006). Análisis de la variabilidad molecular de una colección peruana de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp & Endl) H. Robinson "Yacón". *Ecología Aplicada.[online]*, 5(1-2), 75-80. Recuperado el 5 de abril de 2017, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162006000100010&lng=es&nrm=iso. ISSN 1726-2216.

- Melgarejo, P. (1999). *Potencial productivo de la colección nacional de Yacón *Smallanthus sonchifolius* Poeppig & Endlicher), bajo condiciones de Oxapampa*. Tesis de Grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Perú.
- Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y análisis de experimentos* (Segunda ed.). México: Limusa Wiley.
- Muñoz, A. M., Blanco, T., Serván, K., & Alvarado, C. (2006). Evaluación del contenido nutricional de yacón (*Polimnia sonchifolia*) procedente de sus principales zonas de producción nacional. *Revista Horizonte Médico*, 6(2), 69-72.
- Nesquen, J. T. (2007). *Actividad hipoglucemiante del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Smallanthus sonchifolius* (yacón) en ratas con diabetes tipo 1 y 2*. Universidad nacional mayor de San Marcos. Lima - Perú: Facultad de farmacia y bioquímica .
- Perry, J., & Chilton, C. (1982). *Manual del Ingeniero Químico* (2da ed.). Bogotá: McGraw-Hill.
- Ramirez-Navas, J. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. *Revista RECITEIA*, 83-102.
- Roberto, M. L. (2006). *Análisis de la variabilidad molecular de una colección peruana de Yacón*. Lima.
- Seminario, J., Valderrama, M., & Manrique, I. (2003). *El yacón : Fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio*. (A. S. Universidad nacional de Cajamarca, Ed.) Lima, Perú: Centro Internacional de la papa (CIP).
- Seminario, J., Valderrama, M., & Manrique, I. (2003). *El yacón : Fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio*. (A. S. Universidad nacional de Cajamarca, Ed.) Lima, Perú: Centro Internacional de la papa (CIP).
- Valdez , G. A., Margalef, M. I., & Gómez, M. H. (2013). Formulación de barra dietética funcional prebiótica a partir de harina de Yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *Diaeta*, 31(142), 27-33. Recuperado el 04 de Abril de 2017, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-73372013000100004&lng=es&tlng=es.

ANEXOS

Anexo 1. Valores de la evaluación sensorial

Tabla 7. Valores de la evaluación del sabor

Panelista	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	5	6	6	5	4	4	5	5	4
2	5	4	5	5	5	6	3	4	5
3	4	6	3	4	2	3	1	4	5
4	4	3	4	2	4	3	3	4	3
5	2	2	1	4	3	3	1	1	7
6	6	3	3	4	4	5	2	4	3
7	6	4	2	4	3	4	3	5	5
8	6	6	4	5	4	5	6	6	6
9	6	6	3	5	6	7	3	4	5
10	4	5	4	3	3	5	6	5	4
11	4	3	3	6	5	6	4	2	4
12	2	3	3	2	3	3	3	2	3
13	2	4	3	2	2	3	2	2	2
14	4	4	4	4	4	4	4	4	4
15	4	6	6	4	4	5	4	5	4
Promedio	4,27	4,33	3,60	3,93	3,73	4,40	3,33	3,80	4,27

Tabla 8. Valores de la evaluación del color

Panelista	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	5	6	6	5	4	4	4	5	4
2	4	3	5	4	3	4	3	2	2
3	5	3	6	4	4	2	2	1	2
4	4	6	6	4	4	3	3	3	3
5	1	2	1	3	4	3	2	7	7
6	7	3	5	6	5	5	4	4	4
7	5	2	3	5	6	6	2	3	3
8	6	5	5	6	4	6	6	6	6
9	7	4	4	7	7	4	2	2	2
10	4	5	7	4	3	3	1	4	5
11	5	3	5	5	4	3	4	3	4
12	4	5	5	4	4	4	3	4	4
13	2	2	2	3	3	2	3	4	3
14	4	5	4	3	3	4	3	3	3
15	4	5	6	5	3	4	2	3	4
Promedio	4,47	3,93	4,67	4,53	4,07	3,80	2,93	3,60	3,73

Tabla 9. Valores de la evaluación del aroma

Panelista	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	5	6	6	5	4	4	4	5	5
2	4	5	5	3	3	4	3	2	2
3	7	4	3	4	3	3	2	3	2
4	4	5	6	5	4	5	3	3	5
5	3	1	1	2	5	3	3	3	7
6	6	4	4	5	4	5	4	3	4
7	3	4	4	5	5	5	3	5	4
8	4	4	3	5	4	5	5	5	6
9	6	4	3	5	4	3	2	2	2
10	3	6	5	4	2	2	5	1	4
11	4	4	4	4	4	4	4	4	4
12	4	4	5	4	4	4	4	4	4
13	1	2	1	2	1	1	2	1	2
14	4	3	3	3	3	3	3	3	3
15	5	6	5	4	4	4	5	4	5
Promedio	4,20	4,13	3,87	4,00	3,60	3,67	3,47	3,20	3,93

Anexo 2. Datos recogidos del proceso de secado

Tabla 10. Registro de datos de la cinética de secado de hojas con aire a 40 °C y 2 m/s

PESO BANDEJA + MUESTRA (g)	1710
PESO NETO MUESTRA (g)	173,6
PESO DE LA BANDEJA VACÍA (g)	1536,4
PESO SECO (g)	49,6

t	P1	PB	P2=P1-PB	(P2-S)/S	Velocidad de secado	Humedad media
Tiempo (min)	Peso bandeja + hoja de yacón al tiempo t (g)	Peso de la bandeja	Peso hoja de yacón (g)	Humedad residual (g agua/g A.S)	dY/dt (g agua/g A.S. min)	residual Ym (g agua/ g A.S.)
0	1710	1536,4	173,6	4,43		
10	1693,4	1536,4	157	3,91	0,052	4,17
20	1676,9	1536,4	140,5	3,40	0,052	3,65
30	1660,2	1536,4	123,8	2,87	0,052	3,13
40	1643,7	1536,4	107,3	2,36	0,052	2,62
50	1627,2	1536,4	90,8	1,84	0,052	2,10
60	1613,5	1536,4	77,1	1,41	0,043	1,63
70	1602,8	1536,4	66,4	1,08	0,033	1,24
80	1595,5	1536,4	59,1	0,85	0,023	0,96
90	1590,9	1536,4	54,5	0,71	0,014	0,78
100	1588,4	1536,4	52	0,63	0,008	0,67
110	1587	1536,4	50,6	0,58	0,004	0,61
120	1586,3	1536,4	49,9	0,56	0,002	0,57
130	1586,1	1536,4	49,7	0,56	0,001	0,56
140	1586	1536,4	49,6	0,55	0,000	0,55
150	1586	1536,4	49,6	0,55	0,000	0,55
160	1586	1536,4	49,6	0,55	0,000	0,55
170	1586	1536,4	49,6	0,55	0,000	0,55
180	1586	1536,4	49,6	0,55	0,000	0,55

Tabla 11. Registro de datos de la cinética de secado de hojas con aire a 40 °C y 3 m/s

PESO BANDEJA + MUESTRA (g)	1760
PESO NETO MUESTRA (g)	223,6
PESO DE LA BANDEJA VACÍA (g)	1536,4
PESO SECO (g)	58,6

t Tiempo (g)	P1 Peso bandeja +hoja de yacón al tiempo t (g)	PB Peso de la bandeja	P2=P1-PB Peso hoja de yacón (g)	(P2-S)/S Humedad residual (g agua/g A.S)	Velocidad de secado dY/dt (g agua/g A.S. min)	Humedad media residual Ym (g agua/ g A.S.)
0	1760	1536,4	223,6	4,21		
10	1738	1536,4	201,6	3,70	0,051	3,95
20	1716,2	1536,4	179,8	3,19	0,051	3,44
30	1694,1	1536,4	157,7	2,67	0,051	2,93
40	1672,4	1536,4	136	2,17	0,051	2,42
50	1650,5	1536,4	114,1	1,66	0,051	1,91
60	1633,2	1536,4	96,8	1,25	0,040	1,46
70	1622,3	1536,4	85,9	1,00	0,025	1,13
v80	1614,4	1536,4	78	0,82	0,018	0,91
90	1608	1536,4	71,6	0,67	0,015	0,74
100	1603,1	1536,4	66,7	0,55	0,011	0,61
110	1599,6	1536,4	63,2	0,47	0,008	0,51
120	1597,2	1536,4	60,8	0,42	0,006	0,44
130	1596,1	1536,4	59,7	0,39	0,003	0,40
140	1595,8	1536,4	59,4	0,38	0,001	0,39
150	1595,2	1536,4	58,8	0,37	0,001	0,38
160	1595	1536,4	58,6	0,37	0,000	0,37
170	1595	1536,4	58,6	0,37	0,000	0,37
180	1595	1536,4	58,6	0,37	0,000	0,37

Tabla 12. Registro de datos de la cinética de secado de hojas con aire a 40 °C y 4 m/s

PESO BANDEJA + MUESTRA (g)	1710
PESO NETO MUESTRA (g)	173,6
PESO DE LA BANDEJA VACÍA (g)	1536,4
PESO SECO (g)	49,6

t	P1	PB	P2=P1-PB	(P2-S)/S	Velocidad de secado dY/dt (g agua/g A.S. min)	Humedad media residual Ym (g agua/ g A.S.)
Tiempo (min)	Peso bandeja +hoja de yacón al tiempo t (g)	Peso de la bandeja	Peso hoja de yacón (g)	Humedad residual (g agua/g A.S)		
0	1710	1536,4	173,6	4,43		
10	1693,4	1536,4	157	3,91	0,052	4,17
20	1676,9	1536,4	140,5	3,40	0,052	3,65
30	1660,2	1536,4	123,8	2,87	0,052	3,13
40	1643,7	1536,4	107,3	2,36	0,052	2,62
50	1627,2	1536,4	90,8	1,84	0,052	2,10
60	1613,5	1536,4	77,1	1,41	0,043	1,63
70	1602,8	1536,4	66,4	1,08	0,033	1,24
80	1595,5	1536,4	59,1	0,85	0,023	0,96
90	1590,9	1536,4	54,5	0,71	0,014	0,78
100	1588,4	1536,4	52	0,63	0,008	0,67
110	1587	1536,4	50,6	0,58	0,004	0,61
120	1586,3	1536,4	49,9	0,56	0,002	0,57
130	1586,1	1536,4	49,7	0,56	0,001	0,56
140	1586	1536,4	49,6	0,55	0,000	0,55
150	1586	1536,4	49,6	0,55	0,000	0,55
160	1586	1536,4	49,6	0,55	0,000	0,55
170	1586	1536,4	49,6	0,55	0,000	0,55
180	1586	1536,4	49,6	0,55	0,000	0,55

Tabla 13. Registro de datos de la cinética de secado de hojas con aire a 50 °C y 2 m/s

PESO BANDEJA + MUESTRA (g)	1720
PESO NETO MUESTRA (g)	183,6
PESO DE LA BANDEJA VACÍA (g)	1536,4
PESO SECO (g)	41,6

t Tiempo (min)	P1 Peso bandeja +hoja de yacón al tiempo t (g)	PB Peso de la bandeja	P2=P1-PB Peso hoja de yacón (g)	(P2-S)/S Humedad residual (g agua/g A.S)	Velocidad de secado dY/dt (g agua/g A.S. min)	Humedad media residual Ym (g agua/ g A.S.
0	1720	1536,4	183,6	4,74		
10	1702,4	1536,4	166	4,19	0,055	4,47
20	1684,8	1536,4	148,4	3,64	0,055	3,92
30	1667,1	1536,4	130,7	3,09	0,055	3,37
40	1649,6	1536,4	113,2	2,54	0,055	2,82
50	1632,1	1536,4	95,7	1,99	0,055	2,27
60	1617,5	1536,4	81,1	1,54	0,046	1,77
70	1606	1536,4	69,6	1,18	0,036	1,36
80	1598,4	1536,4	62	0,94	0,024	1,06
90	1592,4	1536,4	56	0,75	0,019	0,85
100	1587,6	1536,4	51,2	0,60	0,015	0,68
110	1584	1536,4	47,6	0,49	0,011	0,55
120	1581,3	1536,4	44,9	0,40	0,008	0,45
130	1579,6	1536,4	43,2	0,35	0,005	0,38
140	1578,7	1536,4	42,3	0,32	0,003	0,34
150	1578,3	1536,4	41,9	0,31	0,001	0,32
160	1578	1536,4	41,6	0,30	0,001	0,31
170	1578	1536,4	41,6	0,30	0,000	0,30
180	1578	1536,4	41,6	0,30	0,000	0,30

Tabla 14. Registro de datos de la cinética de secado de hojas con aire a 50 °C y 3 m/s

PESO BANDEJA + MUESTRA (g)	1760
PESO NETO MUESTRA (g)	223,6
PESO DE LA BANDEJA VACÍA (g)	1536,4
PESO SECO (g)	54,6

t	P1	PB	P2=P1-PB	(P2-S)/S	Velocidad	Humedad
Tiempo	Peso bandeja	Peso de la	Peso hoja de	Humedad	de secado	media
(min)	+hoja de	bandeja	yacon (g)	residual (g	dY/dt (g	residual Ym
	yacon al			agua/g	agua/g	(g agua/ g
	tiempo t (g)			A.S)	A.S. min)	A.S.)
0	1770	1536,4	233,6	4,44		
10	1746,8	1536,4	210,4	3,90	0,054	4,17
20	1723,6	1536,4	187,2	3,36	0,054	3,63
30	1700,3	1536,4	163,9	2,82	0,054	3,09
40	1677,1	1536,4	140,7	2,28	0,054	2,55
50	1653,8	1536,4	117,4	1,73	0,054	2,01
60	1635,2	1536,4	98,8	1,30	0,043	1,52
70	1621,1	1536,4	84,7	0,97	0,033	1,14
80	1611,4	1536,4	75	0,75	0,023	0,86
90	1604,1	1536,4	67,7	0,58	0,017	0,66
100	1599,1	1536,4	62,7	0,46	0,012	0,52
110	1595,6	1536,4	59,2	0,38	0,008	0,42
120	1593,4	1536,4	57	0,33	0,005	0,35
130	1592,1	1536,4	55,7	0,30	0,003	0,31
140	1591,8	1536,4	55,4	0,29	0,001	0,29
150	1591,2	1536,4	54,8	0,28	0,001	0,28
160	1591	1536,4	54,6	0,27	0,000	0,27
170	1591	1536,4	54,6	0,27	0,000	0,27
180	1591	1536,4	54,6	0,27	0,000	0,27

Tabla 15. Registro de datos de la cinética de secado de hojas con aire a 50 °C y 4 m/s

PESO BANDEJA + MUESTRA (g)	1785
PESO NETO MUESTRA (g)	248,6
PESO DE LA BANDEJA VACÍA (g)	1536,4
PESO SECO (g)	0,35

t	P1	PB	P2=P1-PB	(P2-S)/S	Velocidad de secado	Humedad media
Tiempo (min)	Peso bandeja + hoja de yacón al tiempo t (g)	Peso de la bandeja	Peso hoja de yacón (g)	Humedad residual (g agua/g A.S)	dY/dt (g agua/g A.S. min)	residual Ym (g agua/ g A.S.)
0	1785	1536,4	248,6	4,12		
10	1759,3	1536,4	222,9	3,59	0,053	3,85
20	1733,6	1536,4	197,2	3,06	0,053	3,33
30	1708,1	1536,4	171,7	2,54	0,053	2,80
40	1682,4	1536,4	146	2,01	0,053	2,27
50	1656,5	1536,4	120,1	1,47	0,053	1,74
60	1636,6	1536,4	100,2	1,06	0,041	1,27
70	1623,1	1536,4	86,7	0,79	0,028	0,92
80	1614,1	1536,4	77,7	0,60	0,019	0,69
90	1608	1536,4	71,6	0,47	0,013	0,54
100	1605	1536,4	68,6	0,41	0,006	0,44
110	1604	1536,4	67,6	0,39	0,002	0,40
120	1603,2	1536,4	66,8	0,38	0,002	0,38
130	1602,6	1536,4	66,2	0,36	0,001	0,37
140	1602	1536,4	65,6	0,35	0,001	0,36
150	1602	1536,4	65,6	0,35	0,000	0,35
160	1602	1536,4	65,6	0,35	0,000	0,35
170	1602	1536,4	65,6	0,35	0,000	0,35
180	1602	1536,4	65,6	0,35	0,000	0,35

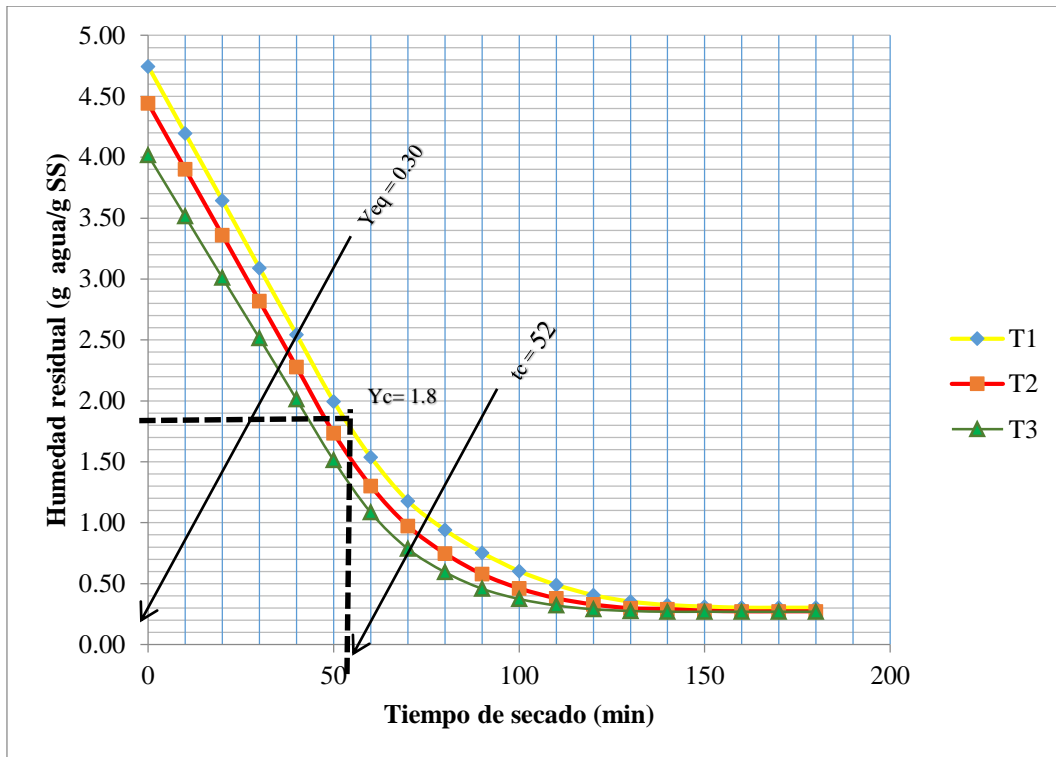


Figura 14. Comportamiento de la humedad residual en función del tiempo de proceso de hojas de yacón en la operación de secado

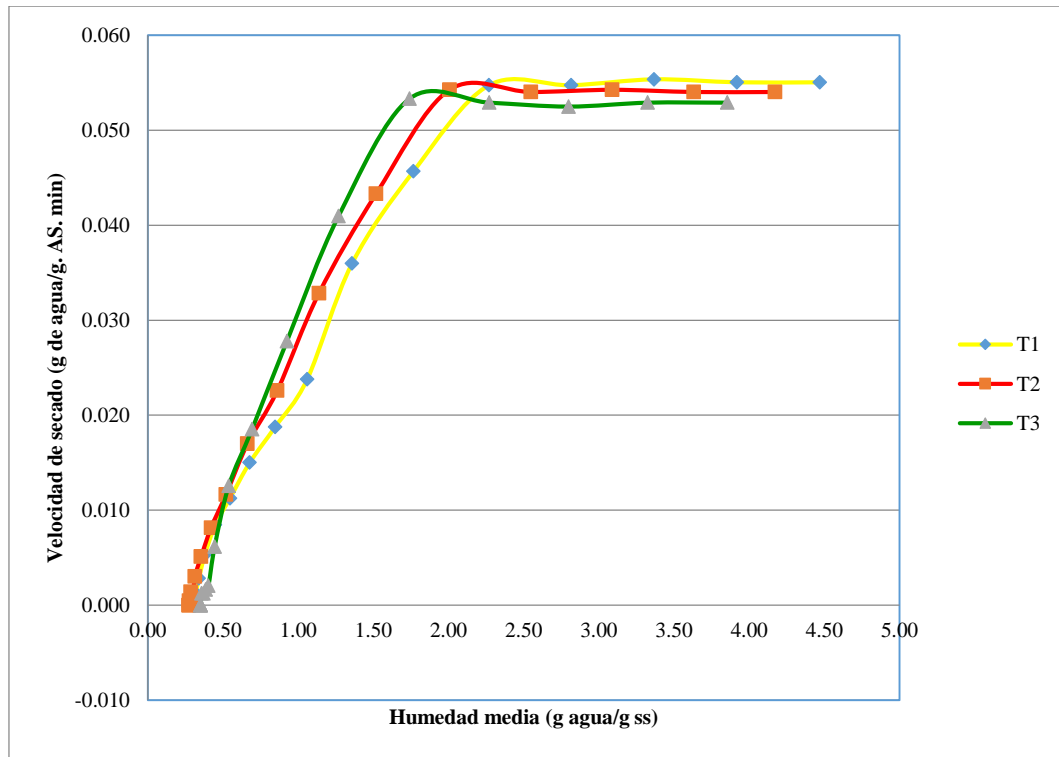


Figura 15. Comportamiento de la velocidad de secado en función de la humedad media de hojas de yacón

Tabla 16. Registro de datos de la cinética de secado de hojas con aire a 60 °C y 2 m/s

PESO BANDEJA + MUESTRA (g)	1715
PESO NETO MUESTRA (g)	178,6
PESO DE LA BANDEJA VACÍA (g)	1536,4
PESO SECO (g)	46,6

t	P1	PB	P2=P1-PB	(P2-S)/S	Velocidad de secado	Humedad media
Tiempo (min)	Peso bandeja +hoja de yacón al tiempo t (g)	Peso de la bandeja	Peso hoja de yacón (g)	Humedad residual (g agua/g A.S)	dY/dt (g agua/g A.S. min)	residual Ym (g agua/ g A.S.)
0	1715	1536,4	178,6	4,59		
10	1698,4	1536,4	162	4,07	0,052	4,33
20	1681,9	1536,4	145,5	3,55	0,052	3,81
30	1665,2	1536,4	128,8	3,03	0,052	3,29
40	1648,7	1536,4	112,3	2,51	0,052	2,77
50	1632,2	1536,4	95,8	2,00	0,052	2,26
60	1618,5	1536,4	82,1	1,57	0,043	1,78
70	1607,8	1536,4	71,4	1,23	0,033	1,40
80	1599,8	1536,4	63,4	0,98	0,025	1,11
90	1594,1	1536,4	57,7	0,81	0,018	0,89
100	1590,1	1536,4	53,7	0,68	0,013	0,74
110	1587,1	1536,4	50,7	0,59	0,009	0,63
120	1585,3	1536,4	48,9	0,53	0,006	0,56
130	1584,1	1536,4	47,7	0,49	0,004	0,51
140	1583,4	1536,4	47	0,47	0,002	0,48
150	1583	1536,4	46,6	0,46	0,001	0,46
160	1583	1536,4	46,6	0,46	0,000	0,46
170	1583	1536,4	46,6	0,46	0,000	0,46
180	1583	1536,4	46,6	0,46	0,000	0,46

Tabla 17. Registro de datos de la cinética de secado de hojas con aire a 60 °C y 3 m/s

PESO BANDEJA + MUESTRA (g)	1760
PESO NETO MUESTRA (g)	223,6
PESO DE LA BANDEJA VACÍA (g)	1536,4
PESO SECO (g)	59,6

t	P1	PB	P2=P1-PB	(P2-S)/S	Velocidad de secado dY/dt (g agua/g A.S. min)	Humedad media residual Ym (g agua/ g A.S.)
Tiempo (min)	Peso bandeja +hoja de yacón al tiempo t (g)	Peso de la bandeja	Peso hoja de yacón (g)	Humedad residual (g agua/g A.S)		
0	1780	1536,4	243,6	4,67		
10	1756,9	1536,4	220,5	4,14	0,054	4,41
20	1733,6	1536,4	197,2	3,59	0,054	3,86
30	1710,4	1536,4	174	3,05	0,054	3,32
40	1687,4	1536,4	151	2,52	0,054	2,79
50	1664,1	1536,4	127,7	1,97	0,054	2,25
60	1644,2	1536,4	107,8	1,51	0,046	1,74
70	1628,1	1536,4	91,7	1,14	0,038	1,32
80	1616,1	1536,4	79,7	0,86	0,028	1,00
90	1608,4	1536,4	72	0,68	0,018	0,77
100	1603,2	1536,4	66,8	0,56	0,012	0,62
110	1600,1	1536,4	63,7	0,48	0,007	0,52
120	1598,1	1536,4	61,7	0,44	0,005	0,46
130	1596,6	1536,4	60,2	0,40	0,003	0,42
140	1596,3	1536,4	59,9	0,40	0,001	0,40
150	1596	1536,4	59,6	0,39	0,001	0,39
160	1596	1536,4	59,6	0,39	0,000	0,39
170	1596	1536,4	59,6	0,39	0,000	0,39
180	1596	1536,4	59,6	0,39	0,000	0,39

Tabla 18. Registro de datos de la cinética de secado de hojas con aire a 60 °C y 4 m/s

PESO BANDEJA + MUESTRA (g)	1790
PESO NETO MUESTRA (g)	253,6
PESO DE LA BANDEJA VACÍA (g)	1536,4
PESO SECO (g)	58,6

t	P1	PB	P2=P1-PB	(P2-S)/S	Velocidad	Humedad
Tiempo	Peso bandeja	Peso de la	Peso hoja de	Humedad	de secado	media
(min)	+hoja de	bandeja	yacon (g)	residual	dY/dt (g	residual Ym
	yacon al			(g agua/g	agua/g	(g agua/ g
	tiempo t (g)			A.S)	A.S. min)	A.S.)
0	1790	1536,4	253,6	4,22		
10	1763	1536,4	226,6	3,67	0,056	3,94
20	1735,6	1536,4	199,2	3,10	0,056	3,38
30	1708,3	1536,4	171,9	2,54	0,056	2,82
40	1681,3	1536,4	144,9	1,98	0,056	2,26
50	1654,2	1536,4	117,8	1,43	0,056	1,70
60	1630,2	1536,4	93,8	0,93	0,049	1,18
70	1615,1	1536,4	78,7	0,62	0,031	0,78
80	1605,1	1536,4	68,7	0,41	0,021	0,52
90	1600	1536,4	63,6	0,31	0,011	0,36
100	1597,2	1536,4	60,8	0,25	0,006	0,28
110	1595,4	1536,4	59	0,21	0,004	0,23
120	1595,1	1536,4	58,7	0,21	0,001	0,21
130	1595	1536,4	58,6	0,21	0,000	0,21
140	1595	1536,4	58,6	0,21	0,000	0,21
150	1595	1536,4	58,6	0,21	0,000	0,21
160	1595	1536,4	58,6	0,21	0,000	0,21
170	1595	1536,4	58,6	0,21	0,000	0,21
180	1595	1536,4	58,6	0,21	0,000	0,21

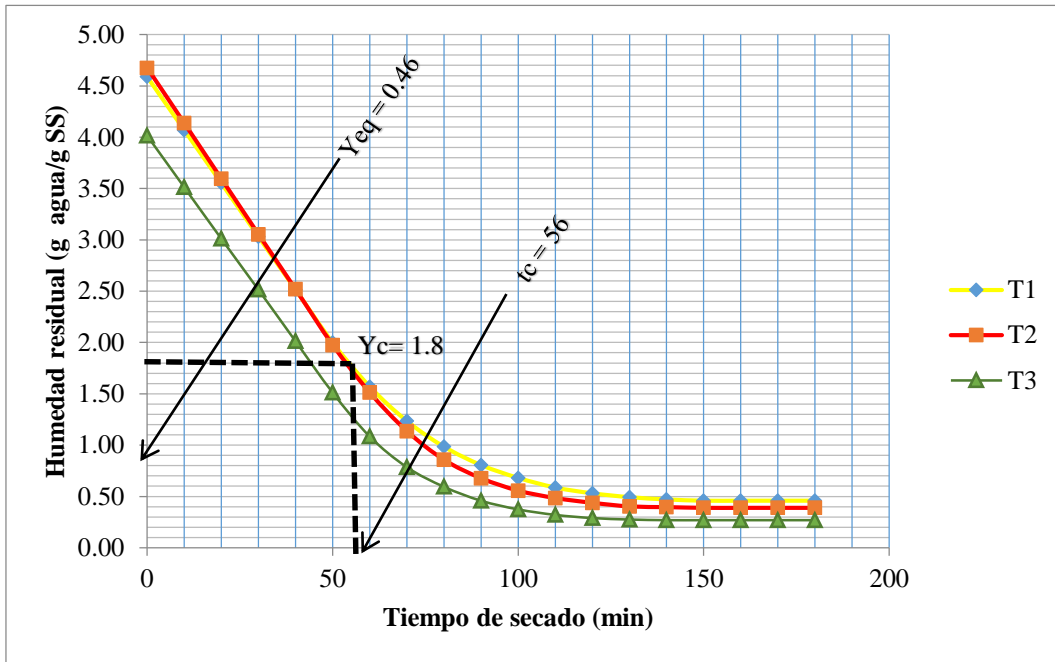


Figura 16. Comportamiento de la humedad residual en función del tiempo de proceso de hojas de yacón en la operación de secado

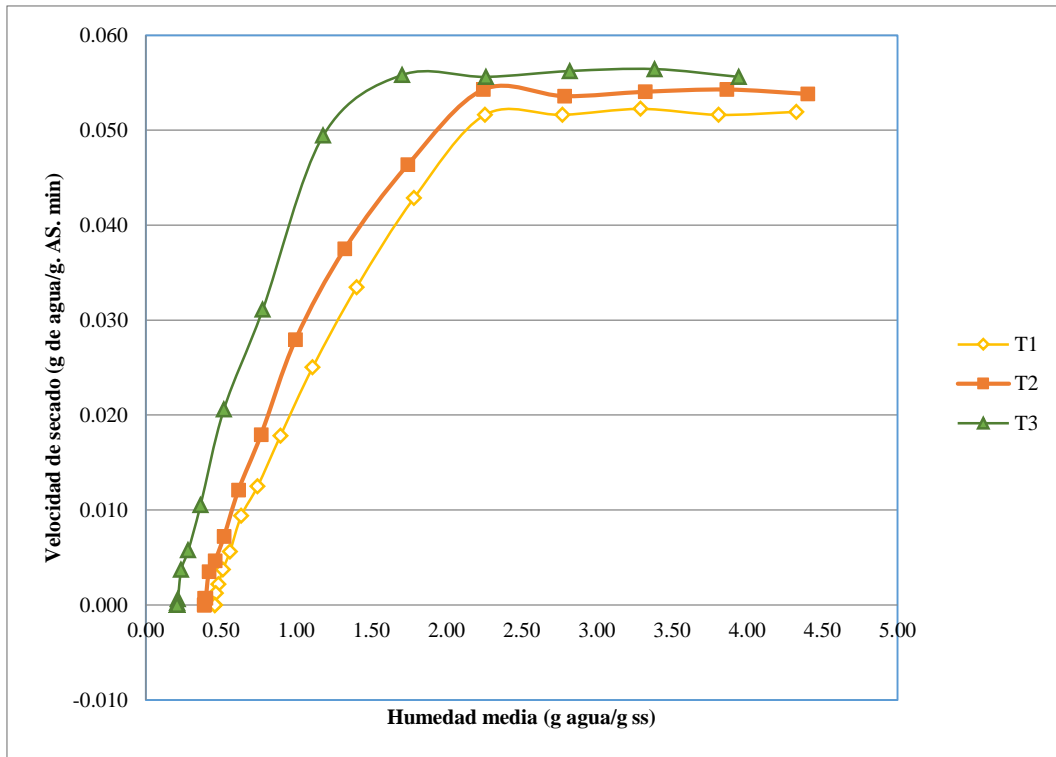


Figura 17. Comportamiento de la velocidad de secado en función de la humedad media de hojas de yacón

Tabla 19. Registro de datos de la cinética de secado de la raíz con aire a 50 °C y 2 m/s

PESO BANDEJA + MUESTRA (g)	1800
PESO NETO MUESTRA (g)	263.6
PESO DE LA BANDEJA VACÍA (g)	1536,4
PESO SECO (g)	62.6

t	P1	PB	P2=P1-PB	(P2-S)/S	Velocidad de secado	Humedad media residual Ym
Tiempo (min)	Peso bandeja +raíz de yacón al tiempo t (g)	Peso de la bandeja	Peso raíz de yacón (g)	Humedad residual (g agua/g A.S)	dY/dt (g agua/g A.S. min)	(g agua/ g A.S.
0	1800	1536,4	263,6	4,63		
10	1780,4	1536,4	244	4,21	0,042	4,42
20	1760,8	1536,4	224,4	3,79	0,042	4,00
30	1741,2	1536,4	204,8	3,37	0,042	3,58
40	1721,6	1536,4	185,2	2,96	0,042	3,16
50	1702,1	1536,4	165,7	2,54	0,042	2,75
60	1682,6	1536,4	146,2	2,12	0,042	2,33
70	1665,7	1536,4	129,3	1,76	0,036	1,94
80	1651,4	1536,4	115	1,46	0,031	1,61
90	1639,2	1536,4	102,8	1,20	0,026	1,33
100	1629,1	1536,4	92,7	0,98	0,022	1,09
110	1620,9	1536,4	84,5	0,80	0,018	0,89
120	1614	1536,4	77,6	0,66	0,015	0,73
130	1608,5	1536,4	72,1	0,54	0,012	0,60
140	1604,1	1536,4	67,7	0,45	0,009	0,49
150	1601,1	1536,4	64,7	0,38	0,006	0,41
160	1599,6	1536,4	63,2	0,35	0,003	0,37
170	1599	1536,4	62,6	0,34	0,001	0,34
180	1599	1536,4	62,6	0,34	0,000	0,34

Tabla 20. Registro de datos de la cinética de secado de la raíz con aire a 50 °C y 3 m/s

PESO BANDEJA + MUESTRA (g)	1810
PESO NETO MUESTRA (g)	273,6
PESO DE LA BANDEJA VACÍA (g)	1536,4
PESO SECO (g)	69,4

t	P1	PB	P2=P1-PB	(P2-S)/S	Velocidad de secado dY/dt (g agua/g A.S. min)	Humedad media residual Ym (g agua/ g A.S.)
Tiempo (min)	Peso bandeja +raíz de yacón al tiempo t (g)	Peso de la bandeja	Peso raíz de yacón (g)	Humedad residual (g agua/g A.S)		
0	1810	1536,4	273,6	4,31		
10	1786,3	1536,4	249,9	3,85	0,046	4,08
20	1762,6	1536,4	226,2	3,39	0,046	3,62
30	1739	1536,4	202,6	2,93	0,046	3,16
40	1715,2	1536,4	178,8	2,47	0,046	2,70
50	1691,5	1536,4	155,1	2,01	0,046	2,24
60	1668	1536,4	131,6	1,55	0,046	1,78
70	1650,1	1536,4	113,7	1,21	0,035	1,38
80	1637,2	1536,4	100,8	0,96	0,025	1,08
90	1628	1536,4	91,6	0,78	0,018	0,87
100	1620,6	1536,4	84,2	0,63	0,014	0,71
110	1615,1	1536,4	78,7	0,53	0,011	0,58
120	1610,9	1536,4	74,5	0,45	0,008	0,49
130	1608,1	1536,4	71,7	0,39	0,005	0,42
140	1606,6	1536,4	70,2	0,36	0,003	0,38
150	1605,9	1536,4	69,5	0,35	0,001	0,36
160	1605,8	1536,4	69,4	0,35	0,000	0,35
170	1605,8	1536,4	69,4	0,35	0,000	0,35
180	1605,8	1536,4	69,4	0,35	0,000	0,35

Tabla 21. Registro de datos de la cinética de secado de la raíz con aire a 50 °C y 4 m/s

PESO BANDEJA + MUESTRA (g)	1805
PESO NETO MUESTRA (g)	268,6
PESO DE LA BANDEJA VACÍA (g)	1536,4
PESO SECO (g)	66,6

t	P1	PB	P2=P1-PB	(P2-S)/S	Velocidad de secado	Humedad media
Tiempo (min)	Peso bandeja +raíz de yacón al tiempo t (g)	Peso de la bandeja	Peso raíz de yacón (g)	Humedad residual (g agua/g A.S)	dY/dt (g agua/g A.S. min)	residual Ym (g agua/ g A.S.)
0	1805	1536,4	268,6	4,21		
10	1782,3	1536,4	245,9	3,77	0,044	3,99
20	1759,6	1536,4	223,2	3,33	0,044	3,55
30	1737,1	1536,4	200,7	2,90	0,044	3,11
40	1714,2	1536,4	177,8	2,45	0,044	2,67
50	1691,5	1536,4	155,1	2,01	0,044	2,23
60	1669	1536,4	132,6	1,57	0,044	1,79
70	1651,1	1536,4	114,7	1,23	0,035	1,40
80	1637,2	1536,4	100,8	0,96	0,027	1,09
90	1626,4	1536,4	90	0,75	0,021	0,85
100	1618	1536,4	81,6	0,58	0,016	0,67
110	1611,5	1536,4	75,1	0,46	0,013	0,52
120	1607,9	1536,4	71,5	0,39	0,007	0,42
130	1605,1	1536,4	68,7	0,33	0,005	0,36
140	1603,4	1536,4	67	0,30	0,003	0,32
150	1603	1536,4	66,6	0,29	0,001	0,30
160	1603	1536,4	66,6	0,29	0,000	0,29
170	1603	1536,4	66,6	0,29	0,000	0,29
170	1603	1536,4	66,6	0,29	0,000	0,29

Anexo 3. Datos de la evaluación fisicoquímica



LABORATORIO DE NUTRICION ANIMAL Y BROMATOLOGIA DE ALIMENTOS UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.

DATOS DEL CLIENTE

Solicitante
Domicilio legal CHACHAPOYAS
Contacto
Dirección de entrega LABORATORIO DE NUTRICION-UNTRM

DATOS DEL PRODUCTO

Producto YACÓN
Ensayo realizado en UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS
Fecha de recepción 2018.11.13
Fecha de Análisis y entrega 2018/11/20 al 2018/11/20
Código LNABA-201823
Procedencia CHACHAPOYAS
Custodia dirimencia Muestra no sujeta a dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única

DATOS DE LA MUESTRA – LNABA-201823

IDENTIFICACIÓN	CODIGO ASIGNADO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN/PRESENTACIÓN	PRECINTO	FV	FP
MUESTRA N° 1 YACON	MY01	50 gr	Bolsa de plástico cerrada e identificada	-	-	-
MUESTRA N° 2 YACON (T9)	MY09	50 gr	Bolsa de plástico cerrada e identificada	-	-	-

DATOS DEL SERVICIO

N°	IDENTIFICACIÓN	ANÁLISIS						
		Hd ¹ %	Cza ² %	EE ³ %	FC ⁴ %	PT ⁵ %	ELN ⁶ %	EB ⁷ Kcal/g
1	MY01	10.46	2.76	3.96	2.25	4.09	76.47	4171.5
2	MY09	9.99	3.22	3.12	1.91	4.31	77.46	4093.2

¹Humedad, ²Cenizas, ³Extracto etéreo, ⁴Fibra Cruda, ⁵Proteína total, ⁶Extracto libre de nitrógeno, ⁷Fibra Detergente Ácida, ⁸Fibra Detergente Neutra, ⁹Digestibilidad total Verdadera In-Vitro, ¹⁰Energía Bruta (MS)

Metodologías Utilizadas:

Humedad :AOAC 925.09, Revisada 2016
Ceniza :AOAC 942.05, online, 20th Edition 2016 Ash of animal feed
Fibra Cruda :AOAC 978.10 (Van Soest)
Fibra Detergente Ácida :AOAC 937.19 Revisado 2016
Fibra Detergente Neutra:AOAC 937.18 Revisado 2016
EE :AOAC 920.39, online, 20th Edition 2016
Proteína :AOAC 976.05 –ISO 5983.2002 (Revisado 2013) Alimentos para Animales. Determinación de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína Método Kjeldahl
ELN :AOAC 923.03, determinación por cálculo
IVTD :AOAC 971.09 Digestibility of animal feed
Energía Bruta : Bomba calorimétrica, modelo 6200 estilo 1108 PARR Calorimeter. País de fabricación USA

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación por escrito de LNABA. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca LNABA. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra ingresada al laboratorio. De tener alguna queja o apelación presentarla mediante el correo alex.acuna@untrm.edu.pe, con la información sustentatoria

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
PROYECTO SUIP 296671 AGROTOLOGIA

ING. CARLOS ENRIQUE QUIÑATE PARAZAMAN
COORDINADOR

UNTRM-LNABA-
DIRECCION: Ciudad Universitaria-EI franco-Higos Urco.
www.igbi.edu.pe/www.untrm.edu.pe

Anexo 4. Análisis estadístico

Análisis de varianza

Analysis of Variance Table for Aroma

Source	DF	SS	MS	F	P
Temperatu	2	0,43042	0,21521	2,64	0,1861
Tiempo	2	0,09769	0,04884	0,60	0,5925
Error	4	0,32651	0,08163		
Total	8	0,85462			

Grand Mean 3,7856 CV 7,55

Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	0,05519	0,05519	0,61	0,4917
Remainder	3	0,27132	0,09044		

Analysis of Variance Table for Color

Source	DF	SS	MS	F	P
Temperatu	2	1,43607	0,71803	3,29	0,1431
Tiempo	2	0,06020	0,03010	0,14	0,8753
Error	4	0,87393	0,21848		
Total	8	2,37020			

Grand Mean 3,9700 CV 11,77

Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	0,04519	0,04519	0,16	0,7130
Remainder	3	0,82874	0,27625		

Analysis of Variance Table for Sabor

Source	DF	SS	MS	F	P
Temperatu	2	0,12169	0,06084	0,27	0,7791
Tiempo	2	0,09162	0,04581	0,20	0,8263
Error	4	0,91524	0,22881		
Total	8	1,12856			

Grand Mean 3.9622 CV 12,07

Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	0,47398	0,47398	3,22	0,1705
Remainder	3	0,44127	0,14709		

Prueba de Friedman**Friedman Two-Way Nonparametric AOV for Sabor = Temperatura Tiempo**

Mean Sample		
Temperatu	Rank	Size
1	2,33	3
2	2,00	3
3	1,67	3

Friedman Statistic	0,6667
P-value, Chi-Squared Approximation	0,7165
Degrees of Freedom	2

Mean Sample		
Tiempo	Rank	Size
1	1,67	3
2	2,00	3
3	2,33	3

Friedman Statistic	0,6667
P-value, Chi-Squared Approximation	0,7165
Degrees of Freedom	2

Max. diff. allowed between ties 0,00001

Cases Included 9 Missing Cases 0

Friedman Two-Way Nonparametric AOV for Aroma = Temperatura Tiempo

Mean Sample		
Temperatu	Rank	Size
1	2,67	3
2	1,67	3
3	1,67	3

Friedman Statistic	2,0000
--------------------	--------

P-value, Chi-Squared Approximation 0,3679
 Degrees of Freedom 2

Mean Sample		
Tiempo	Rank	Size
1	2,67	3
2	1,33	3
3	2,00	3

Friedman Statistic 2,6667
 P-value, Chi-Squared Approximation 0,2636
 Degrees of Freedom 2

Max. diff. Allowed between ties 0,00001

Cases Included 9 Missing Cases 0

Friedman Two-Way Nonparametric AOV for Color = Temperatura Tiempo

Mean Sample		
Temperatu	Rank	Size
1	2,33	3
2	2,67	3
3	1,00	3

Friedman Statistic 4,6667
 P-value, Chi-Squared Approximation 0,0970
 Degrees of Freedom 2

Mean Sample		
Tiempo	Rank	Size
1	2,00	3
2	1,67	3
3	2,33	3

Friedman Statistic 0,6667
 P-value, Chi-Squared Approximation 0,71
 Degrees of Freedom 2

Max. diff. allowed between ties 0,00001

Cases Included 9 Missing Cases 0

Anexo 5. Fotografías del desarrollo experimental



Figura 18. Secado de las hoja de yacón



Figura 19. Secado de la raíz de yacón



Figura 21. Raíz de yacón deshidratado



Figura 20. Triturado de la hoja y raíz

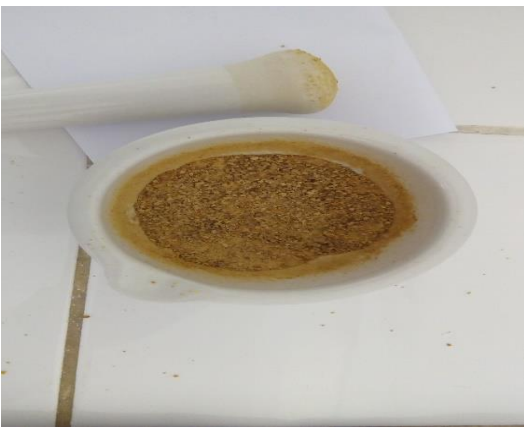


Figura 23. Obtención de la muestra molida



Figura 22. Envasado y sellado



Figura 24. Obtención de los filtrantes



Figura 25. Preparación de la bebida



Figura 27. Tratamientos a ser evaluados



Figura 26. Catación de la bebida



Figura 28. Medición de la viscosidad



Figura 29. Determinación del pH

**TEST DE ESCALA HEDÓNICA PARA EVALUAR SABOR, COLOR Y AROMA DE UN
FILRANTE EDULCORADO A PARTIR DE LA HOJA Y RAIZ DE YACÓN.**

Apellidos y nombres:..... Rojas Ocampo Elizabeth.....

Fecha:..... 07/11/18.....

Producto: Filtrante edulcorado a partir de la hoja y raíz de yacón.

INDICACIONES: deguste de cada una de las muestras y califique de acuerdo a la siguiente tabla, como usted crea conveniente, el sabor, color y aroma respectivamente.

Tabla 22. Ficha de evaluación sensorial

Identificación sensoriales	Escala hedónica
Excelente	7
Muy bueno	6
Bueno	5
Aceptable	4
Regular	3
Malo	2
Muy malo	1

MUESTRA	SABOR	COLOR	AROMA
T1	6	7	6
T2	6	4	4
T3	3	4	3
T4	5	7	5
T5	6	7	4
T6	7	4	3
T7	3	2	2
T8	4	2	2
T9	5	2	2

Comentarios:..... El sabor y el dulzor del Yacón
..... son muy agradables.....