

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA MADURACIÓN Y EL
SOLEADO DE LOS TUBÉRCULOS DEL YACÓN (*Smallanthus
sonchifolius*), EN EL CONTENIDO DE FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS
(FOS) EN EL JARABE DE YACÓN”.**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: MANEJO POST-COSECHA

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

TESISTA

MIRAVAL AYALA ROSMELINDA ROSALÍA

ASESORA

Mg Sc. HUAMÁN LEANDRO LICETH ROCÍO

**HUÁNUCO – PERÚ
2022**

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA MADURACIÓN Y EL
SOLEADO DE LOS TUBÉRCULOS DEL YACÓN (*Smallanthus
sonchifolius*), EN EL CONTENIDO DE FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS
(FOS) EN EL JARABE DE YACÓN”.**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: MANEJO POST-COSECHA

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

TESISTA

MIRAVAL AYALA ROSMELINDA ROSALÍA

ASESORA

Mg Sc. HUAMÁN LEANDRO LICETH ROCÍO

**HUÁNUCO – PERÚ
2022**

DEDICATORIA

A Dios por su amor incomparable, por proteger a mi familia en todo momento durante la pandemia y por la bendición que me brindo en mi hogar.

A mi familia que desinteresadamente siempre estuvo allí para apoyarme y aconsejarme, para seguir adelante.

A todos los que me apoyaron desinteresadamente para que se lleve a cabo el trabajo de investigación para lograr de esa forma la conclusión de la misma.

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento a la prestigiosa Universidad Nacional Hermilo Valdizán, y a todos los profesionales quienes conforman la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial por la enseñanza y los buenos valores que día a día nos inculcaron para ser mejores profesionales, en especial a mi asesora Mg. Sc. Liceth Rocío Huamán Leandro, quien incondicionalmente me brindó su apoyo y asesoramiento para que se lleve a cabo el trabajo de investigación.

RESUMEN

El yacón es una planta de origen andino, cuyos frutos en forma de tubérculos, almacenan azúcares en forma de Fructooligosacáridos (FOS) el cual no es digerible, por lo que su consumo aporta pocas calorías y no elevan el nivel de glucosa en la sangre. El objetivo principal de esta investigación fue evaluar la influencia de la maduración y el soleado de los tubérculos del yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en el contenido de FOS en el jarabe de yacón proveniente del distrito de Umarí, provincia de Pachitea de la región Huánuco. La investigación se realizó en el Laboratorio fisicoquímico del centro de investigación tecnológica agroindustrial de la unidad técnica de Ambo y en el laboratorio de análisis por instrumentación de Ingeniería Agroindustrial. El estudio se elaboró de manera aplicada y experimental con una muestra de 36 kg de yacón. Los resultados indicaron que el exceso de sol afecta el valor porcentual de FOS presente en la composición química del yacón pese a presentar el mayor índice de maduración, observándose una relación entre la luminosidad y el aumento porcentual de FOS en los ensayos. Finalmente, el valor promedio del porcentaje de FOS para esta investigación fue de 33,29 %.

Palabras claves: Prebióticos, alimentos funcionales, antioxidantes.

ABSTRACT

Yacon is a plant of Andean origin, whose fruits in the form of tubers, store sugars in the form of Fructooligosaccharides (FOS) which is not digestible, so its consumption provides few calories and does not raise the level of glucose in the blood. The main objective of this research was to evaluate the influence of the maturation and the sun exposure of yacon tubers (*Smallanthus sonchifolius*) on the FOS content of yacon syrup from the district of Umari, province of Pachitea in the Huánuco region. The research was carried out in the physicochemical laboratory of the agro-industrial technological research center of the technical unit of Ambo and in the instrumentation analysis laboratory of Agroindustrial Engineering. The study was elaborated in an applied and experimental way with a sample of 36 kg of yacon. The results indicated that the excess of sunlight affects the percentage value of FOS present in the chemical composition of yacon in spite of presenting the highest ripening index, observing a relationship between the luminosity and the percentage increase of FOS in the tests. Finally, the average value of the percentage of FOS for this research was 33,29 %.

Key words: Prebiotics, functional foods, antioxidants.

ÍNDICE GENERAL

	Pag
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Descripción botánica	3
2.2 Condiciones edafoclimáticas y post cosecha del yacón	4
2.2.1 Condiciones edafoclimáticas	4
2.2.2 Post - cosecha del yacón.....	5
2.2.3 Producción de yacón en el Perú	7
2.3 Formas de consumo y aprovechamiento	8
2.3.1 Pasas de yacón.....	9
2.3.2 Hojuelas de yacón.....	9
2.3.3 Deshidratado de yacón.....	10
2.3.4 Jarabe de yacón	10
2.3.5 Té de yacón.....	11
2.4 Composición química de la raíz tuberosa.....	11
2.4.1 Características organolépticas.....	11
2.4.2 Características fisicoquímicas.....	11
2.4.3. Composición química	12
2.5 Los Fructooligosacáridos	13
2.5.1 Definición y estructura química.....	13
2.5.2 Efectos benéficos de los FOS	16
2.5.3 Fructanos tipo inulina – Fructooligosacárido.	17
ANTECEDENTES	20
HIPÓTESIS	26
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28

3.1 Lugar de ejecución	28
3.2 Tipo y nivel de investigación	28
3.3 Población, muestra y unidad de análisis.....	28
3.4 Tratamientos de estudio	28
3.5 Prueba de hipótesis.....	29
3.5 Hipótesis de investigación.....	29
3.6 Datos a registrar.....	29
3.7 Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información.....	30
3.8 Materiales y equipos	30
3.8.1 Materia prima para la evaluación	30
3.8.2 Conducción de la investigación.....	31
3.8.3 Materiales de laboratorio	31
3.8.4 Equipos.....	32
3.8.5 Reactivos	32
3.9 Elaboración del jarabe de yacón	33
3.9.1 Descripción del flujograma para la elaboración de jarabe de yacón.....	34
3.10 Método de análisis fisicoquímica	37
3.10.1 Determinación de pH	37
3.10.2 Sólidos solubles (°Brix)	37
3.10.3 Determinación de Acidez	37
3.10.4 Determinación de Humedad.....	37
3.10.5 Determinación de Índice de madurez.....	38
3.11 Determinación de azúcares reductores libres	38
3.11.1 Preparación del reactivo de DNS	38
3.11.2 Curva de calibración.....	38
3.11.3 Determinación del % FOS.....	39
3.12 Evaluación sensorial.....	39
3.13 Métodos de análisis	40
3.13.1 Diseño de la investigación.....	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1 Evaluación de los periodos de cosecha en las características fisicoquímicas de los tubérculos de yacón y en la obtención del jarabe de yacón.....	41

4.2 Evaluación de efecto del tiempo de soleado en las propiedades fisicoquímicas del yacón y en la obtención del jarabe de yacón.	42
4.3 Evaluación de la interacción del periodo de cosecha y tiempo de soleado del yacón, en la obtención del jarabe de yacón.	43
V. CONCLUSIONES	47
VI. RECOMENDACIONES	48
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
VIII. ANEXOS	53
ANEXO 1. Datos primarios obtenidos de los experimentos	55
ANEXO 2- Ficha de evaluación sensorial	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consideraciones para la clasificación de raíces de yacón.....	6
Tabla 2. Características del yacón.....	12
Tabla 3. Composición nutricional del yacón (100 g de raíz fresca sin cáscara).	13
Tabla 4. Contenido de oligofructosa en algunos productos.	14
Tabla 5: Operacionalización de los variables.	27
Tabla 6: Formulación de tratamientos de estudio.....	29
Tabla 7: Características fisicoquímicas del yacón y en el jarabe de yacón.	41
Tabla 8. Efecto de tiempo de soleado en las propiedades fisicoquímicas del yacón y en el jarabe de yacón.....	42
Tabla 9. Efecto de los meses de cosecha y horas de soleado en las propiedades fisicoquímica del yacón.	44
Tabla 10. Evaluación sensorial del jarabe de yacón con 8, 9 y 10 meses de cosecha del yacón.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Raíz (<i>smallanthus sonchifolius</i>). Fuente: Seminario et al., (2003) / Adaptado de Seminario et al (2003).....	3
Figura 2. Forma de embalaje de raíces de yacón, las grandes debajo y pequeños encima. Fuente: Valderrama (2005) / Adaptado de Valderrama (2005).....	7
Figura 3. Los fructooligosacáridos (FOS). Fuente: Valderrama (2005).....	14
Figura 4. Biosíntesis y degradación de Fructooligosacáridos. Fuente: Manrique et al (2003).....	18
Figura 5. Flujograma para la elaboración del jarabe de yacón.....	33
Figura 6. Tubérculos de yacón.....	34
Figura 7. Soleado de yacón.....	34
Figura 8. Pelado de yacón.	35
Figura 9. Extracción de jugo de yacón.	35
Figura 10. Obtención del jarabe.	36
Figura 11. Envasado.	36
Figura 12. Grafica de la regresión lineal simple con línea de tendencia del %FOS vs horas de soleado para yacón de 9 meses de producción.	43

I. INTRODUCCIÓN

Según la situación actual de la salud, en el último informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre diabetes, se estimaba que de 1995 a 2030 el número de personas con esta enfermedad aumentaría un 60% en todo el mundo. Sin embargo, según un nuevo estudio, esta cifra podría tener mucha mayor mortalidad, cada vez son más los jóvenes diagnosticados con este mal.

Según reporte del MINSA, en el 2017, a nivel nacional se registraron 15504 nuevos casos en el país. La diabetes es la quinta causa de muerte en Perú, donde hay un millón de personas diagnosticadas con esta enfermedad (INEI, 2016). El 98% de diabéticos en el Perú presenta el tipo 2 de la enfermedad, que se adquiere por hábitos de vida inadecuados. Esta enfermedad generalmente se presenta en la edad adulta, sin embargo, cada vez son más los adolescentes y jóvenes diagnosticados con este mal debido al sobrepeso u obesidad.

En la región Huánuco, esta enfermedad viene afectando a niños y adultos, de ambos sexos hasta el 5 de noviembre del 2020, más de 3900 personas están afectadas con diabetes de los 800 mil habitantes que tiene Huánuco. Ante esta alarmante situación, la OMS ha formulado Estrategias mundiales sobre régimen alimentario, actividad física y salud, orientadas a implementar políticas en todos los países latinoamericanos para mejorar la seguridad alimentaria y dar a la población una mayor sostenibilidad en su salud (OMS, 2014).

En tal sentido, se elaboró el Plan de acción para la prevención de la obesidad en la niñez y la adolescencia, con uno de sus objetivos trazados para ejecutar políticas para reducir el consumo infantil y adolescente de bebidas azucaradas y productos de alto contenido calórico y bajo valor nutricional y establecer reglamentos para proteger a la población infantil.

Es por esa razón, que en junio del 2017 se aprueba el Reglamento de la Ley N° 30021, Ley de Promoción de la Alimentación Saludable D.S. N° 017-2017-SA en que se establecen los parámetros técnicos sobre alimentos procesado y se incluye el manual de advertencias publicitarias. Desde la fecha los consumidores se encuentran

alertas a nuevas opciones de edulcorantes para consumo industrial o doméstico que brinde mayor beneficio funcional al organismo.

En el presente trabajo de investigación se evaluó un tubérculo no tan difundido entre los peruanos, tal es el caso del yacón (*Smallanthus sonchifolius*), una raíz autóctona de origen andino, cuyos frutos en forma de tubérculos, recientemente ha despertado intereses debido a que se ha determinado que es la fuente vegetal con mayor contenido de FOS el cual no es digerible, por lo que su consumo aporta pocas calorías y no elevan el nivel de glucosa en la sangre. Además, contiene inulina (un polímero de moléculas fructosa) a partir del cual se producen los FOS (Seminario, et al. 2003), convirtiéndolo en un recurso de gran interés para el consumo doméstico e industrial. En la presente investigación se evaluó el contenido de FOS en el jarabe de yacón por el método de ácido 3,5 dinitro salicílico (DNS) de acuerdo a los ocho, nueve y diez meses de producción con la finalidad de identificar posteriormente el estado de madurez con mejores características en los componentes mencionados para ser usados posteriormente como antecedente en la elaboración de sub productos, en este contexto se planteó los siguientes objetivos de investigación.

Objetivo general

- Evaluar el periodo de cosecha y el tiempo de soleado de los tubérculos del yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en el contenido de FOS en el jarabe de yacón.

Objetivos específicos

- Evaluar tres periodos de cosecha en las propiedades fisicoquímicas del yacón y del jarabe de yacón.
- Evaluar el efecto del tiempo de soleado en las propiedades fisicoquímicas del yacón y del jarabe de yacón.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Descripción botánica

El yacón es el nombre de los tubérculos que se cosechan de la misma planta homónima. Es una planta perenne de 1.5 a 3 metros de altura en Figura 1. El sistema radicular está compuesto de raíces preservantes y pulposas, que pueden alcanzar hasta un tamaño de 25 cm longitud y 20 cm de diámetro, cuya cáscara varía de color canela al marrón oscuro. Las raíces de almacenamiento son principalmente fusiformes, pero a menudo adquieren formas irregulares semi alargadas. Existen diferentes morfologías hortícolas, cuyas raíces presenta pulpas de color crema, amarillo anaranjado y morado tiene un leve sabor a dulce y es muy jugosa (Seminario, *et al*; 2003).

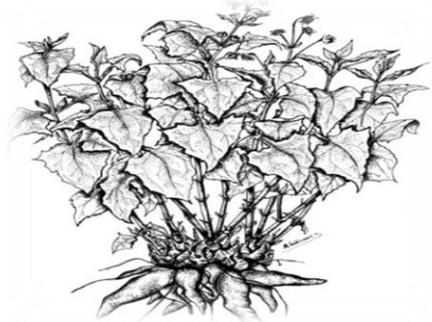


Figura 1. Raíz (*smallanthus sonchifolius*). Fuente: Seminario *et al.*, (2003) / Adaptado de Seminario *et al* (2003).

Polanco (2011) clasifica taxonómicamente al yacón de la siguiente manera:

Reino : Plantae
 División : Magnoliophyta
 Clase : Magnoliopsida
 Orden : Asterales
 Familia : Asteraceae S
 Subfamilia : Asteroideae
 Género : *Smallanthus*
 Especie : *sonchifolius*

Nombre científico : *S. sonchifolius* (Poepp & Endl) H. Robinson.

2.2 Condiciones edafoclimáticas y post cosecha del yacón

2.2.1 Condiciones edafoclimáticas

Seminario (2003) señala, que “las mejores condiciones para el desarrollo del yacón se encuentran entre el piso alto de la región yunga y el piso medio de la región quechua”, según la clasificación de Pulgar Vidal (1996), en el rango altitudinal de 1100 a 2500 msnm. Sin embargo, el yacón ha demostrado ser un cultivo muy adaptable, pudiendo sembrarse en varios lugares de la costa y la selva del Perú. La planta no soporta ambientes cálidos propios de la costa norte del Perú (arriba a los 3000 msnm), pero su cultivo se extiende hacia la ceja de selva de los departamentos de Cajamarca, Amazonas, San Martín y Junín.

a). Suelo

Según Grau y REA (1997) indican que “el yacón se adapta a una gran variedad de tipos de suelos, pero son preferibles los terrenos ricos en materia orgánica, moderadamente profundos y sueltos (franco arenoso) así mismo obtienen buenas cosechas en los suelos arenosos”. “El pH del suelo ideal se ubica entre los 6.0 y 7.5, aunque tolera también suelos medianamente ácidos”. Grau y Rea (1997) recomiendan evitar suelos con alta salinidad. Espinoza (2002) “manifiesta que los suelos donde se cultiva el yacón deben tener buena cantidad de materia orgánica natural, respaldado mediante el análisis de suelo”.

b). Clima.

Según Suquilanda, et al. (2010), “el yacón se desarrolla bien en la sierra y en los valles interandinos; con temperaturas medias anuales de 14 a 20°C, ya que las temperaturas menores a 10°C retardan su crecimiento, por lo que se incrementa periodo vegetativo, y consecuencia, los rendimientos reducen hasta un 80 % de frutos”. El desarrollo del sistema radicular requiere temperaturas entre 20 y 28 °C. A temperaturas superiores a 26 °C y humedad del suelo inadecuada, las plantas experimentan estrés y marchitamiento. El yacón es muy sensible a las heladas.

c). Altitud

Según Espinoza (2002) menciona si bien es cierto que el yacón crece desde el nivel del mar hasta 3600 msnm., su hábitat normal de producción es de 2500 a 3200

msnm. Sin embargo, en los extremos críticos de altitud, puede lograrse la producción con mayores esfuerzos de asistencia agronómica. A nivel del mar (Costa peruana) hay que sembrar coincidiendo con los meses de mayor frío (invierno) y en la parte más alta hay serios problemas por la presencia de heladas y por lo que la siembra debe iniciarse en los meses de primavera.

d). Agua

Se cree que es ideal para cultivar yacón de 800 mm de altura, lo que afecta la productividad, pero puede soportar períodos secos. El riego excesivo puede causar grietas, cambiar la calidad del producto y la presentación en el mercado, y causar deterioro durante el almacenamiento.

Según Valderrama (2005), el yacón generalmente crece con una precipitación anual de 550-1000 mm. Sin embargo, es importante que no falte un suministro uniforme de agua durante los primeros 5 meses después de la siembra. Durante la floración, el suelo debe mantener una humedad suficiente pero no excesiva para promover la formación de tubérculos y el crecimiento adecuado de la planta.

e). Luz solar

Según Valderrama (2005) señala que el yacón tiene un comportamiento indiferente a la longitud del día y a la intensidad de la luz; pero en términos generales, el cultivo debe recibir como mínimo nueve horas de luz, crece bien bajo la sombra de árboles frutales y otros arbustos, también a pleno sol; del mismo modo, desarrolla bien asociado con maíz, hortalizas y otros cultivos.

2.2.2 Post - cosecha del yacón.

Consideraciones previas.

Según Valderrama et al.(2005), una vez sacadas y desgajadas de la cepa, las raíces son bastante susceptibles a la deshidratación, y pierden peso rápidamente. Asimismo, debemos de tener en cuenta que después de cosechadas las raíces, el contenido de FOS (azúcares para diabéticos), disminuye en cierta cantidad, por lo tanto, es necesario procesar las raíces inmediatamente después de la cosecha o refrigéralo por unos días para disminuir la tasa de degradación.

Selección y clasificación

Espinoza (2002) se refiere a la clasificación de las raíces comestibles por tamaño, la selección de aquellas raíces que se encuentran deformadas, dañadas por herramientas durante la cosecha, que presentan síntomas de pudrición, que son transportadas por picudos, entre otras cosas. Estas categorías serán excluidas. Para evitar problemas de pudrición durante la comercialización. Las clasificaciones se basan en el tamaño y el peso del original, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 1. Consideraciones para la clasificación de raíces de yacón.

Categoría	Peso(g)	Largo	Diámetro mayor (Cm)
Primera	> 300	≥ 20	7-20
Segunda	120-300	12-20	5-6
Tercera	<120	<12	<5

Fuente: Valderrama et al. (2005)

Limpieza

Para mejorar la apariencia, los tubérculos se pueden lavar en un balde de malla ancha y luego en una solución de lejía esterilizada con una concentración de agua de 1 hisopo de algodón por cada 50 litros de agua.

Embalaje

Por regla general se utilizan cajas de madera ligeras, similares a las que se utilizan para envasar frutas (mangos, tomates, etc.). Entre ellos, las raíces están dispuestas en una capa horizontal, la parte inferior es grande y la parte superior es pequeña. El peso máximo de una caja completa es de 20 kg. Es recomendable colocar hojas de yacón entre las raíces para evitar daños por roce.



Figura 2. Forma de embalaje de raíces de yacón, las grandes debajo y pequeños encima. Fuente: Valderrama (2005) / Adaptado de Valderrama (2005).

Almacenamiento

Según Valderrama et al.(2005), se han reportado buenos resultado de almacenamiento a temperatura de refrigeración de 5 °C a 6 °C cubiertos con plásticas en estas condiciones las raíces permanecen comercialmente viables hasta los tres meses, aunque implica mayor trabajo y costo.

Según Ramos (2019), a una semana de almacenamiento a temperatura ambiente el contenido de FOS reduce en un 30% a 40%. Así, con fin de obtener un producto con mayor contenido de FOS es necesario procesar de inmediato la raíz una vez cosechado o refrigerarlos para disminuir la tasa de degradación. Para evitar la degradación de los FOS durante el procesamiento no se debe exceder temperaturas superiores a 120°C.

Comercialización

En cuanto a la comercialización, Espinosa (2002) señala que el yacón es un producto perecedero y debe venderse inmediatamente después de la cosecha.

2.2.3 Producción de yacón en el Perú

El yacón se adapta a diferentes tipos de suelos, pero para su óptimo desarrollo, los suelos ricos en minerales (francos, arenosos) de profundidad moderada a profunda son los más productivos. El pH operativo varía de ácido a débilmente alcalino. Las tierras altas entre la selva y los andes se siembran todo el año, y la presencia de heladas no es muy fuerte o se presenta al final de la cosecha, por lo que se recomienda sembrar a principios de septiembre y octubre en época de lluvias. La siembra ocurre

de junio a agosto en las tierras bajas y de octubre a diciembre en la época de lluvias. En otros casos, no se realiza la siembra propiamente dicha y se retiran los tocones maduros al final del ciclo y cuando mueren los tallos (Hermann & Heller, 1999).

La floración y la cosecha varía de acuerdo a la zona es decir que en Cajamarca la floración se da a los 6 u 8 meses después de la siembra y el ciclo total del cultivo se puede dar entre los 10 a 12 meses. En climas templadas de 1500 a 1,600 m.s.n.m la floración se inicia a los 4 meses después de la siembra, la cosecha se realiza a los 7 u 8 meses (Seminario et al., 2003).

En los últimos años, el cultivo y consumo de yacón se ha incrementado a nivel nacional. El yacón ya no se consume únicamente como fruta, sino que se vende como producto terminado, en forma de mermeladas, jarabes, panes, chips de yacón, etc. Lo más impresionante ahora es el hecho de que las hojas secas de yacón también están disponibles comercialmente, ricas en antioxidantes y una fuente interesante de investigación, dijo Muñoz (2009).

A nivel nacional se siembran 276 hectáreas de yacón, siendo los fraccionamientos más representativos 63 hectáreas de Amazonas y 60 hectáreas de Cajamarca. Por otro lado, el rendimiento promedio de yacón es de 11,28 toneladas por hectárea, siendo Cajamarca y Amazonas los rendimientos más típicos. (13.5 y 14.6 respectivamente).

Las regiones con mayor producción de yacón fresco son los sectores de Cajamarca (Yacón y San Ignacio), Pasco (Oxapampa) y Cusco y Puno (Sandía y Carabaya). Ubicada a 560 km al noreste de Lima, Cajamarca es una de las mayores hectáreas de cultivo de yacón en toda la región andina. En este sector, Yacón puede producir hasta 13,5 toneladas por hectárea.

2.3 Formas de consumo y aprovechamiento

Contamos con algunos derivados del yacón como, pasas, hojuelas, deshidratado, como también puede obtener jarabe yacón de 40 a 50% de FOS se obtiene al concentrar el jugo de las raíces de yacón este producto puede ser considerado como nutracéutico debido al alto contenido de componentes prebióticos (Genta et al., 2009).

2.3.1 Pasas de yacón

Las pasas de yacón son el resultado de un proceso de deshidratación ambiental. Las pasas son dulces y se pueden comer directamente como dulces o usarse en pasteles.

Su tecnología de producción fue desarrollada en la Universidad de San Simón (Cochabamba-Bolivia) y la Universidad de Cajamarca (Perú). Este proceso consta de dos etapas de deshidratación en el medio ambiente.

La primera deshidratación se hace sobre la raíz entera, que se coloca en un secador solar y se deja durante 6 días. Luego, las raíces se pelan, trituran, se esparcen en un secador de rejilla tipo artesana y se secan hasta que el contenido de humedad del producto sea constante entre 14-16%. En este punto, las pasas se consideran listas para comer.

La eficiencia de conversión fluctúa entre 13 y 15% (en base al peso fresco de las raíces).

“Es decir que de 10 kg de yacón fresco se obtiene entre 1,3 y 1,5 kg de pasas de yacón (Seminario, 2003).

2.3.2 Hojuelas de yacón

Borges et al. (2005) tenga en cuenta que puede obtener hojuelas de yacón aplicando el proceso de secado.

Las hojuelas son trozos de yacón que han sido deshidratados en un horno de temperatura controlada. Corta una rebanada delgada de yacón (de aproximadamente 0,5 cm de grosor) en forma horizontal, extiéndela en un filete en forma de bandeja y ponla en el horno o estufa para que se seque. Para evitar que las hojuelas se pongan marrones durante el secado, se recomienda remojar las rodajas de yacón recién cortadas en una solución de jugo de limón o un antioxidante (preferiblemente ácido ascórbico). La temperatura del horno debe rondar los 60-70 °C para reducir la carga de microorganismos sin alterar significativamente la calidad del producto final. El tiempo efectivo de secado es de unas 24 horas, pero este tiempo será mayor dependiendo del tipo de horno utilizado para el secado (con o sin recirculación de aire), el contenido de humedad inicial de la materia prima, el tipo de yacón utilizado, etc. O acortar. Las papas fritas tienen una textura crujiente cuando se sacan del horno y se

perderán rápidamente si no se colocan en una bolsa inmediatamente.

Las hojuelas de yacón se pueden adaptar para el mercado de consumo de botanas o botanas. Tiene un agradable sabor a manzana deshidratada. (Seminario, 2003).

2.3.3 Deshidratado de yacón

Al respecto, Castro et al. (2012) “mencionan que la forma de las muestras al ser deshidratadas influye, por lo que también pueden procesarse tiras deshidratadas de yacón que posee mayor retención de compuestos antioxidantes a diferencia de las hojuelas”.

2.3.4 Jarabe de yacón

El jarabe de yacón es un concentrado rico y dulce que se elabora evaporando suficiente agua del jugo de yacón hasta una concentración de sólidos solubles (azúcar) de alrededor del 70 %.

Para evaporar el agua del jugo, use un recipiente de superficie ancha para verter el jugo de yacón. Coloque este recipiente sobre una fuente de calor (que puede ser un fuego para cocinar) y evapore el agua hasta alcanzar la concentración de azúcar indicada. Durante la preparación del jarabe, es deseable tener un refractómetro para monitorear constantemente el contenido de azúcar del jarabe. Para eliminar los sólidos insolubles del jarabe y finalmente obtener un producto con mejor apariencia y calidad, es necesario pasar por varios filtros durante el proceso de evaporación. Esto debe hacerse a temperaturas superiores a 85 °C para evitar el crecimiento de microorganismos en el producto envasado. La eficiencia de conversión de raíz a jarabe es de aproximadamente 12:1 (peso de raíz: peso de jarabe).

Debido a que el jarabe de yacón tiene principalmente FOS, el contenido de calorías es más bajo que otros edulcorantes similares, como jarabe de arce, miel, miel, abejas y leche condensada. Por lo tanto, el jarabe de yacón es un reemplazo bajo en calorías de estos edulcorantes y tiene la ventaja de agregar productos debido a características nutricionales. (Seminario, 2003).

Manrique et al. (2005) “indican que el jarabe puede utilizarse como un endulzante para ensaladas de frutas, jugos, bebidas calientes y postres, entre otros”.

2.3.5 Té de yacón

El té de yacón se inventó en Japón hace unos 10 años. Aunque no existen datos científicos sobre los efectos en humanos, se recomienda el uso de infusiones para el tratamiento de la diabetes. Actualmente, los países con mayor producción de té de yacón son Japón y Brasil.

En las condiciones de Cajamarca, la mejor forma de secado de hojas por parte de los artesanos es usar una secadora o choza, que es la misma que se usa para secar el tabaco. Este secadero tiene una estructura de madera a dos aguas con una altura superior de 4,5-5m. Largo y ancho variables. El techo puede ser ondulado o de paja, y los lados están cubiertos con un techo de paja suelto (esto evita hasta cierto punto la entrada de niebla). El interior está dividido en capas o tendones separados unos 75 cm. (Seminario, 2003).

2.4 Composición química de la raíz tuberosa

2.4.1 Características organolépticas

Tiene una dulzura y una frescura comparables a las de una pera. Sin embargo, dado que los fructanos se convierten en fructosa, se cree que se reducen significativamente cuando se exponen a la luz solar, y se recomiendan otros métodos alternativos de secado o consumo.

2.4.2 Características fisicoquímicas.

Las raíces del yacón son diversas y encuentran las raíces del huso y elíptico. Estas son las raíces gruesas de la piel delgada. También varían en tamaño: las raíces miden 12, 18 a 30 centímetros de largo, y su longitud es de 25 cm x 10 cm de diámetro. Por tanto, su peso varía de 50 a 1000 g, con una media de 200 a 500 g. (Polreich, 2003).

Tabla 2. Características del yacón.

Características del yacón fresco	
pH	6.35
Acidez	0.30
Color	El color de la cáscara es marrón
Olor	Las raíces del yacón no tienen olores fuertes. Son poco perceptibles.
Sabor	Ligeramente dulce a dulce
Textura	Tanto externa e internamente, el yacón tiene una consistencia firme

Fuente: Polreich, (2003).

2.4.3. Composición química

Según Hurtado (2015) el yacón es un bulbo conservador que tiene un alto contenido de agua y varía del 80 al 90% de su peso fresco. Los carbohidratos son el componente principal del yacón y se acumulan hasta un 90 % en la materia seca, de los cuales los fructooligosacáridos (incluida la inulina) constituyen el 40-70 % de la materia seca. Contiene otros hidratos de carbono: glucosa (menos del 5%), fructosa (5 al 15%) y sacarosa (hasta el 15%). A diferencia de la mayoría de los tubérculos comestibles, el yacón no almacena almidón (se encontraron hasta 0,04 % de trazas en base seca, pero los valores informados se deben a las diferentes composiciones de azúcar, que incluyen: Depende y tiende a cambiar a medida que se planta y se cosecha. temporadas, tipos de cultivos y niveles maduración, almacenamiento, etc. El contenido de lípidos y proteínas es bajo representando de 2,4 % a 4,3% y 0,14 % a 0,43% del peso en materia seca respectivamente.

Según Manrique et al. (2003) “el mineral más abundante es el potasio, en promedio se puede encontrar 230 mg/100 g de materia fresca comestible, en menores cantidades se encuentran hierro y magnesio. Las raíces también contienen compuestos con alto poder antioxidantes como polifenoles entre ellos como el ácido clorogénico y varios fenoles derivados del ácido cafeico”. Otros compuestos antioxidantes son la quercetina, el ácido ferúlico y el ácido gálico, pero los polifenoles

se encuentran en las raíces, pero en las hojas están mucho más concentrados (Hurtado, 2015). Sin embargo, la composición relativa de los diferentes azúcares varía ampliamente debido a diversos factores, como el cultivo, las temporadas de siembra y cosecha, el tiempo y la temperatura posteriores a la cosecha.

La raíz tiene un alto contenido de Inulina y (FOS) (polímeros de fructosa) Hidrolizado por el cuerpo humano e incapaz de atravesar el tracto digestivo sin metabolismo, aporta menos calorías que la sacarosa, ideal para una dieta hipocalórica (Seminario et al, 2003).

Tabla 3. Composición nutricional del yacón (100 g de raíz fresca sin cáscara).

Compuesto	Rango
Agua	85-90 g
Oligofructuosa (OF)	6-12 g
Azúcares simples*	1.5-4 g
Proteínas	0.1-0.5 g
Potasio	185-295 mg
Calcio	6-13 mg
Calorías	14-22 Kcal

Fuente: Ficha Técnica Yacón, centro internacional de la papa (CIP) Perú Manrique et al, (2004). *Incluye sacarosa, fructuosa y glucosa

2.5 Los Fructooligosacáridos

2.5.1 Definición y estructura química

Sangeetha et al. (2005) y Genta et al. (2009) FOS es un ingrediente natural importante en frutas, verduras y miel, pero no tan alto como la raíz de yacón. Se forman por la acción de las fructosiltransferasas de muchas plantas y microorganismos. FOS tiene una estructura que consta de cadenas de fructosa unidas a unidades de fructosa de sacarosa por enlaces glucosídicos β (2 \rightarrow 1). Los seres humanos no poseen la enzima capaz de hidrolizar este enlace glucosídico por lo que los fructanos son oligosacáridos no digeribles o fibra dietaria que puede ser utilizada por la microflora para su fermentación (Valentová & Ulrichová, 2003). “Por esta razón, su valor calórico

es bajo (Genta et al., 2009). En la figura 3 se observa la estructura química del resto de FOS es similar a 1-cetosa, sólo varía en el número de moléculas de fructosa que pueden llegar a polimerizar (hasta 10 unidades)”.

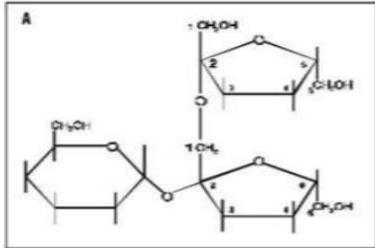


Figura 3. Los fructooligosacáridos (FOS). Fuente: Valderrama (2005).

Estructura química de 1-cetosa, el FOS más sencillo que existe (tiene sólo 2 moléculas de fructosa). Los fructooligosacáridos están presentes en diferentes alimentos que se consumen habitualmente, como la lechuga, el ajo, el trigo, las alcachofas o la cebolla se muestra en la Tabla 4. Sin embargo, para la obtención industrial de este producto, se han identificado como las fuentes más importantes, la raíz de yacón, la de achicoria (*Cichorium intybus*) y el topinambur (*Helianthus tuberosus*), estas últimas también asteráceas (Seminario, 2003).

Tabla 4. Contenido de oligofruktosa en algunos productos.

Fuente	Contenido de oligofruktosa
Yacón (Raíz)	3 a 19%
Achicoria (Raíz)	5 a 10%
Cebolla (bulbo)	2 a 6 %
Ajo	3 a 6 %
Lechuga	2 a 5 %
Trigo	1 a 4%

Fuente: Torres, (2004)

Según Chacon, (2006), “menciona que Cuando un FOS presenta de manera predominante o incluso exclusiva la unión β (2 \rightarrow 1) fructosil-fructosa (enlace inulina), recibe el nombre genérico de inulina”.

Estos enlaces son los responsables de que la inulina no se digiera como otros carbohidratos, lo que da como resultado un bajo contenido calórico y una función nutricional como fibra dietética. Según Narai-Kanayama, (2007) la inulina se encuentra en los tubérculos de yacón, pero su contenido decrece rápidamente una vez se cosechan, aumentándose la fructuosa, este proceso se reduce cuando se almacenan con una humedad relativa del 90% y temperatura menor a 8 °C., (Narai-Kanayama, 2007). La inulina y el FOS tienen propiedades físicas completamente diferentes y se utilizan en la industria alimentaria.

La inulina tiene poca o ninguna dulzura, y su particular consistencia y baja solubilidad la convierten en un sustituto de grasa ideal para preparar una variedad de alimentos como helados y postres. FOS, por otro lado, es muy soluble en agua, tiene un sabor ligeramente dulce y puede reemplazar al azúcar regular. Sin embargo, la inulina y los FOS tienen casi los mismos efectos fisiológicos en humanos y aportan solo una cuarta parte de las calorías de los carbohidratos convencionales, por lo que se reconocen como un tipo de fibra dietética y se utilizan como materia prima para la producción de alimentos funcionales o suplementos dietéticos (Niness, 1999).

Un estudio realizado por Cuaran y Fajardo (2008) sobre la extracción de inulina de raíces de yacón reportó que los rendimientos más altos de 20.7% de inulina se obtuvieron bajo condiciones de extracción de 82.2 °C y 23 minutos en el solvente. - Relación de materias primas 4,5 l/500 g.

Es un excelente agente de hidratación y se considera un probiótico porque tiene un alto contenido de minerales como el agua y el potasio y favorece la formación de la flora intestinal. Como todas las frutas, FOS carece de enzimas digestivas esenciales y no puede metabolizarse directamente en el tracto gastrointestinal humano. Esta es una bacteria especial que conforma la flora intestinal, llamada probióticos, que, cuando una persona ingiere FOS, se mueve sin cambios en el tracto gastrointestinal y comparte el mismo hábitat solo cuando el FOS llega al colon, por eso es fermentado por un grupo de personas y dificulta su crecimiento. De bacterias dañinas en el intestino grueso. Estas bacterias probióticas aumentan su población, ayudando a la absorción de calcio y otros minerales, ayudan a sintetizar vitaminas del complejo B, a fortalecer el sistema

inmunológico, a prevenir infecciones gastrointestinales, y reducen el riesgo de desarrollar algunos tipos de cáncer, especialmente el de colon (Seminario, 2003; Manrique, 2004; Castillo y Vidal, 2009).

2.5.2 Efectos benéficos de los FOS

Además, el consumo diario de FOS reduce la progresión de la osteoporosis mediante el aumento de la biodisponibilidad de calcio, con un aumento significativo de la densidad y masa mineral ósea (Roberfroid, 2002). Por ello, recomiendan 20 g/día, pero, un consumo mayor a 30 g/día podría causar flatulencia y diarrea (Los FOS pertenecen al grupo de ingredientes o alimentos generalmente reconocidos como seguros (GRAS), y están considerados como fibra dietaria soluble (Coussement, 1999; Castro et al., 2013), aclarando que no toda fibra puede ser considerada prebiótico.

Los fructanos permanecen intactos en su recorrido por la parte superior del tracto gastrointestinal, pero al llegar al colon son fermentados en su totalidad por las bacterias *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* (Roberfroid, 2002). Este proceso metabólico causa los siguientes efectos en la salud:

Modificación significativa de la microflora del colon. Los oligosacáridos sirven como sustrato para el crecimiento de las bacterias colónicas de las especies *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, y en efecto aumentan la población de estas células con la producción en paralelo de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) (Sghir et al., 1998).

Disminución de pH en el colon. En la fermentación, las bacterias anaerobias del colon utilizan una serie de enzimas para hidrolizar a los oligosacáridos y en efecto producir energía, gases (hidrógeno, metano, dióxido de carbono) y sobre todo AGCC (acetato, propionato y butirato). Los ácidos orgánicos producidos son utilizados como fuente de energía por los colonocitos del colon y recto. Especialmente, el butirato es un nutriente clave que determina la actividad metabólica y crecimiento de los colonocitos; y puede funcionar como un factor de protección primaria contra los trastornos del colon (Slavin, 2013).

La producción de AGCC contribuye a bajar el pH en el colon (Remesy et al., 1993; López et al., 2000 & Roberfroid et al., 2010) y, en consecuencia, en las heces.

“Por tanto, bajos valores de pH estimulan el crecimiento de las bifidobacterias e inhiben el crecimiento de ciertas bacterias patógenas que tienen tendencia a causar la putrefacción en el colón” (Yun, 1996; Musato y Mancilha, 2007).

“La calidad no digerible de los FOS significa que tienen efectos similares a la fibra dietética, como: prevenir el estreñimiento y disminuir los niveles séricos de colesterol y triglicéridos” (Niness, 1999).

“Se estima que se producen alrededor de 30 g de bacterias por cada 100 g de carbohidratos fermentados” (Slavin, 2013).

Genta et al. (2009) Se ha demostrado que el uso del jarabe de yacón tiene efectos beneficiosos en la salud de las mujeres premenopáusicas con sobrepeso resistentes a la insulina. La ingesta diaria de 0,14 g de FOS/kg de peso reduce significativamente el peso corporal, la circunferencia de la cintura y el índice de obesidad. No tiene efectos adversos sobre el tracto gastrointestinal y aumenta aún más la frecuencia de las deposiciones y la sensación de saciedad.

2.5.3 Fructanos tipo inulina – Fructooligosacárido.

Síntesis de inulina y/o fructooligosacáridos

La síntesis y degradación de la inulina y/o FOS se encuentra bajo control enzimático. Debido a que la composición de los FOS en yacón es variable, se hace necesario mencionar cómo es que se lleva a cabo la síntesis y degradación y cuáles son las enzimas que participan en dicho proceso. (Fukai, 1993).

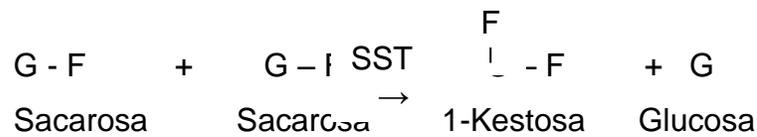
El contenido de FOS aumenta con la madurez de la raíz y alcanza un máximo poco antes de la cosecha. Luego sucede lo contrario, el contenido de FOS disminuye y los monosacáridos (glucosa y cuerpos fructíferos) aumentan. En las primeras etapas del desarrollo de la raíz, la glucosa, la fructosa, la sacarosa y otros azúcares tienen una alta concentración y un bajo contenido de FOS. Dado que la enzima involucrada en la formación del precursor de FOS es la sacarosa, la concentración de FOS aumenta con el tiempo: sacarosa-fructosiltransferasa (1-SST), que es una combinación de dos moléculas de sacarosa. El FOS más simple, 1-kestosa y glucosa. La 1-kestosa es el intermediario importante para que se formen los demás FOS de mayor grado de polimerización e inulina. La segunda enzima que se encarga de aumentar las cadenas de fructuosas es la fructano: fructano fructosil transferasa (1-

FFT) y su función es catalizar la unión de la fructuosa proveniente de un oligofrufructano para transferirla a otro oligofrufructano para producir otro de mayor grado de polimerización. (Fukai, 1993) (Roberfroid, 2005). (Ver **Figura 04**).

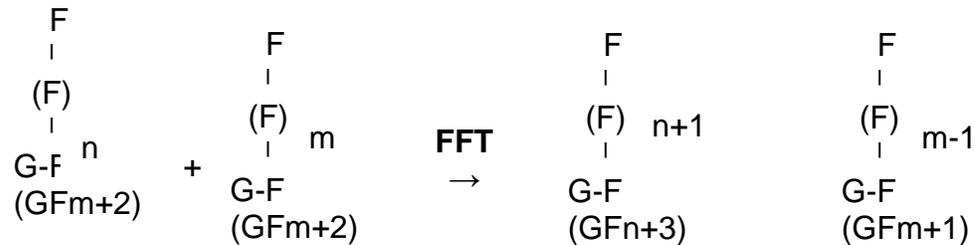
En momentos específicos, condiciones específicas y temperaturas específicas, FOS comienza a hidrolizarse a los monómeros más simples, como la fructosa y la glucosa. Este proceso lo lleva a cabo la enzima fructano hidrolasa (FH), que interviene en la liberación de moléculas de fructosa al final de la cadena.

Análisis de fructooligosacáridos e Inulina

A. Síntesis de 1-ketosa



B. Síntesis de resto de FOS



C. Despolimerización de FOS

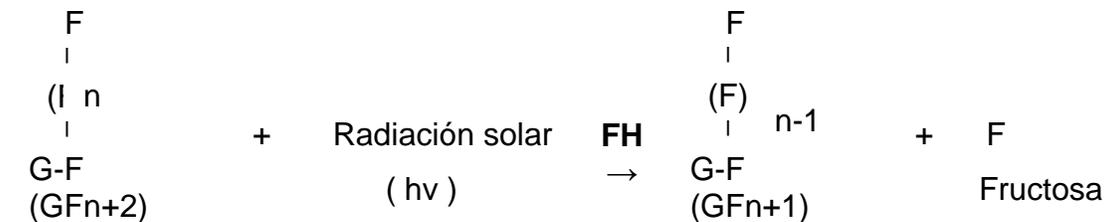


Figura 4. Biosíntesis y degradación de Fructooligosacáridos. Fuente: Manrique et al (2003).

Síntesis de inulina y/o fructooligosacáridos

Los métodos más utilizados para medir FOS e inulina se basan en la hidrólisis enzimática y/o ácida con mediciones cuantitativas de la cantidad de glucosa y fructosa liberada. Se utilizan varios instrumentos para cuantificar el azúcar liberado, incluidos HPLC, GC-MS, colorimetría UV-visible y otros métodos de densitómetro de cromatografía en capa fina.

En el método de hidrólisis, primero se extrae la muestra con agua hirviendo, se cuantifica el azúcar libre antes de la hidrólisis, y luego se hidroliza la fruta tipo inulina-FOS (enzimática o química) para liberar el azúcar, consiste en cuantificar y restar la cantidad de azúcar obtenido antes de que comience la hidrólisis. Luego se hidroliza y la relación glucosa:fructosa determina el grado medio de polimerización. Este es básicamente un procedimiento general, seguido de un método basado en la hidrólisis de FOS e inulina. (Barclay et al, 2010).

Existen varios métodos enzimáticos reconocidos por la AOAC, el método 997.08 “Determinación de fructanos en productos alimenticios por HPAEC-PAD”.

Los métodos enzimáticos son muy seguros, efectivos y, por lo tanto, precisos, verdaderos y, por lo tanto, precisos porque son formales. El problema de estos métodos es que requieren equipos costosos y complejos, reactivos inusuales y, sobre todo, enzimas que aumentan el costo del análisis. Por lo tanto, se desarrolló un método colorimétrico para estimar la cantidad de inulina y FOS utilizando reactivos simples. Equipos como espectrofotómetros que reducen el costo de análisis. Sin embargo, tiene la desventaja de que la precisión no es la misma que la del método descrito anteriormente.

El método AOAC 999.03 “Determinación de fructanos en alimentos por el método enzimático espectrofotométrico” también se basa en la hidrólisis enzimática de la inulina y de los azúcares, solo requiere un espectrofotómetro para su determinación. Este método es confiable, exacto, pero no puede ser usado para la determinación de inulina del tipo Fn-. (AOAC, 2012; Franck & Levecke, 2012).

La inulina y el FOS se pueden hidrolizar en medios ácidos bajo ciertas condiciones. La inulina es relativamente estable porque depende de los enlaces glucosídicos. En particular, el enlace glucosil-fructosa es más resistente a la hidrólisis

que el enlace fructosa-fructosa, y la fructosa terminal se hidroliza más fácilmente que la fructosa interna. Por tanto, es necesario trabajar a un pH inferior a 4 y una temperatura moderadamente alta. En condiciones extremas de temperatura y pH, puede ocurrir la descomposición de los monosacáridos hidrolizados, por lo que es importante establecer parámetros operativos para evitar la descomposición del analito cuantificado. (Barclay et al, 2010).

Denglin Luo et al. (2011) se han realizado estudios sobre la estabilidad de la insulina y el FOS en diversas condiciones de pH y temperatura. La insulina se muestra estable a $\text{pH} = 7$, y al aumentar la temperatura a este pH, la inulina no muestra signos de degradación. La inulina se descompone fácilmente en condiciones ácidas, cuanto más bajo es el pH, más rápido se descompone la insulina. Además, un aumento de la temperatura conduce a un aumento de la tasa de hidrólisis de la inulina. Cuando el pH es $> 5,0$, la insulina se mantiene estable incluso en el rango de temperatura de 20 a 100 °C; Por otro lado, en el rango $3.0 < \text{pH} < 5.0$, la descomposición comienza solo cuando la temperatura es superior a 50 °C, mientras que a $\text{pH} < 3$, la hidrólisis ocurre incluso a temperatura ambiente. De manera similar, (Glibowsky, 2011) está de acuerdo con los hallazgos informados por (Denglin Luo et al., 2011).

Barclay et al, (2010) de esta forma se verificó la estabilidad de la insulina para determinar parámetros de hidrólisis. Por tanto, la hidrólisis ácida es una buena alternativa para la cuantificación de insulina por otros métodos más económicos. La insulina y el FOS se pueden determinar espectroscópicamente porque son azúcares no reductores. El reactivo más utilizado para la determinación colorimétrica (UV-VIS) es el ácido 3,5-dinitrosalisilic (DNS); En este caso, se utilizó DNS para determinar el contenido de azúcares reductores libres antes de la hidrólisis de la inulina. Luego se determinaron los carbohidratos totales en la muestra por el método del fenol-sulfúrico. Para calcular la cantidad de insulina, se resta la cantidad de azúcar libre de los carbohidratos totales, e indica la cantidad de sacarosa está incluida en los resultados.

ANTECEDENTES

Nacionales:

Inga et al. (2015), extrajeron y aislaron los FOS de la harina de yacón, obteniendo valores interesantes de FOS y componentes prebióticos. Asimismo,

refieren en sus estudios, que luego de la cosecha, las raíces empiezan un rápido proceso de cambio en la composición química, en este caso los FOS son hidrolizados en azúcares simples por la acción de la enzima fructanohidrolasa, que los convierte en fructosa, sacarosa y glucosa. También sostienen que la forma de almacenamiento es determinante, ya que después de una semana de almacenamiento a temperatura ambiente alrededor del 30 al 40% los FOS se transforman en azúcares simples. También indican la conveniencia del almacenamiento bajo temperatura de refrigeración para hacer lenta esta velocidad de conversión. Una de las razones que limita una industrialización de los FOS de yacón es el contenido de azúcares simples que lo acompañan y que puede incrementarse en la postcosecha; estos azúcares suelen acompañar a la extracción del prebiótico y determina la necesidad de operaciones de purificación posterior.

Salvatierra (2015), confirma los estudios realizados por Luo et al (2011) sobre la estabilidad de la inulina y los FOS en diferentes condiciones de temperatura y pH. Según dicho estudio, se encontró que la inulina es estable a $\text{pH} = 7$, y aumentado la temperatura a este pH la inulina no mostraba signo de degradación. La inulina es fácilmente hidrolizada en condiciones ácidas, a menor pH, más rápido ocurre la degradación de la inulina. Asimismo, al aumentar la temperatura promueve que la hidrólisis de la inulina sea más rápida. Cuando el $\text{pH} > 5.0$, la inulina se mantenía estable inclusive en un rango de temperatura de $20\text{-}100\text{ }^{\circ}\text{C}$; por otro lado, en el rango de $3.0 < \text{pH} < 5.0$ la degradación solo empieza cuando la temperatura se encuentra por arriba de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que a $\text{pH} < 3$ se daba la hidrólisis incluso a temperatura ambiente.

Vegas et al. (2016) trata de caracterizar morfológicamente los parentales y las plantas obtenidas a partir de los cruzamientos dialélicos de yacón con la finalidad de identificar la diversidad obtenida y confirmar la naturaleza híbrida de estas. Se utilizaron tres descriptores morfológicos de raíces para caracterizar a los progenitores y se evaluaron 68 de las 162 plantas obtenidas de los cruces, cada uno de sus respectivos clones, para un total de 834 plantas. Al final se identificaron 44 plantas híbridas, 8 plantas con cruces indeterminados porque no se pudo determinar si hubo un cruce sino solo rasgos maternos que se heredaron o fueron clonados, y 9 plantas

se derivaron de los híbridos. No se define como es. No se puede determinar un híbrido por heredar los caracteres comunes a ambos progenitores o tener solo los caracteres de los progenitores, 7 plantas con padre masculino no son el árbol correspondiente al hechizo híbrido, 2 copias de 3 cruces y 1 duplicado de 1 de 9 Las plantas de origen híbrido indeterminado también tienen padre masculino que es diferente del híbrido. Se observó virulencia de V24 y pérdida irregular de manchas de color burdeos (índice de antocianina) en 44 plantas cuyos padres expresaron este rasgo.

Para Ramos (2016) en su investigación tenía como objetivo el determinar la influencia de la despolimerización de los fructooligosacáridos en el cambio de las características generales de la raíz de yacón durante el Almacenamiento, así mismo seleccionar la temperatura, humedad relativa e intensidad de luz que permita una despolimerización adecuada de los fructooligosacáridos de la Raíz de yacón almacenada. Se generó 08 condiciones diferentes de almacenamiento con 02 parámetros controlados cada uno, con temperatura (15 °C y 25 °C), humedad relativa (50 % y 70 %) e incidencia de luz (con y sin luz), por un periodo de 60 días. Se realizó controles cada 15 días, de las características físicas (peso, contenido de humedad y contenido de sólidos solubles), características químicas (Oligosacáridos, inulina, sacarosa, glucosa y fructosa). Los resultados fueron analizados mediante un arreglo factorial 2³, encontrándose una alta influencia en la despolimerización de los FOS provocado por la temperatura y en menor relevancia por la humedad relativa, avizorándose claramente el desdoblamiento de los oligosacáridos y la inulina en sacarosa, glucosa y fructosa. La muestra que mejor conservó los FOS, y presentó mejor característica general, resultó aquella que fue tratada con una temperatura de 15 °C, humedad relativa del 70 % y con presencia de luz natural; concluyéndose que La despolimerización de los Fructooligosacáridos presentes en el yacón influye en el cambio de sus características generales durante el almacenamiento.

Más recientemente para Mendoza et al. (2020). En su investigación tenía como propósito evaluar el efecto del índice glucémico al consumir panes elaborados con diferentes porcentajes de harina de yacón (10, 15, 20, 25 y 30%) más el testigo. Se utilizó el método no invasivo de medición de glucosa en sangre en 5 participantes con índice de masa corporal saludable (IMC) comprendidos (18,5 – 24,9). Los participantes

en ayuno degustaron una porción de cada uno de los tratamientos elaborados en diferentes lapsos de tiempo (0, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 min), y en diferentes días. Posteriormente se realizaron las respectivas pruebas de índice glicémico donde se obtuvieron valores que van desde 89,20 hasta 128. Los porcentajes de harina yacón 10%, 15% y 20% de concentración demostraron disminución del índice glucémico en la sangre de los participantes, a diferencia de las concentraciones de harina de yacón 25% y 30% y el testigo (no presenta harina de yacón) que indica un aumento del índice glicémico en relación al tiempo, lo que indica que adición de la harina de yacón en la elaboración de pan no causa efecto significativo en la disminución del índice glucémico en las personas.

Internacionales

Ahora bien, para Caballero & Colina (2018), una de las grandes preocupaciones en la medicina humana es el aumento significativo del número de pacientes con enfermedades que disminuyen la expectativa de vida y afectan su calidad, como es el caso de la diabetes, dislipidemias y cáncer de colon, entre otras. Los tratamientos convencionales para estas enfermedades en algunos casos no tienen exitosos, lo que conduce a un deterioro del estado clínico o incluso a la muerte del paciente. Por lo anterior, es necesario buscar otras opciones de tratamiento que mejoren el estado clínico, la facilidad de participación y su consumo seguro y accesible por parte de la población en general. Por lo tanto, el yacón se sugiere como una planta medicinal con una larga historia de consumo seguro y fuerte evidencia científica que respalda su uso. Sus propiedades biológicas únicas, como propiedades antibacterianas, antifúngicas, antioxidantes, inmunomoduladoras, prebióticas y anticancerígenas, entre otras, hacen de esta planta una promesa para la medicina tradicional.

Para Granados et al. (2021), en su trabajo se basó en la elaboración de unas galletas a base de harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*); donde evaluó la funcionalidad de la galleta, sustituyendo la harina de trigo por harina de yacón con el fin de obtener un producto con propiedades fisicoquímicas e impresión sensorial atractiva, mejorando a su vez, la calidad nutricional de la misma. Las galletas elaboradas a base de harina de yacón, presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) respecto a la galleta patrón (GP) en los siguientes componentes químicos: proteína,

ceniza, fibra dietaría, hierro y calcio. En conclusión, el uso de la harina de yacón en una relación de 30%, resultó un ingrediente adecuado en la elaboración de galletas con una aceptabilidad sensorial casi idéntica a la galleta elaborada con harina de trigo, constituyendo una alternativa alimentaria de calidad, así como fuente de proteína, fibra dietaría, hierro y calcio.

En este sentido, Rojas y Parra (2018) concluyen que el yacón (*Smallanthus sonchifolius*) es una planta originaria de la Región Andina de América actualmente valorada por sus propiedades nutricionales y medicinales. La raíz es considerada como un alimento prebiótico e hipocalórico de beneficios para la salud humana dado su contenido de FOS y las hojas son valoradas por ser una fuente de extractos acuosos de efectos hipoglucemiantes y capacidad antioxidante y antimicrobiana. Estos atributos permiten destacar el producto a nivel regional, particularmente en el Municipio de Popayán, pues no solo representa una alternativa de mejoramiento en lo relacionado a la salud de la gente sino también oportunidades para el desarrollo agrícola tanto en el mediano como en el largo plazo. Luego, el cultivo de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) se puede considerar una apuesta de desarrollo humano-ambiental, integral y sostenible en el tiempo ya que la siembra se puede establecer de manera agroecológica en asocio con otros cultivos no requiere mayores costos de implementación y es una alternativa para productores en predios de pequeña economía campesina.

De la misma forma, Cano (2016) establece en su trabajo que el yacón (*Smallanthus sonchifolius*), es una planta nativa andina que se cultiva desde épocas prehispánicas, produce raíces tuberosas en las cuales se almacenan azúcares tipo fructano y es considerado como un alimento nutracéutico. Debido a las dificultades que presenta para la reproducción sexual, esta especie se propaga convencionalmente mediante división de coronas de raíces, hijos y esquejes. Sin embargo, existen riesgos para la transmisión de problemas fitosanitarios como nemátodos, enfermedades bacterianas como *Ralstonia solanacearum* y virus, lo cual afecta los procesos de fomento del cultivo por las restricciones fitosanitarias tanto nacionales como internacionales debido a que no hay oferta de semilla certificada. El objeto del presente proyecto fue establecer un protocolo para la propagación clonal in vitro del yacón y

determinar el contenido del oligofruktosacárido tipo inulina en los diferentes órganos de la planta. Para su desarrollo se estableció la micropropagación, la inducción de microrrizomas *in vitro* y la determinación de la presencia de inulina en plantas madres y plantas *in vitro*. Entre los resultados más importantes se destacan que, al utilizar la citoquinina BAP en concentración de 5 mg/L se produjo el mayor número de brotes (3.1 por explante) a los 30 días después del subcultivo; el mayor porcentaje de enraizamiento (92%) se obtuvo con 1 mg/L de ácido indolbutírico. Respecto a la inducción de microrrizomas *in vitro* se demostró que la combinación de sacarosa (6%) y BAP (2 mg/L) indujeron la formación de éstos (2.4 microrrizomas por explante) a los 60 días en condiciones de total oscuridad. Cuando se realizó la cuantificación de inulina mediante HPLC, se encontró que los rizomas de las plantas madres (plantas de campo) se detectó una concentración de 4,7097 mg/g y hubo ausencia en las hojas y tallos; mientras que, en los materiales *in vitro* (brotes) se obtuvo en hojas una concentración de 3.9901 mg/g y en las raíces y microrrizomas 0.8443 mg/g, en los tallos hubo ausencia del analito. Este trabajo muestra el potencial de las técnicas del cultivo de tejidos *in vitro* para la propagación masiva de materiales libres de patógenos y que se puede producir biomasa para la producción de inulina bajo condiciones controladas en laboratorio..

En su trabajo, Gonzales et al. (2017) establecieron una manera diferente y nutritiva para el consumo de yacón, beneficiando principalmente a aquellas personas que sufren enfermedades relacionadas con el elevado índice glucémico y/o de triglicéridos que deterioran su calidad de vida. Para esto aprovechando las características químicas y físicas del yacón se planteó la idea de desarrollar la obtención de un extracto a partir del tubérculo a través de la deshidratación y posterior molienda del mismo, que fue implementado como un sustituto del azúcar refinado en productos de pastelería, panadería y repostería. Se determinó el uso del yacón como materia prima debido a su alto contenido en FOS el cual es un azúcar que cuenta con tan solo una cuarta parte del valor calórico, comparado con el azúcar común o de mesa, y no eleva los niveles de glucosa en la sangre. Se llevaron a cabo una serie de pruebas preliminares con el fin de controlar el pardeamiento por medio de ácido cítrico

y determinar el mejor método para llevar a cabo la deshidratación la cual tarda aproximadamente 14 horas, al igual que se realizaron pruebas en cuanto a la implementación del deshidratado en las aplicaciones gastronómicas, para establecer el porcentaje de azúcar que será sustituto por el extracto de yacón, sin alterar considerablemente sus características sensoriales. Esto fue evaluado por medio de dos paneles sensoriales, uno discriminativo y otro de aceptación, en los cuales los participantes decidieron por criterio propio las preparaciones de mayor agrado, las cuales fueron presentadas en un recetario, con lo que se logró determinar el porcentaje en el que se puede realizar la sustitución de yacón, siendo del 50% para todos los productos elaborados.

HIPÓTESIS

Hipótesis general

El periodo de cosecha y el tiempo de soleado óptimos, favorecen la conservación de FOS en los tubérculos del yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y sus derivados.

Hipótesis Específicas

Al determinar el periodo de cosecha, aseguramos la conservación del contenido de FOS de los tubérculos del yacón.

Al evaluar el tiempo de soleado de los tubérculos del yacón se determina si influye en el contenido de FOS.

Variables y operacionalización de variables

Variable independiente

Periodo de cosecha del yacón

Tiempo de soleado

Variable dependiente

Contenido de FOS en el jarabe de yacón

Tabla 5: Operacionalización de los variables.

Variables	Dimensión	Indicadores
Variables independientes		
X₁: Periodo de cosecha del yacón	Periodos de cosecha	Meses de cosecha
		– 8 meses
		– 9 meses
		– 10 meses
X₂: Tiempos de soleado	Tiempo de secado	Horas de soleado
		– 0 horas
		– 4 horas
		– 8 horas
		– 12 horas
Variables dependientes		
Y₁: Características fisicoquímicas	Evaluación de características físico química	– Índice de madurez (IM)
		– pH
		– Acidez titulable
		– °Brix
		– Humedad
		– % FOS del jarabe de yacón.
Y₂: Características sensoriales	Evaluación de características sensoriales	– Color
		– Olor
		– Sabor
		– Textura

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

La presente investigación se realizó en el laboratorio fisicoquímico del CITE agroindustrial U. T. Ambo y en el laboratorio de análisis por instrumentación de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

3.2 Tipo y nivel de investigación

Tipo: El tipo de investigación fue aplicada

Nivel: El nivel de investigación fue experimental, debido a que se manipulo las variables independientes.

3.3 Población, muestra y unidad de análisis

Población: Tubérculos de yacón, procedente de la localidad de tambillo del distrito de Umari, provincia de Pachitea, región Huánuco situada a 2610 m.s.n.m de morfotipo de color anaranjado amarillo.

Muestra: Está conformado por 36 kg de yacón.

Unidad de Análisis: % de fructooligosacáridos.

3.4 Tratamientos de estudio

Se evaluó el contenido de FOS en el jarabe de yacón de los 8, 9 y 10 meses de producción en el cual de cada uno se obtuvo 4 tratamientos con distintas horas de soleado (0 h, 4 h, 8 h y 12 h), obteniéndose un total de $3 \times 4 = 12$ tratamientos como se observa en la **Tabla 6**

Tabla 6: Formulación de tratamientos de estudio.

Tratamientos	Tipo de tratamiento	Clave	Tiempo de soleado (horas)	Tiempo de cosecha (meses)	Unidad de muestreo
T ₁	Control	X	0	8	3 raíces
T ₂	Soleado	X1	4	8	3 raíces
T ₃	Soleado	X2	8	8	3 raíces
T ₄	Soleado	X3	12	8	3 raíces
T ₅	Control	Y	0	9	3 raíces
T ₆	Soleado	Y1	4	9	3 raíces
T ₇	Soleado	Y2	8	9	3 raíces
T ₈	Soleado	Y3	12	9	3 raíces
T ₉	Control	Z	0	10	3 raíces
T ₁₀	Soleado	Z1	4	10	3 raíces
T ₁₁	Soleado	Z2	8	10	3 raíces
T ₁₂	Soleado	Z3	12	10	3 raíces

3.5 Prueba de hipótesis

Hipótesis nula

H₀: Los doce tratamientos de yacón presentan el mismo contenido de FOS

H₀: $t_1=t_2=t_3=t_4=t_5=t_6=t_7=t_8=t_9=t_{10}=t_{11}=t_{12}$

3.5 Hipótesis de investigación

H₁: Al menos uno de los 12 tratamientos de jarabe de yacón presenta el contenido de FOS diferente.

H₁: Al menos un $t \neq 0$

3.6 Datos a registrar

Se registraron las características fisicoquímicas de yacón y características sensoriales del jarabe de yacón como son:

- Humedad (%)
- Acidez (%)

- pH
- °Brix
- FOS (%)
- Color
- Olor
- Sabor
- Textura

3.7 Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información

Técnicas:

- Análisis documental: Se realizó la investigación bibliográfica.
- Pruebas experimentales: Desarrollo del diseño experimental.
- Análisis sensorial, físico químico.

Instrumentos:

- Fichas de recolección bibliográfica.
- También se utilizaron otros instrumentos como memorias USB. De la misma manera, se obtuvieron los datos de fuentes primarias, utilizando la técnica de la observación e investigación. Los instrumentos utilizados son los equipos y materiales de laboratorio mencionados en los métodos empleados en la investigación, una libreta de apuntes y una laptop para procesar los datos obtenidos.

3.8 Materiales y equipos

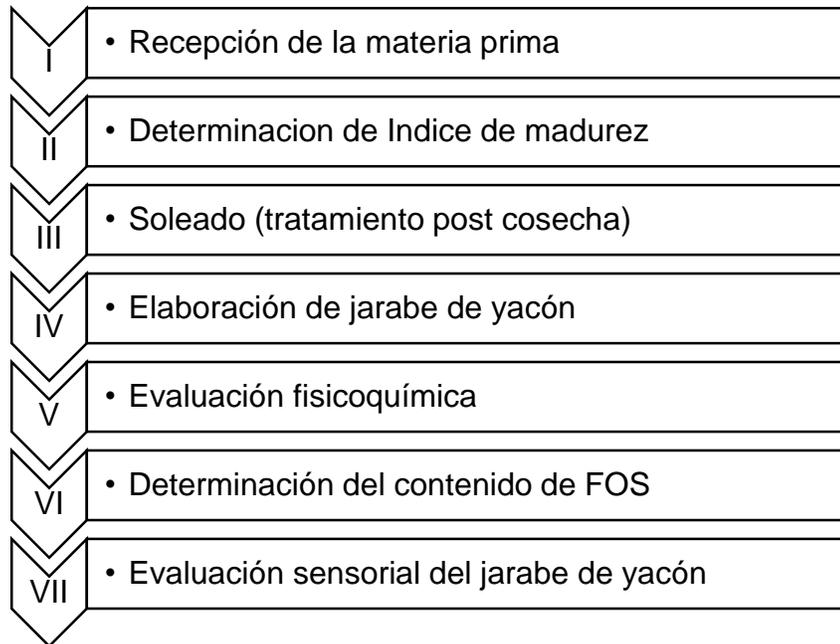
3.8.1 Materia prima para la evaluación

Se utilizó como materia prima la raíz tuberosa de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en 3 etapas de cosecha.

- 8 meses de producción
- 9 meses de producción
- 10 meses de producción

La raíz tuberosa fue proveniente de la localidad de tambillo, del distrito de Umari, provincia de Pachitea, Región Huánuco, del eco tipo de color anaranjado amarillo.

3.8.2 Conducción de la investigación.



3.8.3 Materiales de laboratorio

- Bureta de 50 mL
- Fiolas de 25, 100, 250, 500 y 1000 mL.
- Matraz de Erlenmeyer de 100 y 250 mL
- Probeta de 1000 mL
- Embudos de pírax
- Morteros
- Frasco de vidrio con rosca de 100 mL
- Balanza analítica
- Agitador magnético
- Cronometro digital
- Vasos de precipitación de 50, 100 y 1000 mL
- Matraces aforados
- Micropipeta de 0,5-10 μ L, 10-100 μ L y 100 μ L-1000 μ L
- Puntas para micropipeta
- Papel filtro

- Tubos de ensayo
- Gradilla
- Cubetas de poliestireno para espectrofotómetro (1,5 mL)
- Bureta de 250 mL
- Placa Petri con tapa
- Campanas desecadoras
- Crisol de porcelana
- Pinza de metal
- Varilla de vidrio
- Soporte universal
- Recipientes para cocción
- Tamiz
- Vaso de precipitación

3.8.4 Equipos

- Balanza analítica OHAUS.
- Refractómetro, Milwaukee. MA882 Wine Refractometer.
- Peachimetro, modelo haandylab pH 11. SCHOTT – Gerate 6mbH.
- Espectrofotómetro, thermoscientific, GENESYS 150. UV-Visible Spectrophotometer.
- Estufa, Marca Mermet Universal 230V – 3.5 A 50/60 HZ 800W.
- Extractora de jugo, marca Indurama de 800wattas.
- Refrigeradora, COLDEX. Modelo RN 36.

3.8.5 Reactivos

- Glucosa
- Bisulfito de potasio
- Hidróxido de sodio (NA2OH) 0,1 N
- Tartrato de sodio-potasio tetrahidratado
- Ácido clorhídrico 2 N
- Ácido 3,5 Dinitrosalicílico (DNS)
- Agua destilad, fenolftaleína

3.9 Elaboración del jarabe de yacón

En la **Figura 5**, se muestra las etapas de la elaboración del jarabe de yacón que se usó, para cada uno de los tratamientos con sus respectivos parámetros de control.

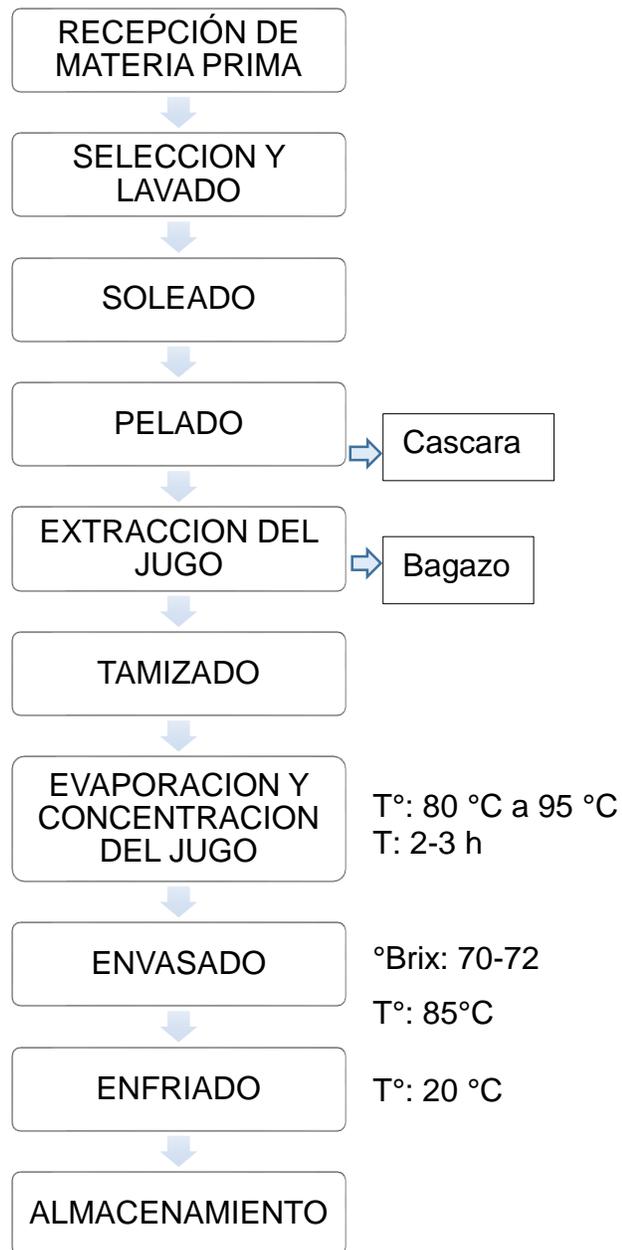


Figura 5. Flujograma para la elaboración del jarabe de yacón.

3.9.1 Descripción del flujograma para la elaboración de jarabe de yacón.

1. **Recepción de la materia prima:** Se usó 3.00 kg de yacón de color anaranjado para cada uno de los tratamientos, provenientes de la localidad de tambillo, distrito de Umari, provincia de Pachitea y región Huánuco.



Figura 6. Tubérculos de yacón.

2. **Selección:** Se retiró el yacón con cortes y los que se encuentran malogrados, para evitar el pardeamiento enzimático.
3. **Lavado:** Se realizó el lavado y la desinfección con hipoclorito de sodio con abundante agua potable con la finalidad de eliminar los agentes físicos y biológicos.
4. **Soleado:** En esta etapa se hizo solear las muestras por 4, 8 y 12 horas, excepto las muestras sin solear. Para ello las muestras se colocó sobre una mesa de 1 metro de altura controlando las horas de sol y la intensidad de radiación solar para 4 horas la calidad de luminosidad fue 2 (16%) con un promedio de 27,41 °C de temperatura, para 8 horas la calidad de luminosidad fue 1,4 (13%) con un promedio de 38,85 °C de temperatura y para 12 horas la calidad de luminosidad fue de 2,5 (17%) con un promedio de 37,5 °C de temperatura.



Figura 7. Soleado de yacón.

5. **Pelado:** En este proceso se realizó el pelado del yacón con la ayuda del cuchillo de forma manualmente retirando la cascara, a medida que se pela es recomendable sumergirlo en recipiente con contenido de agua. Así mismo de adición 2 gotas de limón /litro de agua con el fin de retardar el perdimiento enzimático.



Figura 8. Pelado de yacón.

6. **Extracción del jugo:** En esta etapa se extrae el jugo del yacón mediante la extractora de acero inoxidable de uso doméstico, este extractor contiene un disco rodante abrasivo que tritura la raíz y permite una separación inmediata del jugo y del bagazo.



Figura 9. Extracción de jugo de yacón.

7. **Filtración del jugo:** El jugo de yacón que se obtiene del extractor contiene pequeños residuos de bagazo que se elimina con el uso de la tela orgánica.

- 8. Concentración del jugo:** En esta etapa se elimina el agua mediante la evaporación a una temperatura de 80° C a 95° C durante 2 horas hasta alcanzar 72 brix.



Figura 10. Obtención del jarabe.

- 9. Envasado:** El envasado se realizó a una temperatura de 85°C, en envases de vidrio transparente de 33 mL, los ° Brix deben estar de 70 a 72 °Brix, con la finalidad de alargar la vida útil del producto y a la vez prevenir el desarrollo de microorganismos.



Figura 11. Envasado.

- 10. Enfriado:** El producto envasado se deja a temperatura ambiente para que se enfríe.
- 11. Almacenamiento:** Se almacena a temperatura ambiente de 25 °C.

3.10 Método de análisis fisicoquímica

3.10.1 Determinación de pH

Se midió mediante el método AOAC 981.12 (2005).

- Se tritura la muestra
- Se filtra, se obtiene el jugo de manera considerable.
- Calibración de equipo potenciómetro
- Se repite por tres veces la lectura.

3.10.2 Sólidos solubles (°Brix)

Se determinó por el método AOAC (1998), por refractómetro con el jugo directo.

- Se obtiene el jugo de manera considerable
- Calibrar el refractómetro, empezar la medida
- Se toma una gota se adiciono en el refractómetro y se lee
- Se repite por 3 veces en cada muestra.

3.10.3 Determinación de Acidez

Se midió mediante el método de titulación AOAC, (1997).

- Se trituro el yacón y se pesó.
- Se tomó 10 g de la muestra representativa en un matraz de 250 ml y se diluyo con 10 ml de agua destilada libre de CO₂.
- Se tomó 25 ml de la solución y se colocó en un frasco de Erlenmeyer de 125 ml de capacidad.
- Se adiciono de 3 a 4 gotas de fenolftaleína.
- Se tituló con NaOH de 0,1 N, efectuar la titulación potenciómetro hasta alcanzar un pH de 8.00.
- Reportar el gasto de NaOH 0.1 N y calcular la acidez expresada en ácido cítrico.

$$\% \text{ Acidez} = \frac{VGN\text{aOH}xN\text{NaOH}x0.064xfx100}{\text{ml o g de muestra en la alicuota}} \quad (1)$$

3.10.4 Determinación de Humedad

Se determinó por el método de estufa según al AOAC (1990).

- Se pesó de 2 a 3 g de muestra preparada en la placa Petri previamente pesada
- Se colocó 3 repeticiones de la muestra en la estufa a 105 °C por un espacio de

3 h.

- c) Se colocó las muestras en la campana desecadora hasta que se enfrié.
- d) Reportar el peso hasta obtener un peso constante y calcule la humedad.

$$\%Humedad = \frac{(W_o - W_f) \times 100}{P} \quad (2)$$

3.10.5 Determinación de Índice de madurez

El índice de madurez indica la relación de los sólidos solubles totales entre la acidez total.

$$IM = \frac{SST}{acidez\ total} \quad (3)$$

Donde:

IM: Índice de madures

SST: solidos solubles totales

3.11 Determinación de azúcares reductores libres

El contenido de FOS se determinó por espectrofotometría a partir de que son azúcares no reductores, el reactivo más usado para la determinación colorimétrica (UV-VIS) es el ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS), en este caso el DNS es usado para determinar el contenido de azúcares reductores libres antes de la hidrólisis de la inulina.

3.11.1 Preparación del reactivo de DNS

Disolver 2 g de NaOH con 100 mL de solución, agregar 2 g de DNS con agitación constante, 40 g de tartrato de sodio-potasio tetrahidratado, 0,4 g de fenol, 0.1 g de bisulfito de sodio, luego aforar con 200 mL de agua destilada y guardar en un lugar oscuro en un frasco de color ámbar, si el uso lo requiere de inmediato es importante esperar 15 minutos (Miller G., 1959).

3.11.2 Curva de calibración

Para la obtención de curva de calibración de azúcares reductores se utilizó

como estándar la glucosa, se preparó soluciones de glucosa con diferente rango de concentración de 0,1-2 mg/mL, en cada tubo de ensayo se adiciono 1 mL de solución estándar y 2 mL de DNS, luego se realizó la incubación a una temperatura de 100 °C durante 5 min y se añadió 1,5 mL de agua destilada se enfría a temperatura ambiente la reacción se observa de color naranja-rojo y se leyó a 540 nm. Como blanco solo se usó agua destilada.

3.11.3 Determinación del % FOS

La determinación de contenido de FOS se determinó por espectrofotometría como se detalla a continuación.

Se peso 1 g de jarabe de yacón y se aumentó 50 mL de agua destilada a 80 °C y se colocó sobre el agitador magnético por 15 minutos (hasta que la muestra este completamente dispersa), luego la muestra diluida se centrifugo a 15,000 rpm durante 15 minutos y se filtra la solución. Retirar 1 mL del sobrenadante y se hace la prueba de DNS.

Luego se realiza la hidrolisis de la muestra, para ello se extrae 2 mL de sobrenadante y se añade 2 mL de HCl 2 N y poner en baño maría a 85 °C por 10 minutos, seguido se enfría la muestra en baño de hielo y se añade 2 mL de NaOH 2 N y agitarlo. Retirar 1 mL de sobrenadante y realizar la lectura a 540 nm en el espectrofotómetro.

El contenido de fructano se determinó por la diferencia de azucares reductores hidrolizados menos los azucares reductores libres al resultado obtenido de multiplico por la constante 0.925 (Prosky et al., 1999).

3.12 Evaluación sensorial

Se realizó en la Facultad de Ciencias Agrarias, en el laboratorio de evaluación sensorial con los estudiantes del VII ciclo de la Carrera de Ingeniería agroindustrial donde se utilizó 15 panelistas semi entrenados; a cada uno de ellos se les entrego una ficha de evaluación sensorial donde se evaluaron los tratamientos del jarabe de yacón previamente codificado con números de 3 dígitos donde se registraron sus datos y apreciaron mediante la escala hedónica de 5 puntos para medir la aceptabilidad, así mismo se analizaron los atributos (color, olor, sabor y textura), los 12 tratamientos se

colocó en distintas cucharas sobre una hoja en blanco, cada uno de ellos separados con su respectivo codificación. Citado por Quiñonez O.A., (2009) (watts et al., 1992) estos datos se analizaron con la prueba estadística de Duncan.

3.13 Métodos de análisis

Por la naturaleza de los datos cuantitativos, los cuales corresponden a promedios de doce tratamientos, tomados en diferentes condiciones, el análisis estadístico se realizó mediante estadística descriptiva, el cual incluyó medidas de tendencia central; media para todas las variables. Asimismo, se trabajó con una única medida de dispersión, la desviación estándar de cada variable (Aguilar, 2012).

3.13.1 Diseño de la investigación

Para determinar el análisis fisicoquímico del periodo de cosecha, el tiempo de soleado del yacón y la interacción de los meses de cosecha y el tiempo de soleado del yacón en la obtención del jarabe de yacón se utilizó el modelo matemático correspondiente a un DCA (Diseño Completamente al Azar) con arreglo factorial de 3*4 como se muestra en la siguiente ecuación.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Respuesta de la unidad experimental i-ésimo periodo de cosecha y la j-ésima horas de soleado.

μ = Efecto de la media general

α_i = Efecto de i-ésimo periodo de cosecha

β_j = Efecto de j-ésima horas de soleado

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la intersección de α y β .

ϵ_{ijk} = Efecto del error de la unidad experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de los periodos de cosecha en las características fisicoquímicas de los tubérculos de yacón y en la obtención del jarabe de yacón.

En la **Tabla 7** se muestra los resultados obtenidos de las características fisicoquímicas del yacón, en los tres periodos de cosecha (8, 9 y 10) meses. En el cual se muestra que existe diferencias entre cada uno de los tratamientos es decir que el índice de madurez del yacón, para esta investigación fue de 51,3 a los nueve meses de cosecha, pH 6,2 acidez 0,179% °Brix 9,2 humedad 87,8 y 26,48% de FOS en el jarabe de yacón.

Tabla 7: Características fisicoquímicas del yacón y en el jarabe de yacón.

Meses	IM	pH	Acidez (%)	°Brix	Humedad (%)	FOS (%) en jarabe
8	191.4 ^c	6.45 ^c	0,047 ^c	9,0 ^a	88,7 ^a	22,29 ^b
9	51.3 ^a	6.2 ^a	0,179 ^a	9.2 ^a	87,8 ^b	26,48 ^a
10	141.5 ^b	6.1 ^b	0,077 ^b	10,9 ^b	87,3 ^b	21,68 ^b

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos, según la prueba de Tukey^{a,b}($\alpha=0.05$).

Fukai (1993) menciona que el contenido de FOS aumenta con la madurez de la raíz y alcanza un máximo poco antes de la cosecha, luego sucedo lo contrario el contenido de FOS disminuye y los monosacáridos (Glucosa y cuerpos fructíferos) aumentan.

Chirinos, (1999) evaluaron su composición química del yacón en 3 estados de madurez, la primera cosecha en floración, (°Brix 14, acidez 0,293) la segunda cosecha 2 meses después de la floración, (°Brix 15.4, acidez 0,297), la tercera cosecha 4 meses después de la floración (°Brix 16,2, acidez 0,30) en donde obtuvieron el índice de madurez (48,46, 51,8 y 54) lo que indica el yacón con un periodo vegetativo de 9 meses alcanza la madurez fisiológica y comienza a mostrar indicios de madurez organoléptica, donde la raíz tuberosa presenta mayor dulzor.

Dostert et al. (2019) menciona que el desarrollo de la floración del cultivo de yacón depende de las condiciones ambientales, en condiciones favorables se da después de los seis a siete meses y alcanza su punto máximo de 8 hasta 9 meses, lo que indica que concuerda con la investigación realizada.

Hurtado (2015) menciona que el yacón es un bulbo conservador que tiene alto contenido de agua que varía del 80 al 90% de su peso fresco, la cual concuerda con los resultados que se obtuvo en la investigación como son 88,7%, 87,7% y 87,3%.

4.2 Evaluación de efecto del tiempo de soleado en las propiedades fisicoquímicas del yacón y en la obtención del jarabe de yacón.

En la **Tabla 8** se muestra las características fisicoquímicas del yacón en los cuatro tiempos de soleado (0 h, 4 h, 8 h y 12 h) horas, en el cual se observa que no hay mucha diferencia entre las características fisicoquímicas del yacón, en cuanto al contenido de FOS estadísticamente el tratamiento (0 h, 4 h y 8 h) son iguales, es decir una vez que se cosecha el yacón no hay necesidad de exponer al sol.

Tabla 8. Efecto de tiempo de soleado en las propiedades fisicoquímicas del yacón y en el jarabe de yacón.

Horas	Humedad (%)	Acidez (%)	pH	°Brix	FOS (%) en jarabe
0	87,96 ^a	0,10 ^b	6,25 ^b	9,72 ^a	23,557 ^a
4	87,18 ^a	0,08 ^c	6,24 ^b	10,52 ^b	24,133 ^a
8	84,50 ^b	0,10 ^b	6,42 ^a	11,45 ^c	24,709 ^a
12	83,38 ^c	0,12 ^a	6,15 ^b	12,88 ^d	21,551 ^b

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos, según la prueba de Tukey^{a,b}($\alpha=0.05$).

Valderrama et al., (2005) menciona que una vez desgajadas el yacón de las cepas, son bastante susceptibles a la deshidratación y pierden el peso rápidamente así mismo el contenido de fructooligosacáridos disminuye en cierta cantidad por lo tanto es necesario procesar las raíces inmediatamente después de la cosecha o refrigerarlos por unos días para disminuir la tasa de degradación.

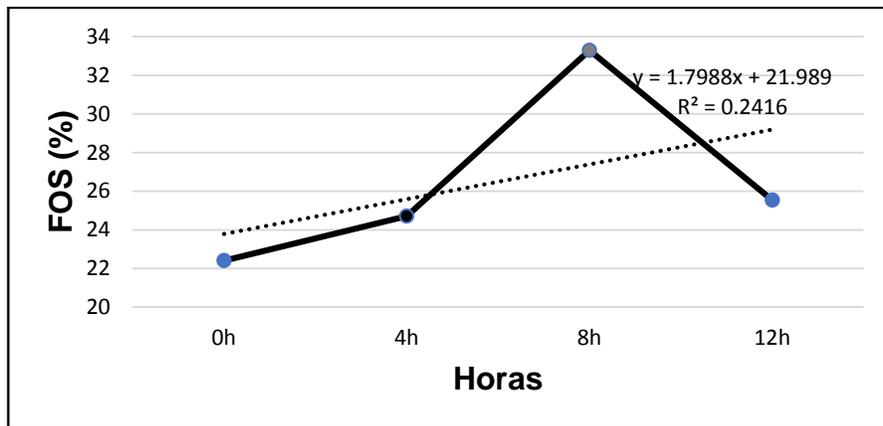


Figura 12. Grafica de la regresión lineal simple con línea de tendencia del %FOS vs horas de soleado para yacón de 9 meses de producción.

4.3 Evaluación de la interacción del periodo de cosecha y tiempo de soleado del yacón en la obtención del jarabe de yacón.

Al aplicar la prueba de Tukey^{a,b} si el valor de p es menor igual que alfa ($p \leq \alpha$), se rechaza la hipótesis nula (H_0 las medidas de los factores son iguales), lo que indica que existe diferencia al menos uno de los 12 tratamientos de jarabe de yacón presenta el contenido de FOS diferente, como se muestra en la **Tabla 9**, el mayor contenido de FOS se logró alcanzar en el tratamiento 7 la cual es un jarabe de yacón de 9 meses de producción expuesto al sol durante 8 horas con un 33,287% de fructooligosacárido.

Tabla 9. Efecto de los meses de cosecha y horas de soleado en las propiedades fisicoquímica del yacón.

Tratamientos	Humedad (%)	Acidez (%)	pH	°Brix	FOS (%) en jarabe
T1=8m 0h	88,72 ^a	0,05 ^{ef}	6,45 ^{ab}	9,0 ^a	25,542 ^b
T2=8m 4h	88,04 ^{ab}	0,01 ^f	6,11 ^d	10,25 ^c	23,237 ^{bcd}
T3=8m 8h	84,81 ^d	0,01 ^f	6,25 ^{bcd}	11,25 ^e	20,228 ^{de}
T4=8m 12h	87,61 ^{abc}	0,09 ^{cd}	5,50 ^e	14,40 ^h	19,716 ^e
T5=9m 0h	87,78 ^{ab}	0,18 ^a	6,15 ^{cd}	9,25 ^a	22,405 ^{cde}
T6=9m 4h	86,84 ^{abc}	0,13 ^{bc}	6,30 ^{bcd}	9,60 ^b	24,709 ^{bc}
T7=9m 8h	82,85 ^e	0,15 ^{ab}	6,60 ^a	9,80 ^b	33,287 ^a
T8=9m 12h	80,35 ^f	0,10 ^{cd}	6,60 ^a	10,75 ^d	25,542 ^b
T9=10m 0h	87,39 ^{abc}	0,08 ^{de}	6,15 ^{cd}	10,90 ^d	22,277 ^{cde}
T10=10m 4h	86,67 ^{bcd}	0,09 ^{cde}	6,30 ^{bcd}	11,70 ^f	24,453 ^{bc}
T11=10m 8h	85,85 ^{cd}	0,13 ^{bc}	6,42 ^{abc}	13,30 ^g	20,612 ^{de}
T12=10m 12h	82,19 ^{ef}	0,18 ^a	6,35 ^{abcd}	13,50 ^g	19,396 ^e

Las letras diferentes en el superíndice indica que existe diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

Relacionado con el contenido de FOS en los tubérculos de yacón, se puede decir que, hay diferencia de la mayoría de raíces comestibles, el yacón no almacena almidón, sino que acumula sus carbohidratos en forma de FOS y azúcares libres (fructosa, glucosa y sacarosa); así mismo, entre 80 a 90% del peso fresco de las raíces de yacón se encuentra en forma de agua. Aunque la proporción de cada azúcar puede variar mucho, respecto a las condiciones ambientales y la ubicación geográfica tal y como indica Melgarejo (1999), estos datos son concordante con los resultados de Hermann et al. (1999), Mendoza et al. (2020), Inga et al (2015), Hurtado (2015) y Salvatierra (2015.) quienes exponen cifras similares.

Por otro lado, para el contenido de FOS en el jarabe de yacón, para esta investigación fue de 33.29 % con 4 cifras significativa, esto no coincidente con los resultados de Inga et al. (2015) y Mendoza (2020) los cuales indican que de los elementos solidos totales el 37% corresponde con los FOS, sin embargo, esta

diferencia puede deberse a la diferente condición de experimentación y/o procedencia de la raíz o estado de maduración empleada en dicha investigación y tiempo de almacenamiento del jarabe de yacón.

4.4 Evaluación sensorial del color, olor, sabor y textura del jarabe de yacón.

En las siguientes tablas se muestran los resultados de la evaluación sensorial del jarabe de yacón de los 12 tratamientos, teniendo en cuenta la escala hedónica de 1-5 puntos para cada uno de los atributos (color, olor, sabor, textura) en total participaron 15 panelistas quienes evaluaron cada uno de los atributos estudiados (Hough & Fiszman, 2005).

4.4.1 Análisis estadístico de los datos evaluados

4.4.1.1 Prueba de Duncan del atributo color para los 12 tratamientos.

En la **Tabla 10** se observa que al aplicar la prueba de Duncan si el valor de p es menor igual que alfa ($p \leq \alpha$), se rechaza la hipótesis nula (H_0 las medidas de los factores son iguales), lo que indica que existe diferencia significativa por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa (las medidas de los niveles son diferentes) es decir la concentración del jarabe y el estado de maduración del yacón influye en sus características organolépticas del producto y la aceptación o preferencia del consumidor.

Se realizó la evaluación sensorial a los 12 tratamientos de jarabes de yacón, de los cuales los tratamientos T4, T7 y T12 tubo la mayor aceptación por los panelistas, en vista que hubo 3 tratamientos con mayor aceptación por los panelistas, nos basamos en el contenido de FOS para determinar cuál de los productos es el mejor en la **Tabla 9** se observa que el tratamiento T4 y T12 tienen menor cantidad de FOS 19,716%, 19,396% a diferencia del T7 contienen el 33,29% de FOS. Entonces cabe mencionar que el T7 es el mejor (un jarabe elaborado con yacón de 9 meses de producción y 8 h de soleado).

Tabla 10. Evaluación sensorial del jarabe de yacón con 8, 9 y 10 meses de cosecha del yacón.

Tratamientos	Color	Olor	Sabor	Textura
T1=8m 0h	3,87 ^a	3,60 ^{abc}	3,06 ^{bc}	3,06 ^a
T2=8m 4h	3,67 ^{ab}	3,53 ^{abcd}	2,73 ^c	3,06 ^a
T3=8m 8h	3,53 ^{abc}	3,46 ^{abcd}	2,73 ^c	3,20 ^a
T4=8m 12h	3,67 ^{abc}	3,33 ^{abcd}	4,20 ^a	3,46 ^a
T5=9m 0h	3,33 ^{abc}	2,93 ^{cd}	3,46 ^{ab}	2,86 ^a
T6=9m 4h	3,13 ^{bc}	2,86 ^d	3,26 ^{bc}	3,06 ^a
T7=9m 8h	3,67 ^{abc}	3,26 ^{abcd}	3,66 ^{ab}	3,46 ^a
T8=9m 12h	3,26 ^{abc}	3,33 ^{bcd}	3,20 ^{bc}	3,06 ^a
T9=10m 0h	3,06 ^{bc}	3,60 ^{abcd}	3,60 ^{ab}	3,40 ^a
T10=10m 4h	3,23 ^c	3,73 ^{ab}	3,46 ^{ab}	2,66 ^a
T11=10m 8h	3,20 ^{abc}	4,00 ^a	3,26 ^{bc}	3,40 ^a
T12=10m 12h	3,60 ^{abc}	3,73 ^{ab}	3,40 ^{abc}	3,40 ^a

Medias seguidas de diferentes letras minúsculas son significativas diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan^{a,b} ($\alpha=0.05$).

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,00.

V. CONCLUSIONES

- Se determino tres periodos de cosecha en las propiedades fisicoquímicas del yacón, a los nueve meses de cosecha del yacón resulto con las mejores características fisicoquímicas, el índice de madurez de la raíz tuberosa de yacón es de 51.3, pH 6,2, acidez 0,179%, °Brix 9,2, humedad 87,8% y 26,48% de fructooligosacárido del jarabe de yacón.
- Se determino el efecto del tiempo de soleado en las propiedades fisicoquímicas del yacón y del jarabe de yacón, en el tratamiento 0 horas, la humedad reduce de 87,96 % al 83,38%, en cuanto a la acidez 0,10% a 0,12%, pH disminuye de 6,25 a 6,15, °Brix incrementa de 9,72 a 12,88 y en cuanto contenido de Fructooligosacárido del jarabe de yacón el máximo y mínimo de toda la experimentación fue de 33,287% y 19,396%.

VI. RECOMENDACIONES

- Para la elaboración del jarabe de yacón se recomienda usar la raíz tuberosa de 9 meses de producción ya que el producto se encuentra completamente desarrollado y con mayor peso.
- Se recomienda que si el jarabe se comercializa se incluya los valores de contenido de FOS en las etiquetas del producto.
- Se recomienda determinar la variedad del yacón del morfotipo amarillo anaranjado (seminario et al., 2003).

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arango O; Cuaran G & Fajardo. (2008). Extracción, cristalización y caracterización de inulina a partir de yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) para su utilización en la industria alimentaria y farmacéutica. Facultad de ciencias agropecuarias Vol 6 N°. 2.
- Aguilar, A (2012). Análisis estadístico de la productividad del germoplasma de yacón [*smallanthus sonchifolius* (poepp. & endl.) H. Rob], de la unc. Tesis. Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Académico Profesional De Agronomía
- Archivos Venezolanos de Farmacología. Vol 40. Nª 1. Pp.49 – 53. Caracas Venezuela.
- Bradford, M (1976). “A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding”. *Anal. Biochem.* 72:248-254.
- Cano, M (2016). Propagación clonal del yacón [*Smallanthus sonchifolius* (POEPP. AND ENDL.) H. ROBINSON] y determinación de los contenidos de inulina. Trabajo de Grado. Convenio: Universidad Pontificia Bolivariana: Universidad Católica de Oriente: Unidad de Biotecnología Vegetal: Facultad de Ciencias Agropecuarias Medellín, Colombia.
- Caballero, L & Colonia, A (2018). yacón como planta promisorio en el manejo de enfermedades. ISSN 0124-8146 Rev. Investigaciones Andina No. 36, Vol. 20. Colombia.
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M & Weigend, M. (2009). Datos botánicos de Yacón *Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob. D38/08-15, Lima-Perú.
- Gonzales, M & Martínez, L (2017). sustituto de azúcar a base de yacón implementado en productos de panadería, pastelería y repostería. Trabajo de grado. Universitaria Agustiniiana. Facultad de Arte.

- Granados, C. Gutiérrez, J & Castro, K (2021). Elaboración de alimento funcional tipo galletas a base de harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). AVFT.
- Hurtado, D. (2015). Determinación de la composición química proximal, carbohidratos totales, azúcares libres y fructanos del tipo inulina – fructooligosacáridos del yacón (*Smallanthus sonchifolius*). Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú.
- Inga, M., Betalleluz, I., Kina, M & Campos, D. (2015). Optimización del proceso de extracción de los Fructooligosacáridos de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). Revista Sociedad Química del Perú, Lima, Perú.
- Lock, O & Rojas R. (2005). Química y Farmacología de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob. ("Yacón"). Revista de química. J05-pp. 31-35
- Luo D., Xu W., Liu J. & Liu, S. (2011). Comportamiento de degradación inducido por ácido de la inulina. Conferencia internacional sobre ingeniería agrícola y de biosistemas, avances en ingeniería biomédica. Phuket, Tailandia.
- Mescua, L. (2017). Purificación de fructooligosacáridos del extracto de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) con carbón activado. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Ministerio de Salud. (2017). Ley de Alimentación Saludable (Ley 30021), Reglamento de la Ley de Alimentación Saludable (D.S. 017-2017-SA) y Manual de Advertencias Publicitarias (DS 012-2018-SA), Lima, Perú.
- Mendoza, A., Barre, R., Párraga, R & Pachay, T. (2020). Adición de harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en la elaboración de pan tradicional y su efecto en el índice glucémico. *Manglar* 17(1): 33-37, 2020
- Maldonado, S., Pizarro, L., Martínez, V., Villatarco, M & Singh, J. (2008). Producción y comercialización de yacón (*smallanthus sonchifolius*) en comunidades rurales del noroeste argentino. *Agroalim* [online]. 2008, vol.13, n.26, pp.119-125. ISSN 1316-0354.
- Mendoza D & Loza S. (2014). Actividad inhibitoria alfa-amilasa y fenoles totales en extractos etanólicos de hojas de *Smallanthus sonchifolius* (yacón). *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 2014;19(1):310-318. La Habana. Cuba.
- Maldonado, S., Pizarro L., Martínez, V., Villatarco, M & Singh, J. (2008). Producción y

- comercialización de yacón (*smallanthus sonchifolius*) en comunidades rurales del noroeste argentino. *Agroalim* [online]. 2008, vol.13, n.26, pp.119-125. ISSN 1316-0354.
- Miller, G. (1959). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Anal. Chem.* 31: 426-428.
- Manrique, I., Párraga, A. & Hermann, M. (2005). Jarabe de yacón: Principios y procesamiento. Centro Internacional de la Papa (CIP). Molina Lima 12, Perú. (pp. 1-40).
- Organización Mundial de la Salud. (2004). Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. Ginebra, Suiza.
- Polanco, M & García, M. (2013). Caracterización morfológica y molecular de materiales de yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poep. & Endl) H. Robinson colectados en la ecorregión Eje Cafetero de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. Vol 4 N^o 2. Colombia
- Ramos, D. (2016). Tesis. Influencia de la despolimerización de los Fructooligosacáridos en la estructura general de la raíz de yacón (*Polymnia sonchifolia*) almacenada. Universidad Nacional Del Altiplano Escuela De Posgrado. Programa De Maestría. Maestría En Agricultura Andina. Puno. Perú.
- Seminario, J., Valderrama, M & Manrique, I. (2003). El yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisor. Centro Internacional de la papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Lima, Perú.
- Salvatierra, D. (2015). Determinación de la composición química proximal, carbohidratos totales, azúcares libres y fructanos del tipo inulina – fructooligosacáridos del yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson), Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de ciencias y filosofía, Lima, Perú.
- Tojas, W & Parra J. (2018). Implementación de un modelo de cultivo de yacón (*smallanthus sonchifolius*) para el aprovechamiento medicinal y alimenticio-

- vereda julumito municipio de popayán, departamento del cauca. Trabajo de Grado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, Programa de Agronomía (CEAD). Popayán Cauca. Colombia.
- Valderrama, M. (2005). Manual de cultivo de yacón. PYMAGROS – Convenio COSUDE-MINAG. Cajamarca. Perú.
- Vegas, D., Bracamonte, O & Vallaloid A. (2015). Caracterización morfológica de seis variedades parentales de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y trece cruas obtenidas de un plan de hibridación. Revista peruana de biología 22(2): PP 175 - 192
- Valderrama, M., Díaz, A. & Acero, A. (2005). Manual del cultivo de yacón: experiencias de introducción y manejo técnico en el Valle de Condebamba. Programa PYMAGROS CONSUDE – MINAG. (pp. 1-47).

VIII. ANEXOS

Figura 1: Secado del yacón.

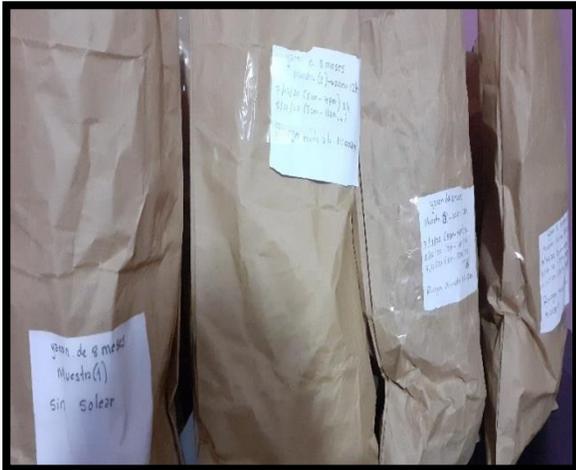


Figura 2: Etapas de elaboración del jarabe de yacón

a. Pesado del fruto



b. Lavado y pelado



b. Extracción del jugo de yacón**c. Concentración del jarabe de yacón a temperatura de 80 °C a 95 °C por un tiempo de 2 h a 3 h.****d. Envasado del jarabe de yacón en envases de vidrio de 33 g**

ANEXO 1. Datos primarios obtenidos de los experimentos.

1. %Fructooligosacáridos obtenidos en el jarabe de yacón.

Muestras	Tratamientos	Azúcares reductores libres			Azúcares reductores hidrolizados			(Azúcares reductores hidrolizados - Azúcares reductores libres)	% FOS
		abs	Concentración	mg/L	abs	Concentración	g/L		
Yacón de 8 meses	0h	0,176	0,25	0,26	0,381	0,40	0,40	0,129948097	25,9896194
		0,186	0,26		0,387	0,40			
	4h	0,128	0,22	0,22	0,311	0,35	0,35	0,116185121	23,2370242
		0,125	0,22		0,305	0,34			
	8h	0,110	0,21	0,21	0,269	0,32	0,32	0,101141869	20,2283737
		0,111	0,21		0,268	0,32			
12h	0,172	0,25	0,25	0,326	0,36	0,36	0,098581315	19,716263	
	0,177	0,26		0,331	0,36				
Yacón de 9 meses	0h	0,145	0,23	0,23	0,315	0,35	0,35	0,112024221	22,4048443
		0,142	0,23		0,322	0,36			
	4h	0,151	0,24	0,24	0,345	0,37	0,37	0,123546713	24,7093426
		0,153	0,24		0,345	0,37			
	8h	0,275	0,32	0,32	0,524	0,50	0,50	0,166435986	33,2871972
		0,262	0,31		0,533	0,50			
12h	0,161	0,24	0,24	0,356	0,38	0,38	0,127707612	25,5415225	
	0,155	0,24		0,359	0,38				
Yacón de 10 meses	0h	0,103	0,20	0,21	0,278	0,33	0,33	0,111384083	22,2768166
		0,105	0,21		0,278	0,33			
	4h	0,173	0,25	0,25	0,364	0,39	0,38	0,122266436	24,4532872
		0,172	0,25		0,363	0,38			
	8h	0,092	0,20	0,20	0,259	0,31	0,31	0,103062284	20,6124567
		0,099	0,20		0,254	0,31			
12h	0,064	0,18	0,18	0,213	0,28	0,28	0,096980969	19,3961938	
	0,061	0,18		0,215	0,28				

a). Análisis estadístico por Tukey para la determinación de FOS

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente:					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	322,977 ^a	11	29.362	49.359	0.000
Intersección	13240.180	1	13240.180	22257.645	0.000
Meses	109.334	2	54.667	91.899	0.000
Horas	33.981	3	11.327	19.041	0.000
Meses * Horas	179.663	6	29.944	50.338	0.000
Error	7.138	12	0.595		
Total	13570.296	24			
Total corregido	330.116	23			

a. R al cuadrado = ,978 (R al cuadrado ajustada = ,959)

FOS			
HSD Tukey^{a,b}			
Meses	N	Subconjunto	
		1	2
10	8	21.68469	
8	8	22.29282	
9	8		26.48573
Sig.		0.292	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
 Se basa en las medias observadas.
 El término de error es la media cuadrática (Error) = ,595.
 a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 8,000.

FOS			
HSD Tukey ^{a,b}			
Horas	N	Subconjunto	
		1	2
12	6	21.55133	
0	6		23.55709
4	6		24.13322
8	6		24.70934
Sig.		1.000	0.096
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = ,595.			
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.			
b. Alfa = 0.05.			

FOS						
HSD Tukey ^a						
Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	4	3	5
T12: a3b4	2	19.39619				
T4: a1b4	2	19.71626				
T3: a1b3	2	20.22837	20.22837			
T11: a3b3	2	20.61246	20.61246			
T9: a3b1	2	22.27682	22.27682		22.27682	
T5: a2b1	2	22.40484	22.40484		22.40484	
T2: a1b2	2		23.23702	23.23702	23.23702	
T10: a3b2	2			24.45329	24.45329	
T6: a2b2	2			24.70934	24.70934	
T8: a2:b4	2			25.54152		
T1: a1b1	2			25.98962		
T7: a2b3	2					33.28720
Sig.		0.056	0.056		0.175	1.000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.						
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.						

b). Datos para la determinación del índice de madurez (IM)

Los datos fueron extraídos de las muestras que no se hizo solear.

Meses de producción	°Brix	%Acidez (Acd.citrico)	IM
8 meses	9	0,047	191,4
9 meses	9,2	0,179	51,3
10 meses	10,9	0,077	141,5

c). Análisis estadístico por Tukey para la determinación de Humedad (%)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	154.84	11	14.08	62.30	<0.0001
MESES	32.86	2	16.43	72.72	<0.0001
HORAS	84.59	3	28.20	124.78	<0.0001
MESES*HORAS	37.39	6	6.23	27.58	<0.0001
Error	2.71	12	0.23		
Total	157.55	23			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.63409

Error: 0.2260 gl: 12

MESES	Medias	n	E.E.	
8	87.29	8	0.17	A
10	85.52	8	0.17	B
9	84.45	8	0.17	C

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.81480

Error: 0.2260 gl: 12

HORAS	Medias	n	E.E.	
0	87.96	6	0.19	A
4	87.18	6	0.19	A
8	84.50	6	0.19	B
12	83.38	6	0.19	C

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.88723

Error: 0.2260 gl: 12

MESES	HORAS	Medias	n	E.E.					
8	0	88.72	2	0.34	A				
8	4	88.04	2	0.34	A	B			
9	0	87.78	2	0.34	A	B			
8	12	87.61	2	0.34	A	B	C		
10	0	87.39	2	0.34	A	B	C		
9	4	86.84	2	0.34	A	B	C		
10	4	86.67	2	0.34		B	C	D	
10	8	85.85	2	0.34			C	D	
8	8	84.81	2	0.34				D	
9	8	82.85	2	0.34					E
10	12	82.19	2	0.34					E F
9	12	80.35	2	0.34					F

d). Análisis estadístico por Tukey para la determinación de Acidez (%)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.07	11	0.01	42.84	<0.0001
MESES	0.04	2	0.02	141.43	<0.0001
HORAS	0.01	3	2.4E-03	15.45	0.0002
MESES*HORAS	0.02	6	3.6E-03	23.67	<0.0001
Error	1.9E-03	12	1.5E-04		
Total	0.07	23			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01656

Error: 0.0002 gl: 12

MESES	Medias	n	E.E.	
9	0.14	8	4.4E-03	A
10	0.12	8	4.4E-03	B
8	0.04	8	4.4E-03	C

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02128

Error: 0.0002 gl: 12

HORAS	Medias	n	E.E.	
12	0.13	6	0.01	A
0	0.10	6	0.01	B
8	0.10	6	0.01	B C
4	0.08	6	0.01	C

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04929

Error: 0.0002 gl: 12

MESES	HORAS	Medias	n	E.E.						
10	12	0.18	2	0.01	A					
9	0	0.18	2	0.01	A					
9	8	0.15	2	0.01	A	B				
9	4	0.13	2	0.01		B	C			
10	8	0.13	2	0.01		B	C			
9	12	0.10	2	0.01			C	D		
8	12	0.10	2	0.01			C	D	E	
10	4	0.09	2	0.01			C	D	E	
10	0	0.08	2	0.01				D	E	
8	0	0.05	2	0.01					E	F
8	8	0.01	2	0.01						F
8	4	0.01	2	0.01						F

e). Análisis estadístico por Tukey para la determinación de pH

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.87	11	0.17	36.33	<0.0001
MESES	0.48	2	0.24	50.87	<0.0001
HORAS	0.24	3	0.08	17.01	0.0001
MESES*HORAS	1.15	6	0.19	41.14	<0.0001
Error	0.06	12	4.7E-03		
Total	1.92	23			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.09121

Error: 0.0047 gl: 12

MESES	Medias	n	E.E.	
9	6.41	8	0.02	A
10	6.31	8	0.02	B
8	6.08	8	0.02	C

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.11720

Error: 0.0047 gl: 12

HORAS	Medias	n	E.E.	
8	6.42	6	0.03	A
0	6.25	6	0.03	B
4	6.24	6	0.03	B
12	6.15	6	0.03	B

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.27146

Error: 0.0047 gl: 12

MESES	HORAS	Medias	n	E.E.				
9	12	6.60	2	0.05	A			
9	8	6.60	2	0.05	A			
8	0	6.45	2	0.05	A	B		
10	8	6.42	2	0.05	A	B	C	
10	12	6.35	2	0.05	A	B	C	D
9	4	6.30	2	0.05		B	C	D
10	4	6.30	2	0.05		B	C	D
8	8	6.25	2	0.05		B	C	D
10	0	6.15	2	0.05			C	D
9	0	6.15	2	0.05			C	D
8	4	6.11	2	0.05				D
8	12	5.50	2	0.05				E

f). Análisis estadístico por Tukey para la determinación de °Brix.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	69.02	11	6.27	941.16	<0.0001
MESES	25.08	2	12.54	1881.25	<0.0001
HORAS	33.30	3	11.10	1664.92	<0.0001
MESES*HORAS	10.64	6	1.77	265.92	<0.0001
Error	0.08	12	0.01		
Total	69.10	23			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.10892

Error: 0.0067 gl: 12

MESES	Medias	n	E.E.	
9	9.85	8	0.03	A
8	11.23	8	0.03	B
10	12.35	8	0.03	C

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.13996

Error: 0.0067 gl: 12

HORAS	Medias	n	E.E.	
0	9.72	6	0.03	A
4	10.52	6	0.03	B
8	11.45	6	0.03	C
12	12.88	6	0.03	D

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.32416

Error: 0.0067 gl: 12

MESES	HORAS	Medias	n	E.E.	
8	0	9.00	2	0.06	A
9	0	9.25	2	0.06	A
9	4	9.60	2	0.06	B
9	8	9.80	2	0.06	B
8	4	10.25	2	0.06	C
9	12	10.75	2	0.06	D
10	0	10.90	2	0.06	D
8	8	11.25	2	0.06	E
10	4	11.70	2	0.06	F
10	8	13.30	2	0.06	G
10	12	13.50	2	0.06	G
8	12	14.40	2	0.06	H

ANEXO 2- Ficha de evaluación sensorial.

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DEL JARABE DE YACÓN

Nombre: Fecha:

...

Edad: SEXO: (F) (M)

Lugar:

Instrucciones: Por favor califica las muestras de jarabe de yacón de acuerdo a la siguiente escala. Coloca el puntaje en los recuadros correspondientes.

1. Escala hedónica de 5 puntos

Categorías	PUNTUACIÓN
Me gusta mucho	5
Me gusta levemente	4
No me gusta ni me disgusta	3
Me disgusta levemente	2
Me disgusta mucho	1

2. Evalúa cada muestra y coloque el puntaje, según cree conveniente.

CÓDIGO	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA
150				
195				
162				
113				
101				
134				
170				
119				
158				
192				
132				
140				

Observación:

.....

ANEXO 2-1: Recopilación de la información de evaluación sensorial de los 12

N° Juez	MUESTRA (JARABE DE YACÓN)												TOTAL
	150	195	162	113	101	134	170	119	158	192	132	140	
1	2	2	3	5	4	4	4	3	5	4	3	3	42
2	3	4	3	4	2	4	4	5	4	1	4	5	43
3	3	2	2	3	4	3	4	3	3	4	2	4	37
4	4	4	3	4	2	1	2	1	3	4	4	4	36
5	4	3	4	4	4	4	4	3	4	5	2	2	43
6	4	2	3	4	2	1	2	1	1	4	1	3	28
7	2	4	4	5	4	3	4	4	4	5	2	4	45
8	2	1	1	4	2	5	5	4	5	5	5	4	43
9	2	3	2	5	4	2	2	2	3	4	3	3	35
10	2	2	2	4	4	3	4	3	3	3	3	3	36
11	4	2	2	4	4	3	3	4	3	2	3	4	38
12	4	3	5	5	4	5	5	5	4	3	5	4	52
13	4	3	3	3	4	5	3	2	4	3	5	2	41
14	4	3	3	4	4	4	5	5	5	2	3	4	46
15	2	3	1	5	4	2	4	3	3	3	4	2	36
Total	46	41	41	63	52	49	55	48	54	52	49	51	601
Promedio	3.1	2.7	2.7	4.2	3.5	3.3	3.7	3.2	3.6	3.5	3.3	3.4	40.06

tratamientos, de color, olor, sabor y textura del jarabe de yacón.

- Color

N° Juez	MUESTRA (JARABE DE YACÓN)												TOTAL
	150	195	162	113	101	134	170	119	158	192	132	140	
1	4	4	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	42
2	4	4	4	4	5	4	4	4	1	3	4	3	44
3	4	3	2	3	3	3	4	4	3	3	3	5	40
4	3	4	3	4	3	3	4	2	4	3	4	4	41
5	3	4	4	3	3	3	3	3	2	2	1	3	34
6	4	2	5	2	1	2	5	2	2	5	1	5	36
7	5	5	5	4	3	3	5	5	5	4	5	4	53
8	4	4	3	4	4	3	4	3	3	3	4	4	43
9	3	2	2	4	2	2	1	2	2	4	2	1	27
10	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	39
11	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	37
12	4	3	4	4	4	3	3	2	2	3	4	4	40
13	5	5	4	5	5	4	4	5	5	5	5	4	56
14	5	5	4	5	5	3	4	5	4	2	3	4	49
15	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	38
Total	58	55	53	55	50	47	55	49	46	49	48	54	619
Promedio	3.9	3.7	3.5	3.7	3.3	3.1	3.7	3.27	3.1	3.3	3.2	3.6	41.26

- Olor

- Sabor

N° Juez	MUESTRA (JARABE DE YACÓN)												TOTAL
	150	195	162	113	101	134	170	119	158	192	132	140	
1	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3	43
2	5	3	4	3	3	1	1	4	4	1	5	4	38
3	3	3	3	2	4	3	3	4	4	4	5	5	43
4	4	4	3	4	3	3	3	2	4	3	4	4	41
5	3	3	3	3	2	2	3	2	2	5	4	3	35
6	3	4	4	4	4	5	5	3	5	5	5	4	51
7	4	3	4	3	4	2	4	3	4	5	4	4	44
8	4	4	3	3	3	3	4	3	4	4	4	5	44
9	3	4	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	40
10	4	3	3	4	3	3	3	4	3	5	3	3	41
11	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	35
12	4	5	4	4	2	3	3	4	3	3	4	4	43
13	4	4	4	2	2	2	3	4	5	5	5	3	43
14	4	4	4	2	2	3	3	4	4	2	4	4	40
15	3	3	3	5	2	4	4	3	3	3	3	4	40
Total	54	53	52	50	44	43	49	50	54	56	60	56	621
Promedio	3.6	3.5	3.5	3.33	2.9	2.9	3.3	3.3	3.6	3.7	4	3.73	41.4

- Textura

N° Juez	MUESTRA (JARABE DE YACÓN)												TOTAL
	150	195	162	113	101	134	170	119	158	192	132	140	
1	1	2	3	3	3	4	3	2	3	2	3	2	31
2	4	3	3	3	2	1	2	4	5	1	4	5	37
3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	4	39
4	2	4	3	4	2	1	2	1	3	4	3	3	32
5	2	2	3	3	2	3	3	2	3	4	3	3	33
6	2	2	2	2	2	2	2	1	1	4	1	4	25
7	3	4	5	4	4	3	4	4	3	2	3	3	42
8	2	2	1	4	2	5	5	4	5	4	4	4	42
9	3	2	2	4	3	3	3	2	3	3	2	2	32
10	4	4	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	44
11	4	3	3	3	4	3	3	2	3	2	3	2	35
12	3	4	3	4	3	3	4	4	3	3	5	4	43
13	5	3	4	2	3	5	4	5	5	1	5	3	45
14	4	4	5	4	3	4	4	5	4	2	4	4	47
15	4	4	4	5	4	3	5	3	4	1	4	4	45
Total	46	46	48	52	43	46	52	46	51	40	51	51	572
Promedio	3.1	3.1	3.2	3.5	2.9	3.1	3.5	3.07	3.4	2.7	3.4	3.4	38.13

Anexo 2-2: Los panelistas fueron los estudiantes del ciclo VII de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial.





UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
HUÁNUCO - PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS.
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL.



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

En la ciudad de Huánuco a los 13 días del mes de octubre del año 2022, siendo las 11:00 horas de acuerdo al Reglamento de Grado Académico y Título profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias, se reunieron en la Sala Magna de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNHEVAL, los miembros del Jurado Calificador, nombrados mediante Resolución N° 505-2022-UNHEVAL/FCAIA de fecha 28-09-2022, para proceder con la evaluación de la sustentación de la tesis titulada:

"Evaluación de la influencia de la maduración y el soleado de los tubérculos del yacón (Smallantus sonchifolius), en el contenido de fructooligosacáridos (FOS), en el jarabe de yacón"

por el (la) Bachiller en Ingeniería Agroindustrial:

Rosaelinda Rosalia Miraval Ayala.

Bajo el asesoramiento del Mg.Sc. Liceth Rocio Human Leandro

El Jurado Calificador está integrado por los siguientes docentes:

PRESIDENTE	:	<u>Dr. Angel David Natividad Bardales</u>
SECRETARIO	:	<u>Dr. Roger Estacio Laguna</u>
VOCAL	:	<u>Dr. Rubén Max Rojas Portal</u>
ACCESITARIO	:	<u>Mg. José Zevallos García</u>

Finalizado el acto de sustentación, luego de la deliberación y verificación del calificativo por el Jurado, se obtuvo el siguiente resultado: Aprobado por Unanimidad con el cuantitativo de 17 y cualitativo de Muy Bueno quedando el (la) sustentante Apto para que se le expida el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL.

El acto de sustentación se dio por concluido, siendo las 12:30 horas.

Huánuco, 13 de octubre de 2022

[Firma]
PRESIDENTE

[Firma]
SECRETARIO

[Firma]
VOCAL

Deficiente (11,12,12)	Desaprobado
Bueno (14, 15, 16)	Aprobado
Muy Bueno (17, 18)	Aprobado
Excelente (19, 20)	Aprobado

OBSERVACIONES:

Ninguna

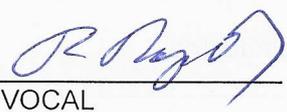
Huánuco, 13 de octubre del 2022



PRESIDENTE



SECRETARIO



VOCAL

LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES:

Huánuco, ____ de ____ del 20__

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

CONSTANCIA DE TURNITIN N° 028 - 2022- UNHEVAL- FCA

CONSTANCIA DEL PROGRAMA
TURNITIN PARA BORRADOR DE TESIS

LA DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:

Hace constar que el Título:

**“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA MADURACIÓN Y EL
SOLEADO DE LOS TUBÉRCULOS DEL YACÓN (*Smallanthus
sonchifolius*), EN EL CONTENIDO DE FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS (FOS)
EN EL JARABE DE YACÓN”**

Presentado por (el) (la) alumno (a) de la Facultad de Ciencias Agrarias,
Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

MIRAVAL AYALA, ROSMELINDA ROSALÍA

La misma que fue aplicado en el programa: “turnitin”

La TESIS; para Revisión.pdf; con Fecha: 08 de junio 2022

Resultado: **23 % de similitud general**, rango considerado: **Apto**, por disposición
de la Facultad.

Para lo cual firmo el presente para los fines correspondientes.

Atentamente.

028

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CONSTANCIA N°
Dr. Antonio S. Cornejo y Maldonado
DIRECTOR DE INVESTIGACION
DE LA F.C.A.

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

Pregrado	X	Segunda Especialidad		Posgrado:	Maestría		Doctorado	
-----------------	---	-----------------------------	--	------------------	----------	--	-----------	--

Pregrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

Facultad	CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Profesional	INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
Carrera Profesional	INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
Grado que otorga	
Título que otorga	INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Segunda especialidad (tal y como está registrado en SUNEDU)

Facultad	
Nombre del programa	
Título que Otorga	

Posgrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

Nombre del Programa de estudio	
Grado que otorga	

2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los datos requeridos completos)

Apellidos y Nombres:	MIRAVAL AYALA, ROSMELINDA ROSALÍA							
Tipo de Documento:	DNI	X	Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	901931966
Nro. de Documento:	48190768				Correo Electrónico: rosmelindamiraval@gmail.com			

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:					Correo Electrónico:			

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:					Correo Electrónico:			

3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los datos requeridos completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?: (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)								SI	X	NO
Apellidos y Nombres:	Mg. Sc. HUAMÁN LEANDRO Liceth Rocío					ORCID ID:	0000-0003-1807-414X			
Tipo de Documento:	DNI	x	Pasaporte		C.E.		Nro. de documento:	43691514		

4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los Apellidos y Nombres completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

Presidente:	Dr. NATIVIDAD BARDALES, ÁNGEL DAVID
Secretario:	Dr. ESTACIO LAGUNA, ROGER
Vocal:	Dr. ROJAS PORTAL, RUBÉN MAX
Vocal:	
Vocal:	
Accesitario	Mg. ZEVALLOS GARCÍA, JOSUÉ

5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los datos requeridos completos)

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: (Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)
"EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA MADURACIÓN Y EL SOLEADO DE LOS TUBÉRCULOS DEL YACÓN (<i>Smallanthus sonchifolius</i>), EN EL CONTENIDO DE FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS (FOS) EN EL JARABE DE YACÓN".
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: (tal y como está registrado en SUNEDU)
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

6. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese todos los datos requeridos completos)

Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)			2022
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis	X	Tesis Formato Artículo
	Trabajo de Investigación		Trabajo de Suficiencia Profesional
	Trabajo Académico		Otros (especifique modalidad)
Tesis Formato Patente de Invención		Tesis Formato Libro, revisado por Pares Externos	

Palabras Clave: (solo se requieren 3 palabras)	Prebióticos	Alimentos funcionales	Antioxidantes
--	-------------	-----------------------	---------------

Tipo de Acceso: (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto	x	Condición Cerrada (*)	
	Con Periodo de Embargo (*)		Fecha de Fin de Embargo:	

¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):	SI	NO	X
---	----	----	---

Información de la Agencia Patrocinadora:	
--	--

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.

7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Firma: 		
Apellidos y Nombres:	MIRAVAL AYALA, ROSMELINDA ROSALÍA	Huella Digital
DNI:	48190768	
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Fecha: 14/11/2022		

Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.