



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



TESIS

**EFFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DEL JARABE DE YACÓN Y EL TIEMPO
DE INMERSIÓN EN LA CALIDAD DEL YACÓN OSMODESHIDRATADO**

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR:

Bach.: FLORES QUINTOS VICTORIA DEL ROSARIO

Bach.: GONZÁLES MARLO ELADIA

ASESORADO POR:

Dra. NOEMÍ LEÓN ROQUE

LAMBAYEQUE – PERÚ

2017

Efecto de la concentración del jarabe de yacón y el tiempo de inmersión en la
calidad del yacón osmodeshidratado

ELABORADO POR:

Bach.: Flores Quintos Victoria del Rosario

Bach.: Gonzales Marlo Eladia

JURADO:

PRESIDENTE

Ing. Luis Antonio Pozo Suclupe.

SECRETARIO

M.Sc. Juan Francisco Robles Ruiz

VOCAL

Ing. Julio Humberto Tirado Vásquez.

ASESORADO POR:

Dra. Noemí León Roque.

DEDICATORIA

A Dios como ser supremo y creador nuestro y de todo lo que nos rodea y por habernos dado la inteligencia, paciencia y ser nuestro guía en nuestras vidas.

A nuestros padres. Con todo nuestro cariño y amor porque hicieron todo en la vida para que nosotros pudiéramos lograr nuestros sueños, por motivarnos y darnos la mano cuando sentíamos que el camino se terminaba, a ustedes por siempre nuestro corazón y nuestro agradecimiento.

A nuestra Asesora en este trabajo de investigación, la Dra. Noemí León Roque

A nuestros hermanos por el apoyo incondicional.

Las Autoras

AGRADECIMIENTO

Agradezco de forma muy especial a mi asesor Dra. Noemí León Roque, gracias por compartir sus conocimientos, aporte y tiempo para el desarrollo de la presente tesis.

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra familia, por el apoyo incondicional que siempre nos han brindado, el amor y la motivación permanente para alcanzar todas nuestras metas trazadas.

A nuestros compañeros y todas las demás personas que de una u otra manera nos apoyaron y motivaron para sacar adelante este proyecto.

A nuestros maestros por compartir con nosotros sus enseñanzas, brindarnos todos sus conocimientos y vivencias para hacer de nosotros mejores personas y profesionales.

Las Autoras

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
I. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	17
1.1. ANTECEDENTES.....	17
1.2. YACÓN (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	24
1.2.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	26
1.2.2. NOMBRES COMUNES.....	27
1.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL YACÓN.	28
1.2.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL YACÓN.....	29
1.2.5. FORMAS DE CONSUMO Y APROVECHAMIENTO	31
1.2.5.1. Pasas de yacón	32
1.2.5.2. Hojuelas de yacón	33
1.2.5.3. Jarabe de yacón	33
1.2.5.4. Té de yacón	34
1.2.6. ZONAS DE CULTIVO EN EL PERÚ.....	35
1.2.7. ESTADÍSTICAS DE ÁREAS DE CULTIVO EN PERÚ	37
1.2.8. PRODUCCIÓN EN CAJAMARCA.....	37
1.3. DESHIDRATACIÓN.....	40
1.4. SECADO.....	42
1.5. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE ALIMENTOS	43
1.5.1. PRINCIPALES VENTAJAS POTENCIALES DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA	45
1.5.1.1. Mejora de la calidad en términos de color, sabor, aroma y textura.....	45
1.5.1.2. Eficiencia energética	46

1.5.1.3.	No requiere de tratamientos químicos	46
1.5.1.4.	Estabilidad del producto durante el almacenamiento	47
1.5.2.	FACTORES QUE AFECTAN EL PROCESO DE	
	DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA	48
1.5.2.1.	Tipo de agente osmótico	49
1.5.2.2.	Concentración de la solución osmótica	50
1.5.2.3.	Temperatura de la solución osmótica	51
1.5.2.4.	pH de la solución	52
1.5.2.5.	Propiedades del soluto empleado	52
1.5.2.6.	Agitación de la solución osmótica	53
1.5.2.7.	Geometría y tamaño del producto	53
1.5.2.8.	Relación masa de solución a masa del producto	53
1.5.2.9.	Propiedades físico-químicas del alimento	54
1.5.2.10.	Presión de operación	55
1.5.2.11.	Tiempo	55
1.6.	EVALUACIÓN SENSORIAL	55
1.6.1.	Definición	56
1.6.2.	Propiedades sensoriales	57
1.6.3.	Color	58
1.6.4.	Olor	59
1.6.5.	Sabor	59
1.6.6.	La degustación	61
1.6.7.	Pruebas usadas en la evaluación sensorial	61
1.6.7.1.	Tiempo de realización	61
1.6.7.2.	Preparación de las muestras	62
1.6.7.3.	Codificación y orden de presentación de las muestras	62
1.6.7.4.	Tipos de juez sensorial	63
1.6.7.4.1.	Juez experto o profesional	63
1.6.7.4.2.	Juez entrenado o “Panelista”	63
1.6.7.4.3.	Juez semientrenado o aficionado	63
1.6.7.4.4.	Juez consumidor o no entrenado	63

1.6.7.5. Tipos de pruebas	63
1.6.7.5.1. Pruebas afectivas.....	64
1.6.7.5.2. Pruebas descriptivas	69
1.6.7.5.3. Pruebas discriminativas.....	69
II. MATERIALES Y MÉTODOS	70
2.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	70
2.2. MATERIA PRIMA, ADITIVOS Y ENVASES.....	70
2.3. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS	70
2.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y TÉCNICAS.....	72
2.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	72
2.6. EVALUACIÓN SENSORIAL	79
III. RESULTADOS Y DISCUSIONES	82
IV. CONCLUSIONES.....	94
V. RECOMENDACIONES	95
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 composición nutricional del yacón (100 g de raíz fresca sin cáscara) .	30
Tabla 2 principales nichos de producción en el Perú.....	36
Tabla 3 escala hedónica de tres puntos	67
Tabla 4 Escala hedónica de cinco puntos	67
Tabla 5 Escala hedónica de nueve puntos.....	67
Tabla 6 Análisis químico proximal realizado al yacón	72
Tabla 7 Análisis Fisicoquímico realizado al yacón.....	72
Tabla 8 Codificación de envases de yacón osmodeshidratado, según concentración de jarabe y tiempo de inmersión	79
Tabla 9 Códigos utilizados en la evaluación sensorial definitiva del producto objetivo.....	80
Tabla 10 Composición proximal del yacón	82
Tabla 11 Composición fisicoquímico del yacón	83
Tabla 12 Composición proximal del yacón osmodeshidratado.....	84
Tabla 13 Composición fisicoquímica del yacón osmodeshidratado.....	84
Tabla 14 Análisis de varianza de color (ANOVA).Análisis de varianza de color (ANOVA).....	88
Tabla 15 Prueba de Tukey al 5% para color	89
Tabla 16 Análisis de varianza de olor (ANOVA)	89
Tabla 17 Prueba de Tukey al 5% para olor	90
Tabla 18 Análisis de varianza de textura (ANOVA)	90
Tabla 19 Prueba de Tukey al 5% para textura	91
Tabla 20 Análisis de varianza de sabor (ANOVA).....	92
Tabla 21 Prueba de Tukey al 5% para sabor.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

figura 1 evolución de las exportaciones peruanas de yacón.....	39
figura 2 evolución de las exportaciones peruanas de yacón, por presentación (en kg).....	40
figura 3 relación entre los cinco sentidos y las propiedades sensoriales de los alimentos.	57
figura 4 diagrama de bloques con las etapas de elaboración de yacón osmodeshidratado.....	73
figura 5 diagrama de bloques para la obtención del jarabe de yacón	75
figura 6 diseño experimental para la obtención y evaluación fisicoquímica, proximal y sensorial yacón osmodeshidratado.....	78
figura 7 media de color vs tratamientos.	86
figura 8 media de olor vs tratamientos	86
figura 9 media de textura vs tratamientos	87
figura 10 media de sabor vs tratamientos	87
figura 11 pesado de la capsula	113
figura 12 pesado de la muestra.....	113
figura 13 muestras en estufa.....	113
figura 14 adición de fenolftaleína a la muestra	114
figura 15 muestra filtrada de yacón.....	114
figura 16 cambio de color de la muestra de yacón.....	114
figura 17 incinerado de las muestras	115
figura 18 pesado de las muestras	115
figura 19 muestras en el desecador	115
figura 20 muestras incineradas	115
figura 21 adición de catalizador	116
figura 22 digestión.....	116
figura 23 destilación	116
figura 24 concentración del jarabe	117
figura 25 lavado del yacón	117

figura 26 obtención del jarabe.....	117
figura 27 pelado	117
figura 28 obtención de las rodajas	118
figura 29 pesado de las rodajas	118
figura 30 inmersión de las rodajas	118
figura 31 ingreso a inmersión.....	118
figura 32 inmersión de las muestras en 8, 10 y 12 horas en jarabe concentrado a 60°Brix	119
figura 33 inmersión de las muestras en 8, 10 y 12 horas en jarabe concentrado a 60 y 65°Brix	119
figura 34 inmersión de las muestras en 10 y 12 horas en jarabe concentrado a 60 y 55°Brix	120
figura 35 yacón osmodeshidratado con concentración de jarabe 55°Brix y 8 horas de inmersión.....	120
Figura 36 yacón osmodeshidratado con concentración de jarabe 55°Brix y 10 horas de inmersión.....	121
figura 37 yacón osmodeshidratado con concentración de jarabe 55°Brix y 12 horas de inmersión.....	121
figura 38 yacón osmodeshidratado con concentración de jarabe 60°Brix y 8 horas de inmersión.....	122
figura 39 yacón osmodeshidratado con concentración de jarabe 60°Brix y 10 horas de inmersión.....	122
figura 40 yacón osmodeshidratado con concentración de jarabe 60°Brix y 12 horas de inmersión.....	123
figura 41 yacón osmodeshidratado con concentración de jarabe 65°Brix y 8 horas de inmersión.....	123
figura 42 yacón osmodeshidratado con concentración de jarabe 65°Brix y 10 horas de inmersión.....	124
figura 43 yacón osmodeshidratado con concentración de jarabe 65°Brix y 12 horas de inmersión.....	124

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la concentración del jarabe de yacón y el tiempo de inmersión en la calidad del yacón osmodeshidratado. Se determinó los grados Brix, acidez titulable y pH del yacón y su composición química proximal; para la elaboración del yacón osmodeshidratado, las rodajas fueron sometidas a 3 niveles de concentración de jarabe de yacón: 1 (55 ° Brix), 2 (60 °Brix) y 3 (65 °Brix), y 3 niveles de tiempo de inmersión: 1 (8 horas), 2 (10 horas) y 3 (12 horas), obteniendo un total de nueve tratamientos: (11, 12, 13, 21, 22, 23, 31, 32, 33), luego cada uno de estos tratamientos fueron sometidos a un proceso de secado en estufa a 60°C/8 horas. Realizando el análisis sensorial con panelistas semi entrenados a cada uno de los tratamientos mediante el método de escala hedónica de 5 puntos, los resultados de la evaluación sensorial fueron sometidos a un análisis de varianza y la prueba Tukey al 5%, presentando como mejor tratamiento concentración de jarabe – tiempo de inmersión 33 (65°Brix – 12 horas) con 47,5 °Brix; 0,402% de acidez titulable; 6 de pH; 8% de humedad, 0,58% proteína; 0,55% de grasa; 0,53% de fibra. En conclusión, el efecto de la concentración del jarabe y tiempo de inmersión es a mayor concentración y mayor tiempo mejor aceptación de las rodajas del yacón osmodeshidratadas.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the effect of yacon syrup concentration and immersion time in yacón osmodeshidratado quality. Brix, titratable acidity and pH of yacon and its proximal chemical composition was determined; for the preparation of osmodeshidratado yacón, the slices were subjected to 3 levels of concentration of yacon: 1 (55 ° Brix), 2 (60 ° Brix) and 3 (65 ° Brix), and 3 levels of immersion time: 1 (8 hours), 2 (10 hours) and 3 (12 hours), obtaining a total of nine treatments (11, 12, 13, 21, 22, 23, 31, 32, 33), then each of these treatments were subjected to a drying process in oven at 60 ° C / 8 hours. Performing sensory analysis panelists semi trained each treatment by the method of hedonic scale of 5 points, the results of sensory evaluation were subjected to analysis of variance and Tukey test at 5%, posing as best treatment concentration syrup - immersion time 33 (65 ° Brix - 12 hours) with 47,5 ° Brix; 0,402% titratable acidity; PH 6; 8% moisture, 0,58% protein; 0,55% fat; 0,53% fiber. In conclusion, the effect of the concentration of the syrup and immersion time is higher concentration and longer better acceptance of slices of osmodeshitradas yacon.

INTRODUCCIÓN

A través de los siglos los humanos han usado diferentes técnicas para preservar los alimentos de su deterioro, ya que éstos tienden a perder sus cualidades a lo largo del tiempo.

La conservación de alimentos puede llevarse a cabo mediante el empleo de diferentes técnicas, como las convencionalmente utilizadas: desecación, concentración, congelación, irradiación, atmósferas modificadas, tecnología de obstáculos y empleo de conservantes, antioxidantes, modificación del pH (Casp *et al.*, 2003). Así como el empleo de nuevas tecnologías: pulsos de campos eléctricos, calentamiento óhmico, tratamiento a altas presiones, revestimientos comestibles, encapsulación, luz y ultrasonido (Rahman, 2003).

El proceso de deshidratación es una de las principales técnicas para la conservación de los alimentos en el mundo. Su aplicación tiene sus orígenes en antiguas civilizaciones alrededor del planeta. La deshidratación consiste en la eliminación del agua contenida dentro del alimento, usualmente por medios térmicos. El proceso de secado tiene el propósito de preservar los alimentos en una condición estable y segura, reduciendo su actividad de agua y extendiendo su vida útil en relación a los productos frescos que le dan origen (Zhang *et al.*, 2006). La remoción de agua promovida por el proceso de deshidratación genera la pérdida de peso del alimento y la disminución del volumen a ocupar por los mismos cuando son transportados y almacenados, disminuyendo de esta manera los costos de almacenamiento y distribución (Toledo, 2007).

Entre los métodos más aplicables para la deshidratación de alimentos pueden mencionarse: liofilización, secado al vacío, deshidratación osmótica, secado en gabinete o bandejas, secado por lecho fluidizado, secado por lecho fijo, secado óhmico, secado por microondas, y la combinación de ellos (George *et al.*, 2004). La elección del método de secado depende de varios factores, tales como, el tipo de producto (y su valor comercial), la disponibilidad de equipos para secar, costo de deshidratación, calidad final del producto desecado (Sagar y Kumar, 2010).

La Deshidratación Osmótica constituye una tecnología con amplias perspectivas de aplicación en el procesamiento de alimentos. Es una alternativa del hombre para aprovechar más y mejor los alimentos que se producen en épocas de cosecha conservándolos mediante la disminución del contenido de agua.

En la actualidad existe una amplia tendencia mundial por la investigación y desarrollo de técnicas de conservación de alimentos que permitan obtener productos de alta calidad nutricional, que sean muy similares en color, aroma y sabor a los alimentos frescos y que no contengan agentes químicos conservantes.

Actualmente la región Cajamarca no cuenta con una comercialización masiva de yacón (***Smallanthus sonchifolius***), tubérculo poco conocido por sus habitantes los cuales ignoran las propiedades medicinales y la gran variedad de productos que se pueden producir para el consumo de las personas, especialmente de quienes padezcan diabetes y problemas renales, es importante resaltar que para

estas últimas existe un mercado reducido de este tipo de productos en nuestra región.

A diferencia de la casi totalidad de raíces y tubérculos que almacenan sus carbohidratos en forma de almidón, esta especie lo hace principalmente en forma fructooligosacáridos (FOS), un tipo especial de azúcares con características muy favorables a la salud humana. Debido a ello, es considerado como un alimento funcional.

Por tal motivo, al abordar la temática del yacón, es importante mirarlo en el contexto de este nuevo grupo de alimentos de nueva generación en los mercados globales, debido a sus importantes aportes a la salud humana.

Kelly (2009), expresa que, con respecto al consumo mundial de estos productos, la tendencia apunta a que cada vez es mayor el interés de las personas en consumir productos elaborados naturalmente. El potencial en el segmento de alimentos funcionales es grande y la tendencia hacia el lanzamiento de nuevas propuestas es cada vez mayor.

El problema científico se plantea en los términos siguientes: ¿**“Cuál es el efecto de la concentración del jarabe de yacón y el tiempo de inmersión en la calidad del yacón osmodeshidratado”?**

El presente trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos.

Objetivo general:

- Evaluar el efecto de la concentración del jarabe de yacón y el tiempo de inmersión en la calidad del yacón osmodeshidratado.

Objetivos específicos:

- Realizar el análisis fisicoquímico y proximal del yacón de la provincia de Cutervo.
- Obtener las hojuelas de yacón osmodeshidrato de acuerdo al diseño estadístico.
- Realizar los análisis fisicoquímicos y sensoriales del yacón osmodeshidratado.

I. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

Campos y Flores (2012), en su tesis Deshidratación osmótica de placas de chayote (*sechium edule*) utilizando soluciones hipertónicas de cloruro de sodio y sacarosa, estudió el proceso de osmodeshidratación en placas de chayote, a través de la obtención de las cinéticas de ganancia de sólidos y pérdida de agua, las cuales fueron sometidas al proceso de deshidratación osmótica utilizando soluciones de sacarosa a concentraciones de 40, 50 y 60 % y cloruro de sodio en 5, 10 y 15 % a diferentes temperaturas: 40 °C, 50 °C y 60 °C. Las placas fueron sumergidas en las soluciones en una relación de 1:20 durante 2 horas. Se observó que la concentración del soluto osmótico y la temperatura son directamente proporcionales a la pérdida de agua y a la ganancia de sólidos en placas de chayote. El cloruro de sodio genera una menor ganancia de sólidos y una menor pérdida de agua en comparación con la sacarosa en placas de chayote. El proceso de ósmosis en el chayote favorece la inclusión del mismo en el desarrollo de nuevos productos alimentarios.

Roltz (2000), en su tesis Empleo de un diseño experimental para optimizar el secado de banano por ósmosis utilizó azúcares invertidos para realizar el proceso (78-80 °Brix) colocando el banano rodajado en la solución osmótica con temperatura controlada. Se lavó con agua fría y se colocó en papel de aluminio en un horno de bandejas por 19 horas, con esto se obtuvo un producto con buenas condiciones organolépticas. También realizó un diseño factorial en la

experimentación concluyendo que los valores más convenientes de concentración y temperatura del jarabe son 55 °Brix y 55 °C.

La evidencia científica de los últimos quince años ha demostrado que los fructooligosacaridos pueden tener propiedades beneficiosas para la salud. Así, se ha reportado que puede reducir el nivel de lípidos en la sangre, incrementar la asimilación de calcio en los huesos, reducir el riesgo de desarrollar cáncer de colon, fortalecer la respuesta del sistema inmunológico y contribuir a generar un balance saludable de la microflora intestinal (Seminario, 2003).

Por otro lado, la inulina y los oligofructanos en general pueden jugar un rol como probióticos, sustancias que nutren selectivamente a los gérmenes benéficos que forman parte de nuestra flora intestinal, las llamadas bífido bacterias favoreciendo su crecimiento y frenando el desarrollo de los microorganismos perjudiciales. Estas sustancias (inulina y oligofructanos) constituyen factores bífido génicos. Las bífido bacterias a la vez, pueden aliviar la hiperlipemia ósea, el incremento de grasas en la sangre (colesterol y triglicéridos).

Por otro lado, el YACÓN, aparte de sus valores nutritivos de la población andina, tiene influencias inminentes sobre la salud para una sociedad con exceso de consumo de carnes y sin la adecuada movilidad natural.

Scott (2000), pronostica que los cultivos de raíces y tubérculos serán un componente importante en el sistema alimentario global hacia el 2020; más de dos mil millones de habitantes de Asia, África y Latino América dependerán de esos cultivos para alimentación y generar sus ingresos. Por ello, es fundamental

el estudio y priorización del cultivo de especies vegetales con actividad validada o con demanda creciente en el mercado internacional, de la mano con la investigación agronómica, agroindustrial, fitofarmacéutica, fitoquímica, biológica y clínica, como lo propone (Elena, 2006).

El conocimiento y aprovechamiento de especies tuberosas como el yacón (***Smallanthus sonchifolius***) son importantes para la seguridad alimentaria y como aporte a la sostenibilidad del frágil ecosistema montañoso andino y de la milenaria y variada actividad agrícola y cultural que alberga (Santiago, 2004).

A diferencia de la casi totalidad de raíces y tubérculos que almacenan sus carbohidratos en forma de almidón, esta especie lo hace principalmente en forma fructooligosacáridos (FOS), un tipo especial de azúcares con características muy favorables a la salud humana. Debido a ello, es considerado como un alimento funcional.

Por tal motivo, al abordar la temática del yacón, es importante mirarlo en el contexto de este nuevo grupo de alimentos de nueva generación en los mercados globales, debido a sus importantes aportes a la salud humana.

Otro motivo interesante en la intencionalidad de la investigación con estudiantes sobre esta especie es hacerlo consciente y partícipe del aprovechamiento sostenible de la amplia biodiversidad andina peruana, saliendo del enfoque tradicional de trabajar con especies convencionales. De esta manera, al trabajar con esta especie se le abre una gran ventana al enorme potencial de uso de un

sinnúmero de especies de la flora andina, que puede a un futuro próximo generar planes de negocio para su uso local y para la agroexportación.

Los fructoligosacáridos están presentes en diferentes alimentos que se consumen habitualmente, como la lechuga, el ajo, el trigo, las alcachofas o la cebolla. 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).

Los fructooligosacáridos conocidos como oligofrúctanos u oligofructosas, pertenecen a una clase particular de azúcares conocidos como frúctanos, son cadenas cortas de fructuosas, muy solubles en agua, tienen un ligero sabor dulce (poseen entre el 30 y 65% del poder edulcorante de la sacarosa) pero proporcionan tan sólo una cuarta parte del poder calórico de los carbohidratos comunes, por lo que son utilizados como edulcorantes, fibra dietéticos y prebióticos (Torres, 2004).

Las propiedades técnicas en los alimentos de la olifructuosa, principal componente del yacón, son el sabor dulce no residual, alta solubilidad, contribuye a dar textura, cuerpo y realza el sabor, viscosidad comparable con el jarabe de glucosa, es humectante, disminuye la temperatura de congelación, aumenta la temperatura de ebullición. Puede ser empleada, como alimento funcional en forma de, dulces, confites, chocolates, goma de mascar, productos de pastelería,

lácteos (yogurt light, leches), helados, con cereales para el desayuno, barras energéticas de cereal y preparaciones de frutas.

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 sea digestible como lo sería cualquier carbohidrato, lo que a su vez tiene como consecuencia que tenga un bajo valor calórico y una funcionalidad nutricional como fibra dietética (Chacon, 2006).

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 y Kanayama, 2007). La inulina y los FOS tienen propiedades físicas y aplicaciones en la industria alimentaria bastante diferentes.

La inulina casi no tiene sabor dulce, su consistencia especial y su baja solubilidad la convierte en un sustituto ideal de la grasa para la elaboración de varios alimentos, como los helados y postres. Los FOS poseen un sabor entre neutro y ligeramente dulce. Así por ejemplo los FOS de más bajo peso molecular pueden tener dulzura equivalente al 10% correspondiente a la sacarosa (Chacon, 2006). El yacón es quizá la planta con mayores contenidos de FOS.

En un estudio realizado por (Arango, Curán, y Fajardo, 2008), sobre la extracción de inulina de las raíces del yacón en agua caliente, reporta que los mejores

rendimientos de 20.7% de inulina, se obtuvieron bajo unas condiciones de extracción de 23 min a 82,2 °C y relación solvente-materia prima de 4,5 l/500 g.

Con el creciente aumento en la población de problemas de salud originados por el estrés, el sedentarismo, el alto consumo de carbohidratos, que conducen al aumento de peso corporal, el hombre está mirando al yacón (*S. sonchifolia*), radicalmente diferente, como una planta multipropósito, fuente de bajas calorías y de la fibra necesaria para satisfacer varios aspectos de los requerimientos de la vida moderna. Es un buen rehidratante debido a su alto contenido de agua y minerales como el potasio y promueve la generación de la flora intestinal, por lo que es considerado como un probiótico. Como todos los frútanos los FOS no pueden ser metabolizados directamente por el tracto digestivo humano, debido a que este carece de las enzimas digestivas necesarias. Por eso cuando una persona ingiere FOS, estos se desplazan por todo el tracto digestivo sin ser modificados, y solo cuando los FOS llegan al colon, son fermentados por un grupo de bacterias especializadas que forman parte de la microflora intestinal, llamadas probióticas, que comparten el mismo hábitat imposibilitando el crecimiento de bacterias perjudiciales del colon. 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 (2005), el jarabe de yacón es un concentrado dulce que hace las veces de edulcorante, pero sin provocar los efectos negativos del azúcar. Su alto

contenido de FOS hasta un 50%, permite que el jarabe de yacón sea utilizado por la industria alimenticia como un edulcorante bajo en calorías. Sus características físicas y organolépticas son parecidas a la miel de abejas, de maple o de caña de azúcar pueden ser empleado para propósitos parecidos, pero con la ventaja de servir a los consumidores preocupados por su ingesta calórica y mejorar la calidad de su alimentación. Inclusive puede ser consumido por diabéticos en dosis controladas, ya que los FOS no elevan el nivel de glucosa en la sangre. Pruebas sensoriales y estudios preliminares de mercado han demostrado que el jarabe de yacón tiene un gran potencial en el mercado internacional.

Reportes de Picante (2010), ha sugerido que el jarabe de yacón promueve, entre otras cosas, la restauración de la microflora intestinal, estimula la formación de bacterias conocidas con el nombre de bifidobacterias, que permiten regular a otras bacterias que se encargan de la putrefacción de los residuos en el intestino grueso; por lo tanto gracias a la mayor proliferación de las bifidobacterias, la concentración de toxinas será menor y, en consecuencia, disminuirá el riesgo de que se produzca un cáncer al colon.

Se ha reportado que las raíces y el jarabe de yacón tienen efectos significativos en la reducción de los niveles de glucosa en la sangre en personas clínicamente sanas (Mayta, 2004) y en personas con diabetes tipo 2. Estas evidencias son reforzadas con resultados similares obtenidas en animales de laboratorio a los que se les indujo diabetes (Manrique, 2005). Aunque resulta prematuro que el jarabe de yacón sea benéfico para el control de la diabetes, hay un camino que

se ha abierto para la investigación en este campo que pronto podría dar las evidencias definitivas que se necesitan para recomendar su consumo en personas con diabetes (Manrique, 2005).

1.2. YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*)

Manrique (2005), mencionan que el yacón (*Smallanthus sonchifolius*) (Endl, 2007), es una raíz autóctona de la región andina, poco estudiada y subutilizada, perteneciente a la familia **Compositae**.

Garcia (2003), menciona que en países andinos de Latinoamérica como el Perú, la planta de yacón es cultivada de forma extensiva, mientras que en Colombia se encuentra en peligro de extinción en sus centros de producción históricos, debido al poco conocimiento que las comunidades locales tienen sobre sus propiedades alimenticias, medicinales y ecológicas.

Silver (2005), indica que a diferencia de los tubérculos que almacenan la energía en forma de almidón, el yacón la almacena en forma de fructooligosacáridos (Fos), reconocidos y utilizados en alimentos como prebióticos, estimulantes del crecimiento de la flora intestinal no patógena, al cumplir con todos los criterios de clasificación y seguridad alimentaria. El principal Fos presente en el yacón es la inulina, encontrándose en un alto porcentaje de hasta el 20%.

Los oligofructanos esta naturalmente presente en las frutas, hortalizas, cereales, legumbres y en la leche, algunos son importantes por los efectos beneficiosos para la salud. Los oligosacáridos no digeribles o bifidogénicas son los BETA galactooligosacáridos lactulosa, lactosacarosa, fructooligosacaridos,

oligosacáridos de palatinosa, isomaltosa-oligosacarido, gentio-oligosacarido, xilo-oligosacarido, ALFA- galacto-oligosacarido, los cuales son fermentados en colon y la mayoría son obtenidos por procesos enzimáticos (Anderson, 2001).

Chacon (2006), Indica 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 sea digestible como lo sería cualquier carbohidrato, lo que a su vez tiene como consecuencia que tenga un bajo valor calórico y una funcionalidad nutricional como fibra dietética.

Tradicionalmente, ha sido considerado una “fruta” por su gran contenido de jugo dulce, y su bajo contenido energético. Se consume como fruta fresca o deshidratada en diferentes grados, y aunque de manera ocasional y sólo en algunas localidades, en forma de jalea y de chicha. Es un buen rehidratante en fresco debido a su alto contenido de agua, además puede prevenir la fatiga y los calambres por su alto contenido de potasio (Manrique, 2005).

El yacón (***Smallanthus sonchifolius***) es una planta altoandina, a cuyas raíces se atribuyen propiedades beneficiosas para la flora microbiana debido a su alto contenido de fructooligosacáridos (Seminario, 2003).

El yacón y plantas relacionadas fueron originalmente clasificadas bajo el género de ***Polymnia*** (***Asteraceae***, ***Heliantheae***, ***Melampodinae***); sin embargo, el género ***Smallanthus*** (***Asteraceae***, ***Heliantheae***) fue redescubierto por Robinson en 1978 con otras 21 especies. Las raíces del yacón contienen entre 10 y 14%

de materia seca, y cerca del 90% de carbohidratos en base seca, donde el 50 a 70% son fructooligosacaridos (Ohyama, 2003). Al yacón se le han atribuido efectos benéficos a nivel gastrointestinal, en la mejora de la flora microbiana previniendo infecciones intestinales, así como mejoras en la absorción de calcio y otros minerales, síntesis de vitaminas del complejo B, y fortalecimiento de la respuesta del sistema inmunológico (Roberfroid, 1999).

1.2.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La planta de yacón es herbáceo perenne, mide de 1 a 2.5 m de alto. Si proviene de semilla, consta de un solo tallo principal, a veces ramificado desde la base, otras veces, solo con ramas pequeñas en la parte superior. Si la planta proviene de propágulo o semilla vegetativa, consta de varios tallos. Los tallos son cilíndricos, pilosos y huecos, de color verde a púrpura. El yacón tiene dos tipos de raíces; fibrosas son muy delgadas y su función es la fijación de la planta al suelo y la absorción de agua y nutrientes. Las raíces reservantes son engrosadas, fusiformes u ovadas, de color blanco crema o púrpura, principalmente (Seminario, 2003).

Según Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, su Ubicación taxonómica es:

REINO:	VEGETAL
DIVISION:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE:	MAGNOLIOPSIDA
ORDEN:	ASTERALES

FAMILIA: ASTERACEAE
 GENERO: ***Smallanthus***
 ESPECIE: ***Sonchifolius***
 Nombre científico: ***Smallanthus sonchifolius***

1.2.2. NOMBRES COMUNES

El yacón recibe varios nombres. En el norte del Perú también se denomina yacón y llakwash. Con este último nombre se le conoce en Incawasi (Ferreñafe, Lambayeque), los nativos bilingües dicen que significa alimento aguanoso. En aymara se le conoce como aricoma o aricama y en quechua, **llaqón, llacun u llacuma**. Lo más probable es que estas denominaciones se transforman en yacón, después de la llegada de los españoles. Una modificación de este nombre es racón, con el cual se le conoce en Ancash y en otras partes como yacumi, con el cual se le conoce en algunas partes del centro del Perú. Grau (1998; citado por Manrique, Gonzales, Valladolid, Blas, y Lizagarra, 2014) Indica que en idioma Chiriguano se le conoce como ipio, en la frontera de Bolivia con Brasil, Argentina y Paraguay. En Ecuador, el nombre común es jicama, con derivaciones como chicama, shicama, jiquima y jiquimilla. Se considera que estos términos son una derivación de xicama, palabra mexicana aplicada a especies del género *Pachyrhizus* Grau (1998; citado por Manrique, Gonzales, Valladolid, Blas, y Lizagarra, 2014). En Colombia y Venezuela se le conoce jiquima y jiquimilla.

Artica *et al* (1993; citado por Gordillo, 2009), indica los nombres comunes que presenta el yacón, son abundantes por lo que es necesario indicar el nombre de este tubérculo en otros idiomas.

QUECHUA: Yacón yakuma

AYMARA: Aricoma, Ancona

ESPAÑOL: Yacón Jacón Ilacón, arboloco Puhe, jicama (no es la jicama comercial), jiquima, jikima, jiquimilla.

1.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL YACÓN

En la etapa de cosecha del Yacón la región y el clima son aspectos determinantes sobre la composición final de la raíz tuberosa, de acuerdo a esta afirmación Dostert, sustenta que por medio de investigaciones llevadas a cabo en Brasil y Nueva Zelanda se analizó el periodo óptimo de cosecha en un rango de 7 a 8 meses, tiempo en el que la raíz tuberosa presenta mejores rendimientos y contenidos en FOS. De esta manera, el autor plantea que la producción depende del cultivo y generalidades como: la altitud, duración del día y fertilidad del suelo, además, señala 18 y 25 °C el rango de temperatura óptimo para el desarrollo de la planta (Dostert, 2009).

Al mismo tiempo VILHENA (2003), determinó el ciclo del cultivo de Yacón que garantiza un mayor contenido de FOS debido a los intereses de aprovechar su bajo nivel calórico y poder edulcorante, como alternativa en el mercado para la dieta de personas que presentan diabetes, entre otros.

El Yacón ha sido caracterizado por varios autores, Ramos, realizó estudios bromatológicos correspondientes a tres variedades nativas de Yacón, respecto a humedad 80,83%, proteínas 2,81, fibra bruta 4,21, extracto etéreo 0,29, cenizas 2,85, pH 6,35; acidez 0,30, carbohidratos y 90,1 expresado en g% expresado en base seca, con el fin de lograr valores próximos a un estándar en pos cosecha, que a su vez permite comparar con las diferentes variedades de esta raíz tuberosa (RAMOS, 2007).

1.2.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL YACÓN

Diferentes investigaciones alrededor del Yacón han expuesto la caracterización de sus propiedades, en relación al contenido de carbohidratos (Ohyama, 2003), estiman que representa el 90% por peso seco de la raíz tuberosa, de este porcentaje una fracción estimada entre el 50 a 70% corresponde a FOS y el porcentaje restantes corresponden a azúcares como: sacarosa, fructosa y glucosa cuyos contenidos son variables y dependientes de factores de pre y pos cosecha.

Para sustentar lo anterior, (GOTO, 2003), afirma que las moléculas de azúcar predominante en el Yacón son los FOS que se refiere a la composición de azúcar conocido también como oligofructanos, estos a su vez pertenecen a una clase particular de azúcares denominados fructanos provistos de unidades de fructuosa que forman cadenas unidas entre sí por enlaces glucosídicos β (2 \rightarrow 1) y/o β (2 \rightarrow 6).

Consecutivamente, (Niness, 1999) afirma: “se encuentra una molécula de glucosa al inicio de la cadena de cada fructano”; estos últimos están provistos de FOS e inulina, además se encuentran en la naturaleza y aportan un nivel nutritivo, razón por la cual tienen gran importancia en la Industria Alimentaria, de la misma manera, el autor afirma que la inulina y FOS difieren en el número de moléculas de fructuosa, las cuales se encuentran unidas por enlaces exclusivamente β (2-1): la inulina de 2 a 60 moléculas y en comparación, los FOS presentan de 2 a 10 moléculas en su cadena, interpretándose los FOS como un subgrupo de la inulina.

De acuerdo a estas características, Seminario, determinó las propiedades físicas tales como: la solubilidad en agua que permiten tener una aplicación de un proceso como, por ejemplo: la inulina con baja solubilidad sirve como sustituto de grasa en la elaboración de helados y postres, además tiene bajo poder edulcorante y buenas características de consistencia.

Tabla 1 *Composición nutricional del yacón (100 g de raíz fresca sin cáscara)*

COMPOSICIÓN	CANTIDAD
Energía, Kcal.	54
Agua, g.	86,6
Proteínas, g.	0,3
Grasa, g.	0,3
Carbohidratos, g.	12,5
Fibra, g.	0,5
Ceniza, g.	0,3
Calcio, mg.	23
Fósforo, mg.	21

Hierro, mg.	0,3
Retinol (A), mg	12
Tiamina (B2), mg.	0,02
Riboflavina (B2), mg.	0,11
Niacina (B3 o PP), mg.	0,34
Ácido Ascórbico Reducido (C), mg.	13,1

Fuente: Collazos (2009) Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. 8va. Edición.

1.2.5. FORMAS DE CONSUMO Y APROVECHAMIENTO

Seminario (2003), expone sobre el consumo y presentación que anteriormente esta raíz tuberosa se consumía en fresco, sin embargo, como consecuencias de estudiar sus beneficios promisorios, se ha dado la industrialización en diferentes países, con mayor prevalencia en Perú donde se elaboran más productos a base de Yacón que ofrecen un valor agregado debido a su aporte nutritivo. De igual forma, los autores especifican dentro de las características del Yacón su alto contenido en agua, razón por la cual se ha venido consumiendo como alimento en fresco con alta aceptabilidad por parte de la población infantil, debido a su poder rehidratante.

En el año 2002 se incrementó la comercialización de la raíz tuberosa en Perú debido a las fuertes demandas por parte de países como: Japón, Brasil y Nueva Zelanda, al mismo tiempo señala altas demandas de exportación de Yacón que abarcan un mercado debido a la tendencia hacia productos naturales y ecológicos. Sin embargo, debido inconvenientes de comercialización del producto en fresco, se ha industrializado el Yacón en productos que garanticen la estabilidad de todas sus propiedades.

El yacón puede prevenir la fatiga y los calambres por su alto contenido de potasio. Tal vez por ello, los campesinos lo consumen durante caminatas largas, pudiendo llegar a consumir cada persona entre 500 a 1000 g diarios de yacón fresco. Este nivel de consumo no produce efectos tóxicos o nocivos, excepto de manera ocasional – un mayor grado de flatulencia (Collazos, 2009).

A continuación, describimos de manera general algunos de estos productos.

1.2.5.1. Pasas de yacón

Las pasas de yacón son resultado de un proceso de deshidratación de las raíces al medio ambiente. Las pasas tienen un agradable sabor dulce y pueden consumirse directamente como golosina o usarse en repostería. En Bolivia a este producto se le denomina “k'isa de yacón”.

La tecnología para su elaboración ha sido desarrollada en las universidades de San Simón (Cochabamba-Bolivia) y Cajamarca (Perú). El proceso consta de dos etapas de deshidratación al medio ambiente. La primera deshidratación se hace con las raíces enteras, las cuales se extienden en el piso y se dejan por seis días. Después, las raíces se pelan, se trozan, se extienden sobre un secador de malla tipo bandeja y se dejan secar hasta que la humedad del producto se mantenga constante entre 14 a 16%, momento en el cual se considera que las pasas están listas para ser envasadas.

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).

1.2.5.2. Hojuelas de yacón

Las hojuelas son rodajas de yacón deshidratadas en un horno a temperatura controlada. El procedimiento para su elaboración consiste en cortar transversalmente rodajas delgadas de yacón (aproximadamente de 0,5 cm de espesor) y extenderlas sobre mallas tipo bandeja, las cuales se colocan luego dentro de un horno o estufa hasta completar el secado. Para evitar el pardeamiento de las hojuelas durante el secado, se recomienda sumergir las rodajas de yacón recién cortadas en una solución de jugo de limón o algún tipo de antioxidante (ácido ascórbico preferentemente). La temperatura del horno debe estar alrededor de los 60-70°C., con el fin de disminuir la carga microbiana sin alterar mucho la calidad del producto final. El tiempo efectivo para el secado es alrededor de 24 horas, tiempo que será mayor o menor dependiendo del tipo de horno que se emplee para el secado (con o sin aire recirculante), del contenido inicial de agua en la materia prima, de la variedad de yacón empleada, entre otros. Cuando las hojuelas salen del horno tienen una textura semicrocante, que se pierde rápidamente si no son embolsadas de inmediato.

Las hojuelas de yacón pueden ser orientadas hacia el mercado de consumo de bocaditos o snacks. Tienen un agradable sabor, similar al de una manzana deshidratada (Seminario, 2003).

1.2.5.3. Jarabe de yacón

El jarabe de yacón es un concentrado denso y dulce que se obtiene al evaporar suficiente agua del jugo de yacón, de tal modo que la concentración de sólidos solubles (azúcar) se eleve hasta un valor aproximado de 70%.

Para evaporar el agua del jugo se debe usar un recipiente de superficie amplia en el que se vierte el jugo de yacón. Este recipiente es puesto en una fuente de calor (puede ser la llama de una cocina) y se deja evaporar el agua hasta conseguir la concentración de azúcares indicada. Es preferible contar con un refractómetro para tener un control permanente del contenido de azúcares en el jarabe a medida que se va preparando. Durante el proceso de evaporación se deben realizar varios filtrados con la finalidad de eliminar los sólidos insolubles en el jarabe y obtener finalmente un producto de mejor apariencia y calidad. Para prevenir el desarrollo de microorganismos en el producto envasado, éste debe hacerse a una temperatura superior a 85°C. La eficiencia de conversión de raíces a jarabe es alrededor de 12:1 (peso de raíces: peso de jarabe).

Debido a que el jarabe de yacón tiene principalmente fructooligosacáridos, su contenido calórico es menor al de otros edulcorantes similares, como el jarabe de maple, la miel de chancaca, la miel de abejas y la leche condensada. De este modo, el jarabe de yacón puede ser un sustituto hipocalórico de estos edulcorantes, con la ventaja adicional de ser un producto con propiedades nutraceuticas (Seminario, 2003).

1.2.5.4. Té de yacón

El té de yacón se inventó en Japón hace aproximadamente una década. A pesar de que no existe evidencia científica sobre su efecto en humanos, se recomienda el consumo de la infusión para el tratamiento de la diabetes. En la actualidad Japón y Brasil son los países que producen mayor cantidad de té de yacón.

Para las condiciones de Cajamarca, la mejor forma de secado artesanal de las hojas es la que emplea el secador o galpón y que es la misma que se usa para secar tabaco. Este secador es una construcción de madera a dos aguas, cuya altura en la cumbre es de 4,5 a 5 m. de largo y ancho variable. El techo puede ser de calamina o paja y con los lados laterales cubiertos con paja suelta (esto evita, en cierto modo, la entrada de neblina). Al interior se divide en estratos o tendales separados a 75 cm aproximadamente (para tabaco) (Seminario, 2003).

1.2.6. ZONAS DE CULTIVO EN EL PERÚ

En el Perú su cultivo se da en el área alto andina de 17 de 24 departamentos con los que se cuenta: Piura, Cajamarca, Amazonas, Lambayeque, La Libertad, San Martín, Ancash, Huánuco, Pasco, Lima, Junín, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Arequipa, Cuzco y Puno.

Las mejores condiciones de cultivo se dan en pisos altos de la Región Yunga y pisos medios de la región quechua (1 100 a 2 500 m.s.n.m.). Sin embargo, esta planta se ha adaptado rápidamente en la costa y selva. En el Norte del Perú no soporta más de 3 000 m.s.n.m., pero llega a la ceja de Selva en los departamentos de Cajamarca, Amazonas y San Martín.

El cultivo desciende hasta Lima, Trujillo y otros departamentos costeros. Requiere de 1 000 Mm. de lluvia anual, no soporta heladas; pero si hay daños, se compensan con excelente capacidad de rebrote.

Tabla 2 *Principales nichos de producción en el Perú*

Amazonas	Utcubamba, Bongará, Chachapoyas
Ancash	Huaraz, Caraz, Yungay
Apurímac	Andahuaylas y Abancay
Arequipa	Arequipa
Ayacucho	Huamanga y Huanta
Cajamarca	Cajamarca, Contumazá, San Marcos, San Ignacio y Jaén
Cerro de Pasco	Oxapampa
Cuzco	Urubamba, Cuzco, Calca, Paucartambo, La Convención
Huánuco	Huánuco
Junín	Huancayo, Concepción, Jauja, Tarma.
La libertad	Otuzco, Santiago de Chuco y Sanchez Carrión
Lambayeque	Incahuasi
Lima	Pachacamac y Yauyos
Piura	Ayabaca y Huancabamba
Puno	Sandia y Carabaya

Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego (2013)

De estos nichos de producción, los que más destacan son Cajamarca, Puno, Oxapampa, Huanuco y Junín. Al sur del Perú, en los departamentos de Cuzco, Apurímac y Puno, destacan varias provincias que tienen una antigua tradición de cultivo y aprovechamiento del yacón.

En general, en los dos últimos años, se han incrementado el consumo y la comercialización en todo el país. Ahora es posible conseguir yacón fresco con

facilidad en las ciudades. También empieza a venderse en las ferias en forma de pasa, jugo, jarabe y mermelada. Lo más reciente, que tomó por sorpresa a los investigadores y campesinos, fue la apertura del mercado para las hojas del yacón, las cuales son consumidas como té filtrante, en infusión. Esto hizo variar el objetivo de la cosecha y crea la necesidad de investigar sobre la producción, cosecha y poscosecha de las hojas.

1.2.7. ESTADÍSTICAS DE ÁREAS DE CULTIVO EN PERÚ

Las estadísticas oficiales de áreas de siembra de yacón en el Perú son muy escasas. En las últimas tres décadas el área de siembra anual de yacón fue mucho menor a 100 Ha. en todo el país, según las estadísticas oficiales del ministerio de agricultura. Es a partir del año 2000 que la siembra comercial de yacón comienza a incrementarse en diferentes regiones del Perú. En agosto del 2003, la superficie sembrada de yacón en las principales zonas de producción, se estimó en no menos de 600 Ha.

1.2.8. PRODUCCIÓN EN CAJAMARCA

La siembra se realiza entre Junio y Agosto en parcelas de bajo riego y entre Octubre y Diciembre bajo sistema de lluvias. En otros casos no se realiza siembra propiamente dicha, sino que, al término del ciclo y cuando los tallos se han muerto, se extraen los tacones maduros y se deja la cepa en el mismo lugar.

En Cajamarca existe una larga tradición de cultivo, consumo y comercialización de yacón. Por ejemplo, en Contumazá los nichos más antiguos son: Sochedón y Chapolán, Silacot, Ishcayacu y San Antonio.

En la comunidad de Hualqui (distrito de Jesús, provincia de Cajamarca), el cultivo, comercialización y trueque del yacón (con productos de la zona alta), son muy antiguos y persisten hasta hoy. Parte de la producción sirve para abastecer el mercado de Jesús y Cajamarca. En el distrito de Asunción, de la provincia de Cajamarca, destacan los poblados de Pachano, FAPUC, y el Tomate, con vieja tradición de cultivo y comercialización hacia la costa, los días jueves y domingo. Otros nichos son Namora, Matara y San Marcos.

La experiencia más reciente en el norte es el caso de San Ignacio, Bagua y Jaén. Estos lugares están formados por poblaciones de migrantes de Chota, Cutervo, Huancabamba y Ayabaca. Siempre sembraron en pequeña escala, pero en los últimos dos años, debido a la expansión del mercado, registran las mayores áreas sembradas. Debido al clima de estas provincias se puede sembrar yacón casi todo el año y obtener cosecha a los siete meses y medio u ocho meses (Seminario, 2003).

1.2.9. EXPORTACIONES DE YACÓN

Las exportaciones peruanas de yacón se han caracterizado por una evolución creciente en los últimos años, tal como se puede apreciar en la figura 1. Se trata de las exportaciones totales realizadas a nivel mundial, las cuales fueron de aproximadamente sesenta toneladas en el 2011, suponiendo un incremento de casi el 50% con respecto al año 2010, valoradas en más de un millón de dólares.

Año	Valor FOB (US\$)	Volumen Bruto (Kg)	Valor Unitario Promedio (US\$/Kg)	Variación % Valor FOB	Variación % Volumen Bruto Kg
2007	\$196,749.45	18,384.90	\$10.70	22.65%	-4.94%
2008	\$331,367.64	30,557.06	\$10.84	68.42%	66.21%
2009	\$351,098.22	25,094.08	\$13.99	5.95%	-17.88%
2010	\$628,572.52	40,810.52	\$15.40	79.03%	62.63%
2011	\$1,094,835.56	59,985.55	\$18.25	74.18%	46.99%

Figura 1 Evolución de las exportaciones peruanas de yacón

Fuente: PROMPERU/SUNAT (2012)

1.2.10. EXPORTACIONES PERUANAS DE YACÓN POR PRESENTACIÓN

En cuanto a las formas o presentación de yacón exportado a nivel mundial, el yacón en polvo supone el 76% del total de exportaciones en el 2011. Le sigue jarabe de yacón (13,09%), yacón deshidratado (2,82 %), extracto de yacón (1,04 %) y las capsulas (0,51 %).

	2007	2008	2009	2010	2011
Polvo	2,310.50	2,990.94	8,532.59	16,235.05	45,494.56
Jarabe	8,340.28	14,494.20	7,483.45	11,479.71	7,850.02
Deshidratado	3,333.58	4,549.17	2,255.19	3,393.88	1,690.49
Extracto	851.01	1,981.56	1,176.54	1,400.65	621.33
Cápsulas	263.93	142.42	242.06	350.59	304.04
Semilla	269.08	0	690.27	0	153.06
Natural	262.6	1,591.34	1,002.77	423.61	149.83
Miel	1,166.33	3,137.50	773.27	32.74	141.78
Troceado	212	0	0	0	100.82
Orgánico	0	0	1,208.14	2,326.18	68.9
Hojuela	112.36	101.12	75	153.43	61.91
Filtrante	6.77	10.65	0	5.66	26.05
Infusión	0	0	49.82	32.85	7.52
Jugo	71.47	3.27	4.74	0	0
Mermelada	0	0	6.57	0	0
Otras Presentaciones	1,145.99	1,554.90	1,593.67	4,831.42	3,315.25
Raíz	0	0	0	20.96	0
Cosmético	39	0	0	0	0
Triturado	0	0	0	123.81	0
Total	18,384.90	30,557.06	25,094.08	40,810.52	59,985.55

Figura 2 Evolución de las exportaciones peruanas de Yacón, por presentación (en Kg)

Fuente: PROMPERU/SUNAT (2012)

1.1. DESHIDRATACIÓN

El proceso de deshidratación es una de las principales técnicas para la conservación de los alimentos en el mundo. Su aplicación tiene sus orígenes en antiguas civilizaciones alrededor del planeta. La deshidratación consiste en la eliminación del agua contenida dentro del alimento, usualmente por medios térmicos. El proceso de secado tiene el propósito de preservar los alimentos en

(Collazos, 2009) una condición estable y segura, reduciendo su actividad de agua y extendiendo su vida útil en relación a los productos frescos que le dan origen (Zhang *et al.*, 2006). La remoción de agua promovida por el proceso de deshidratación genera la pérdida de peso del alimento y la disminución del volumen a ocupar por los mismos cuando son transportados y almacenados, disminuyendo de esta manera los costos de almacenamiento y distribución (Toledo, 2007).

Entre los métodos más aplicables para la deshidratación de alimentos pueden mencionarse: liofilización, secado al vacío, deshidratación osmótica, secado en gabinete o bandejas, secado por lecho fluidizado, secado por lecho fijo, secado óhmico, secado por microondas, y la combinación de ellos (George *et al.*, 2004).

En general, sin incluir la liofilización y la deshidratación osmótica, la aplicación de calor durante el secado a través de conducción, convección y radiación son las técnicas básicas usadas para la evaporación del agua contenida en los alimentos, mientras que el aire forzado es aplicado para estimular la remoción del vapor formado. La elección del método de secado depende de varios factores, tales como, el tipo de producto (y su valor comercial), la disponibilidad de equipos para secar, costo de deshidratación, calidad final del producto desecado (Sagar y Kumar, 2010).

1.2. SECADO

El secado usualmente se define como el proceso de remoción térmica de sustancias volátiles (humedad) hasta obtener un producto seco (Mujumdar, 2006). Es una operación unitaria en la que se da el transporte simultáneo de calor y masa (Fito *et al.*, 2001): La transferencia de energía (principalmente como energía calórica) desde el medio circundante para evaporar la humedad de la superficie y la transferencia de la humedad interna hacia la superficie del sólido y su evaporación posterior (Mujumdar, 2006).

El secado es una de las técnicas más antiguamente utilizada para la conservación de alimentos. El secado al sol de frutas, granos, vegetales, carnes y pescados ha sido ampliamente utilizado desde los albores de la humanidad proporcionando al hombre una posibilidad de subsistencia en épocas de carencia (Fito *et al.*, 2001). Es uno de los procesos más rentables para conservar productos alimenticios, el cual se basa en la remoción de agua mediante la aplicación de calor (Jangam *et al.*, 2011). La operación de secado además conlleva una apreciable reducción del peso y volumen de los alimentos que se deshidratan, consiguiéndose así una importante reducción de los costes de transportes y almacenamiento de estos productos (Fito *et al.*, 2001).

Durante el proceso de secado se lleva a cabo una corriente de aire, el producto pierde humedad a una velocidad que puede ser controlada ya sea por condiciones externas al producto secado (temperatura y velocidad de aire) o por condiciones internas (difusión del líquido, difusión de vapor, capilaridad y encogimiento). En la deshidratación de productos alimenticios sólidos, el secado es controlado por condiciones internas, siendo la difusión de líquido el mecanismo que controla el proceso de secado.

La difusión de líquido es también el mecanismo que controla la deshidratación de productos sumergidos en soluciones concentradas de jarabes o salmueras, por lo que este proceso puede ser considerado como un método más de secado. En el que, si bien la verdadera fuerza impulsora para la difusión de la humedad sigue siendo su concentración dentro y fuera del producto, es más comúnmente considerada como la diferencia en presiones osmóticas, por lo que este proceso recibe el nombre de secado osmótico.

1.3. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE ALIMENTOS

La deshidratación osmótica es una técnica que permite eliminar parcialmente el agua de los tejidos de los alimentos por inmersión en una solución hipertónica, sin dañar el alimento y afectar desfavorablemente su calidad (Rastogi *et al.*, 2002).

La deshidratación osmótica es ampliamente utilizada para la remoción de agua de determinados productos, por inmersión de estos en una solución hipertónica de un determinado soluto. Los objetivos que se persiguen con esta técnica son:

la eliminación de agua desde el producto hacia la solución hipertónica, junto con sustancias naturales (azúcares, vitaminas, pigmentos) y la difusión de solutos hacia el interior del alimento.

La deshidratación osmótica está ganando popularidad como un proceso previo a la cadena que integra la elaboración de productos procesados debido a los bajos costos de energía requeridos, a las bajas temperaturas de operación empleadas (20-50 °C) lo cual evita el daño de productos termolábiles y productos de alta calidad (Rastogi *et al.*, 2002).

El proceso de deshidratación osmótica se caracteriza por una etapa transiente antes de alcanzar el equilibrio (Rahman, 2003). Durante el período dinámico la velocidad de transferencia de masa disminuye hasta llegar al equilibrio. Cuando éste se alcanza la velocidad de transporte neta de masa es nula y es el final del proceso osmótico. La remoción del agua se realiza por dos mecanismos: flujo capilar y difusivo, mientras que el transporte de solutos ya sea de consumo o de lixiviación se realiza sólo por difusión.

El proceso de deshidratación osmótica es frecuentemente aplicado para conservar la calidad y estabilidad de frutas y hortalizas, sin tener pérdidas considerables en compuestos aromáticos; además de que puede ser utilizado como una operación previa en el secado y la liofilización. Se ha observado que la inclusión de azúcares protege la pigmentación de los vegetales, por lo que su aplicación podría eliminar la necesidad de inactivar enzimas, proceso

comúnmente aplicado para eliminar los problemas de oscurecimiento de vegetales (Sharma *et al.*, 2003).

1.3.1. PRINCIPALES VENTAJAS POTENCIALES DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

1.3.1.1. Mejora de la calidad en términos de color, sabor, aroma y textura

El proceso se puede realizar a presión atmosférica y/o presión subatmosférica (vacío), con presión de vacío las cinéticas de deshidratación son más rápidas y en algunas situaciones se mejora la calidad de los productos deshidratados en términos de textura, color y sabor, entre otros. Cuando se deshidrata a presión atmosférica se presentan los fenómenos de ósmosis y difusión, mientras que a presiones bajas (vacío) se presentan los mecanismos hidrodinámicos. La principal aplicación del proceso de DO es como pretratamiento a otros procesos de conservación de materiales biológicos, con el propósito de mejorar la calidad de los productos terminados, reducir el tiempo de proceso y ahorrar energía. Además de su utilización como pretratamiento, la DO tiene otras aplicaciones en la producción de materia prima para ser incorporada como ingrediente en productos de frutas tales como jaleas, mermeladas, helados, lácteos y confitados, lo cual abre una gran posibilidad para el aprovechamiento y la exportación de frutas (Ayala *et al.*, 2010).

1.3.1.2. Eficiencia energética

La deshidratación osmótica es un proceso que requiere menor consumo de energía que los secados por aire y vacío debido a que se lleva a cabo a bajas temperaturas.

Según Lenart, (2000) la energía consumida en una deshidratación osmótica a 40°C considerando la reconcentración de la solución (jarabe) por evaporación fue por lo menos dos veces inferior que la consumida por el secado por convección de aire caliente a 70°C, considerando la obtención de un producto final de igual humedad en ambos casos. Cabe destacar, que un significativo ahorro energético puede lograrse cuando la deshidratación osmótica se usa como pretratamiento antes de la congelación ya que la disminución de la humedad del alimento reduce la carga energética de refrigeración necesaria para el congelado (Huxsoll, 2001).

Por otra parte, cuando se deshidratan frutas, el jarabe resultante puede usarse posteriormente en la elaboración de jugos de fruta o en las industrias de bebidas, logrando así un aprovechamiento económico de este subproducto (Rahman, 2003).

1.3.1.3. No requiere de tratamientos químicos

Generalmente, no se necesitan tratamientos con sustancias químicas que mejoren la textura del producto.

En el caso del enlatado de rodajas de manzana, que en la práctica comercial no se realiza debido a problemas asociados con el volumen de gas en los tejidos de la manzana que dificultan su remoción durante el vacío y otorgan al producto una

textura demasiado pulposa, se puede recurrir a la deshidratación osmótica (Sharma *et al.*, 2000). En algunos intentos para mejorar la textura de las manzanas enlatadas se usó como agente endurecedor, cloruro de calcio (Dang *et al.*, 1976). Sin embargo, el uso de la deshidratación osmótica en las rodajas de manzana que van a ser enlatadas aumenta la firmeza del producto y mejora su calidad sin requerir el empleo de un agente endurecedor (Sharma *et al.*, 2000). Este proceso es conocido como osmoenlatado. Asimismo, los tratamientos químicos que reducen el pardeamiento enzimático pueden ser evitados cuando se utiliza el proceso osmótico (Pointing, 2002). El azúcar de la solución inhibe la enzima polifenoloxidasas que cataliza los procesos oxidativos de pardeamiento de las frutas cortadas. Además, la inmersión en la solución deshidratante reduce el contacto del producto con el oxígeno retardando la mayoría de los procesos oxidativos. Otro de los efectos del azúcar es la prevención de la pérdida de sabores y aromas volátiles al formar una capa superficial recubriendo el alimento que impide la salida de estos compuestos volátiles.

Cuando el producto pretratado osmóticamente y luego secado con aire caliente contiene un 20 % o más de humedad, los procesos de pardeamiento enzimático y no enzimático provocarían el deterioro paulatino del color, sabor y del aroma. Ponting sugiere en estos casos agregar una etapa de escaldado tras el proceso osmótico.

1.3.1.4. Estabilidad del producto durante el almacenamiento

El producto obtenido de la deshidratación osmótica es más estable que el producto no tratado durante su almacenamiento, debido a la menor actividad

acuosa consecuencia de los solutos ganados y la pérdida de agua. A menores actividades de agua, se reducen las reacciones químicas deteriorativas y el crecimiento de microorganismos y su producción de toxinas.

En el caso de productos enlatados frescos en soluciones siruposas, el agua del producto puede fluir desde el mismo hacia la solución ocasionando su dilución. Esto puede evitarse utilizando un proceso de osmoenlatado para mejorar la estabilidad del producto y su solución (Sharma *et al.*, 2000). Asimismo, el uso de la deshidratación osmótica seguida de congelación de trozos de damascos y duraznos para yogures puede mejorar la consistencia y reducir la sinéresis o separación del suero de los mismos (Giangiacomo *et al.*, 2000).

1.3.2. FACTORES QUE AFECTAN EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

La transferencia de masa durante la deshidratación osmótica ocurre a través de las membranas y paredes celulares. El estado de las membranas celulares puede variar de parcialmente a totalmente permeable. Este fenómeno puede llevar a cambios significativos en la arquitectura de los tejidos. Durante la remoción osmótica de agua de los alimentos, el frente de deshidratación se mueve desde la superficie que está en contacto con la solución hacia el centro. El esfuerzo osmótico asociado puede resultar en la desintegración celular. La causa más probable del daño celular puede atribuirse a la reducción de tamaño causada por la pérdida de agua durante la deshidratación osmótica, resultando en la pérdida de contacto entre la membrana celular externa y la pared celular (Rastogi,

Raghavarao, y Niranjana, 2002). El transporte de masa en la deshidratación osmótica depende de varios factores:

1.3.2.1. Tipo de agente osmótico

Los más comúnmente usados son la sacarosa para frutas y el cloruro de sodio para vegetales, pescados y carnes; si bien también distintas mezclas de solutos han sido probadas (Islam y Flink, 2003) (Wais y Agnelli, 2005). Otros agentes osmóticos pueden ser: glucosa, fructosa, dextrosa, lactosa, maltosa, polisacáridos, maltodextrina, jarabes de almidón de maíz y sus mezclas. La elección dependerá de varios factores tales como costo del soluto, compatibilidades organolépticas con el producto terminado y preservación adicional otorgada por el soluto al producto final y de la influencia del soluto sobre las características organolépticas del producto tratado (Rahman, 2003).

1.3.2.2. Concentración de la solución osmótica

Existen diferentes agentes osmóticos los más comúnmente usados son la sacarosa para frutas y el cloruro de sodio para vegetales, pescados y carnes; si bien también mezclas de solutos han sido probadas. También se pueden utilizar: glucosa, fructosa, dextrosa, maltodextrina, jarabes de almidón de maíz y sus combinaciones.

El aumento de la concentración de la solución incrementa la pérdida de agua del producto y la velocidad de secado ya que la actividad de agua de la solución decrece con un aumento en la concentración de solutos este no implica un aumento en la impregnación de sólidos a la fruta. La fuerza impulsora para la DO es la diferencia de presiones osmóticas entre el producto y la solución concentrada en la cual esta inmersas (Cornejo, 2010).

Cuando se utilizan mezclas de sacarosa y sal la fuerza impulsora para la transferencia de masa aumenta al bajar la actividad de agua de la solución. Además, como se mencionó anteriormente, se forma una capa de sacarosa sobre la superficie del producto que impide la penetración de sal en el producto y permite mejorar la pérdida de agua sin afectar tanto el sabor (Baroni y Hubinger, 2000).

La fuerza impulsora para la deshidratación osmótica es la diferencia de presiones osmóticas entre el producto y la solución concentrada en la cual está inmerso. Por otro lado, la presión osmótica es proporcional a la concentración de la solución, por lo que un aumento de concentración traerá como consecuencia un

incremento en la presión osmótica de esta y por lo tanto en la fuerza impulsora total. A mayor concentración de la solución osmótica, la velocidad de deshidratación también será mayor. Sin embargo, el incremento en la concentración de la solución trae como consecuencia un aumento en la viscosidad, lo que puede dificultar la agitación y el manejo de la solución, haciéndose necesario encontrar una concentración óptima.

1.3.2.3. Temperatura de la solución osmótica

Este es el parámetro más importante que afecta la cinética de pérdida de agua y la ganancia de solutos. La ganancia de solutos es menos afectada que la pérdida de agua por la temperatura ya que a altas temperaturas el soluto no puede difundir tan fácilmente como el agua a través de la membrana celular de los tejidos del producto.

La temperatura presenta dos efectos. Uno de ellos es que el aumento de temperatura favorece la agitación molecular y por consiguiente mejora la velocidad de difusión. El otro es la modificación de la permeabilidad de la membrana celular con un incremento de la temperatura. La temperatura crítica a la cual se produce la variación en la permeabilidad de la membrana depende de las distintas especies, pero se estima que para frutihortícolas ronda en el rango de (50°C-55°C), aproximadamente.

1.3.2.4. pH de la solución

La acidez de la solución aumenta la pérdida de agua debido a que se producen cambios en las propiedades tisulares y consecuentemente cambios en la textura de las frutas y vegetales que facilitan la eliminación de agua (Moy *et al.*, 2000).

1.3.2.5. Propiedades del soluto empleado

El proceso osmótico también depende de las propiedades físicoquímicas de los solutos empleados: pesos moleculares, estado iónico y solubilidad del soluto en el agua. Esta última es muy importante pues define la máxima concentración del soluto que puede emplearse en la solución (Li y Ramaswamy, 2005). Cuando se utilizan soluciones con solutos de mayor peso molecular, la pérdida de agua se incrementa y la ganancia de solutos resulta despreciable respecto de cuando se usa un soluto de menor peso molecular. Por consiguiente, en el proceso osmótico, la pérdida de agua se favorece con el empleo de solutos de peso molecular alto y la impregnación es superior con solutos de bajo peso molecular. La combinación de dos o más solutos en la solución puede hacer más eficiente la deshidratación al proporcionar cada uno de ellos la ventaja que los caracteriza. (Grabowski *et al.*, 2004). Cuando se usan dos solutos como sacarosa y sal se forma una barrera de sacarosa en la superficie que evita la penetración de la sal, cuya presencia en la solución mantiene una baja actividad de agua y en consecuencia produce una continua pérdida de agua y una ganancia de solutos baja. Esta combinación resulta ser más eficiente que si se usa la sal o la sacarosa solas; de esta manera la deshidratación es mayor y la penetración de solutos es menor (Baroni y Hubinger, 2000).

1.3.2.6. Agitación de la solución osmótica:

La deshidratación osmótica puede mejorarse mediante la agitación. La misma disminuye la resistencia a la transferencia de masa en la superficie del producto, además de uniformizar la temperatura y la concentración de solutos en la solución. Sin embargo, existen casos en que puede dañarse el producto y debe evitarse. Es por ello que se prefiere el uso de los agitadores orbitales (que oscilan sobre rulemanes) que los agitadores mecánicos de paletas.

1.3.2.7. Geometría y tamaño del producto

Este factor es importante, ya que variará la superficie por unidad de volumen expuesta a la difusión ya que si el sólido es de gran tamaño o espesor, la deshidratación será lenta debido, a la gran longitud que habrá de correr el agua, por otro lado, si el sólido es pequeño delgado la deshidratación será más rápida. En el caso de cubos o esferas al aumentar el lado o el radio, respectivamente, la superficie por unidad de volumen disminuye y entonces, la pérdida de agua resulta inferior para tamaños superiores (Della, 2010).

1.3.2.8. Relación masa de solución a masa del producto

La pérdida de agua y la ganancia de solutos aumentan con un incremento de la relación masa de solución a masa de producto empleada en la experiencia.

La relación solución osmótica: alimento expresa la cantidad de solución requerida por unidad de peso del alimento a procesar cuando se sumerge el alimento en la solución, éste va perdiendo agua de manera progresiva y a una velocidad directamente proporcional al nivel de concentración de la solución. El agua, por

tanto, diluye la solución osmótica a la misma velocidad con que fluye desde el alimento. Esto provoca un descenso muy pronunciado de la fuerza osmótica (Suca, 2007).

1.3.2.9. Propiedades físico-químicas del alimento:

La composición química (proteínas, carbohidratos, grasas, contenido de sal, etc.), la estructura física (porosidad, arreglo de células, orientación de fibras y tipo de piel) y los pretratamientos como congelación y escaldado pueden afectar la cinética de deshidratación osmótica.

Según Hawkes y Flink (2004), el escaldado con vapor durante 4 min previo a la deshidratación osmótica produjo una menor pérdida de agua y una mayor ganancia de solutos que cuando se realiza la deshidratación osmótica directamente a las rebanadas de papas frescas. La pérdida de integridad de la membrana producida por el calentamiento fue la razón de una pobre deshidratación osmótica.

La variabilidad en los resultados obtenidos en el proceso de deshidratación osmótica entre los diferentes productos depende de la compacidad de los tejidos, contenido inicial de sólidos solubles e insolubles, espacios intercelulares, presencia de gas en el interior de los tejidos, relación entre fracciones de diferentes pectinas (pectinas solubles en agua y protopectinas) y niveles de gelificación de pectinas. Generalmente cuando el producto a deshidratar es muy poroso conviene someterlo a deshidratación osmótica en vacío para facilitar la salida de aire de su interior (Shi y Maupoey, 2000).

1.3.2.10. Presión de operación

La transferencia de agua total en la deshidratación osmótica depende como se mencionó precedentemente de una combinación de dos mecanismos: la difusión y el flujo por capilaridad. Los tratamientos al vacío aumentan el flujo capilar, incrementando la transferencia de agua, pero no influyen en la ganancia de solutos (Fito, 2004). El flujo capilar de agua depende de la porosidad y de la fracción de espacios huecos del producto (Rahman, 2003).

1.3.2.11. Tiempo

El tiempo es un factor de enorme relevancia, debido a que los cambios más importantes del fenómeno de deshidratación ocurren durante las dos primeras horas del proceso, la mayor ganancia de sólidos durante los primeros 30 minutos y la condición de equilibrio se alcanza a tiempos prolongados.

Las temperaturas altas y concentraciones altas del agente osmótico disminuyen el tiempo de permanencia del producto en el jarabe hasta que la deshidratación osmótica llegue a su etapa final; sin embargo, los menores tiempos de proceso no son los más adecuados. La elección del tiempo de proceso adecuado dependerá de las necesidades del producto (Cornejo, 2000)

1.4. EVALUACIÓN SENSORIAL

Es una función que la persona realiza desde la infancia y que la lleva, consciente o inconscientemente, a acertar o rechazar los alimentos de acuerdo con las sensaciones experimentadas al observarlos o ingerirlos.

La necesidad de adaptarse a los gustos del consumidor obliga a que, de una forma u otra, se intente conocer cuál será el juicio crítico del consumidor en la valoración sensorial que realiza del producto alimentario (Sancho, 2002).

1.4.1. Definición

Disciplina utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de los productos que son percibidos por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Gonzales, 2009).

En gran medida la aceptación o rechazo de los alimentos por parte de los consumidores depende de la evaluación sensorial (Latino, 2006).

De ahí la importancia del análisis sensorial de los alimentos que, en general se define en sentido amplio, como un conjunto de técnicas de medida y evaluación de determinadas propiedades de los alimentos, a través de uno o más de los sentidos humanos, obteniendo datos cuantificables y objetivables (Sancho, 2002).

Se teoriza que la calidad sensorial del alimento no es una característica propia, sino el resultado de la interacción entre el alimento y el hombre, entonces se puede definir como la sensación humana provocada por diferentes estímulos procedentes del alimento, mediatizada por las condiciones fisiológicas, psicológicas y sociológicas de la persona o grupo de personas que evalúa. Los sentidos corporales son el principal instrumento usado para este análisis, pero también se necesitan medios matemáticos, como la estadística, y otros

instrumentos materiales que permitan traducir las percepciones a números o datos cuantificables (Sancho, 2002).

La evaluación sensorial es importante para la inversión en mejora de la calidad de los alimentos, para el aseguramiento de la calidad, en el impacto de análisis sensorial, mercado y venta, para la producción, en la decisión de compras y la apertura económica (Latino, 2006)

1.4.2. Propiedades sensoriales

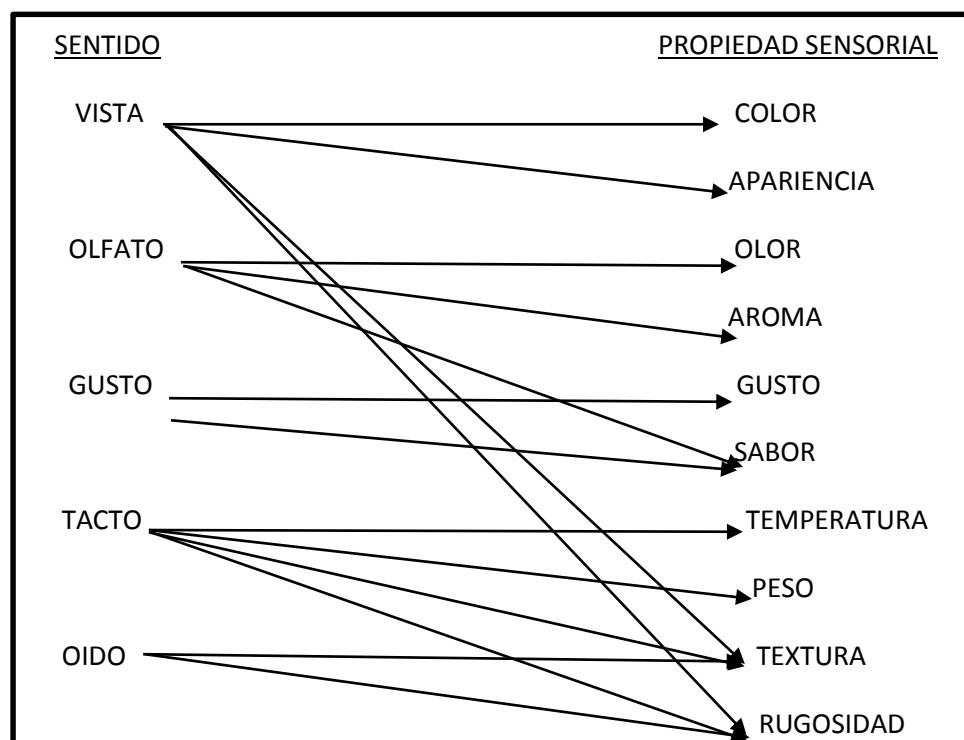


Figura 3 Relación entre los cinco sentidos y las propiedades sensoriales de los alimentos.

Fuente: Anzaldúa (2005)

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos. Hay algunas propiedades que se perciben por medio

de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o más sentidos (Anzaldúa, 2005).

1.4.3. Color

Esta propiedad es la percepción de la luz de una cierta longitud de onda reflejada por un objeto (Anzaldúa, 2005).

El color resulta de la interacción de la luz en la retina y un componente físico que depende de determinadas características de la luz. Estas características son, esencialmente el tono o matiz, saturación o pureza y la luminosidad o brillo (Sancho, 2002)

Existen tres colores simples o básicos (rojo, amarillo y azul) llamados también primarios y de estos se derivan, por combinación, todos los demás tintes o tonos (Anzaldúa, 2005).

El color de los alimentos contribuye gradualmente a nuestra apreciación estética de ellos. Además de proporcionar placer, el color de los alimentos se asocia con otros atributos. Por ejemplo, la madurez de las frutas como el plátano y las fresas se juzga por el color. El color se utiliza como índice de calidad de varios alimentos (Latino, 2006).

La evaluación del color en alimentos se realiza mediante la forma visual y/o instrumental. Para la medición del color puede usarse usando escalas de color, siendo las escalas verbales o descriptivas usadas comúnmente en pruebas de medición, ya sea para control de calidad, evaluación de proceso o desarrollo de nuevos productos. Para efectuar una medición visual de color es necesario que

la iluminación del lugar de evaluación sea adecuada y, además, que la luz utilizada no proporcione color adicional alguno a los objetos. Las paredes del cuarto, así como la superficie de las mesas, deben ser de colores neutros, agradables, y no deben afectar al estado de ánimo de los evaluadores (Anzaldúa, 2005).

1.4.4. Olor

El olor es la percepción por medio de la nariz, de sustancias volátiles liberados en los objetos (Anzaldúa, 2005).

El olor de un alimento contribuye gradualmente al placer de comer. El olor, al igual que la apariencia puede ser índice valioso de la calidad de un alimento, e incluso de un buen estado y frescura (Latino, 2006).

En las evaluaciones de olor es muy importante que no haya contaminación de un olor con otro, por lo que las sustancias o alimentos que vayan a ser evaluados deberán ser mantenidos en recipientes herméticamente cerrados, y deberán usarse en forma tal que su olor pueda evaluarse sin que las otras muestras se contaminan con él (Anzaldúa, 2005).

1.4.5. Sabor

El sabor se percibe principalmente por la lengua, aunque también por la cavidad bucal (por el paladar blando, la pared posterior de la faringe y la epiglotis). Las papilas gustativas de la lengua registran los cuatro sabores básicos: dulce, ácido, salado y amargo, en determinadas zonas preferenciales de la lengua (Sancho, 2002).

El sabor es lo que diferencia a un alimento de otro y no el gusto, ya que, si se prueba un alimento con los ojos cerrados y la nariz tapada, solamente se podrá juzgar si es dulce, salado, amargo o ácido. En cambio, cuando se perciba el olor, se podrá decir, de que alimento se trata. Por ello, cuando se realizar pruebas de evaluación del sabor, no solo es importante que la lengua del juez este en buenas condiciones, sino que el juez no tenga problemas con su nariz y garganta. El sabor se ve influido por el color y la textura (Anzaldúa, 2005).

Los sabores fundamentales son: ácido, dulce, salado y amargo. La sensación conocida como acida, se asocia con los iones de hidrogeno que contienen los ácidos como el vinagre; los que se encuentran en frutas y verduras y por las sales acidas, como las del crémor tártaro y comúnmente se encuentran en la despensa. La intensidad de la sensación acida producida por un ácido depende de la concentración del ion hidrogeno que de la acidez total; sin embargo, la acidez y la concentración de iones de hidrogeno no necesariamente son paralelas (Latino, 2006). El sabor salado lo provocan sales inorgánicas de bajo peso molecular, por ejemplo, la sal común o de cocina (NaCl), cloruro potásico (KCl), bromuro sódico (NaBr) y yoduro sódico (NaI). La sal común es la única de considerarse “Puramente salada”, y por ello se considera que la molécula que mejor define el sabor salado, es el cloruro de sódico (Sancho, 2002). Las sustancias que ocasionan la sensación dulce son principalmente compuestos orgánicos. Los alcoholes, ciertos aminoácidos y aldehídos como el aldehído cinámico (encontrado en la canela), tienen un sabor dulce. El glicerol (glicerina) sabe moderadamente dulce. Sin embargo los azucares son a fuente principal de lo

dulce en los alimentos (Latino, 2006). El sabor amargo viene definido por muchos compuestos químicos, y en especial por los alcaloides como la cafeína o la quitina. Es el más persistente en el tiempo debido en parte a la afinidad de las sustancias amarga por las papilas gustativas, pero sobre todo por la coagulación que provocan las sustancias astringentes en la mucina (Sancho, 2002).

1.4.6. La degustación

Consideran a la degustación como un acto de saborear un producto del que se quiere conocer sus cualidades, sometiéndoles a nuestros sentidos, en particular el gusto y el olfato, pero también la vista y el tacto, intentando conocerlo, buscando sus defectos y señalando sus diferentes características (Sancho, 2002).

La degustación es un método universalmente aceptado para productos de alimentación, bebidas, etc., que resulta imprescindible para que se inicien nuevos consumos (López, 2010).

El degustador es una persona seleccionada para valorar sensorialmente (apreciar el gusto, color, textura, etc.), un alimento según los modelos preestablecidos (Sancho, 2002).

1.4.7. Pruebas usadas en la evaluación sensorial

1.4.7.1. Tiempo de realización

El momento de realizar la degustación viene regido por el sistema de comidas de los catadores. Por ejemplo: antes de las comidas la sensibilidad es mayor, pero en esas condiciones es muy fácil emitir juicios precipitados, por otra parte,

después de las comidas, la sensibilidad gustativa y olfatoria disminuye considerablemente. El número de muestras que se pueden catar en una sesión dependerá de los productos y de los propios catadores, pero no es recomendable exceder los seis productos. Entre una degustación y la siguiente se debe dejar un tiempo de descanso durante el cual se deben eliminar los residuos de la prueba anterior, enjuagando la boca con agua a temperatura ambiente y buena salivación (Sancho, 2002).

1.4.7.2. Preparación de las muestras

Para que los resultados sean significativos es necesario que cada catador tenga muestras típicas del producto. Esto hace absolutamente necesario que el contenido de varios envases o recipientes de los productos frescos o recién elaborados se combine y mezcle bien para obtener así un producto homogéneo y característico. Hay que tener en cuenta que los catadores son influibles por detalles significativos que solo tienen sentido para los emisores de juicio. De allí la necesidad de homogenizar las muestra y evitar cualquier aspecto que pueda destacar (Sancho, 2002).

1.4.7.3. Codificación y orden de presentación de las muestras

El orden de presentación de las muestras es de suma importancia ya que puede alterar significativamente los valores del juicio. Por el efecto contraste que se puede dar entre una muestra de muy buena calidad y otra de más baja; por estos motivos es muy aconsejable que el orden de presentación de las muestras sea estudiado estadísticamente y que se balanceen las posibilidades de colocación mediante un estudio de distribución al azar. La codificación de cada muestra no

debe proporcionar al degustador ninguna información sobre la identidad de las muestras o del tratamiento que han sufrido (Sancho, 2002).

1.4.7.4. Tipos de juez sensorial

Sancho (2002), manifiesta que a partir del momento en que se pide al catador que emita una opinión o juicio se le eleva a la categoría de Juez Sensorial.

1.6.7.4.1 Juez experto o profesional

Trabaja sólo y se dedica a un solo producto a tiempo preferente total.

1.6.7.4.2 Juez entrenado o “Panelista”

Miembro de un equipo o panel de catadores con habilidades desarrolladas, incluso para pruebas descriptivas que actúa con alta frecuencia (7 – 15 jueces por panel).

1.6.7.4.3. Juez semientrenado o aficionado.

Persona con entrenamiento y habilidades similares a las del panelista que, sin formar parte de un equipo o panel estable, actúa en pruebas discriminatorias con cierta frecuencia (10 – 20, máximo 25 jueces por panel).

1.6.7.4.4. Juez consumidor o no entrenado.

Persona sin habilidad especial para la cata, que se toma azar o con criterio para realizar pruebas de satisfacción (paneles de 30 – 40 jueces como mínimo).

1.6.7.5. Tipos de pruebas

En la evaluación sensorial existen tres grupos de pruebas sensoriales, estas son: afectivas, descriptivas y discriminativas.

1.6.7.5.1. Pruebas afectivas

Las pruebas afectivas son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta y lo rechaza, o si prefiere otro (Anzaldúa, 2005).

Por otra parte se necesitan como mínimo 30 personas para que los resultados sean significativos (personas tomadas al azar, deben ser consumidores habituales del producto que evaluarán) (Latino, 2006).

Las pruebas afectivas pueden clasificarse en tres tipos: pruebas de preferencia, pruebas de grado de satisfacción y pruebas de aceptación.

1.6.7.5.1.1. Pruebas de preferencia

Objetivo: ordenar según las opiniones de un grupo de consumidores un par o una serie de muestras de acuerdo al aprecio personal o una preferencia (Pedrero y Pangborn, 1989).

1.6.7.5.1.2. Prueba de grado de satisfacción o aceptabilidad:

La medición de aceptabilidad sensorial se realiza a través del uso de escalas hedónicas, permitiendo la evaluación de hasta 5 ó 6 muestras dependiendo de la naturaleza del producto. Se basan en que el consumidor de su impresión una vez que ha probado las muestras, señalando cuanto le agradan o desagradan (grado de aceptabilidad sensorial). Las muestras se presentan codificadas en orden equilibrado entre los consumidores. Es recomendable que entre la presentación de una y otra muestra el consumidor haga un

intervalo de 1 a 3 minutos y utilice algún neutralizante (frecuentemente agua) para evitar la fatiga.

El objetivo de esta prueba es localizar el nivel de agrado o desagrado que provoca una muestra específica (Pedrero y Pangborn, 1989). Para llevar a cabo estas pruebas se utiliza las “Escala Hedónicas”. La palabra “hedónico” proviene del griego “ἡδονή” que significa placer por lo tanto, las escalas hedónicas son instrumentos de edición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento a quienes lo prueban (Anzaldúa, 2005).

El propio grupo de individuos es ya un producto a tener en cuenta ya que los consumidores (que siempre deben ser catadores inexpertos), puedan ser elegidos al azar o bien seleccionados por aspectos concretos: edad, sexo, capacidad económica, hábitos sociales o de consumo, etc. A estos individuos se les puede abordar en la calle, citarlos en un estudio o sala donde se les hará la prueba, o darles el producto para que toda la familia lo ensaye en su propio domicilio y cada vez podrá ser influido por las explicaciones previas a la pregunta o preguntas claves de la prueba (Sancho, 2002).

La marca que realiza el consumidor sobre la escala se transforma en un valor numérico (puntuación) que luego se analiza estadísticamente por análisis de varianza.

Las escalas pueden ser verbales o gráficas, y la elección del tipo de escala depende de la edad de los jueces y del número de muestras a evaluar (Anzaldúa, 2005).

- **Escalas hedónicas verbales:** Esta escala son las que presentan a los jueces una descripción verbal de la sensación que les produce la muestra. Deben de contener siempre un número no (impar) de puntos, y se debe incluir siempre en el punto central “Ni me gusta ni me disgusta” (Anzaldúa, 2005).

La “Escala hedónica de tres puntos”, que es la más sencilla posible (cuadro 1). Dado el número tan pequeño de puntos, puede usarse solamente cuando la prueba se aplique a la evaluación de una o dos muestras a lo mucho. En el cuestionario no se indican los valores numéricos, sino solo las descripciones, y el director de la prueba asigna los valores en la forma que se mencionó anteriormente al hacer la interpretación de los resultados (Anzaldúa, 2005).

Cuando se tiene más de dos muestras, o cuando es muy probable que dos o más muestras sean agradables (o las dos sean desagradables) para los jueces, es necesario utilizar escalas de más de tres puntos. Así la escala puede ampliarse a cinco, siete o nueve puntos (tabla 4 y tabla 5), simplemente añadiendo diversos grados de gusto o disgusto, como, por ejemplo: “me gusta (o me disgusta) ligeramente”, “me gusta moderadamente”, etc. No es conveniente utilizar escalas hedónicas verbales de más de nueve puntos, ya que es muy difícil y subjetivo

diferenciar. Por ejemplo entre “me gusta bastante y me gusta mucho” (Anzaldúa, 2005).

Tabla 3 *Escala hedónica de tres puntos*

ESCALA HEDÓNICA DE TRES PUNTOS	
Puntuación	Descripción
3	Me gusta
2	Ni me gusta ni me disgusta
1	Me disgusta

Fuente: hough, G. y Fiszman, S. (2005)

Tabla 4 *Escala hedónica de cinco puntos*

ESCALA HEDÓNICA DE CINCO PUNTOS	
Puntuación	Descripción
5	Me gusta mucho
4	Me gusta ligeramente
3	Ni me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta ligeramente
1	Me disgusta mucho

Fuente: hough, G. y Fiszman, S. (2005)

Tabla 5 *Escala hedónica de nueve puntos*

ESCALA HEDÓNICA DE NUEVE PUNTOS	
Puntuación	Descripción
9	Me gusta extremadamente
8	Me gusta mucho
7	Me gusta ligeramente

6	Me gusta levemente
5	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta levemente
3	Me disgusta ligeramente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta extremadamente

Fuente: Hough, G. y Fiszman, S. (2005)

- Escalas hedónicas gráficas

Cuando hay dificultad para describir los puntos de una escala hedónica debido al tamaño de esta, o cuando los jueces tienen limitaciones para comprender las diferencias entre los términos mencionados en la escala (por ej. En los casos en que se emplean a niños como jueces), pueden utilizarse escalas gráficas (Anzaldúa, 2005).

➤ Prueba de aceptación

➤ **Objetivo:** Evaluar de acuerdo a un criterio personal, subjetivo, si la muestra presentada es aceptada o rechazable para su consumo (Pedrero y Pangborn, 1989). El que un alimento le guste a alguien no quiere decir que esa persona vaya a querer comprarlo. El deseo de una persona para adquirir el producto es lo que se llama aceptación, y no solo depende de la impresión agradable o desagradable que el juez reciba al probar un alimento, sino también de aspectos culturales, como socioeconómicos, de hábitos, etc. (Anzaldúa, 2005).

➤ **Pruebas descriptivas**

Se trata de definir las propiedades de los alimentos y medirlos de manera más objetable posible; lo importante es destacar cual es la magnitud o intensidad de los atributos de un alimento, este análisis también lo realizan personas entrenadas (Latino, 2006).

➤ **Pruebas discriminativas**

Las pruebas discriminativas son aquellas en las que no se requieren conocer la sensación subjetiva que produce un alimento a una persona, sino que se desea establecer si hay diferencia o no entre dos o más muestras. Y en algunos casos la magnitud o importancia de la diferencia (Anzaldúa, 2005). Son muy útiles cuando se hace cambios en formulaciones de un producto, cuando se desea establecer si hay o no diferencia entre dos o más sustitutos (el grupo entrenado o semientrenado para la evaluación sensorial, es de aproximadamente entre 10 y 20 personas) (Latino, 2006).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La presente investigación se realizó en los laboratorios de Alimentos y fisicoquímica de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo – Lambayeque.

2.2. MATERIA PRIMA, ADITIVOS Y ENVASES

Para la obtención del jarabe de yacón se utilizó 48.6 kg de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), procedente de la comunidad de Lirio – Cutervo. Y para la deshidratación osmótica de utilizó 1.5 kg de yacón.

2.1.1. ADITIVOS

- Ácido cítrico.
- Ácido ascórbico.

2.1.2. ENVASES

- Envases de plástico
- Bolsas de polietileno

2.3. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

2.3.1. Equipos de laboratorio

- pH metro
- Estufa
- Mufla
- Equipo KJEDHAL

- Equipo SOXHLET
- Campana de desecación
- Estufa de esterilización, característica: 170 ± 5 °C
- Balanza digital capacidad 2100 g; sensibilidad 0,1 g
- Balanza analítica, marca excell capacidad de 300 g y sensibilidad 0,1 g
- Baño María, característica: 45 ± 1 °C
- Material de vidrio diverso.

2.3.2. REACTIVOS:

- Solución indicadora de fenolftaleína al 1% en alcohol.
- Ácido sulfúrico, químicamente puro.
- Hidróxido de sodio al 0,1N.
- Hidróxido de sodio al 40%
- Éter de petróleo
- Carbonato de sodio
- Ácido bórico al 4%
- Rojo de metilo
- Verde de bromo crisol
- Ácido clorhídrico 0.1N.
- Hexano.
- Agua destilada.
- Mezcla catalítica:
 - Sulfato cobre $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
 - Sulfato de potasio K_2SO_4

2.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y TÉCNICAS

1.4.1. Análisis químico proximal

Tabla 6 *Análisis químico proximal realizado al yacón*

Proceso químico	Método	Técnica
Humedad	950.46	A.O.A.C., 2005
Proteínas	984.13	A.O.A.C., 2005
Fibra	962.09	A.O.A.C., 2005
Cenizas totales	942.05	A.O.A.C., 2005
Grasa	2003.05	A.O.A.C., 2005

4.1.2. Análisis Fisicoquímico

Tabla 7 *Análisis Fisicoquímico realizado al yacón*

Proceso químico	Método	Técnica
Acidez titulable	Titulación	A.O.A.C., 1997
pH	Electrodo indicador	Potenciómetro
°Brix	Índice de refracción	Refractómetro

2.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El proceso para la producción de yacón osmodeshidratado en jarabe de yacón a diferentes concentraciones y tiempos de inmersión, se muestra en el siguiente diagrama de bloques.

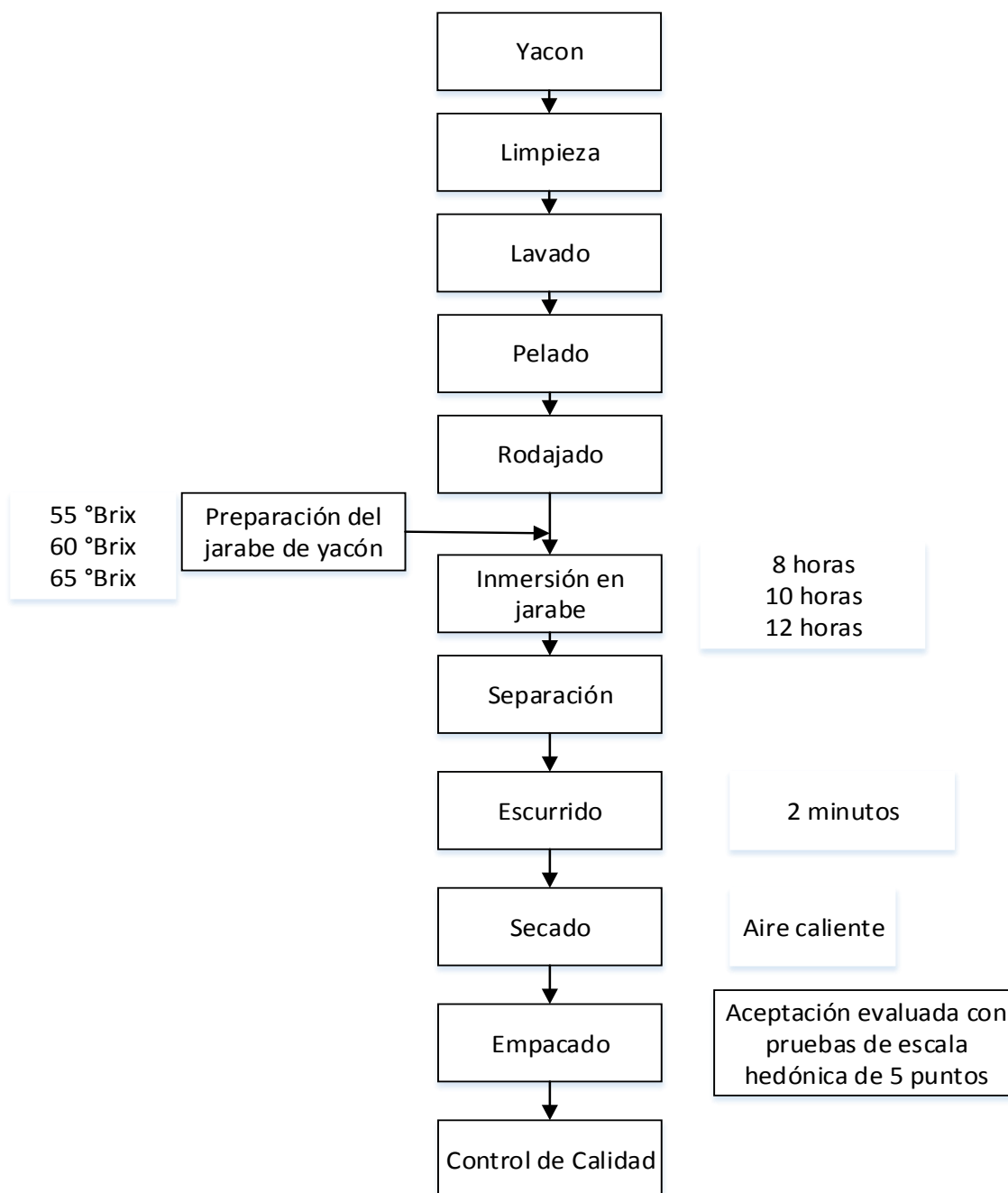


Figura 4 Diagrama de bloques con las etapas de elaboración de yacón osmodeshidratado.

Fuente: Elaboración propia (2016)

2.5.1. Descripción del proceso para la obtención del yacón osmodeshidratado

2.5.1.1. Caracterización del Yacón.

Se realizó mediante el análisis proximal: humedad, fibra, proteína, grasa, ceniza, como también el análisis fisicoquímico: °Brix, acidez titulable y pH.

2.5.1.2. Acondicionamiento del yacón

- **Materia prima:** El yacón que se utilizó para el proceso se obtuvo del caserío de Lirio de la Provincia de Cutervo, el mismo que se cosechó cuando las hojas de la planta estaban secas, lo que nos indicó la madurez optima, esta madurez fue obtenida cuando la raíz alcanza un periodo de 7 – 8 meses.
- **Limpieza:** Se eliminó las impurezas como: tierra, tallos, hojas y otros residuos procedentes del campo. Se realizó de forma manual.
- **Lavado:** Se eliminó la suciedad que el yacón trae consigo antes que entre a la línea de proceso, este lavado se realizó con agua limpia, mediante la adición de hipoclorito de sodio, a razón de 10 ml de solución al 10% por cada 100 litros de agua.
- **Pelado.** Consiste en la remoción de la piel del yacón. Esta operación se realizó de forma manual.
- **Trozado.** Se cortó el yacón en rodajas de 0.5 mm de espesor y se sumergió en una solución con ácido ascórbico (0.15g por cada Kg de raíces de yacón) con la finalidad de evitar el pardeamiento.

2.5.1.3. Preparación del jarabe de yacón

En esta operación se realizó siguiendo los pasos del siguiente diagrama de bloques.

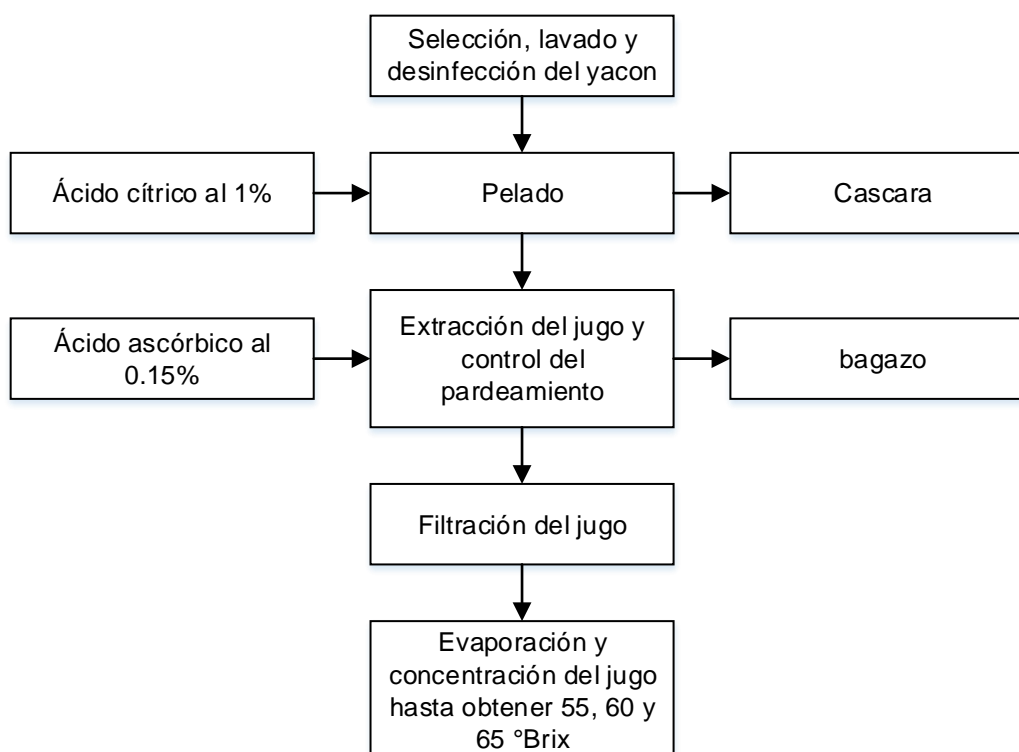


Figura 5 Diagrama de bloques para la obtención del jarabe de yacón

Fuente: elaboración propia (2016)

Descripción del diagrama de bloques para la obtención del jarabe de yacón:

1. Selección, lavado y desinfección del yacón.

- **Selección:** Se realizó de forma manual, se trabajó con yacón que no se encuentre dañado.
- **Lavado y desinfección del yacón:** Se eliminó la suciedad que el yacón trae consigo antes que entre a la línea de proceso, este lavado se realizó con agua limpia, mediante la adición de hipoclorito

de sodio, a razón de 10 ml de solución al 10% por cada 100 litros de agua

- 2. Pelado:** Se realizó de forma manual, utilizando un cuchillo.
- 3. Extracción del jugo y control del pardeamiento:** La extracción se realizó utilizando una maquina extractora, y para el control del pardeamiento se utilizó ácido ascórbico a una concentración del 0.15%.
- 4. Filtración del jugo:** Para evitar que pase materias extrañas al jugo se utilizó tela organza.
- 5. Evaporación y concentración del jugo:** Una vez obtenido el jugo se realizó la concentración, se colocó en ollas para a luego ser llevado al fuego hasta obtener 55, 60 y 65 °Brix.

2.5.1.3. Inmersión en jarabe.

Una vez preparado el jarabe se colocó en los recipientes de plástico 400 ml de capacidad, para luego ser sumergidas las hojuelas de yacón, por tiempos de 8,10 y 12 horas.

2.5.1.4. Separación de las hojuelas

Una vez finalizado el tiempo establecido de inmersión, se utilizó un colador para separar las hojuelas del jarabe de yacón.

2.5.1.5. Escurrido

Luego se dejó escurrir por un tiempo de 2 minutos, con la finalidad de quitar restos de jarabe de la superficie de las hojuelas.

2.5.1.6. Secado

El secado se realizó con aire caliente mediante una estufa a una temperatura de 60°C durante 8 horas.

2.5.1.7. Control de calidad.

Producto final. Se determinó el porcentaje de humedad, contenido de °Brix, acidez titulable y pH de yacón osmodeshidratado, así como la determinación oligopolisacáridos en forma cualitativa.

2.5.1.8. Empacado.

El empacado se realizó en presentaciones de 50 gr. en bolsa de polietileno.

2.6. DIAGRAMA EXPERIMENTAL

En la figura 6, se presenta el diseño experimental para yacón osmodeshidratado. La codificación de envases de yacón osmodeshidratado con las diferentes concentraciones y tiempos de inmersión, se presenta en la tabla 9.

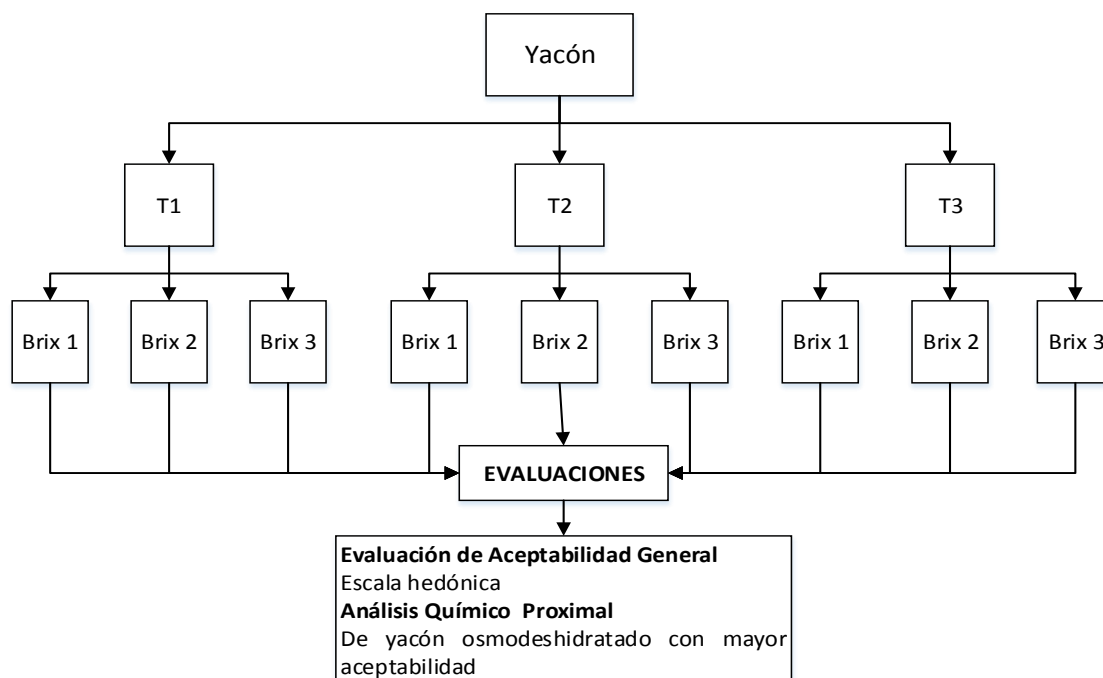


Figura 6 Diseño experimental para la obtención y evaluación físicoquímica, proximal y sensorial yacón osmodeshidratado.

Fuente: Elaboración propia (2016)

VARIABLES:

Variables independientes:

1. Concentración del jarabe:

Brix 1= 55 °Brix

Brix 2= 60 °Brix

Brix 3= 65 °Brix

2. Tiempo de inmersión: En jarabe de yacón

T1= 8 horas

T2= 10 horas

T3= 12 horas

3. Tratamiento del yacón osmodeshidratado:

1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

Variables dependientes:

Aceptabilidad general

Tabla 8 Codificación de envases de yacón osmodeshidratado, según concentración de jarabe y tiempo de inmersión

Tratamiento	Concentración de jarabe (P)	Tiempo de inmersión (T)	Descripción
T1= 11	Brix 1	8	Yacón en inmersión en jarabe de yacón con 55°Brix por 8 horas
T2= 12	Brix 2	10	Yacón en inmersión en jarabe de yacón con 55°Brix por 10 horas
T3= 13	Brix 3	12	Yacón en inmersión en jarabe de yacón con 55°Brix por 12 horas
T4= 21	Brix 1	8	Yacón en inmersión en jarabe de yacón con 60°Brix por 8 horas
T5= 22	Brix 2	10	Yacón en inmersión en jarabe de yacón con 60°Brix por 10 horas
T6= 23	Brix 3	12	Yacón en inmersión en jarabe de yacón con 60°Brix por 12 horas
T7= 31	Brix 1	8	Yacón en inmersión en jarabe de yacón con 65°Brix por 8 horas
T8= 32	Brix 2	10	Yacón en inmersión en jarabe de yacón con 65°Brix por 10 horas
T9= 33	Brix 3	12	Yacón en inmersión en jarabe de yacón con 65°Brix por 12 horas

Fuente: Elaboración propia (2015)

2.7. EVALUACIÓN SENSORIAL

Las nueve (9) muestras de yacón osmodeshidratado después de haber pasado por los tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9) fueron analizados sensorialmente con el objetivo de evaluar las características sensoriales y de esta manera determinar el tratamiento que esté de acuerdo al grado de aceptabilidad

del panel degustador; este panel estuvo conformado por 30 panelistas semientrenados, y para ello se asignó a cada uno una ficha de evaluación sensorial (anexo 2), donde se evaluaron los tratamientos de yacón osmodeshidratado previamente codificados a través de una escala hedónica de 5 puntos para medir la aceptabilidad, así mismo se analizaron los atributos (color, olor, textura y sabor). Los nueve (9) tratamientos se presentaron en un plato de tecnopor, cada una de ella separadas independientemente, una de la otra con su respectiva codificación.

Tabla 9 *Códigos utilizados en la evaluación sensorial definitiva del producto objetivo.*

NÚMERO DE CODIFICACIÓN PARA CADA TRATAMIENTO DE YACÓN PANELISTAS OSMODESHIDRATADO									
	11	12	13	21	22	23	31	32	33
30	242	395	584	962	529	673	731	298	143

Fuente: Elaboración propia (2015)

Esta prueba se aplicó a estudiantes del octavo a noveno ciclo de la Escuela Profesional de Industrias Alimentarias de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (aproximadamente entre 17 a 23 años).

Así mismo se tomó en cuenta los siguientes criterios de evaluación para elegir a las personas que actuaron como panelistas:

- Se excluyó a personas que consumieron goma de mascar, bebidas alcohólicas y fumaron antes de la evaluación.

- Los panelistas no deben de consumir alimentos ni bebidas en el momento de la degustación ya que influye en el resultado de la misma.
- No se permitió el uso de perfumes y cosméticos en el área de evaluación.

Esta evaluación se realizó en horarios de 9:30 a 11:30 A.M. y entre una y otra degustación se dio un tiempo de descanso de 2 minutos durante el cual se eliminaron los residuos de la prueba anterior, enjuagando la boca con agua a temperatura ambiente y buena salivación.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Resultados del análisis químico proximal

Tabla 10 *Composición proximal del yacón*

Composición	Cantidad (%)
Humedad	86,651
Proteínas	0,321
Grasa	0,39
Fibra	0,51
Ceniza	0,46
Carbohidratos	11,79

Fuente: Elaboración propia (2015)

En la tabla 10, se presentan los resultados promedios de la composición proximal que fueron obtenidos para el yacón utilizado en la elaboración de yacón osmodeshidratado; el contenido de humedad fue 86,651%; valor cercano al obtenido por (RAMOS, 2007) en el estudio bromatológico realizado a tres variedades nativas de yacón (80,83 %) y similar al encontrado por (Collazos, 2009)(86,6%), así también, se determinó el contenido de cenizas en base seca alcanzando 0,46%, este valor es parecido al encontrado por (Collazos, 2009) (0,3%) pero difiere del obtenido por (RAMOS, 2007) (2,84%). En cuanto a proteínas se obtuvo un porcentaje de 0,321, valor que coincide con el establecido en las tablas peruana de composición de alimentos por (Collazos, 2009)(0,3), sin embargo difiere al encontrado por (RAMOS, 2007) (2,81%); esta variación se debe a diversos factores como: el clima, tierra, cosecha, estado de madurez y otros. El porcentaje de grasa encontrado en el yacón utilizado en el estudio fue de 0,39%, valor similar al de (Collazos, 2009) (0,3 %) y mayor al encontrado por

(RAMOS, 2007) (0,29%) y con respecto al contenido de fibra el valor que se obtuvo fue de 0,51%, valor igual al mostrado por (Collazos, 2009) (0,5%), pero diferente al encontrado por (RAMOS, 2007) (4,21).

Respecto al porcentaje de carbohidratos obtenidos en el estudio fue de 11,79% valor similar al reportado por Collazos (12,5% de carbohidratos) encontrándose dentro de este contenido los fructooligosacaridos.

3.2. Resultados del análisis fisicoquímico

Tabla 11 *Composición fisicoquímico del yacón*

Composición	Cantidad
°Brix	9
Acidez titulable	0,056
pH	6

Fuente: Elaboración propia (2015)

En la tabla 11 se observa la composición fisicoquímica del yacón, donde los sólidos solubles del yacón reportados en nuestros resultados fue de 9 °Brix. (Manrique, 2005) considera que la concentración de azúcares en las raíces de yacón es por lo general entre 8 a 12 °brix, encontrándose nuestros resultados en ese rango. Sin embargo (Ynouyeb, 2005), determinó que los sólidos solubles en el yacón se encuentran en el rango de 4,48 a 7,67 °Brix, encontrándose este valor por debajo de nuestros resultados.

La acidez del yacón obtenido en este estudio fue de 0,056 % expresado en ácido cítrico, que fue comparado con lo reportado por (Ramos, 2007) de 0,30 % existiendo una diferencia en promedio con nuestros resultados de 0,244%.

Tabla 12 *Composición proximal del yacón osmodeshidratado.*

Composición	Cantidad (%)
Humedad	8,0
Proteínas	0,58
Grasa	0,55
Fibra	0,53
Ceniza	2,20
Carbohidratos	88,14

Fuente: Elaboración propia (2015)

Tabla 13 *Composición fisicoquímica del yacón osmodeshidratado*

Composición	Cantidad
°Brix	47,5%
Acidez titulable	0,029%
pH	6

Fuente: Elaboración propia (2015)

Con el fin de determinar la composición del yacón osmodeshidratado se realizaron análisis proximales y fisicoquímicos: humedad, pH, acidez expresado en ácido cítrico, proteínas, grasa, fibra, ceniza y carbohidratos. Los resultados se muestran en la tabla 12 y 13, donde el porcentaje de humedad es 8,0%, resultado que muestra el elevado porcentaje de reducción de agua en comparación con el yacón fresco que tiene 86,6 % de agua.

Al obtener los datos fisicoquímicos del yacón osmodeshidratado y compararlos con los del yacón fresco, podemos apreciar la variación de los porcentajes de humedad a consecuencia del incremento de la concentración de solutos, los valores de la masa, humedad y volumen disminuyen mientras que valores de sólidos aumentan, tal como lo mencionan (Ochoa y Ayala, 2005), la pérdida de

agua y la ganancia de sólidos son proporcionales a la concentración; en cuanto a la proteína también se observa un incremento para el yacón osmodeshidratado lo que indica que la utilización de la deshidratación osmótica mejora la calidad sensorial y nutricional del alimento tal como lo indican (Bolin *et al.*, 2002), quienes mencionan que la preconcentración que tiene lugar durante los procesos osmóticos de deshidratación, limita el daño causado por las elevadas temperaturas, mejora la calidad textural, la retención de vitaminas, el mantenimiento del sabor y aroma, y estabiliza el color.

3.1. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL SABOR, COLOR, OLOR Y TEXTURA

En las figuras 7,8,9 y 10, se muestran los datos obtenidos en los paneles de evaluación sensorial para las hojuelas osmodeshidratadas para los nueve tratamientos, teniendo en cuenta que en cada figura la escala de evaluación hedónica empleada es (1-5) y el número de panelistas (30) que evaluaron cada uno de los atributos estudiados (color, olor, sabor y textura).

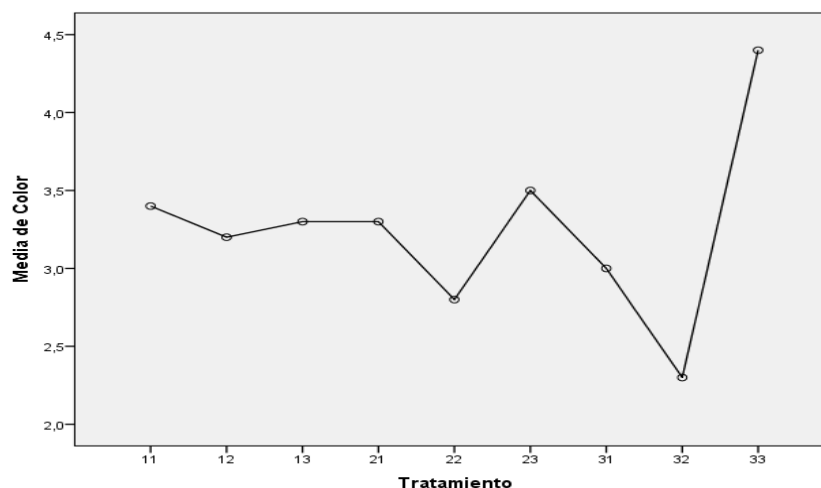


Figura 7 Media de color vs tratamientos.

Fuente: Elaboración propia (2015)

En la Figura 7 se muestra los datos promedio de los puntajes obtenidos en la evaluación sensorial por cada tratamiento en el atributo color.

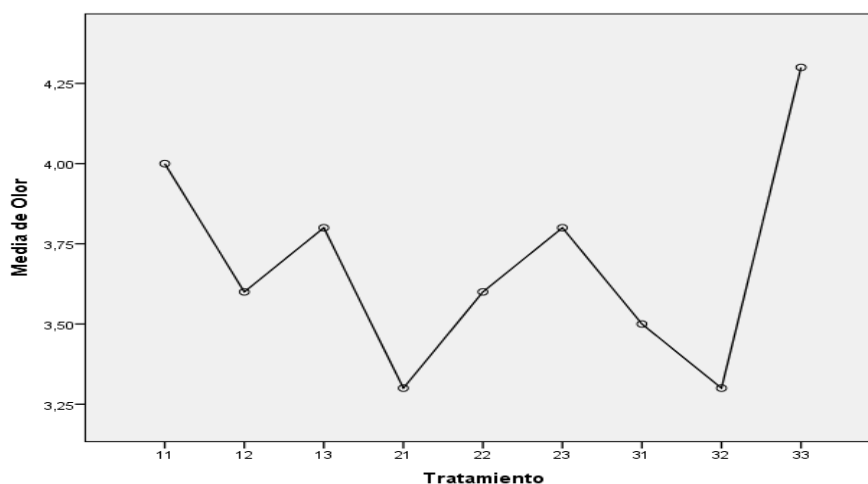


Figura 8 Media de olor vs tratamientos

Fuente: Elaboración propia (2015)

En la Figura 8 se muestra los datos promedio de los puntajes obtenidos en la evaluación sensorial por cada tratamiento en el atributo olor.

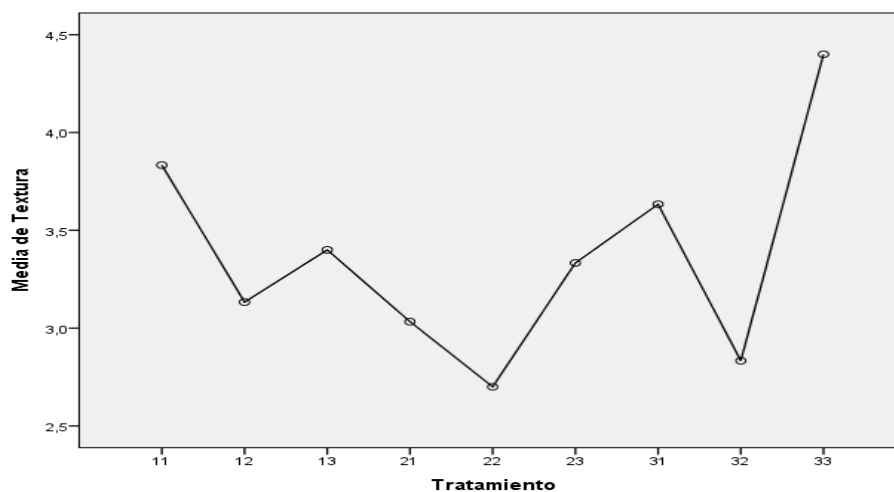


Figura 9 Media de textura vs tratamientos

Fuente: Elaboración propia (2015)

En la Figura 9 se muestra los datos promedio de los puntajes obtenidos en la evaluación sensorial por cada tratamiento en el atributo textura.

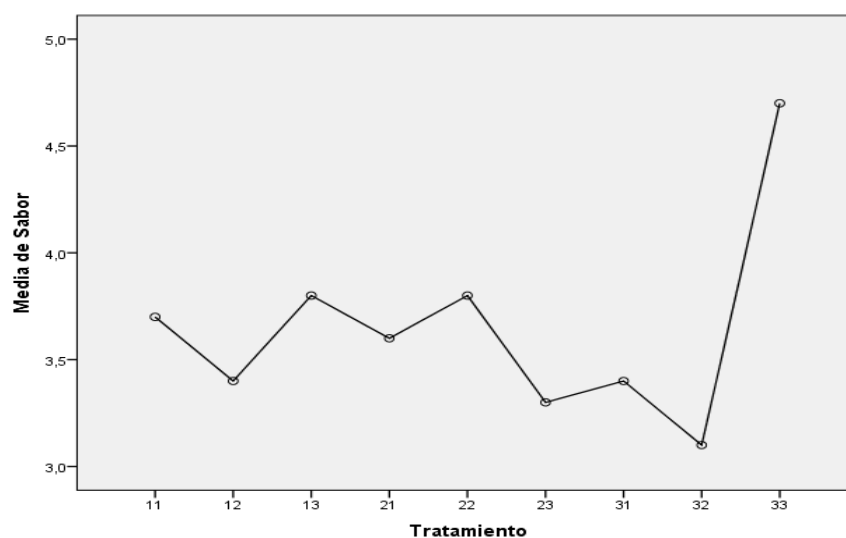


Figura 10 Media de sabor vs tratamientos

Fuente: Elaboración propia (2015)

En la Figura 10 se muestra los datos promedio de los puntajes obtenidos en la evaluación sensorial por cada tratamiento en el atributo sabor.

3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS DATOS

3.2.1. ANOVA Y PRUEBA TUKEY DEL ATRIBUTO COLOR PARA LOS 9 TRATAMIENTOS

En la tabla 14 se observa que al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) el valor de P es menor que 0,05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0 , las medias de los factores son iguales) lo que indica que existe una diferencia significativa por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa (las medias de los niveles son diferentes), es decir la concentración del jarabe y el tiempo de inmersión influyen en el color del producto y en la aceptación o preferencia del consumidor.

Tabla 14 *Análisis de varianza de color (ANOVA).* *Análisis de varianza de color (ANOVA).*

	Suma de	Media		
	cuadrados	gl	cuadrática	F Sig.
Entre grupos	77,467	8	9,683	11,899 ,000
Dentro de grupos	212,400	261	,814	
Total	289,867	269		

Fuente: Elaboración propia (2015)

En la tabla 15, se muestra la prueba de tukey, con la finalidad de encontrar si los nueve tratamientos tienen la misma aceptación, obteniéndose que el tratamiento 33 (65 °brix por 12 horas) es el que tiene mayor aceptación significativa.

Tabla 15 *Prueba de Tukey al 5% para color*

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
32	30	2,30		
22	30	2,80	2,80	
31	30	3,00	3,00	
12	30		3,20	
13	30		3,30	
21	30		3,30	
11	30		3,40	
23	30		3,50	
33	30			4,40
Sig.		,071	,071	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 30,000.

Fuente: Elaboración propia (2015)

3.2.2. ANOVA Y PRUEBA TUKET DEL ATRIBUTO OLOR PARA LOS 9 TRATAMIENTOS

Tabla 16 *Análisis de varianza de olor (ANOVA)*

	Suma de	Media		
	cuadrados	gl	cuadrática	F Sig.
Entre grupos	25,467	8	3,183	5,054 ,000
Dentro de grupos	164,400	261	,630	
Total	189,867	269		

Fuente: Elaboración propia (2015)

En la tabla 16, se presentan los resultados de los análisis de varianza para el olor de las hojuelas osmodeshidratadas de yacón, obteniéndose diferencias significativas con un nivel de significancia del 5%. Así mismo en la tabla 17, se muestra la prueba de tukey para encontrar cuál de los tratamientos tiene la misma

aceptación, obteniéndose que el tratamiento 33 (65 °brix por 12 horas) es la que tiene mayor aceptación significativa.

Tabla 17 Prueba de Tukey al 5% para olor

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
21	30	3,30		
32	30	3,30		
31	30	3,50	3,50	
12	30	3,60	3,60	
22	30	3,60	3,60	
13	30	3,80	3,80	3,80
23	30	3,80	3,80	3,80
11	30		4,00	4,00
33	30			4,30
Sig.		,267	,267	,267

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 30,000.

Fuente: Elaboración propia (2015)

3.2.3. ANOVA Y PRUEBA TUKET DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA LOS 9 TRATAMIENTOS

Tabla 18 Análisis de varianza de textura (ANOVA)

	Suma de	Media		
	cuadrados	gl	cuadrática	F Sig.
Entre grupos	67,600	8	8,450	10,859 ,000
Dentro de grupos	203,100	261	,778	
Total	270,700	269		

Fuente: Elaboración propia (2015)

En la tabla 18, se presentan los resultados de los análisis de varianza para la textura de las hojuelas osmodeshidratadas de yacón, obteniéndose diferencias significativas con un nivel de significancia del 5%. Así mismo en la tabla 19, se muestra la prueba de tukey para encontrar cuál de los tratamientos tiene la misma aceptación, obteniéndose que el tratamiento 33 (65 °brix por 12 horas) es la que tiene mayor aceptación significativa.

Tabla 19 *Prueba de Tukey al 5% para textura*

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
22	30	2,70			
32	30	2,83			
21	30	3,03	3,03		
12	30	3,13	3,13	3,13	
23	30	3,33	3,33	3,33	
13	30	3,40	3,40	3,40	
31	30		3,63	3,63	
11	30			3,83	3,83
33	30				4,40
Sig.		,058	,178	,058	,243

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 30,000.

Fuente: Elaboración propia (2015)

3.2.4. ANOVA Y PRUEBA TUKET DEL ATRIBUTO SABOR PARA LOS 9 TRATAMIENTOS

Tabla 20 *Análisis de varianza de sabor (ANOVA)*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	51,067	8	6,383	9,988	,000
Dentro de grupos	166,800	261	,639		
Total	217,867	269			

Fuente: Elaboración propia (2015)

En la tabla 20, se presentan los resultados de los análisis de varianza para la textura de las hojuelas osmodeshidratadas de yacón, obteniéndose diferencias significativas con un nivel de significancia del 5%. Así mismo en la tabla 21, se muestra la prueba de tukey para encontrar cuál de los tratamientos tiene la misma aceptación, obteniéndose que el tratamiento 33 (65 °brix por 12 horas) es la que tiene mayor aceptación significativa.

Tabla 21 *Prueba de Tukey al 5% para sabor*

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
32	30	3,10		
23	30	3,30	3,30	
12	30	3,40	3,40	
31	30	3,40	3,40	
21	30	3,60	3,60	
11	30	3,70	3,70	
13	30		3,80	
22	30		3,80	
33	30			4,70
Sig.		,092	,276	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 30,000.

Fuente: Elaboración propia (2015)

IV. CONCLUSIONES

1. Se logró determinar el efecto de la concentración del jarabe de yacón y el tiempo de inmersión, la cual nos indicó que a mayor concentración y mayor tiempo de inmersión mejor aceptación de las rodajas del yacón osmodeshidratadas.
2. Se efectuó la caracterización fisicoquímica y proximal del yacón de la provincia de Cutervo, en la que se obtuvo 9 °Brix; 0,056% de acidez titulable; 5,7 de pH; 0,321 de proteínas; 0,39 de grasa; 0,51 de fibra; 0,46 de ceniza y 11,79 de carbohidratos donde se encuentran inmersos los fructooligosacaridos.
3. Se logró obtener las hojuelas de yacón osmodeshidratado y mediante la evaluación sensorial se determinó el mejor tratamiento; en lo que respecta a los atributos sensoriales (olor, color, textura y sabor), donde al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) existió diferencia significativa, llevándose a la prueba de tukey, siendo el de mayor aceptabilidad por los panelistas el tratamiento 33 (concentración de jarabe 65 °brix-tiempo de inmersión 12 horas).
4. Se realizó los análisis fisicoquímicos a las hojuelas de yacón osmodeshidratadas elegidas como mejor tratamiento obteniendo como resultados 47,5°Brix; 0,029% de acidez titulable y 6,0 de pH y en cuanto a los análisis proximales las hojuelas de yacón obtuvieron 0,55% de grasa; 0,58% de proteína y 0,53% de fibra.

V. RECOMENDACIONES

1. Determinar el tiempo de vida útil de las hojuelas de yacón osmodeshidratadas considerando diferentes tiempos de almacenamiento.
2. Evaluar la factibilidad de comercialización del producto, teniendo en cuenta un estudio de mercado, así como también la implementación de plantas procesadoras que puedan comercializar yacón osmodeshidratado.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anderson HB, E. L. (2001). Health effects of probiotics and prebiotics. A literature review on human studies Scandinavian Journal of nutrition , 58 - 75.
- Anzaldúa Morales, A. (2005). La evaluación sensorial de los alimentos en la práctica y en la teoría . Zaragoza, España : Acribia.S.A.
- Arango, O., Curán, G., & Fajardo, J. (diciembre de 2008). Extracción, Cristalización Y Caracterización de Inulina a partir de Yacón para su utilización en la Industria Alimentaria y Farmacéutica. Cielo, 6(2). Recuperado el 12 de diciembre de 2016, de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v6n2/v6n2a03.pdf>
- Ayala, A., Giraldo, C., & Serma, C. (2010). Cinéticas de Deshidratación Osmótica de Pitahaya amarilla.
- Bolin, H., Huxsoll, C., Jackson, R., & Ng, K. (2002). Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. Journal of Food Science, 202-205.
- Campos, A. L., & Flores, D. (2012). Deshidratación osmotica de placas de Cayote (Sechium edule) utilizando soluciones hipertonicas de cloruro de sodio y sacarosa. México. Recuperado el 12 de febrero de 2017, de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32454/1/camposchoa.pdf>
- Chacon, V. A. (2006). Perspectivas agroindustriales actuales del los oligofructosacáridos (FOS). Agronomía Mesoamericana , 17(2), 265-280. Recuperado el 13 de enero de 2017, de [http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-1/TSIA-4\(1\)-Hernandez-Carranza-et-al-2010.pdf](http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-1/TSIA-4(1)-Hernandez-Carranza-et-al-2010.pdf)
- Collazos, C. (2009). la composición de alimenos de mayor consumo en el Perú (6ta ed.). Lima, Perú.

- Cornejo, Z. (2000). Modelación Matemática de la Cinética de Deshidratación Osmótica de la Carica Papaya Guayaquil Ecuador. Tesis , Ecuador .
- Dang R., S. R. (1976). Studies on Kashmir apples cannings-rings. Indian Food Packer , 9.
- Della, R. P. (2010). Secado de Alimentos por Métodos Combinados: Deshidratación Osmótica y Secado por Microondas y aire Caliente. Argentina.
- Dostert, N. (2009). Hojas botánicas: Yacón - *Smallanthus sonchifollius*. Lima.
- Elena, L. P. (2006). Estado del Arte del Sector de Plantas Medicinales en Perú: El Futuro de la Plantas Medicinles del Altiplano y los Valles Centrales de los Andes. Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo industrial (ONUDI).
- Endl, P. &. (2007). Estudio químico - bromatológico de algunas variedades de Yacón (*Smallantuhus sonchifolius*). Universidad Nacional Mayor de San Marcos , Lima .
- Estudio qu. (s.f.).
- Fito, P., Andrés, A., Barat, J., & Albors, A. (2001). Introducción al secado de Alimentos por Aire Caliente. 210.
- Garcia, P. R. (2003). Estudio Fitoquímico y nutricional de *Smallanthus sonchifollius*.
- Giangiacomo, R., Torreggiani, D., & Erba, M. y. (2000). Use of osmodehydro-frozen fruit cubes in yogurt. Ital. J. Food. Sci.
- Gonzales, F. I. (2009). Estrategia de diferenciación de productos de consumo para su posicionamiento en la preferencia del consumidor. Instituto Politécnico Nacional , México D.F.

- Gordillo, G. (2009). Efecto Hipoglicemiante del extracto acuoso de las hojas de *Smallanthus sonchifolius* (Yacón) en pacientes con Diabetes Mellitus tipo 2. Scribd, 44. Recuperado el 4 de diciembre de 2016, de <https://es.scribd.com/doc/88177439/TESIS-MAESTRIA-YACON>
- GOTO, K. e. (2003). Insolation and structural analysis of oligosaccharides from Yacón (*Polyamine sonchifolia*).
- Grau, C. y. (1998). *Samallanthus sonchifolius* .
- Hawkes, J., & Flink, J. (2004). Osmotic Concentration of fruits slices prior to freeze dehydration. *Food Proc. Preserv.*, 265-284.
- Huxsoll, C. (2001). Reducing the refrigeration load by partial concentration of foods prior to freezing. *Food Technology*, 35, 98 - 102.
- Islam, M., & Flink, J. (2003). Dehydration of potato II. Osmotic concentration an its effect on air drying behaviour. *Journal of Food Technology*, 387-403.
- Jangam, S., Law, C., & Mujumdar, A. (2011). Vegetables and Fruits. Drying of Foods, 2. Recuperado el 11 de febrero de 2017, de http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/qf-espinoza_jl/pdfAmont/qf-espinoza_jl.pdf
- Kelly, Z. (2009). Análisis de la competitividad del sector biocomercio en Colombia en comparación con Perú. Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, Facultad de relaciones internacionales Bogotá D. C., Colombia.
- Latino, G. (2006).
- Lenart A., L. P. (1988). Energy consumption during osmotic and convective drying of plant tissue. *Acta alimentaria Polonica* , 65.

- Lerici C. Pinnavaia G., R. M. (1985). Osmotic dehydration of fruit: influence of fruit: influence of osmotic agent on drying behaviour and product quality . Journal of Food Science , 1217-1219.
- López Brox, A. (2010). Promociones en espacios comerciales . España: Vértice
- Manrique, I. P. (2005). Jarabe de yacón: principios y procesamiento. (Vol. 8). Lima, Perú.
- Manrique, I., Gonzales, R., Valladolit, A., Blas, R., & Lizagarra, L. (2014). Producción de semillas en Yacón Mediante Técnicas de Polinización Controladas. Recuperado el 15 de noviembre de 2016, de <http://www.lamolina.edu.pe/ECOLAPL/Articulo%2015%20No%202%20vol%2013.pdf>
- Mayta, P. P. (1 de septiembre de 2004). (CIMEL, Ed.) Ciencia e Investigación Medica Estudiantil Latinoamericana, 7-11.
- Mujumdar, A. (2006). Principles, Classification, and Selection of Dryers. Handbook of Industrial Drying, 4 - 31.
- Narai, A., & Kanayama, N. (2007). Dependence of Fructooligosaccharide Content on Activity of Fructooligosaccharide-Metabolizing Enzymes in Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) Tuberous Roots during Storage. Journal of Science, 381.
- Niness, K. (1999). Inulin and oligofructose what are they.
- NINESS, K. (s.f.). Inulin and Oligofructose . Journal of Nutrition , 129 .
- Ochoa, M. C., & Ayala, A. A. (2005). Modelos Matemáticos de Transferencia de masa en deshidratación Osmótica. Ciencia y Tecnología Alimentaria, 4(5), 334.
- Ohya, T. e. (2003). Composition of storage carbohydrate in tubers of Yacón (*Polymnia sonchifolia*). Soil Science and Plant Nutrition, 27.

- Pedrero, F., L. D., & Pangborn, R. (1989). Evaluación sensorial de los alimentos: métodos analíticos . México : Alhambra Mexicana .
- Pointing, W. G. (2002). Osmotic dehydration of fruits. Food Technology, 125.
- Rahman, S. a. (2003). Osmotic dehydration: a pretreatment for fruit and vegetables to improve quality and process efficiency . The Food Technologist, 144 - 147 .
- RAMOS, R. (2007). Estudio químico bromatológico de algunas variedades de Yacón. Lima.
- Ramos, Z. R. (2007). Ramos Zapana, R. (2007). Estudio químico-bromatológico de algunas variedades de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) (Poepp and Endl) H. Robinson. De la provincia de Sandia-Puno. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Programa Cybertesis PERÚ.
- Rastogi N., R. K. (2002). Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. Trends in Food Science and Technology, 48-59.
- Roberfroid, M. (1999). Concept infuncional foods: the case of inulin and oligofructose. J Nutrit. Nutritional and Health Benefits of Inulin and Oligofructose, 129. Recuperado el 10 de noviembre de 2016, de <http://jn.nutrition.org/content/129/7/1398S.full.pdf>
- Rojas, L. (1976). Deshidratación osmótica de frutas tropicales. Guatemala .
- Roltz, J. (2000). Empleo de un diseño experimental para optimizar el secado de banano por ósmosis.
- Sancho, J. y. (2002). Introducción al análisis sensorial de los alimentos . México D.F.: Alfaomega Grupo Editor. S.A. de C.V.
- Santiago, P. (2004). Manejo de la Biotecnología Apropiaada para Pequeños Productores: Estudio de Caso - Perú . REDBIO/ FAO.

- Saurel R., R.-W. A. (1994). Mass transfer phenomena during osmotic dehydration of apple. II. frozen plant tissue. International Journal of Food Science and Technology, 543-550.
- Scott, G. R. (2000). Roots and tubers in the global food system: A vision statement to the year 2020. The international potato center (CIP), Centro internacional de agricultura tropical (CIAT), International food policy research institute (IFPRI), International institute of tropical agriculture (IITA), and International plant genetic resources institute., Lima .
- Seminario J, V. M. (2003). El Yacon: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Lima, Perú.
- Sharma, R. C., Joshi, K., Chauhan, K. S., & Chopra, B. S. (2000). Application of osmosis-osmo-canning of apple rings. Food Sci Technol, 86-88.
- Sharma, S., Mulvaney, S., & Rizvi, S. (2003). Ingeniería de Alimentos Operaciones Unitarias y Prácticas de Laboratorio. Limusa, 225 - 231.
- Silver. (2005).
- Torres, M. (2004). Edulcorantes naturales. Investigación de mercados de edulcorantes naturales . instituto de investigación de recursos biológicos. Alexander Von Humboldt.
- VILHENA, C. (julio de 2003). Contenido de fructanos en raíces tuberosas de Yacón (Polymnia Sonchifolia). Ciencia y Tecnología Alimentaria, 4(001), 35 - 40 .
- Wais, N., & Agnelli, M. E. (2005). Combined osmotic dehydration-microwave drying of fruits: application to apple cubes. Mercosur Congress on Chemical Engineering . Brasil. Ynouyeb. (2005).

VII. ANEXOS.

Anexo 1. Análisis químicos proximales y Fisicoquímicos realizados al yacón.

1. Análisis químico proximal

1.1. Humedad

1.1.1. Humedad para yacón

Se realizó por desecación en estufa a 105 °C a presión atmosférica, con muestra de 5 gramos, hasta lograr peso constante por 6 horas. La determinación de humedad se hizo por diferencia de peso. Entre el peso inicial y el peso final, obteniéndose en forma directa el porcentaje de humedad.

(A.O.A.C., 2005) % de humedad = $(P_i - P_f) \times 100 / \text{gramos de muestra}$.

1.2. Determinación de proteínas

Se determinó por el método de kjendahl, utilizando el factor 6.25 para llevar el nitrógeno a proteína total. El procedimiento comprende tres fases: Digestión, destilación y titulación.

1. Pesar 0.1 g de muestra seca en papel filtro, envolver e introducirlo en el balón de kjendahl.
2. Añada una cuchara a aras de mezcla catalizador – elevador de temperatura (mezcla sulfato de cobre – sulfato de potasio), adicionar 1 ml de ácido sulfúrico concentrado por los bordes del balón.

3. Coloque el balón de kjendahl en la hornilla eléctrica para su digestión durante una hora y media aproximadamente.
4. Deje enfriar el producto obtenido y adicionar aproximadamente 50 ml de agua destilada.
5. Antes de iniciar el proceso de destilación, en un vaso Erlenmeyer añadir 20 ml de ácido bórico y agregara de 3 a 4 gotas del indicador rojo de metilo. Coloque el vaso Erlenmeyer en la parte inferior del equipo de destilación de modo que quede inmerso en la solución bórica.
6. En el balón de kjendahl, después de adicionar los 50 ml. de agua destilada añadir unas granallas de zinc e inmediatamente 5 ml. de solución de soda al 50% y colocar en el equipo de destilación.
7. Inicie la destilación, hasta obtener un volumen aproximado de 25 ml.
8. Titule el contenido del vaso erlemeyer con HCl al 0.1N hasta la variación de color. Anote el volumen gastado y calcule con la siguiente formula (A.O.A.C., 2005).

$$\%N = \text{ml HCl} \times N \times \text{Miliequiv.N} \times 100 / \text{g de MP}$$

1.3. Determinación de fibra

Mediante la digestión ácida seguida por una alcalina se pesa un gramo de muestra en un vaso de 500 ml, se hierve durante 30 minutos con 200 ml H_2SO_4 , se filtra y se lava con agua destilada caliente hasta neutralizar la acidez, luego se añade 200 ml de NaOH y se hierve por 30 minutos, se filtra al vacío lavando con agua destilada caliente, enseguida se coloca a una estufa por dos horas y se pesa (P1). Seguido se coloca a la mufla para

obtener las cenizas y se pesa nuevamente (P2). Los cálculos se realizan con la siguiente formula (A.O.A.C., 2005).

$$\% \text{ de fibra} = (P1 - P2) \times 100 / \text{g de muestra.}$$

1.4. Determinación de cenizas totales

Se determinó calcinando la muestra en la mufla a una temperatura de 600°C para quemar todo el material orgánico, para ello se pesa 1.5 g de la muestra en un crisol de porcelana y se lleva a la mufla durante una hora, se deja enfriar en un desecador a temperatura ambiente y se pesa inmediatamente.

El porcentaje de ceniza se determina de la siguiente forma (A.O.A.C., 2005).

$$\% \text{ ceniza} = \text{peso de ceniza} \times 100 / \text{g de MP.}$$

1.5. Determinación de grasa

Mediante el método Soxhlet, para lo cual se pesa un gramo de muestra seca, se empaqueta en un papel filtro whatman. Se coloca el paquete en el cuerpo del equipo Soxhlet, y luego se agrega éter, seguidamente se conectan a una fuente de calor, al calentarse se evapora y asciende a la parte superior, allí se condensa por refrigeración y cae sobre la muestra.

2. Análisis fisicoquímico

2.1. Determinación de acidez titulable

Se tomó 10 ml de extracto de yacón, se enraso a 50 ml de agua destilada; titulando con una solución de NaOH, 1N y utilizando fenolftaleína como

indicador, hasta que vire a rosa tenue. La acidez titulable se calcula aplicando la siguiente formula (A.O.A.C., 2005).

$$\% \text{ acidez} = (V \times N \times E \times 100) / 10^a$$

Donde:

V: ml de NaOH gastadas en la titulación

N: normalidad del NaOH

E: miliequivalente (factor)

a: gramos o miligramos de la muestra.

2.2. Determinación de pH

- El pH se determina con el uso de tirillas indicadoras, Estas simplemente se sumergen por un instante en la muestra, lo que provoca un cambio de color.
- Posteriormente se comparan con el patrón de coloración impreso en la caja para asignarles un pH

2.3. Determinación de °Brix

- Colocar el refractómetro en un lugar iluminado con luz difusa o frente a una luz artificial.
- Ajustar el instrumento colocando unas gotas de agua destilada entre los dos prismas. El índice de refracción debe ser 0; si no es así corregir adecuadamente la lectura.

- Con ayuda de una pipeta colocar la muestra sobre el prisma del refractómetro.
- Medir y registrar la concentración de azúcar de la muestra (°brix) y el índice de refracción.
- Lavar bien la prisma para hacer las demás lecturas

Anexo 2: Ficha de evaluación sensorial.

Nombre:.....Fecha:

Lugar:

Producto:

Evalúe cada muestra, marcando con una X, según la escala que cree conveniente para el COLOR

CÓDIGOS DE LAS MUESTRAS

ATRIBUTOS	242	395	584	962	529	673	731	298	143
Muy débil									
Débil									
Moderada									
Clara									
Intensa									

OBSERVACIONES.....

Nombre:.....Fecha:

Lugar:

Producto:

Evalúe cada muestra, marcando con una X, según la escala que cree conveniente para el OLOR.

CÓDIGOS DE LAS MUESTRAS

ATRIBUTOS	242	395	584	962	529	673	731	298	143
Olor a yacón muy débil									
Olor a yacón débil									
Olor a yacón moderado									
olor a yacón									
Olor a yacón muy intenso									

OBSERVACIONES.....

Nombre:.....Fecha:

Lugar:

Producto:

Evalué cada muestra, marcando con una X, según la escala que cree conveniente para el SABOR.

CÓDIGOS DE LAS MUESTRAS

ATRIBUTOS	242	395	584	962	529	673	731	298	143
Gusté muchísimo									
Gusté mucho									
Indiferente									
Disgusté mucho									
Disgusté muchísimo									

OBSERVACIONES.....

Nombre:.....Fecha:

Lugar:

Producto:

Evalué cada muestra, marcando con una X, según la escala que cree conveniente para el TEXTURA.

CÓDIGOS DE LAS MUESTRAS

ATRIBUTOS	242	395	584	962	529	673	731	298	143
Muy suave									
Suave									
Moderadamente suave									
Firme									
Muy firme									

OBSERVACIONES.....

Anexo 3: Recopilación de datos de la evaluación sensorial de los nueve tratamientos con respecto al color, olor, sabor y textura en yacón osmodeshidratado

Color

Juez Nº	MUESTRA (yacón deshidratado)									
	242	395	584	962	529	673	731	298	143	Total
1	3	4	4	2	1	2	3	4	5	28
2	4	3	4	3	3	4	3	4	4	32
3	3	4	4	5	1	5	2	4	5	33
4	4	3	3	2	4	3	3	2	4	28
5	3	3	3	4	3	4	2	2	4	28
6	3	3	2	2	3	4	5	1	4	27
7	4	3	4	4	2	4	3	1	5	30
8	3	3	3	4	2	4	3	2	4	28
9	3	2	4	4	4	3	2	1	5	28
10	4	4	2	3	5	2	4	2	4	30
11	3	4	4	2	1	2	3	4	5	28
12	4	3	4	3	3	4	3	4	4	32
13	3	4	4	5	1	5	2	4	5	33
14	4	3	3	2	4	3	3	2	4	28
15	3	3	3	4	3	4	2	2	4	28
16	3	3	2	2	3	4	5	1	4	27
17	4	3	4	4	2	4	3	1	5	30
18	3	3	3	4	2	4	3	2	4	28
19	3	2	4	4	4	3	2	1	5	28
20	4	4	2	3	5	2	4	2	4	30
21	3	4	4	2	1	2	3	4	5	28
22	4	3	4	3	3	4	3	4	4	32
23	3	4	4	5	1	5	2	4	5	33
24	4	3	3	2	4	3	3	2	4	28
25	3	3	3	4	3	4	2	2	4	28
26	3	3	2	2	3	4	5	1	4	27
27	4	3	4	4	2	4	3	1	5	30
28	3	3	3	4	2	4	3	2	4	28
29	3	2	4	4	4	3	2	1	5	28
30	4	4	2	3	5	2	4	2	4	30
TOTAL	102	96	99	99	84	105	90	69	132	876

OLOR

JUECES Nº	MUESTRA (yacón deshidratado)									
	242	395	584	962	529	673	731	298	143	Total
1	4	3	3	3	3	4	3	4	4	31
2	5	4	4	3	4	4	4	5	5	38
3	4	4	5	3	4	5	3	5	5	38
4	4	4	3	1	3	2	3	2	4	26
5	3	4	3	3	3	4	3	3	4	30
6	4	2	4	4	3	4	5	1	4	31
7	4	4	5	5	4	5	4	4	4	39
8	3	4	4	3	4	4	3	3	5	33
9	4	3	4	4	4	3	3	3	4	32
10	5	4	3	4	4	3	4	3	4	34
11	4	3	3	3	3	4	3	4	4	31
12	5	4	4	3	4	4	4	5	5	38
13	4	4	5	3	4	5	3	5	5	38
14	4	4	3	1	3	2	3	2	4	26
15	3	4	3	3	3	4	3	3	4	30
16	4	2	4	4	3	4	5	1	4	31
17	4	4	5	5	4	5	4	4	4	39
18	3	4	4	3	4	4	3	3	5	33
19	4	3	4	4	4	3	3	3	4	32
20	5	4	3	4	4	3	4	3	4	34
21	4	3	3	3	3	4	3	4	4	31
22	5	4	4	3	4	4	4	5	5	38
23	4	4	5	3	4	5	3	5	5	38
24	4	4	3	1	3	2	3	2	4	26
25	3	4	3	3	3	4	3	3	4	30
26	4	2	4	4	3	4	5	1	4	31
27	4	4	5	5	4	5	4	4	4	39
28	3	4	4	3	4	4	3	3	5	33
29	4	3	4	4	4	3	3	3	4	32
30	5	4	3	4	4	3	4	3	4	34
TOTAL	120	108	114	99	108	114	105	99	129	996

SABOR

JUECE N°	MUESTRA (yacón deshidratado)									
	242	395	584	962	529	673	731	298	143	Total
1	3	4	4	2	1	2	3	3	4	26
2	4	3	3	3	3	4	4	4	4	32
3	5	4	4	4	3	5	4	4	5	38
4	4	3	3	2	4	3	4	2	5	30
5	2	3	2	2	2	2	2	3	5	23
6	5	2	2	2	3	3	5	1	5	28
7	4	3	4	4	2	4	3	4	4	32
8	3	3	3	4	2	4	4	2	4	29
9	4	3	5	4	4	3	3	3	4	33
10	5	3	4	4	4	4	5	2	4	35
11	3	4	4	2	1	2	3	3	4	26
12	4	3	3	3	3	4	4	4	4	32
13	5	4	4	4	3	5	4	4	5	38
14	4	3	3	2	4	3	4	2	5	30
15	2	3	2	2	2	2	2	3	5	23
16	5	2	2	2	3	3	5	1	5	28
16	4	3	4	4	2	4	3	4	4	32
17	3	3	3	4	2	4	4	2	4	29
18	4	3	5	4	4	3	3	3	4	33
19	5	3	4	4	4	4	5	2	4	35
20	3	4	4	2	1	2	3	3	4	26
21	3	4	4	2	1	2	3	3	4	26
22	4	3	3	3	3	4	4	4	4	32
23	5	4	4	4	3	5	4	4	5	38
24	4	3	3	2	4	3	4	2	5	30
25	2	3	2	2	2	2	2	3	5	23
26	5	2	2	2	3	3	5	1	5	28
27	4	3	4	4	2	4	3	4	4	32
28	3	3	3	4	2	4	4	2	4	29
29	4	3	5	4	4	3	3	3	4	33
30	5	3	4	4	4	4	5	2	4	35
TOTAL	117	93	102	93	84	102	111	84	132	918

TEXTURA

JUES Nº	MUESTRA (yacón deshidratado)									
	242	395	584	962	529	673	731	298	143	Total
1	3	2	4	2	4	2	4	4	5	30
2	4	4	4	4	4	5	3	4	5	37
3	4	4	4	2	2	5	4	5	5	35
4	3	4	4	3	4	2	3	2	4	29
5	4	4	4	4	4	2	4	4	5	35
6	4	3	3	4	4	4	4	1	5	32
7	4	3	4	4	3	4	3	2	5	32
8	3	4	4	4	4	4	3	3	5	34
9	4	3	4	5	4	3	2	3	4	32
10	4	3	3	4	5	2	4	3	4	32
11	3	2	4	2	4	2	4	4	5	30
12	4	4	4	4	4	5	3	4	5	37
13	4	4	4	2	2	5	4	5	5	35
14	3	4	4	3	4	2	3	2	4	29
15	4	4	4	4	4	2	4	4	5	35
16	4	3	3	4	4	4	4	1	5	32
17	4	3	4	4	3	4	3	2	5	32
18	3	4	4	4	4	4	3	3	5	34
19	4	3	4	5	4	3	2	3	4	32
20	4	3	3	4	5	2	4	3	4	32
21	3	2	4	2	4	2	4	4	5	30
22	4	4	4	4	4	5	3	4	5	37
23	4	4	4	2	2	5	4	5	5	35
24	3	4	4	3	4	2	3	2	4	29
25	4	4	4	4	4	2	4	4	5	35
26	4	3	3	4	4	4	4	1	5	32
27	4	3	4	4	3	4	3	2	5	32
28	3	4	4	4	4	4	3	3	5	34
29	4	3	4	5	4	3	2	3	4	32
30	4	3	3	4	5	2	4	3	4	32
TOTAL	111	102	114	108	114	99	102	93	141	984

Anexo 3. Galería de fotos

Imágenes tomadas en la ejecución de la tesis.

Análisis de humedad del yacón fresco



Figura 11 Pesado de la capsula

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 12 Pesado de la muestra

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 13 Muestras en estufa

Fuente: Elaboración propia (2015)

Análisis de acidez en el yacón



Figura 15 Muestra filtrada de yacón

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 14 Adición de fenolftaleína a la muestra

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 16 Cambio de color de la muestra de yacón

Fuente: Elaboración propia (2015)

Análisis de ceniza del yacón



Figura 18 Pesado de las muestras

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 17 Incinerado de las muestras

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 19 Muestras incineradas

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 20 Muestras en el desecador

Fuente: Elaboración propia (2015)

Análisis de proteínas del yacón



Figura 21 Adición de catalizador

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 22 Digestión

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 23 Destilación

Fuente: Elaboración propia (2015)

Acondicionamiento De La Materia Prima



Figura 24 Lavado del yacón

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 25 Concentración del jarabe

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 26 Obtención del jarabe

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 27 Pelado

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 28 Obtención de las rodajas

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 29 Pesado de las rodajas

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 31 Ingreso a inmersión

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 30 Inmersión de las rodajas

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 32 Inmersión de las muestras en 8, 10 y 12 horas en jarabe concentrado a 60°brix

Fuente: Elaboración propia (2015)

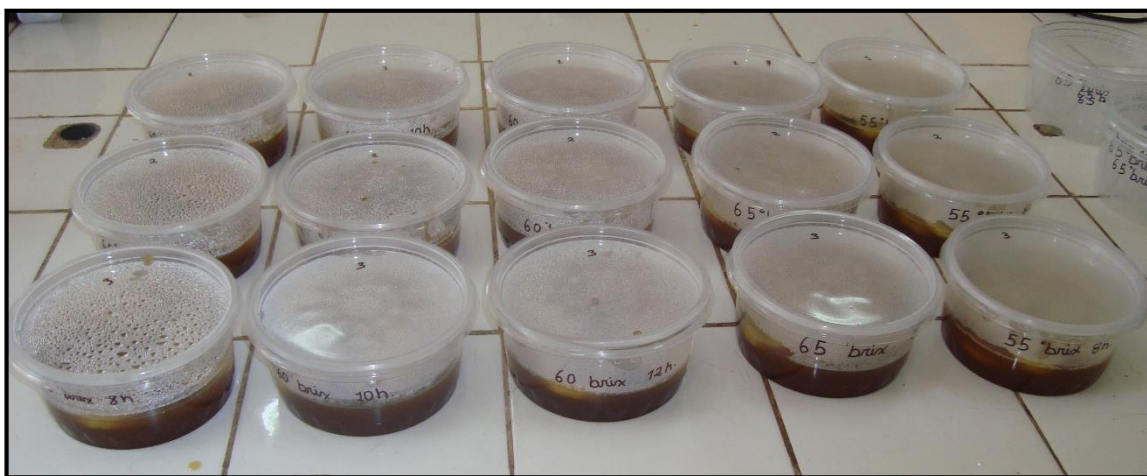


Figura 33 Inmersión de las muestras en 8, 10 y 12 horas en jarabe concentrado a 60 y 65°brix

Fuente: Elaboración propia (2015)

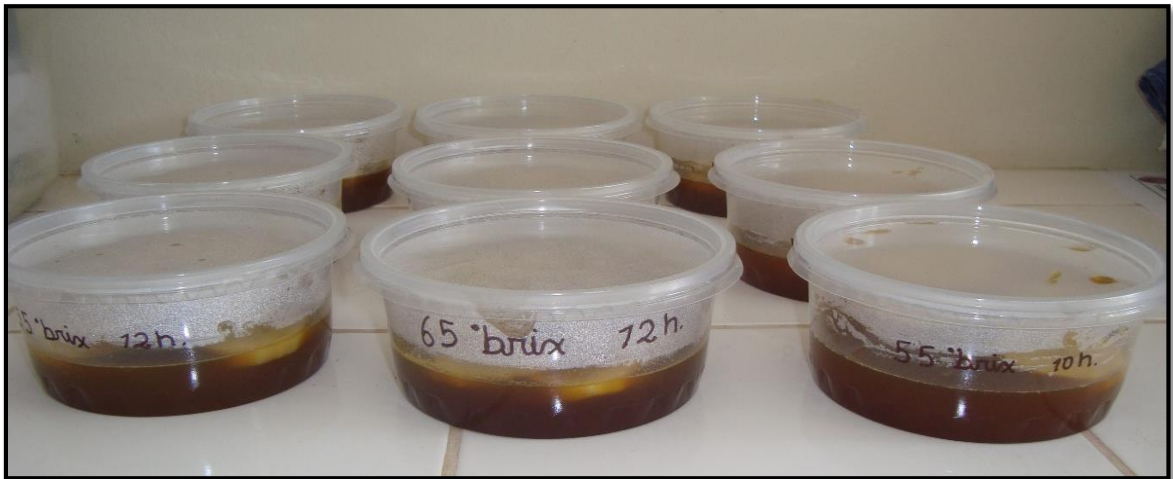


Figura 34 Inmersión de las muestras en 10 y 12 horas en jarabe concentrado a 60 y 55°brix

Fuente: Elaboración propia (2015)

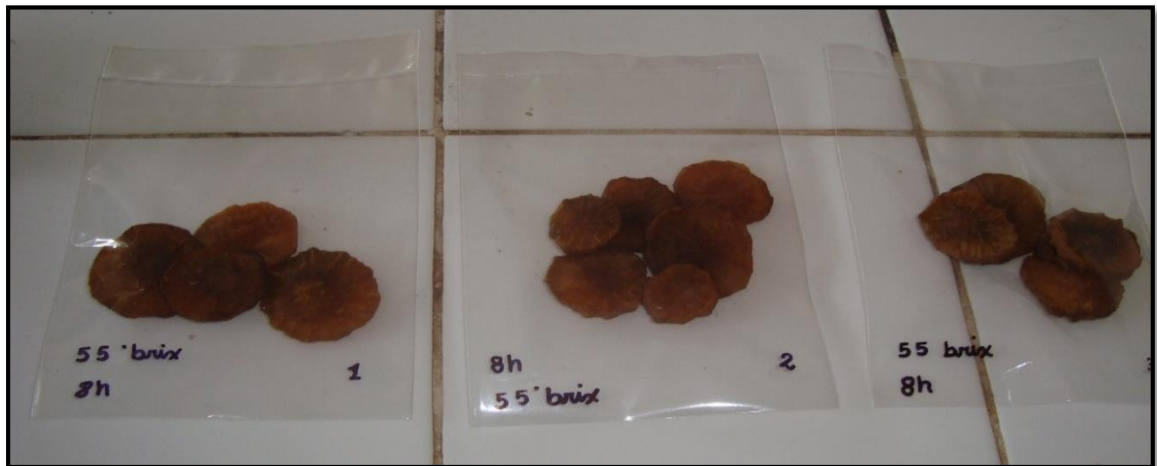


Figura 35 Yacón osmodeshidratado con concentración de jarabe 55°Brix y 8 horas de inmersión

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 36 Yacón osmodeshidratado con concentración de jarabe 55°Brix y 10 horas de inmersión

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 37 Yacón osmodeshidratado con concentración de jarabe 55°Brix y 12 horas de inmersión

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 38 Yacón osmodeshidratado con concentración de jarabe 60°Brix y 8 horas de inmersión

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 39 Yacón osmodeshidratado con concentración de jarabe 60°Brix y 10 horas de inmersión

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 40 Yacón osmodeshidratado con concentración de jarabe 60°Brix y 12 horas de inmersión

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 41 Yacón osmodeshidratado con concentración de jarabe 65°Brix y 8 horas de inmersión

Fuente: Elaboración propia (2015)



Figura 42 Yacón osmodeshidratado con concentración de jarabe 65°Brix y 10 horas de inmersión

Fuente: Elaboración propia (2015)

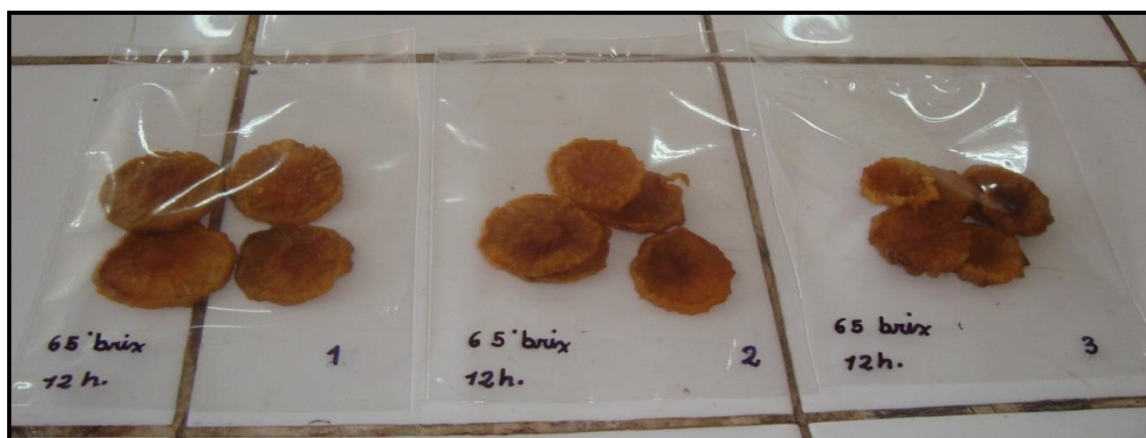


Figura 43 Yacón osmodeshidratado con concentración de jarabe 65°Brix y 12 horas de inmersión

Fuente: Elaboración propia (2015)