

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



“IMPREGNACIÓN DE SACARINA EN RODAJAS DE YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*) Y ANÁLISIS SENSORIAL DE LA BEBIDA RESULTANTE”

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADA POR LA BACHILLER:
RAMÍREZ ARANA YASMIN ARASELI

ASESOR:

MG. ING. MAX EDWIN SANGAY TERRONES

CAJAMARCA – PERÚ

-2021-



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Fundada por Ley N° 14015 del 13 de febrero de 1,962

"Norte de la Universidad Peruana"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica

-----000-----

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los veintidós días del mes de abril del año dos mil veintiuno, se reunieron en la Plataforma Virtual de la Universidad Nacional de Cajamarca, a través del Google Meet, los miembros del Jurado, designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 098-2020-FCA-UNC, de fecha 27 de febrero del 2020, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: "**IMPREGNACIÓN DE SACARINA EN RODAJAS DE YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*) Y ANÁLISIS SENSORIAL DE LA BEBIDA RESULTANTE**", ejecutado(a) por la Bachiller en Industrias Alimentarias, doña **YASMIN ARASELI RAMIREZ ARANA**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las doce horas y diez minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando a la sustentante a exponer su trabajo de Tesis y, luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad con el calificativo de catorce (14); por tanto, la Bachiller queda expedito para que inicie los trámites y se le otorgue el Título Profesional de **Ingeniero en Industrias Alimentarias**.

A las trece horas y treinta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Dr. Juan Seminario Cunya
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. José Salhuana Granados
SECRETARIO

Ing. M. Sc. Fanny Rimarachín Chávez

VOCAL

Ing. M. Sc. Max Sangay Terrones

ASESOR

DEDICATORIA

A dios por darme la vida, fortaleza y salud.

Mi tesis la dedico con todo amor y agradecimiento a mis queridos padres Heli y Nieves por su amor incondicional, paciencia, confianza y su apoyo en todo lo que me propongo, a mis hermanos Jhankary, Bryan y Ariana por su comprensión y apoyo moral, gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas. Gracias por formar parte fundamental para culminar con la investigación.

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanos por el apoyo, paciencia, comprensión y orientación por el buen camino, a mis abuelitos por los consejos y motivación de seguir adelante.

Mi agradecimiento especial a mi asesor Mg. Ing. Max Edwin Sangay Terrones, por su paciencia, motivación de seguir investigando y apoyo en la elaboración de la investigación. A si también a mis amigas que contribuyeron de alguna u otra forma para el desarrollo de esta investigación.

A los panelistas que colaboraron con el análisis sensorial de la investigación, por regalarme unos minutos de su valioso tiempo.

A todos los docentes de la carrera de Ing. En Industrias Alimentarias, por las enseñanzas brindadas en mi vida académica.

Gracias a todos por el aporte que me dieron para culminar la investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN	II
ABSTRACT	IV
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problema de la investigación.....	2
1.2 Formulación del Problema.....	3
1.3 Objetivo de la investigación.....	3
1.3.1 Objetivos específicos.....	3
1.4 Hipótesis de la investigación.....	3
CAPÍTULO II	
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Antecedentes de la investigación.....	4
2.2 Bases teóricas.....	5
2.2.1 Generalidades sobre el yacón.....	5
2.2.2 Generalidades sobre la sacarina.....	6
2.2.3 Concepto de bebidas.....	7
2.2.4 Impregnación a vacío.....	9

2.3	Evaluación sensorial.....	11
2.3.1	Definición.....	11
2.3.2	Pruebas de consumidores.....	12
2.4	Definición de términos básicos.....	13
CAPÍTULO III		
MARCO METODOLÓGICO.....		
3.1	Ubicación geográfica del trabajo de investigación.....	14
3.2	Materiales	14
3.3	Metodología.....	16
3.3.1	Metodología experimental.....	16
3.3.2	Métodos de análisis.....	21
1)	Fracción volumétrica.....	21
2)	Determinación de humedad (% H).....	21
3)	Análisis sensorial de la bebida resultante.....	22
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		
4.1	Determinación de la fracción volumétrica en las rodajas de yacón impregnado a vacío con sacarina.....	27
4.1.1	Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de fracción volumétrica en la deshidratación a vacío de las rodajas de yacón.....	28

4.1.2	Optimización del porcentaje de la fracción volumétrica de las rodajas de yacón.	30
4.2	Determinación de la humedad en las rodajas de yacón impregnado a vacío con sacarina	32
4.2.1	Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de pérdida de humedad en la deshidratación a vacío de las rodajas de yacón.....	33
4.2.2	Optimización del porcentaje de humedad de las rodajas de yacón.	34
4.3	Optimización de Múltiples Respuestas entre fracción volumétrica (m^3 solución/ m^3 fruta fresca) en porcentaje y humedad (%).	36
4.4	Resultados para la aceptabilidad sensorial de bebida resultante impregnada con sacarina	38
4.4.1	Análisis sensorial para el sabor	38
4.4.2	Análisis sensorial para el olor	39
4.4.3	Análisis sensorial para el color.....	40
4.4.4	Aceptabilidad general de la bebida resultante impregnada con sacarina	42
CAPÍTULO V		
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		44
5.1	CONCLUSIONES.....	44
5.2	RECOMENDACIONES.....	44
CAPÍTULO VI		
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		45

CAPÍTULO VII

ANEXOS.....50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del fenómeno de impregnación al vacío	11
Figura 2. Efectos principales para el aumento de la fracción volumétrica	29
Figura 3. La superficie de respuesta que genera la ecuación del modelo ajustado	30
Figura 4. Gráfica de efectos principales para la humedad.....	34
Figura 5. La superficie de respuesta que genera la ecuación del modelo ajustado	35
Figura 6. Superficie de respuesta estimada	37
Figura 7. Gráfica de aceptabilidad sensorial parámetro sabor	39
Figura 8. Gráfica de aceptabilidad parámetro olor.....	40
Figura 9. Gráfica de aceptabilidad parámetro color	41
Figura 10. Aceptabilidad sensorial de bebida de yacón	42
Figura 11. Materia prima yacón.....	56
Figura 12. Pelado del yacón.....	56
Figura 13. Yacón pelado.....	56
Figura 14. Cortado de yacón.....	56
Figura 16. Pesado de las rodajas de yacón una a una	56
Figura 15. Rodajas de yacón.....	56
Figura 18. Sacarina.....	56
Figura 17. Peso total de las rodajas de yacón.....	56
Figura 20. Máquina de deshidratación a vacío con temperatura controlada.....	56
Figura 19. Rodajas de yacón en una solución de sacarina.....	56
Figura 21. Rodajas de yacón después de la bomba a vacío	56
Figura 22. Rodajas de yacón en papel absorbente.....	56
Figura 23. Estufa.....	56
Figura 24. Pesado de las rodajas de yacón	56
Figura 26. Yacón deshidratado	56
Figura 25. Rodajas de yacón en la estufa	56
Figura 28. Yacón después de pasar por el mortero	56
Figura 27. Pesar las rodajas de yacón deshidratadas	56
Figura 30. Presentación de la bebida resultante	56
Figura 29. Filtrar la bebida resultante	56
Figura 32. Degustación de la bebida resultante en cabinas individuales	56
Figura 31. Degustación de la bebida resultante.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad permitida de edulcorantes de sintéticos en una bebida *.....	8
Tabla 2. Variables y niveles para el diseño experimental.....	17
Tabla 3. Matriz del diseño experimental para la impregnación a vacío de las rodajas de yacón.....	17
Tabla 4. Diseño experimental para la deshidratación a vacío de las rodajas de yacón adaptado de (Rojas, 2018).....	20
Tabla 5. Escala hedónica para la evaluación sensorial de los atributos de color, olor y sabor.....	22
Tabla 6. Fracción volumétrica en yacón impregnado al vacío con sacarina calculada por cambios de masa (*).....	27
Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) del diseño de superficie de respuesta Box-Behnken, para la fracción volumétrica.....	28
Tabla 8. Humedad en yacón impregnado al vacío con sacarina, calculada por cambios de masa (*).....	32
Tabla 9. Análisis de varianza (ANOVA) del diseño de superficie de respuesta Box-Behnken, para el porcentaje de humedad.....	33
Tabla 10. Parámetros de deseabilidad.....	36
Tabla 11. Parámetros óptimos para temperatura y tiempo.....	36
Tabla 12. Condiciones óptimas de impregnación al vacío para la fracción volumétrica y el porcentaje de humedad en las rodajas de yacón impregnadas con sacarina.....	37
Tabla 13. Medidas de tendencia central del tratamiento 7 evaluando sabor, olor y color.....	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Valores experimentales para el tratamiento IV a: Ta =20 °C y t = 20 min	500
Anexo 2. Valores experimentales para el tratamiento IV a: Ta =25 °C y t = 20 min	50
Anexo 3. Valores experimentales para el tratamiento IV a: Ta =30 °C y t = 20 min	53
Anexo 4. Valores experimentales para el tratamiento IV a: Ta =20 °C y t = 22 min	53
Anexo 5. Valores experimentales para el tratamiento IV a: Ta =25 °C y t = 22 min	54
Anexo 6. Valores experimentales para el tratamiento IV a: Ta =25 °C y t = 22 min	54
Anexo 7. Valores experimentales para el tratamiento IV a: Ta =30 °C y t = 22 min	533
Anexo 8. Valores experimentales para el tratamiento IV a: Ta =20 °C y t = 24 min	533
Anexo 9. Valores experimentales para el tratamiento IV a: Ta =25 °C y t = 24 min	544
Anexo 10. Valores experimentales para el tratamiento IV a: Ta =25 °C y t = 24 min	544
Anexo 11. Encuesta para la bebida de yácon.	555
Anexo 12. Ficha técnica de sacarina	50
Anexo 13. Panel de fotos de investigación	567

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la impregnación de sacarina en rodajas de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y análisis sensorial de la bebida resultante. Se desarrolló en el laboratorio de Tecnología de Alimentos de la escuela profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca. Se utilizó yacón, sometida a temperaturas de 20 °C, 25°C, 30 °C y tiempos de 20 min, 22 min y 24 min a presión 452 mbar y concentración de sacarina 1.333 gr. La impregnación al vacío se realizó en rodajas de yacón de 0.3 cm de espesor y 5 cm de diámetro, la relación muestra/solución fue de 1:5, se aplicó por inmersión una disolución elaborada con sacarina y agua destilada, con un tiempo de 4:15, 4:17 y 4:19 horas de análisis por cada tratamiento. Por lo tanto, este método permite alargar la vida útil del yacón para ser consumida de forma industrializada como una bebida así promover su consumo. Se utilizó la metodología de superficie de respuesta para evaluar la optimización del producto mediante un ANOVA. Se obtuvieron como resultados la fracción volumétrica de 15.3172 (m³solución/m³ fruta fresca) y para la humedad 92.8659 %, estas condiciones se dan a una temperatura de 20 °C y un tiempo de 24 min. En la evaluación sensorial se analizó sabor, olor y color mediante estadística descriptiva, se obtuvo mayor aceptabilidad general en el tratamiento siete con un puntaje de 4.38 en la escala hedónica la cual se encuentra en el parámetro me agrada.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the impregnation of saccharin in slices of yacón (*Smallanthus sonchifolius*) and sensory analysis of the resulting drink. It was developed in the Food Technology laboratory of the professional school of Engineering in Food Industries of the National University of Cajamarca. Yacón was used, subjected to temperatures of 20 °C, 25 °C, 30 °C and times of 20 min, 22 min and 24 min at a pressure of 452 mbar and a saccharin concentration of 1,333 g. Vacuum impregnation was carried out in yacón slices 0.3 cm thick and 5 cm in diameter, the sample / solution ratio was 1: 5, a solution made with saccharin and distilled water was applied by immersion, with a time of 4: 15, 4:17 and 4:19 hours of analysis for each treatment. Therefore, this method allows to extend the useful life of yacón to be consumed in an industrialized way as a drink, thus promoting its consumption. Response surface methodology was used to evaluate product optimization by ANOVA. The results were the volumetric fraction of 15.3172 ($\text{m}^3\text{solution} / \text{m}^3 \text{ fresh fruit}$) and for humidity 92.8659%, these conditions occur at a temperature of 20 ° C and a time of 24 min. In the sensory evaluation, taste, smell and color were analyzed using descriptive statistics, greater general acceptability was obtained in treatment seven with a score of 4.38 on the hedonic scale which is found in the parameter I like.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

El consumo de yacón es de forma fresca y directa sin transformación, por consiguiente, la materia prima se desperdicia y su vida útil es muy corta por eso debe existir una industria dedicada a su transformación en tal sentido esta investigación trata de obtener a través de la tecnología de impregnación a vacío de sacarina en rodajas de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y análisis sensorial de la bebida resultante, como una forma de comercialización industrializada con las tecnologías antes mencionadas.

La impregnación al vacío de alimentos estructurados porosos consiste en el intercambio del gas o del líquido ocluido en los poros o espacios extracelulares por una disolución, debido a la acción de un mecanismo hidrodinámico (MHD) promovido por gradientes de presión, este es el responsable de la incorporación de líquido externo durante la impregnación a vacío de alimentos porosos (Fito y Pastor 1994) De esta forma es posible eliminar el oxígeno ocluido en los poros, e incorporar solutos de forma controlada en la estructura matricial del alimento poroso modificado convenientemente su composición original sin prácticamente afectar a su estructura (Betoret *et al.* 2012)

En síntesis, porcentaje de impregnación a vacío de sacarina en rodajas de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) sometida a diferentes temperaturas y tiempos. Este procedimiento se da gracias a la sacarina que es usado en la industria alimentaria como edulcorante sintético por esa razón no aporta calorías (Badui, 2006). La sacarina se usó como solución con la finalidad de impregnación en las rodajas de yacón. Tomando en cuenta la impregnación a vacío y las variantes de temperatura y tiempo sirvieron para realizar bebidas de yacón las cuales se analizaron por un método de análisis comparativo mediante encuestas, consiste en pedirle a los panelistas que den su informe sobre el grado de satisfacción que tienen de un producto, con escala hedónica (Hernández 2005).

1.1 Problema de la investigación

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) es una de las raíces reservantes comestibles con mayor contenido de agua. Según diversos autores, entre 83 y 90 % del peso fresco de las raíces es agua. Los carbohidratos representan alrededor del 90% del peso seco de las raíces recién cosechadas de los cuales entre el 50 % y 70 % son los llamados fructooligosacáridos (FOS). El resto de carbohidratos lo conforman la sacarosa, fructosa y glucosa (Ohyama *et al.* 1990). La cantidad de agua que contiene el yacón es bastante susceptible a la deshidratación cuando sus raíces son cosechadas y almacenadas por largos periodos de tiempo, éstas como consecuencia de la deshidratación pierden peso y adquieren una apariencia rugosa, menos atractiva para el consumidor (Duque *et al.* 2007).

La literatura establece que los alimentos que exhiben una microestructura altamente porosa, como frutas y vegetales, pueden ser impregnados con solutos, por medio de inmersión en soluciones isotónicas (Jeon y Zhao 2005). Esto les da la posibilidad de ser impregnados por una solución determinada y de este modo modificar la composición por la adición de solutos específicos seleccionados: incorporación de ácidos, preservantes, azúcares u otros depresores de la actividad de agua, nutrientes especiales, etc. En este sentido, la impregnación a vacío puede ser considerada como una herramienta en el desarrollo de productos vegetales o frutícolas sin destruir su estructura celular mientras convenientemente se modifica su composición original (Chiralt y col 1999).

La técnica de Impregnación al Vacío permite introducir un soluto deseado directamente al producto a través de los poros del alimento de un modo controlado. Muchas frutas y vegetales presentan una gran parte de su volumen total ocupado por gas (Baumann y Henze 1983 ; Calbo y Sommer 1987)

La sacarina es un polvo blanco incoloro y soluble en agua, es un edulcorante más empleado en bebidas dulces, frutas procesadas, confituras, gomas de mascar y salsas. Es 300 a 700 veces más dulce que la sacarosa. En altas concentraciones produce un sabor amargo al consumirla (Giannuzzi y Molina 2005).

El yacón por su alto contenido de agua es susceptible a deshidratación para alargar la vida útil del yacón se usó la técnica de impregnación a vacío de sacarina en rodajas de yacón, conservando su características sensoriales para ser consumido de forma industrializada así

promover el consumo del yacón y sea más comercializado; es más, para promover su consumo se elaboró un producto que se pueda consumir en forma instantánea como complemento a cualquier alimento y que además tiene las características de sabor o dulzor que todo producto refrescante. La presente investigación plantea profundizar tecnologías de conservación de yacón, sometiéndolo a deshidratación a vacío con diferentes temperaturas y tiempos con la finalidad de evaluar la fracción volumétrica, humedad, y análisis sensorial de la bebida resultante.

1.2 Formulación del Problema

¿Cuál es la impregnación de sacarina en rodajas de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y análisis sensorial de la bebida resultante?

1.3 Objetivo de la investigación

Determinar la impregnación de sacarina en rodajas de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y análisis sensorial de la bebida resultante.

1.3.1 Objetivos específicos

- Determinar el tiempo y temperatura óptimas en fracción volumétrica y humedad para una mayor impregnación de sacarina en rodajas de yacón (*Smallanthus sonchifolius*).
- Determinar sensorialmente la bebida resultante de las rodajas de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) impregnadas con sacarina.

1.4 Hipótesis de la investigación

El empleo de los diferentes tiempos y temperaturas ejerce un efecto sobre la fracción volumétrica y humedad en la impregnación de sacarina en rodajas de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y análisis sensorial de la bebida resultante.

CAPÍTULO II.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Antecedentes de la investigación

Cortés *et al.* (2007) investigo la respuesta a la impregnación a vacío en la estructura del mango y cuantifica los niveles de calcio alcanzados en el producto enriquecido, diseñó una disolución de impregnación a partir de sacarosa y calcio. Las muestras inicialmente se sumergieron en una solución isotónica de sacarosa de 16 °Brix con igual a_w que el mango y se colocaron dentro de la cámara de vacío. Posterior se aplicó una presión de vacío de 82 mbar durante 10 minutos, seguido por otros 10 minutos a presión atmosférica, dando como resultado 0.067 mg.Ca/g.fruta utilizando la fórmula de fracción volumétrica.

Osto *et al.* (2012) evaluaron las diferentes condiciones de proceso en la fortificación de mango (*Tommy atkins*) con calcio mediante impregnación a vacío, concluyeron que al utilizar presión de 138 mmHg y un tiempo de 5 min obtuvieron mayor impregnación de calcio en mango utilizando la fórmula de fracción volumétrica dando como resultado 6,170 m³ solución/m³ fruta fresca.

Castagnini (2014) en su investigación realizada el estudio del proceso de obtención de zumo de arándanos y utilización como ingrediente para la obtención de un alimento funcional por impregnación al vacío determinó la cantidad de zumo de arándano impregnado en discos de manzanas realizando en una cámara al vacío se aplicó una presión de 50 mbar por 10 min y 1013 mbar por 10 min, se restauró la presión atmosférica 10 min.

Dávila *et al.* (2016) evaluaron los cambios físicos y fisicoquímicos durante el almacenamiento en plátano impregnado al vacío con soluciones antioxidantes, utilizaron plátanos (*Musa paradisiaca*), fueron acondicionadas a una forma cilíndrica con un peso de 36,8±0,54 g, $f = 35,85$ mm y longitud 50 mm. aplicaron 5 min tanto en la etapa de vacío (4,186 kPa) como a presión atmosférica local (85,326 kPa), dando como resultado 10.1 mg.NaCl/g.fruta utilizando la fórmula de fracción volumétrica.

Rojas (2018) indica la optimización de la incorporación de aloe vera en rodajas yacón (*Smallanthus sonchifolius*) de 40 mm de diámetro y 5 mm de espesor mediante impregnación a vacío, obtuvo como resultado la fracción volumétrica es de 0.203075, se obtiene cuando se utiliza una presión de 451.777 mbar y un tiempo de 22.0711 minutos, con un tiempo de relajación de 10 min (presión atm).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Generalidades sobre el yacón

2.2.1.1 Definición del yacón

El yacón de la familia Asteraceae, está clasificado como *Smallanthus sonchifolius*. El yacón, es una de las 21 especies pertenecientes al género *Smallanthus*, de las cuales, siete han sido encontradas en Perú. La planta de yacón es herbácea, erecta, que mide de 1 a 2.5 m de alto. Si proviene de semilla botánica, 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 (Seminario et al. 2003).

Es una planta utilizada por las culturas antepasadas como una “fruta” refrescante o alimento de bajas calorías. Sus raíces están compuestas mayormente por agua (85 a 90 %). El 40 al 70% de su peso seco está en forma de oligofructanos (FOS), azúcares especiales con efectos favorables para la salud humana, y compuestos con un alto poder antioxidante (Polanco 2011).

Las raíces son irregulares o fusiformes y presenta diferentes colores, según el ecotipo: rosado, blanco, amarillo, crema, moteado y jaspeado. El número de raíces puede fluctuar entre 10 a 20 por planta y los rendimientos están en el orden de 1 a 5 Kg/planta. La cepa es un órgano subterráneo sobre el cual se desarrollan abundantes yemas vegetativas. Se forman por el engrosamiento de la parte del tallo que está dentro de la tierra y que está unida a las raíces. Sus tejidos almacenan sustancias de reserva en forma de carbohidratos simples y fructooligosacáridos, los cuales posiblemente sirven de alimento a las yemas cuando estas van a brotar (Seminario *et al.* 2003).

Tiene dos tipos de raíces, fibrosas y reservantes. Las raíces fibrosas son muy delgadas y su función es de fijación de la planta al suelo y la absorción de agua y nutrientes. Las raíces son engrosadas, reservantes usiliformes u ovadas, que almacenan azúcar en forma de fructooligosacáridos (FOS), un tipo especial de azúcares con atributos beneficiosos para la salud humana, de color blanco, crema o púrpura, principalmente (Seminario *et al.* 2003).

El color de la superficie de la raíz y el de su pulpa, pueden revelarnos algunas características de cada cultivar; por ejemplo, aquellas que presentan color púrpura en la superficie o en la pulpa serán variedades que tienen un contenido de antocianinas; mientras que aquellas que son de pulpa naranja, serán variedades con dulzor característico; finalmente aquellas con pulpa

blanca serán de alto rendimiento, y comúnmente son las empleadas como comerciales (Seminario *et al.* 2003).

Las raíces son bastantes susceptibles a la deshidratación al ser cosechadas, pierden peso y adquieren una apariencia rugosa que las hace menos atractivas para el consumidor. Lo más recomendable para impedir una deshidratación rápida es recolectar las raíces y ponerlas inmediatamente en un lugar fresco y con sombra. Si las raíces no se van a comercializar directamente después de la cosecha y se van a recopilar por un periodo corto de tiempo, es preferible crear el embalaje con las raíces sucias (con tierra). De este modo, la tierra adherida a las raíces puede ayudar a que la deshidratación sea más lenta y a que se produzca un menor daño en la cáscara de las raíces durante el transporte (Seminario *et al.* 2003).

2.2.2 Generalidades sobre la sacarina

2.2.2.1 Definición de sacarina

La sacarina tiene como nombre comercial Sodium saccharin (sacarina sódica), nombre químico Sodium benzolfimida, formula molecular: $C_7H_4O_3SNa \cdot 2H_2O$, peso molecular: 241,19 g/mol según la ficha técnica de sacarina (Sodium saccharin), está clasificado como edulcorante sintético, ha sido elaborado con el único fin de incrementar el poder endulzante en los alimentos o productos y no aportan kilocalorías o energía en los consumidores según Código Alimentario Argentino (CAA).

La sacarina son cristales blancos o polvo cristalino, incoloro, sabor intensamente dulce soluble en agua según la ficha técnica de sacarina (Sodium saccharin), es un aditivo alimentario cualquier sustancia que en cuanto tal no se consume normalmente como alimento, ni tampoco se usa como ingrediente básico en alimentos, tenga o no valor nutritivo, y cuya adición intencionada al alimento con fines tecnológicos (incluidos los organolépticos) según el Codex Alimentarius, se clasifica como edulcorante sintético, sirve para dar sabor dulce a un alimento o producto el cual puede cambiar su sabor amargo o desagradable, es absorbida lentamente en el intestino, y no se metaboliza en el organismo humano, siendo excretada rápidamente en la orina sin modificar (Navarro 2012)

Presenta un dulzor de 300-400 veces más que el de la sacarosa. Es estable a pH de entre 2-9 y a tratamientos térmicos moderados (Badui 2006). La Ingesta Diaria Admisible (IDA) para el edulcorante sacarina es (5 mg/Kg peso corporal), y para bebidas sacarina E-954 la dosis permitida es 80 mg/lit según el Codex Alimentarius.

La sacarina es utilizada en la industria alimentaria como tipo de aditivo alimentario en la elaboración de bebidas y dulces. Lo más recomendable para su almacenamiento es mantener en un almacén seco a prueba de humedad e impermeable, mantener en recipientes bien cerrados evite la creación de polvo según la ficha técnica de sacarina (Sodium saccharin).

2.2.3 Concepto de bebidas

Las bebidas son un grupo diverso de productos, en gran parte preparados artificialmente, donde predomina total o fundamentalmente el agua. Pueden consumirse frías o calientes, y pueden estar carbonatadas o no (Astiasarán y Martínez 2003)

Se consideran bebidas no alcohólicas o refrescantes aquellas bebidas no fermentadas, carbónicas o no, preparadas con agua potable o mineral, a las que se ha añadido uno o varios de los siguientes ingredientes: zumos de frutas; extractos de frutas o partes de plantas comestibles; frutas, tubérculos y semillas disgregadas; esencias naturales, agentes aromáticos y sustancias sápidas; edulcorantes naturales; anhídrido carbónico; agua potable; agua mineral. Estas bebidas son consideradas como alimentos que se consumen en estado líquido para saciar la sed. Su clasificación, según el Código Alimentario Español, es la siguiente:

- **Aguas gaseadas:** bebidas elaboradas exclusivamente con agua potable y una cantidad regulada de anhídrido carbónico. Son inodoras, transparentes e incoloras. Si además de anhídrido carbónico se les añade bicarbonato, reciben el nombre de agua de soda o simplemente soda. En estas aguas no aparecen otro tipo de ingredientes.
- **Gaseosas:** bebidas incoloras preparadas con agua potable, anhídrido carbónico, edulcorantes, aromas y otros aditivos autorizados (ácido cítrico, tartárico o láctico).
- **Bebidas de zumo de frutas:** son líquidos resultantes de la presión de las frutas frescas o parcialmente fermentadas, que se obtienen exprimiéndolas o mojándolas. Si llevan aromatizantes se denominan bebidas de fantasía. Han de estar elaboradas con zumo de fruta, agua potable o mineral, azúcar y otros productos autorizados, con o sin CO₂ (por tanto, con o sin burbujas). Actualmente, se obtienen de los correspondientes concentrados.
- **Bebidas de extractos:** bebidas elaboradas a partir de extractos de la parte comestible de frutas, tubérculos o semillas. Cuando están aromatizadas, llevan ácidos esenciales a los que se les ha quitado gran parte de los terpenos. En este grupo ocupan un lugar relevante las bebidas de cola. Se caracterizan por llevar, además de agua y edulcorantes,

otros ingredientes (cafeína, ácido fosfórico, colorante, caramelo, mezcla sólida aromatizada, ácido fosfórico para darle cuerpo y pH adecuado, y colorante caramelizado para darle color café). Otros ejemplos de este tipo de bebidas son el té y la tónica.

- **Bebidas de frutos de tubérculos o de semillas disgregados:** se trata de bebidas que contienen frutos disgregados (triturados) en una proporción superior al 4 %, siendo el resto de su composición igual a las anteriores. Existen otros disgregados de tubérculos y semillas, donde se encuadrarían las horchatas de almendra y chufa.
- 6. **Bebidas aromatizadas:** están preparadas con agua potable (gaseada o no), edulcorantes, agentes aromáticos, esencias naturales y aditivos autorizados.
- **Productos en polvo para la preparación de bebidas refrescantes:** se trata de preparados en forma sólida, a partir de los cuales se obtienen las bebidas anteriores por simple dilución en agua. Todos estos productos se podrían englobar en dos grandes grupos: zumos de frutas y bebidas refrescantes.

2.2.3.1 Bebidas refrescantes

La denominación “bebidas refrescantes” son aquellos líquidos destinados a la venta para el consumo humano, ya sea sin diluir o con dilución previa. Su composición se basa en zumos de frutas o en triturados más o menos diluidos, aunque también se puede utilizar un aromatizado artificial. Es frecuente la mezcla de dos o más zumos de fruta con agua, junto con azúcares o edulcorantes intensos, aromatizantes y acidulantes (Astiasarán y Martínez 2003)

Los preparados en polvo para hacer refrescos se comercializan desde hace muchos años. Ofrecen la ventaja de ser estables y ocupar poco espacio, por lo que se utilizan en la restauración a gran escala. Las mezclas pueden ser completas, y requerir sólo la adición de agua, o pueden precisar la adición de azúcar (Astiasarán y Martínez 2003).

En la tabla 1, podemos observar los edulcorantes sin aporte energético el cual detalla la ingesta diaria admisible y la cantidad máxima permitida por la normativa para una bebida.

Tabla 1. Cantidad permitida de edulcorantes de sintéticos en una bebida *

Edulcorante	Clave	Cantidad máxima permitida por la normativa)	Ingestión diaria admisible (IDA)
Acesulfame	K E-950	350 mg/lit	9 mg/kg
Aspartamo	E-951	600 mg/lit	40 mg/kg

Ciclamato	E-952	250 mg/lt	7 mg/kg
Sacarina	E-954	80 mg/lt	5 mg/kg

Las cifras para las IDA corresponden a las proporciones por el SCF (Comité Científico para los alimentos de la Unión Europea). Fuente: Codex Alimentarius (2013).

2.2.4 Impregnación a vacío

La impregnación a vacío es una operación de transferencia de materia entre un medio líquido y un sustrato sólido con estructura porosa como lo puede ser una fruta o verdura. La creación de gradientes de presión en el sistema constituido por el sólido sumergido en el seno del líquido provoca la salida de gas y una importante entrada de líquido en el interior de la estructura porosa (Fito *et al.* 1994). De esta forma es posible eliminar el aire ocluido en los poros e incorporar solutos de forma controlada en la estructura matricial del alimento poroso modificando convenientemente su composición original sin prácticamente afectar su estructura. Como no se requiere de la utilización de altas temperaturas se minimiza el daño a los tejidos y se preserva el color, el sabor y los aromas y componentes activos naturales (Betoret *et al.* 2012)

La impregnación al vacío de alimentos estructurados porosos consiste en el intercambio del gas o del líquido ocluido en los poros o espacios extracelulares por una disolución externa, debido a la acción de un mecanismo hidrodinámico (MHD) promovido por gradientes de presión (Fito y Pastor 1994).

Además del intercambio de materia observado en la IV, se produce también una clara deformación del producto, debido a las propiedades viscoelásticas de la matriz, lo cual influye en el nivel de impregnación del líquido, a la vez que afecta de manera importante a las propiedades mecánicas y estructurales del producto luego del tratamiento, de lo cual se infiere que el HDM está acompañado de un fenómeno de deformación-relajación (FDR) de la estructura. En el FDR lo que ocurre primero es una expansión del volumen de aire ocluido en la matriz durante la etapa de vacío, y posteriormente, al restaurar la presión atmosférica, una contracción del volumen del poro debido a la relajación de la estructura (Fito y Pastor 1994).

La técnica de impregnación al vacío se presenta como una alternativa de la aplicación en la industria alimentaria para la producción de nuevos alimentos funcionales por las siguientes ventajas (Chiralt y Talens 2005).

- Cinéticas de transferencia de masa rápidas.

- Mayor ganancia de solutos en tiempos cortos.
- Mejor conservación del color y mejora del mismo en algunos productos.
- Mejora de la textura
- Conservación del sabor y aroma del producto fresco, al permitir trabajar a bajas temperaturas sin incrementos importantes de tiempo de proceso.

2.2.4.1 El mecanismo hidrodinámico

El MHD es un mecanismo de transferencia rápida de materia que ocurre en sistemas sólido líquido y ha sido utilizado para explicar el fenómeno de impregnación a vacío. La IV ocurre en dos etapas, una etapa de vacío en la cual el alimento es sumergido en el medio de impregnación a presión atmosférica y se somete al sistema a una presión menor durante un período de tiempo t ; y otra atmosférica en la cual se reestablece la presión en el sistema. Durante la etapa de vacío, el gas ocluido en los poros de la matriz sólida, que se encuentra sumergida en el líquido, se expande para equilibrarse con la baja presión impuesta al sistema. Este hecho provoca un flujo de gas hacia el exterior del alimento, lo cual implica una desgasificación parcial de la estructura del alimento de acuerdo a la presión aplicada, al mismo tiempo que se relaja la estructura expandiéndose el volumen extracelular, de manera que la expansión del gas termina parcialmente equilibrándose con la expansión del poro hasta que deja de fluir el gas. Al alcanzar el sistema el equilibrio de presión puede verse una penetración parcial del líquido externo por capilaridad, de acuerdo a la tensión superficial del mismo y al diámetro de los poros. Al restaurar la presión, en la etapa atmosférica, el gas residual de los poros o espacios intercelulares de la matriz se comprime y el tejido se contrae, produciéndose una entrada hidrodinámica de la disolución externa (Fito 1994).

Es el responsable de la incorporación de líquido externo durante la impregnación a vacío de alimentos porosos. Basándose en una estructura porosa Fito y Pastor (1994) explicaron fenomenológicamente el mecanismo hidrodinámico. Según estos autores, cuando el producto se sumerge en un líquido y se somete a presiones sub-atmosféricas, el gas ocluido en sus poros, sufre una expansión para equilibrarse con la presión impuesta al sistema, lo que implica, por una parte, un nivel de desgasificación de la estructura porosa del alimento, en función de la presión aplicada; y por otra, una penetración del líquido mediante la acción de fuerzas capilares una vez alcanzado el equilibrio de presiones en el sistema. Posteriormente, cuando se restaura

la presión atmosférica, se crea un nuevo gradiente de presiones que actúa como fuerza impulsora para el ingreso del líquido en los espacios intercelulares o poros del producto.

La etapa de vacío se aprecia en la etapa 1, período donde ocurre la salida del aire. La etapa de restauración de la presión atmosférica se muestra en la etapa 2, en donde, por efecto de la compresión, ingresa el líquido del medio en el espacio desgasificado. La cantidad de líquido impregnado en la estructura, dependerá del nivel de desgasificación, y, por lo tanto, de la presión de trabajo. Además de variaciones en la composición, los cambios de presión producen un cambio micro estructural importante. Debido al carácter visco elástico de los alimentos, se ha llegado a la conclusión de que el mecanismo hidrodinámico puede tener lugar acoplado a fenómenos de deformación relajación de la matriz sólida del alimento poroso. La acción del mecanismo hidrodinámico y el fenómeno de deformación de relajación se ve muy afectada por la microestructura del alimento y sus propiedades mecánicas, pudiendo a su vez ambos fenómenos provocar importantes cambios en las propiedades físicas del producto (Fito y Pastor 1994)

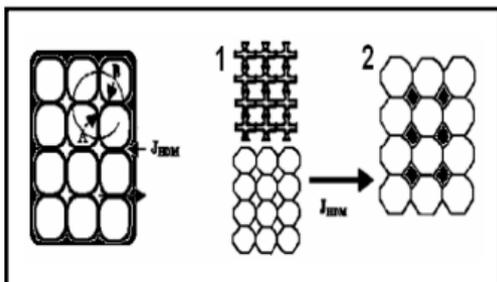


Figura 1. Esquema del fenómeno de impregnación al vacío (Fito y Pastor 1994)

2.3 Evaluación sensorial

2.3.1 Definición

Se define el análisis sensorial como la identificación, medida científica, análisis e interpretación de las respuestas a los productos percibidas a través de los sentidos del gusto, vista, olfato, oído y tacto (Stone y Sidel; citado por González *et al.* 2014). Aprovecha la capacidad de los sentidos para reaccionar ante los estímulos fisicoquímicos de los alimentos, permitiendo medir, analizar e interpretar las reacciones del ser humano al percibir sus características. Estos Estímulos son comparados en el cerebro con estímulos almacenados durante experiencias previas, y son transformados posteriormente en conceptos que permiten al ser humano evaluar y emitir un juicio acerca de la calidad sensorial de un producto (González *et al.* 2014).

2.3.2 Pruebas de consumidores

Miden la tendencia de estos hacia un producto buscando la aceptación del mismo en el mercado. La aprobación se define como “consumo con placer”. Deben ser realizadas por personas que formen un grupo específico de la población de consumidores del producto evaluado (Stone y Sidel; citado por González *et al.* 2014).

2.3.2.1 Pruebas de preferencia

En las pruebas de preferencia el consumidor o juez de la prueba realiza una elección entre productos; entre estas pruebas las más utilizadas son las de comparación apareada entre dos productos codificados que se presentan a los jueces quienes tienen que optar POR la que prefieren; y la de ordenación en la que varios productos codificados se presentan a los jueces que tienen que ponerlos en orden de preferencia. Estas son pruebas sencillas de ejecutar ya que son muy intuitivas y necesitan poca explicación para llevarlas a cabo. También pueden ser realizadas por todo tipo de individuos, de toda edad, condición y lenguaje (Stone y Sidel; citado por González *et al.* 2014).

2.3.2.2 Pruebas hedónicas

La prueba de escala hedónica consiste en pedirle a los panelistas que den su informe sobre el grado de satisfacción que tienen de un producto, al presentársele una escala hedónica, va desde me gusta muchísimo hasta me disgusta muchísimo, entonces las escalas deben ser impares con un punto intermedio de ni me gusta ni me disgusta (Hernández 2005). Se utiliza para estudiar la posible aceptación del alimento. Se pide al juez que luego de su primera impresión responda cuánto le agrada o desagrada el producto, esto lo informa de acuerdo a una escala verbal numérica que va en la ficha. La escala tiene 9 puntos, pero a veces es demasiado extensa, entonces se acorta a 7 o 5 puntos: 1 = me disgusta extremadamente, 2 = me disgusta mucho, 3 = me disgusta moderadamente, 4 = me disgusta levemente, 5 = no me gusta ni me disgusta, 6 = me gusta levemente, 7 = me gusta moderadamente, 8 = me gusta mucho, 9 = me gusta extremadamente (Anzaldúa, 2005).

2.4 Definición de términos básicos

Aceptabilidad: Condición de un producto que lo hace ser aceptable, por un individuo o por una población determinada, en función de sus propiedades organolépticas (Ibáñez *et al* 2001)

Bebida soluble: Las bebidas alimenticias contienen principalmente agua junto a otros Componentes, naturales o artificiales, que les añade propiedades y características organolépticas agradables (Gordon, citado por Vilca 2015). Soluble es la capacidad de una cierta sustancia para disolverse en otra. (que se puede disolver). Se trata de una medida de la capacidad de una cierta sustancia para disolverse en otra (Rodríguez, 2017)

Edulcorante: Es un componente químico o aditivo alimentario que confieren sabor dulce y sensación de dulzura a los alimentos o productos los cuales pueden ser sustituidos entre sí (Swithers *et al*, citado por Vilca 2015)

Evaluación sensorial: Identificación, medida científica, análisis e interpretación de las respuestas a los productos percibidas a través de los sentidos del gusto, vista, olfato, oído y tacto (Stone y Sidel; citado por Gonzáles *et al*. 2014).

Impregnación al vacío: Se lleva a cabo por el intercambio del gas o del líquido ocluido en los poros o espacios extracelulares por una disolución externa, gracias al mecanismo hidrodinámico (MHD) promovido por gradientes de presión. (Fito y Pastor 1994)

Ingesta Diaria Admisible (IDA): Es la cantidad de aditivo alimentario, expresada en relación con el peso corporal, que una persona puede ingerir diariamente durante toda la vida sin riesgo apreciable para su salud según el Codex alimentarius.

Mecanismo hidrodinámico: Es el mecanismo de transferencia rápida de materia que ocurre en sistemas sólido la cual sería el alimento y la disolución es el medio líquido (Fito y Pastor 1994)

Sacarina: Es un aditivo alimentario el cual está en el grupo de edulcorante sintético, el cual 300 veces más dulce que sacarosa (Badui, 2006)

CAPÍTULO III.

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación geográfica del trabajo de investigación

La presente investigación es experimental la cual se llevó, a cabo en el laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca; específicamente en el laboratorio de Análisis de los Alimentos.

3.2 Materiales

3.2.1 Material biológico

3.2.1.1 Materia prima

Se utilizó yacón (*Smallanthus Sonchifolius*), morfotipo I (Púrpura) color de pulpa de raíz anaranjado del Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Universidad de Cajamarca.

Es el producto cosechado y seleccionado de acuerdo a los siguientes criterios, producto fresco, producto sin daños mecánicos o ataques biológicos y grado de madurez para obtener un producto homogéneo

3.2.1.2 Solute

Se utilizó 1.333 gr de sacarina como soluto para las disoluciones, se usó la misma cantidad para todos los tratamientos.

Para determinar la cantidad de sacarina a utilizar se usó una equivalencia de sacarosa a 40 °Brix en 1000 ml de disolución la cual se añadiría 400 gr de sacarosa en 600 ml de agua, los 400 gr de sacarosa se dividieron por 300 veces el dulzor de sacarina en sacarosa (Badui 2006)

3.2.2 Material de gabinete

a. Material de gabinete

- Laptop.
- Cuaderno.
- Internet.
- Memoria USB.

- Cámara.
- Hojas de papel bond.
- Lapicero

b. Equipo de laboratorio

- Vaso precipitado. 100 ml y 1000 ml marca, Kimax.
- Varilla de vidrio.
- Placas Petri.
- Cortador de láminas.
- Alcohol 96 ° puro.
- Cuchillo de acero inoxidable.
- Tabla de picar.
- Recipientes de plástico.
- Papel absorbente.
- Mesa de acero inoxidable.
- Vernier.
- Cronómetro.
- Papel aluminio
- Refractómetro, Marca Kendall.
- Balanza analítica electrónica. Marca Precisa, modelo LX 220 SCS capacidad máxima 120 g. mínimo 0.01 g.
- Estufa. Marca, Pol-EKO, con rango de 0 a 105 °C.
- Baño María. Marca, Memmert con rango de 10 a 110 °C.
- Bomba al vacío, marca Sartorius.
- Picnómetro marca Blaubran

c. Material para el análisis sensorial

- Agua de mesa embotellada
- Vasos descartables
- Tenedores descartables
- Cartillas de evaluación.
- Lapiceros
- Cabinas de evaluación sensorial

3.3 Metodología

3.3.1 Metodología experimental.

Se utilizó un diseño factorial de 3 niveles: 3^2 , analizados mediante un ANOVA con dos variables independientes y tres variables dependientes en la impregnación a vacío en rodajas de yacón. Las variables consideradas en el modelo de superficie de respuesta fueron:

3.3.1.1 Variables Independientes

Temperatura

- $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$

Tiempo

- $t = 20\text{ min}$
- $t = 22\text{ min}$
- $t = 24\text{ min}$

3.3.1.2 Variables dependientes

- Fracción volumétrica ($\text{m}^3\text{solución}/\text{m}^3\text{ fruta fresca}$) en porcentaje
- Humedad (%)
- Análisis sensorial de la bebida resultante

En la Tabla 2 se muestran las variables y niveles para el diseño experimental.

Tabla 2. Variables y niveles para el diseño experimental.

Variables	Nivel bajo	Nivel medio	Nivel alto	Unidades
Temperatura	20	25	30	°C
Tiempo	20	22	24	min

En el estudio de investigación se utilizó el diseño de superficie respuesta que nos arrojó un total de 10 tratamientos.

En la Tabla 3, se muestra el diseño experimental para la impregnación a vacío de las rodajas de yacón con sacarina donde se puede apreciar las variables independientes las cuales se obtienen al emplear el diseño de superficie de respuesta con un diseño factorial de 3 niveles; 3^2 .

Tabla 3. Matriz del diseño experimental para la impregnación a vacío de las rodajas de yacón.

Tratamientos	Variables	
	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
T1	30	24
T2	30	20
T3	25	22
T4	25	20
T5	30	22
T6	25	24
T7	20	24
T8	20	20
T9	25	22
T10	20	22

De los tratamientos obtenidos se realizaron 3 repeticiones para cada Tratamientos de modo que el total de ensayos sería igual a 30 tratamientos, incluyendo 1 puntos centrales por bloque, con un tiempo de relajación a presión atmosférica de 10 minutos por cada tratamiento.

a) Acondicionamiento de la muestra de yacón

El estudio se realizó en yacón (*Smallanthus Sonchifolius*), homogéneos en tamaño, forma, madurez y grado de frescura. Con la ayuda de un cortador se obtuvo rodajas de 0.3 cm de espesor y 5 cm de diámetro.

b) Preparación de la disolución

- Se preparó la disolución, con agua destilada (solvente) y sacarina (soluto).
- Se pesó la sacarina en la balanza analítica.
- En un vaso de precipitados de 1000 ml de capacidad se colocó agua destilada la cantidad de 600 ml correspondiente se adicionó gradualmente 1.333 gr de sacarina, se agitó por 15 minutos.

c) Inmersión en la disolución para la impregnación a vacío.

La impregnación a vacío de las rodajas de yacón se realizó en un equipo deshidratador conformado por un recipiente hermético de acero inoxidable de 3 litros de capacidad el cual estuvo conectado a una bomba de vacío y con un vacuómetro el cual permite controlar la presión. Para la materia prima se utilizó una relación de 1:5, el procedimiento fue el siguiente:

- A todas las muestras se le aplicó una misma presión 452 mbar y una misma concentración de sacarina 1.333 gr.
- Para la materia prima se utilizó una relación de 1:5, la cual se pesó 50 gr de rodajas de yacón en una disolución de 250 ml (agua destilada más sacarina), la cual se introdujo al vaso precipitado de 250 ml.
- A cada muestra se aplicó tres diferentes temperaturas 20,25 y 30 °C en baño maría y se realizó a tres tiempos 20,22 y 24 min.
- Al terminar el tiempo de vacío se aplicó 10 minutos de relajación a presión atmosférica a cada una de las muestras.

- Una vez finalizado el tiempo de vacío y relajación las muestras fueron colocadas en papel absorbente para retirar el exceso de sacarina adherido en la superficie de las rodajas de yacón a continuación se procedió a pesar cada una de las muestras para determinar el porcentaje de humedad (%) y la fracción volumétrica consta de las siguientes unidades $\text{m}^3\text{solución}/\text{m}^3$ fruta fresca es decir la cantidad de dilución introducida en las rodajas de yacón.

d) Deshidratación del producto final

Las muestras de yacón impregnadas con sacarina fueron colocadas en papel aluminio, secadas en una estufa a condiciones iguales para todos los tratamientos por 3:30 horas a una temperatura de 105 °C. Para determinar el porcentaje de humedad. Todo el proceso se realizó por triplicado para las diez muestras, solo se utilizó los promedios obtenidos de dichas muestras.

e) Molienda a las rodajas de yacón deshidratado

El yacón se colocó en un mortero para poder conseguir reducir al máximo las partes del yacón. Al finalizar se utilizó un cernidor para que las partículas sean más pequeñas y homogéneas

f) Elaboración de la bebida resultante (bebida refrescante)

Se utilizó agua embotellada a una temperatura ambiente la cual se adicionó 60 mg de deshidratado de yacón impregnado con sacarina por cada 750 ml de agua embotellada, en la tabla 2 se puede observar la dosis de sacarina permitida para una bebida la cual es 80 mg/lit según el Codex Alimentarius.

Para la determinar 60 mg, se utilizó la regla de tres simple directa se emplea cuando se comparan dos magnitudes directamente proporcionales (Rojas, 2014). Se multiplicó los 80 mg por 750 ml de agua embotellada entre 1000 ml la cual da como resultado 60 mg deshidratado de yacón impregnado con sacarina. Los datos se utilizaron para determinar el análisis sensorial por cada muestra. En la tabla 5, se observa el diseño experimental para la impregnación a vacío en rodajas de yacón.

Tabla 4. Diseño experimental para la deshidratación a vacío de las rodajas de yacón adaptado de (Rojas, 2018)

ETAPAS	MATERIA PRIMA	INMERSIÓN EN LA DISOLUCIÓN	DESHIDRATACIÓN	ELABORACIÓN DE LA BEBIDA REFRESCANTE DE YACÓN			
PROCESO	Rodajas de yacón	<p>M1: 30°C; 24 min</p> <p>M2: 30°C; 20 min</p> <p>M3: 25°C; 22 min</p> <p>M4: 25°C; 20 min</p> <p>M5: 30°C; 22 min</p> <p>M6: 25°C; 24 min</p> <p>M7: 20°C; 24 min</p> <p>M8: 20°C; 20 min</p> <p>M9: 25°C; 22 min</p> <p>M10: 20°C; 22 min</p> <p>Tiempo de relajación Para todas las muestras 10 min, (presión atm)</p>	<p>Para todas las muestras.</p> <p>Deshidratación en una estufa a una temperatura de 105 °C</p> <p>Tiempo: 3 horas 30 minutos</p>	<p>750 ml de agua en 60 mg de yacón impregnado con sacarina</p>			
	3 cm de espesor y 5 cm de diámetro						
Disolución (agua y sacarina)							
A todas las muestras se le aplicó una misma presión 452 mbar y una misma concentración de 1.333 gr sacarina							
CONTROLES	Selección de yacón en fresco sin daños mecánicos o ataques biológicos y grado de madurez para obtener un producto homogéneo.				Fracción volumétrica (m ³ solución/m ³ fruta fresca) en porcentaje	Porcentaje de Humedad	Análisis sensorial

3.3.2 Métodos de análisis

1) Fracción volumétrica

Es la disminución del líquido que se encuentra en la membrana vegetal, la cual se va a hallar la masa de disolución externa que logra ingresar a la membrana vegetal durante el proceso de impregnación a vacío, por la unión del mecanismo hidrodinámico y los fenómenos de deformación y relajación, será la que se introduce durante la etapa a presión atmosférica (Fito *et al.* 1996)

Ecuación para encontrar la fracción volumétrica:

$$X = \frac{M_f - M_i}{\rho_{dis} \left(\frac{M_i}{\rho_{apm}} \right)} \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde:

X: Fracción volumétrica

M_f: Peso Final (después de la impregnación)

M_i: Peso inicial (antes de la impregnación)

ρ_{dis}: Densidad de la solución

ρ_{apm}: Densidad aparente de la muestra

- Densidad de la solución: método del picnómetro a 20°C. Método oficial 942.06 (AOAC 2005).
- Densidad aparente de la muestra: Se evaluó en los trozos de yacón por medio del cociente del peso de aire de la fruta entre el peso de la fruta en el agua. Método oficial 942.06 (AOAC 2005).

2) Determinación de humedad (% H)

La pérdida de humedad durante el proceso se determinó aplicando el método 934.06 A.O.A.C (1990).

Método de peso constante, por medio de un secado a 105 °C.

$$\% H = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100 \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

%H = Porcentaje de humedad

Wi = peso inicial (g)

Wf = peso final (g)

3) Análisis sensorial de la bebida resultante (bebida refrescante)

La evaluación sensorial de las muestras se llevó a cabo a las 11:00 a.m. con la participación de 30 panelistas semi-entrenados, estudiantes de la E. A. P. Ingeniería de Industrias Alimentarias de ambos sexos, de la Universidad Nacional de Cajamarca. Se evaluó diferentes atributos como el sabor, color y olor; a cada panelista se le presentó los 10 tratamientos debidamente rotulados, acompañado con un vaso de agua y una ficha de evaluación sensorial como se observa en el (Anexo11), para ello utilizamos el método de análisis comparativo mediante encuestas, consiste en pedirle a los panelistas que den su informe sobre el grado de satisfacción que tienen de un producto, con escala hedónica de 5 puntos, me agrada mucho hasta me desagrada mucho. (Hernández, 2005).

Los resultados obtenidos de las encuestas se analizaron mediante una estadística descriptiva es el conjunto de métodos estadísticos que se relacionan con el resumen y descripción de los datos, como tablas, gráficas, y el análisis mediante algunos cálculos (Córdova, 2003). Se utilizó gráficas estadísticas de barras. Las estadísticas a encontrar fueron: media, mediana, moda, desviación estándar, mínimo y máximo.

Tabla 5. Escala hedónica para la evaluación sensorial de los atributos de color, olor y sabor.

Puntaje	Descripción
5	Me agrada mucho
4	Me agrada
3	Aceptable
2	Me desagrada
1	Me desagrada mucho

3.3.3 Descripción de las operaciones del proceso a seguir para obtener la bebida refrescante de yacón por impregnación a vacío con sacarina.

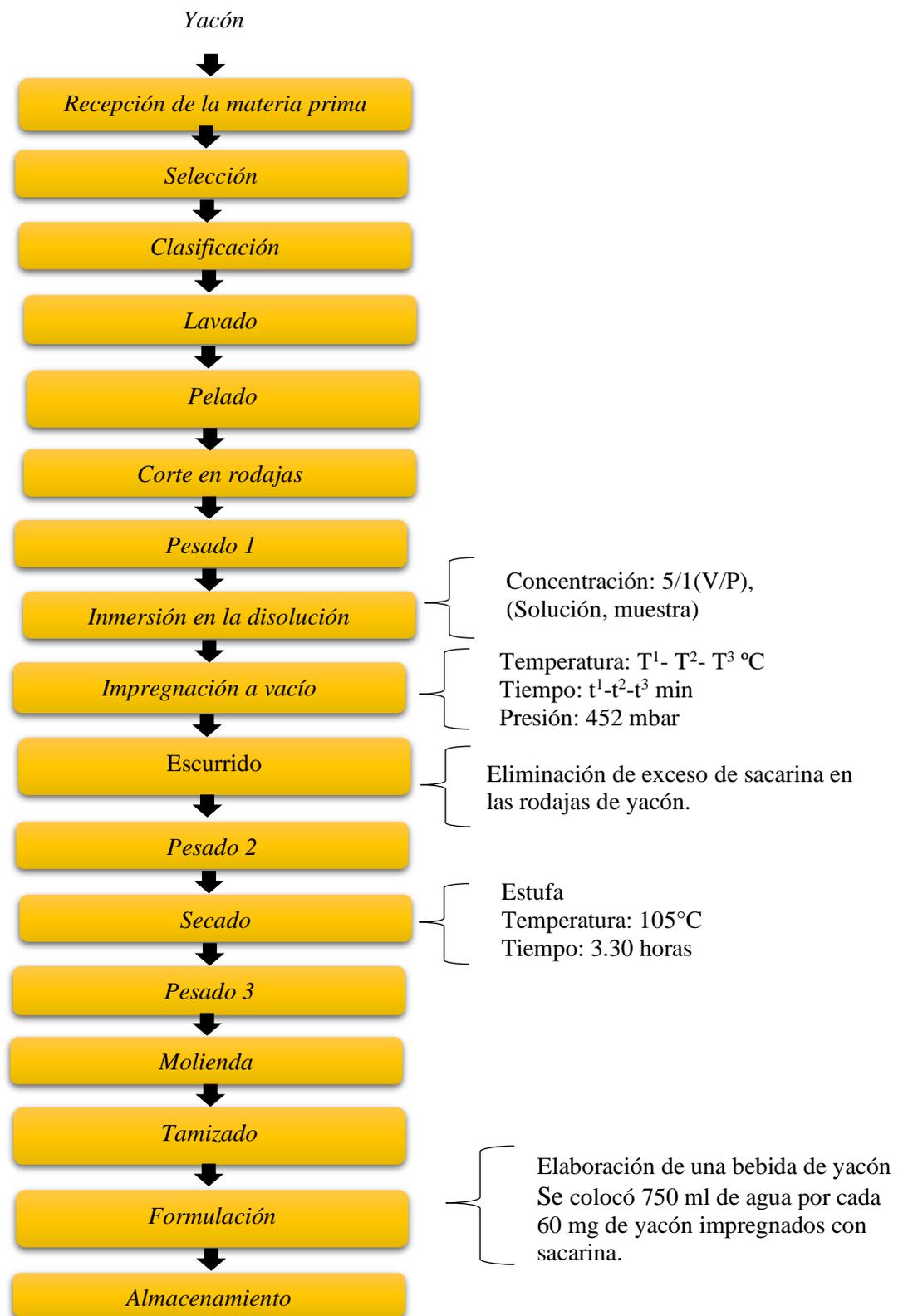


Figura 2. Flujo de operaciones del proceso de impregnación a vacío Adaptado de (Vilca 2018)

a) Recepción de la materia prima

Se utilizará yacón (*Smallanthus Sonchifolius*) de variedad Morfotipo I, color de pulpa de la raíz anaranjado del Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Universidad de Cajamarca.

b) Selección

Se seleccionó el yacón, retirando aquellos que presenten daños mecánicos o ataques biológicos.

c) Clasificación

El yacón se clasifica visualmente teniendo en cuenta el grado de madures, el tamaño.

d) Lavado

Se realizó utilizando agua potable y un cepillo para retirar la suciedad de la superficie de la cascara de yacón.

e) Pelado 1

El yacón se procedió a pelar con un cuchillo para retirar la cáscara del tubérculo el yacón pelado se colocó en agua.

f) Corte en rodajas

El yacón fue cortado en rodajas con el mismo grosor de 5 cm. de diámetro y 0.3 cm. de espesor con apoyo de un cortador en láminas con la finalidad de tener homogeneidad en todas las rodajas de yacón.

g) Pesado 1

Se tomó el peso inicial de las rodajas de yacón en una balanza analítica antes de ser sometida a la disolución.

h) Inmersión en la disolución

El yacón en rodajas fue sumergido en un vaso precipitado de 250 ml que contenía la disolución en una proporción de 1:5 esto quiere decir 50 gr muestra de yacón y 250 ml de sacarina más agua destilada.

i) Impregnación a vacío

El yacón ya colocado en el vaso precipitado, se colocó en la bomba a vacío con una presión de 452 mbar las cuales fueron iguales para todas las muestras en un equipo acondicionado por un recipiente de acero inoxidable de 3 litros de capacidad el cual estuvo conectado a una bomba de vacío y con un vacuómetro que permite controlar la presión deseada en el cual el equipo de bomba a vacío estaba sumergida en baño maría con temperaturas controladas (20 °C, 22 °C y 30 °C) y con un tiempo establecido de acuerdo al diseño experimental los cuales fueron de 20 min, 22 min y 24 min. Luego las muestras se dejaron a presión atmosférica por 10 minutos. Se lleva a cabo el mecanismo hidrodinámico (MHD) promovido por gradientes de presión. (Fito y Pastor 1994)

j) Escurrido

Las rodajas de yacón después de los pulsos de vacío fueron colocadas en papel absorbente para retirar el exceso de sacarina.

k) Peso 2

Se pesaron las rodajas de yacón en una balanza analítica para determinar el peso final después de ser sometidas a la bomba a vacío.

l) Secado

Se realizó colocando en papel aluminio las rodajas de yacón para luego introducirlas en una estufa a una temperatura de 105 °C, por un tiempo de 3 horas y 30 minutos.

m) Pesado 3

Después de cumplir el tiempo en la estufa, las rodajas de yacón ya secadas fueron pesadas en una balanza analítica.

n) Molienda

Las rodajas de yacón secadas fueron colocadas en un mortero para moler y conseguir partículas pequeñas hasta convertirlo en polvo.

o) Tamizado

Colocar el polvo de yacón por un cernidor para separar las partículas grandes de las pequeñas y que el resultado sea homogéneo.

p) Formulación

Para bebidas con sacarina E-954 la dosis permitida es 80 mg/lit según el Codex Alimentarius para la elaboración de bebida refrescante de yacón, se pesó el polvo de yacón 60 mg por cada 750 ml de agua embotellada luego se agitó hasta generar una mezcla homogénea.

q) Almacenamiento

El producto terminado se almacena en un lugar seco y fresco para prolongar su vida útil

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Determinación de la fracción volumétrica en las rodajas de yacón impregnado a vacío con sacarina

La fracción volumétrica nos indica la ganancia de sacarina impregnada a vacío en las muestras de yacón. En la Tabla 6, se presentan los resultados obtenidos en muestras de yacón al aplicar diferentes tiempos y temperaturas de impregnación a vacío, el tiempo de relajación para todas las muestras fue de 10 minutos.

Tabla 6. Fracción volumétrica en yacón impregnado al vacío con sacarina calculada por cambios de masa (*)

Tratamientos	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Masa inicial (g)	Masa Final (g)	Densidad de la solución (g/ml)	Densidad aparente del yacón (g/ml)	Fracción volumétrica (m ³ solución/m ³ fruta fresca) en porcentaje
T1	20	20	5.4014	5.7740	1.0128	1.0102	6.88
T2	25	20	5.4151	5.7697	1.0128	1.0102	6.53
T3	30	20	5.3758	5.8108	1.0128	1.0102	8.07
T4	20	22	5.4814	5.9153	1.0128	1.0102	7.90
T5	25	22	5.4245	5.6572	1.0128	1.0102	4.28
T6	25	22	5.3435	5.5757	1.0128	1.0102	4.34
T7	30	22	5.3942	5.9047	1.0128	1.0102	9.44
T8	20	24	5.3599	6.2000	1.0128	1.0102	15.64
T9	25	24	5.3212	5.8937	1.0128	1.0102	10.73
T10	30	24	5.3991	5.7992	1.0128	1.0102	7.39

(*) Promedio de tres repeticiones

Como se puede observar en la Tabla 6, Los datos de fracción volumétrica varían con respecto a la temperatura y tiempo. Para calcular la fracción volumétrica promedio se tomaron los valores con datos obtenidos a los 10 minutos de reposo. Los datos obtenidos son peso inicial y peso final de la fruta sometida al tratamiento de impregnación con solución de sacarina. Con dichos valores, la densidad de la solución de impregnación es 1.012750 g/ml y la densidad aparente del yacón fresco es 1.0243 g/ml se calculó la fracción volumétrica del yacón que fue impregnado, utilizando la ecuación 1. Podemos observar en la Tabla 8.

Fito *et al.* 1996, manifiesta que la fracción volumétrica es la disminución del líquido que se encuentra en la membrana vegetal, la cual se va a hallar la masa de disolución externa que logra ingresar a la membrana vegetal durante el proceso de impregnación a vacío, por la unión

del mecanismo hidrodinámico y los fenómenos de deformación y relajación, será la que se introduce durante la etapa a presión atmosférica; en la investigación se utilizó 10 min de relajación para todas las muestras, esto permite la disminución del líquido de la membrana del yacón e introduce la sacarina.

La técnica de impregnación al vacío (IV) permite introducir un soluto deseado directamente al producto a través de los poros del alimento de un modo controlado. Muchas frutas y vegetales presentan una gran parte de su volumen total ocupado por gas (Bauman y Hensen 1983; Calbo y Sommer 1987). Corroboramos la información de los autores, ya que el soluto (sacarina), ingreso al interior del yacón, demostrado con la fórmula de fracción volumétrica 15.64 % (m^3 solución / m^3 fruta fresca), con un tiempo 24 min y con una temperatura de 20 °C, estos datos corresponden al tratamiento 8 quien obtuvo mayor impregnación.

4.1.1 Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de fracción volumétrica en la deshidratación a vacío de las rodajas de yacón

En la Tabla 7 se muestran los resultados obtenidos en la determinación de fracción volumétrica impregnada en yacón, los valores obtenidos fueron analizados mediante un ANOVA con las variables independientes como son temperatura (°C) y tiempo expresado en (minutos) con la finalidad de encontrar la significatividad en los dos factores estudiados.

Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) del diseño de superficie de respuesta Box-Behnken, para la fracción volumétrica

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Temperatura	5.0784	1	5.0784	1.31	0.3169
B: Tiempo	25.1331	1	25.1331	6.46	0.0638
AA	13.0272	1	13.0272	3.35	0.1412
AB	22.2784	1	22.2784	5.73	0.0749
BB	12.5899	1	12.5899	3.24	0.1464
Error total	15.5586	4	3.88966		
Total (corr.)	98.7884	9			

En la Tabla 7, podemos apreciar que el valor p en todos los casos es mayor que 0.05 ($p < 0.05$), podemos deducir que el tiempo y la temperatura no fueron significativos, lo cual se afirma que ambas variables no están asociadas o correlacionadas.

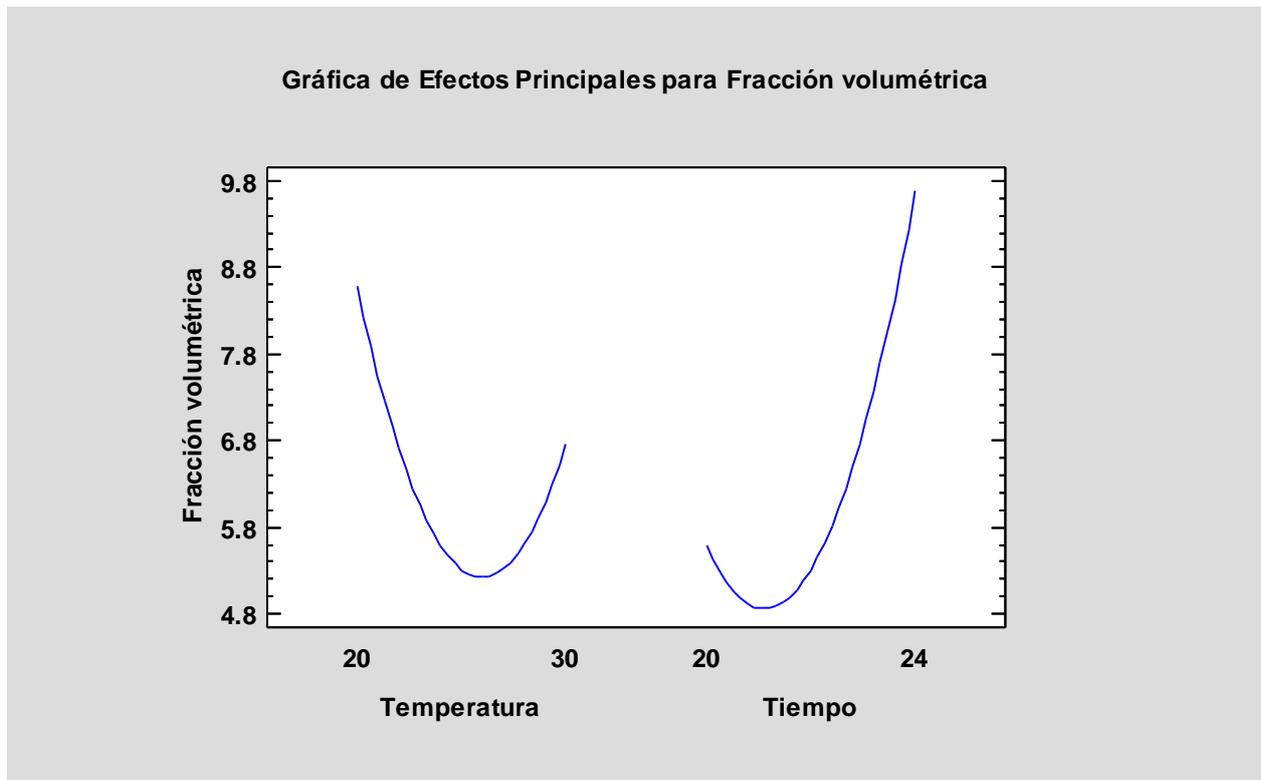


Figura 2. Efectos principales para el aumento de la fracción volumétrica entre la temperatura y el tiempo.

Figura 2, efectos principales para la fracción volumétrica en yacón Podemos observar que al aumentar la temperatura 30 °C la fracción volumétrica disminuye y al bajar la temperatura a 20°C la fracción volumétrica aumenta, existe un diseño en “U” y aumenta recíprocamente. En este caso para obtener mayor fracción volumétrica debemos utilizar una temperatura menor a 20 °C. Con respecto al tiempo existe una tendencia en “U”. Observamos que para el tiempo aplicado para la impregnación a vacío es de 20 minutos la fracción volumétrica disminuye y para la aplicación de un tiempo de impregnación de 24 minutos aumenta la fracción volumétrica. Entonces podemos decir que para obtener una fracción volumétrica óptima debemos utilizar el tiempo mayor a 24 minutos.

Según Betoret *et al.* (2003) y Fito (1994) la cantidad de disolución para la impregnación ingresado dependerá de la estructura del alimento y de la presión de trabajo. Además, la impregnación de solutos es menor en condiciones de corto tiempo, pero la misma es mayor a medida en que aumenta el tiempo de procesamiento, favoreciendo el ingreso de solutos; en la presente investigación se puede observar que en la figura 2, al aumentar el tiempo a 24 min hay mayor impregnación de sacarina en yacón dando como resultado 15.64 % (m^3 solución / m^3 fruta fresca).

Según Pompa (2017) en su investigación de impregnación a vacío de yacón con aloe vera, con relación al tiempo, podemos apreciar que, al aplicar un tiempo de 10 minutos, la fracción volumétrica disminuye y cuando aplicamos un tiempo de 20 minutos la fracción volumétrica aumenta; la cual se puede comprobar con esta investigación que a 24 min la fracción volumétrica aumenta.

4.1.2 Optimización del porcentaje de la fracción volumétrica de las rodajas de yacón.

Con la metodología de optimización, se obtuvo las condiciones ideales para lograr reducir al máximo el valor de la variable de respuesta de la fracción volumétrica. La ecuación cuadrática que modela empíricamente el proceso de impregnación a vacío de rodajas de yacón es la siguiente:

$$\text{Fracción volumétrica} = 197.732 + 0.282286 * \text{Temperatura} - 18.6281 * \text{Tiempo} + 0.0945143 * \text{Temperatura}^2 - 0.236 * \text{Temperatura} * \text{Tiempo} + 0.580714 * \text{Tiempo}^2$$

La superficie de respuesta que genera la ecuación del modelo ajustado se observa en la figura 3.

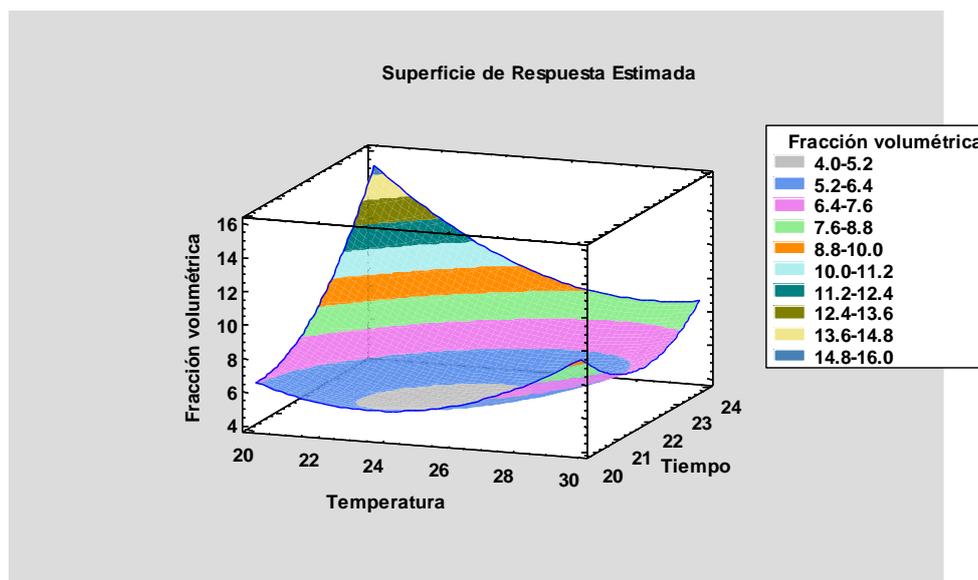


Figura 3. La superficie de respuesta que genera la ecuación del modelo ajustado

Figura 3. Superficie de respuesta para optimizar el porcentaje de fracción volumétrica en las rodajas de yacón generadas por la impregnación al vacío. La Figura 3, muestra la superficie de respuesta para la fracción volumétrica en función de la temperatura y el tiempo tomando la concentración de sacarina 1.333 gr y presión 452 mbar como constantes. Puede notarse que la variable tiempo, presenta efecto significativamente mayor que la obtenida por la temperatura.

Se puede apreciar la región óptima de color azul en el rango de 14.8-16.00 (m^3 solución / m^3 fruta fresca), ubicada en la parte superior izquierda donde se logra maximizar el porcentaje de la fracción volumétrica, estas condiciones de acuerdo al análisis optimizado por el diseño estadístico se dan a una temperatura de 20 °C y un tiempo de 24 minutos bajo estas condiciones se logra obtener una mayor impregnación de sacarina en yacón. Superficie de Respuesta Estimada opuestamente a lo mencionado se encuentra la superficie de color plomo con rangos de 4.00 – 5.2 (m^3 solución / m^3 fruta fresca), ubicado en el centro inferior de la gráfica, en el cual se aprecia el porcentaje de impregnación de sacarina alcanza valores bajos, lo que indica que en esa zona se encuentra el tratamiento menos eficaz con una temperatura de 25 °C y un tiempo de 22 min con respecto a la fracción volumétrica.

Chiralt *et al.* (1999) manifiesta que los alimentos estructurados tales como frutas y vegetales, tienen una gran cantidad de poros (espacios intercelulares), por lo tanto, son ocupados parcialmente por gas o líquido nativo. Esto les da la posibilidad de ser impregnados por una solución determinada y de este modo modificar la composición por la adición de solutos seleccionados; incorporación de ácidos, preservantes, azúcares u otros depresores de la actividad de agua, nutrientes especiales; en la presente investigación se utilizó como solución la sacarina para la impregnación al vacío de las rodajas de yacón, así entre los espacios intracelulares se impregnaba sacarina y salía al exterior el líquido nativo del yacón.

En la figura 3, se muestra que el aumento del tiempo de 24 min aumenta la fracción volumétrica esto depende de la solución sacarina y de las características del alimento. Además, la ganancia de solutos es baja en condiciones de corto tiempo, pero la misma se incrementa a medida en que aumenta el tiempo de procesamiento, favoreciendo el intercambio de solutos Betoret *et al.* (2003) y Fito (1994)

Según Mujica *et al.* (2002). En el caso de plátano, melocotón, mamey y mango se registre una disminución en la presión de vacío alrededor de los 400 mbar con un tiempo de 10 min, causando la deformación irreversible de estructura porosa dando como resultado una disminución en el volumen libre disponible para la impregnación. En caso de la manzana a una presión de 674 mbar la fracción volumétrica dio como resultado 0.341 (m^3 solución / m^3 fruta fresca) en un tiempo de 24 min; demostrando que el tiempo influyen en la fracción volumétrica, ya que a mayor tiempo mayor impregnación; la cual se puede comprobar con esta investigación el tratamiento 8 consta de una presión 452 mbar con un tiempo 24 min, dando como resultado

la fracción volumétrica 15.64 % (m^3 solución / m^3 fruta fresca) es mucho mayor a los otros tratamientos.

4.2 Determinación de la humedad en las rodajas de yacón impregnado a vacío con sacarina

Los resultados para la humedad se obtuvieron al pesar a cada una de las rodajas de yacón al inicio del proceso de impregnación al vacío, este sería el peso inicial y el peso final es después de ser puestas a un secado en estufa a 105 °C por 3 horas 30 minutos, a partir de la ecuación 2.

Tabla 8. Humedad en yacón impregnado al vacío con sacarina, calculada por cambios de masa (*)

Tratamientos	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Humedad (%)
T1	20	20	5.4014	0.3644	93.6888
T2	25	20	5.4151	0.4450	92.2877
T3	30	20	5.3758	0.4597	92.0893
T4	20	22	5.4814	0.3820	93.5426
T5	25	22	5.4245	0.4408	92.2080
T6	25	22	5.3435	0.4249	92.3798
T7	30	22	5.3942	0.3820	93.5305
T8	20	24	5.3599	0.4466	92.7968
T9	25	24	5.3212	0.4521	92.3299
T10	30	24	5.3991	0.5424	90.6468

(*) Promedio de tres repeticiones

Como se puede observar en la Tabla 8, los datos de humedad (%) varían con respecto a la temperatura y tiempo. Para calcular humedad (%) promedio se tomaron los valores con datos obtenidos, el peso inicial de las rodajas de yacón y el peso final de la fruta sometida al tratamiento de impregnación al vacío con solución de sacarina. Con dichos valores, se utilizó la ecuación 2 que nos permite hallar el porcentaje de humedad con el peso inicial de la muestra menos la muestra final entre la muestra inicial y todo multiplicado por cien, la cual nos arrojó los datos que se muestran en la Tabla 8. La muestra que obtuvo mayor porcentaje de pérdida de humedad fue el tratamiento uno con un tiempo 20 min y una temperatura de 20 °C, el cual tiene un porcentaje de humedad de 93.2533 % este resultado es la cantidad de humedad que perdió la muestra de yacón en el proceso de impregnación de vacío y secado a la estufa durante 150 °C por 3 h. La muestra que obtuvo menor porcentaje de humedad es el tratamiento tres con un tiempo 20 min y temperatura de 30 °C, el cual tiene un porcentaje de humedad de 91.4492 % este resultado es la cantidad de humedad que perdió la muestra de yacón en el proceso de

impregnación de vacío y secado a la estufa. El porcentaje de humedad en otros términos es la humedad que se liberó en todo el proceso.

Austin (2013) el método más utilizado para determinar el contenido de humedad es analíticamente a través de la pérdida de peso mediante el método de secado en mufla o estufa, en el que el contenido de humedad se determina a partir del cambio de peso de la muestra después de la evaporación del agua absorbida en el horno; por consiguiente, en la investigación se utilizó la estufa como método de secado a una temperatura 150 °C por 3 h.

4.2.1 Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de pérdida de humedad en la deshidratación a vacío de las rodajas de yacón.

En la Tabla 9. Se muestran los resultados obtenidos en la determinación de porcentaje de humedad que se determina en las muestras impregnadas al vacío en yacón, los valores obtenidos fueron analizados mediante un ANOVA con las variables independientes como son temperatura (°C) y tiempo expresado en (minutos). Con la finalidad de encontrar la significatividad en los dos factores estudiados.

Tabla 9. Análisis de varianza (ANOVA) del diseño de superficie de respuesta Box-Behnken, para el porcentaje de humedad

Análisis de Varianza para Humedad					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	2.35627	1	2.35627	3.71	0.1264
B: Tiempo	0.874017	1	0.874017	1.38	0.3058
AA	0.655433	1	0.655433	1.03	0.3671
AB	0.075625	1	0.075625	0.12	0.7474
BB	1.12706	1	1.12706	1.77	0.2536
Error total	2.54004	4	0.63501		
Total (corr.)	7.38469	9			

R-cuadrada = 65.6039 porciento

En la Tabla 9, podemos apreciar que el valor p en todos los casos es mayor que 0.05 ($p < 0.05$) de lo cual podemos deducir que el tiempo y la temperatura no fueron significativos, se afirma que ambas variables no están asociadas o correlacionadas.

En la Figura 4, se muestra la gráfica de efectos principales para la humedad

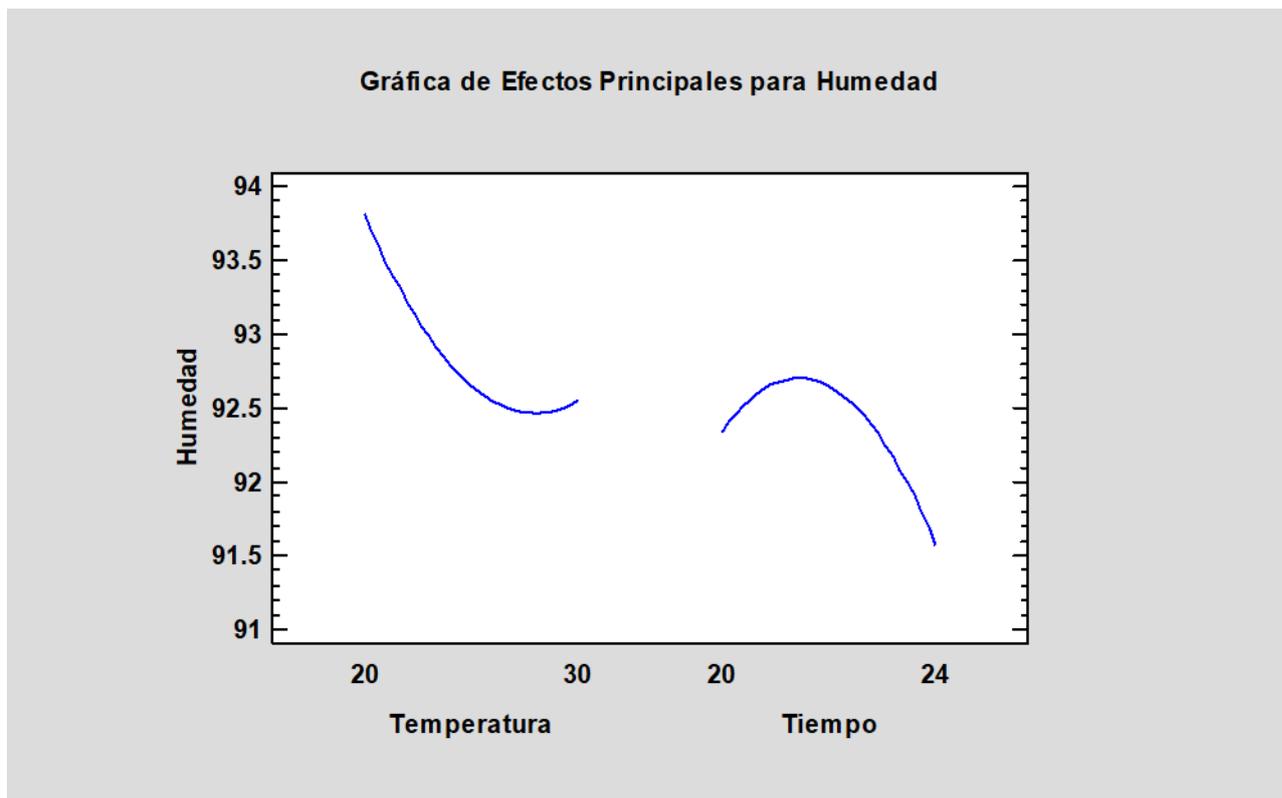


Figura 4. Gráfica de efectos principales para la humedad.

Figura 4. Efectos principales para el porcentaje de humedad en yacón. Podemos observar que al aumentar la temperatura 30 °C el porcentaje de humedad disminuye y al bajar la temperatura a 20 °C el porcentaje de humedad aumenta, existe un diseño en “U” y aumenta recíprocamente. En este caso para obtener mayor porcentaje de humedad debemos utilizar una temperatura menor a 20 °C. Con respecto al tiempo existe una tendencia en “U” invertida. Observamos que para el tiempo de 20 minutos el porcentaje de humedad aumenta y para la aplicación de un tiempo de impregnación al vacío de 24 minutos disminuye el porcentaje de humedad. Entonces podemos decir que para obtener mejor porcentaje de humedad debemos utilizar el tiempo menor a 20 minutos.

Con respecto a la humedad del yacón, con utilización del método de impregnación a vacío reportó un valor de 92.55 %, representativo a la humedad promedio. Vilca (2015), obtienen yacón en rodajas por medio de impregnación con una bomba a vacío, con un porcentaje de humedad de 74.53 %. Comparando con los resultados queda una clara diferencia las que son atribuibles al proceso de secado.

4.2.2 Optimización del porcentaje de humedad de las rodajas de yacón.

Con la metodología de optimización, se obtuvo las condiciones ideales para lograr reducir al máximo el valor de la variable de respuesta del porcentaje de humedad. La ecuación

cuadrática que modela empíricamente el proceso de impregnación al vacío de rodajas de yacón es la siguiente:

$$\text{Humedad} = 21.5742 - 0.882833 * \text{Temperatura} + 7.79792 * \text{Tiempo} + 0.0212 * \text{Temperatura}^2 - 0.01375 * \text{Temperatura} * \text{Tiempo} - 0.17375 * \text{Tiempo}^2$$

La superficie de respuesta que genera la ecuación del modelo ajustado se observa en la figura 5.

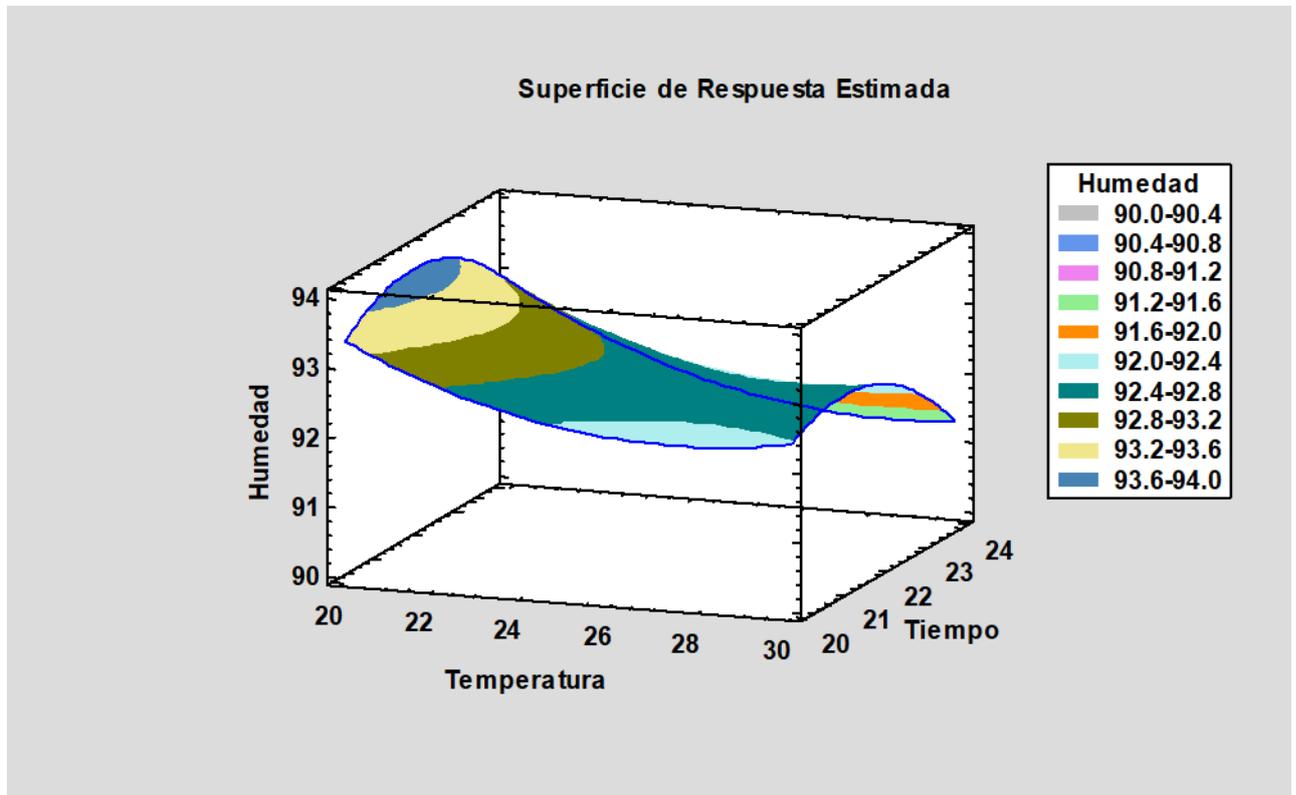


Figura 5. La superficie de respuesta que genera la ecuación del modelo ajustado

En la figura 5, se puede apreciar la región óptima de color azul en el rango de 93.6 -94.00 %, ubicada en la parte superior izquierda donde se logra maximizar el porcentaje de humedad, estas condiciones de acuerdo al análisis optimizado por el diseño estadístico se dan a una temperatura de 20 °C y un tiempo de 20 minutos bajo estas condiciones se logra obtener una mayor impregnación de sacarina en yacón. Superficie de Respuesta Estimada opuestamente a lo mencionado se encuentra la superficie de color plomo con rangos de 90.0 – 90.4 %, en el cual se aprecia que el porcentaje de impregnación de sacarina alcanza valores más bajos, lo que indica que en esa zona se encuentra el tratamiento menos eficaz con una temperatura de 30 °C y un tiempo de 20 min con respecto al porcentaje de humedad de las rodajas de yacón, impregnada al vacío con sacarina.

García y Fernández (2012) indican que los alimentos contienen agua en mayor o menor proporción. El agua se encuentra en los alimentos en dos formas: agua libre y agua ligada. El agua libre es la forma predominante, se libera con facilidad por evaporación o por secado. La capsula perfectamente limpias se secan en estufa a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 30 minutos o 45 minutos, después de este tiempo se enfría en el desecador hasta temperatura ambiente. Se pesa 5 gramos de muestra previamente triturada y homogenizada para colocar la muestra en la cápsula destapada a la temperatura de $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ entre 3 horas y 6 horas, dependiendo del tipo de alimento; por consiguiente, en la investigación el secado de rodajas de yacón se utilizó una estufa a 105°C y por un tiempo 3.30 min, así permitiendo la liberación del agua libre que se encontraba en las muestras de yacón para obtener menor contenido de humedad.

4.3 Optimización de Múltiples Respuestas entre fracción volumétrica ($\text{m}^3\text{solución}/\text{m}^3$ fruta fresca) en porcentaje y humedad (%)

Este procedimiento ayuda a determinar la combinación de los factores experimentales que son fracción volumétrica ($\text{m}^3\text{solución}/\text{m}^3$ fruta fresca) en porcentaje y humedad (%) que simultáneamente optimiza varias respuestas. Los hace maximizando la función de ‘deseabilidad’. Optimizar deseabilidad con un valor óptimo 0.842054.

Tabla 10. Parámetros de deseabilidad

Fracción volumétrica –maximizar
Humedad – maximizar

En la tabla 10 se muestra los factores los cuales son fracción volumétrica y humedad las cuales se maximizaron, para determinar lo óptimo para el proceso de impregnación al vacío.

Tabla 11. Parámetros óptimos para temperatura y tiempo.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Temperatura	20	30	20
Tiempo	20	24	24

En la tabla 11 podemos observar temperatura y tiempo la cual se realizó en el proceso de impregnación al vacío en rodajas de yacón con sacarina, la cual nos da como resultados óptimos para el proceso de temperatura 20°C y con un tiempo de 24 min.

Tabla 12. Condiciones óptimas de impregnación al vacío para la fracción volumétrica y el porcentaje de humedad en las rodajas de yacón impregnadas con sacarina.

Respuesta	Óptimo
Fracción volumétrica (m ³ solución /m ³ fruta fresca)	15.3172
Humedad (%)	92.8659

En la tabla 12, podemos observar la combinación de factores los cuales da como resultado lo óptimo en la Fracción volumétrica (m³solución/m³fruta fresca) lo óptimo obtenido fue 15.3172 (m³solución / m³ fruta fresca) y para la humedad 92.8659 %.

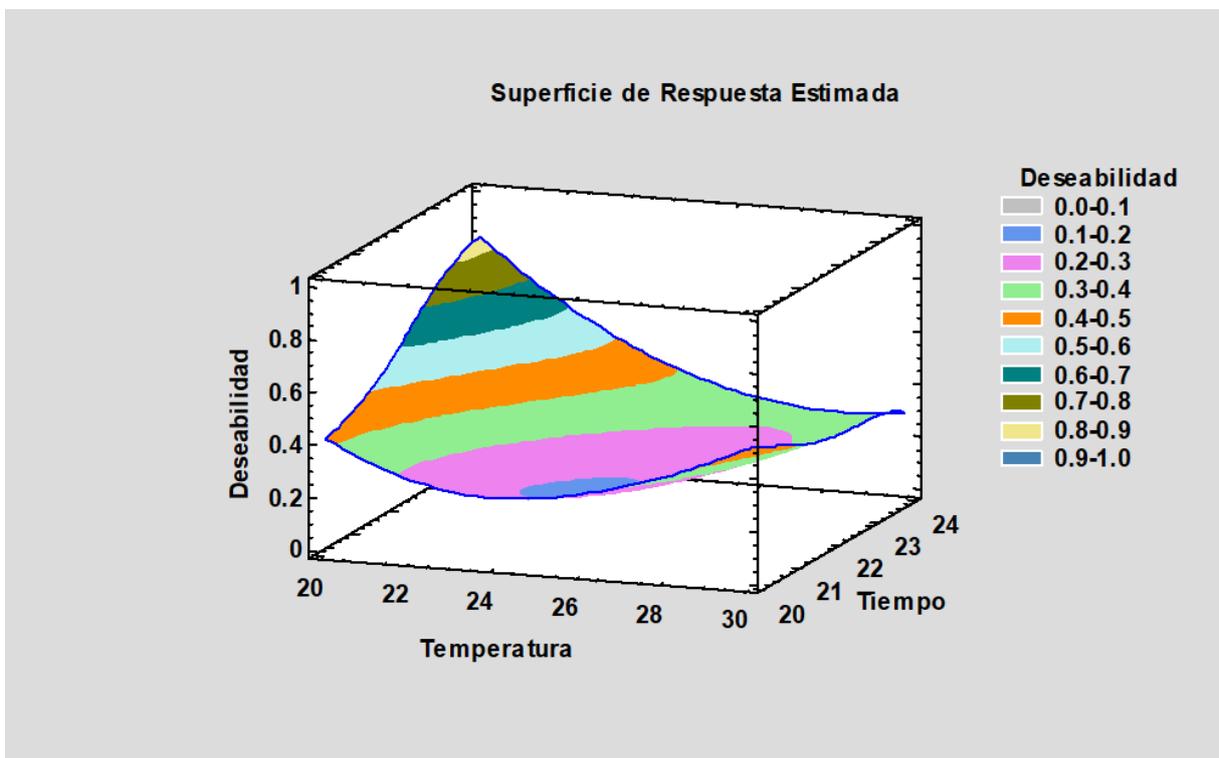


Figura 6. Superficie de respuesta estimada

En la Figura 6. Se puede apreciar la gráfica de superficie de respuesta estimada para Optimizar deseabilidad con un valor óptimo 0.842054 la región óptima de color plomo en el rango de 0.0 - 0.1, ubicada en la parte superior izquierda donde se logra maximizar el porcentaje de humedad y la fracción volumétrica, estas condiciones de acuerdo al análisis optimizado por el diseño estadístico se dan a una temperatura de 20 °C y un tiempo de 24 minutos bajo estas

condiciones se logra obtener una mayor impregnación de sacarina en yacón y mayor porcentaje de pérdida de humedad.

Mujica *et al.* (2002) en la impregnación de vacío de la manzana a una presión de 674 mbar la fracción volumétrica dio como resultado 0.341 (m^3 solución/ m^3 fruta fresca) en un tiempo de 24 min con una temperatura atmosférica Rojas (2018) Las condiciones optimización para la fracción volumétrica para la impregnación de aloe vera en yacón la fracción volumétrica a una presión de 451.777 mbar y un tiempo de 22.0711 minutos con una temperatura de 30 °C. Los resultados dan como fracción volumétrica 0.11951 (m^3 solución / m^3 fruta fresca). Comparando la optimización para hallar un mejor tiempo y temperatura tanto Rojas (2018) y Mojica *et al.* (2002) para el tiempo nos da un rango de 24 y 22.071 min y para la temperatura un rango 30 °C y temperatura atmosférica, al comparar las temperaturas a menor temperatura es mayor la ganancia en la fracción volumétrica (m^3 solución / m^3 fruta fresca) la que ayuda a conocer la cantidad de sacarina impregnada en las muestras de yacón; la cual en esta investigación lo óptimo a utilizar es tiempo de 24 min y temperatura 20°C con una fracción volumétrica de 15.3172 % (m^3 solución/ m^3 fruta fresca)

Núñez (2018) indica que en la impregnación de sacarosa en rodajas de yacón usando una bomba al vacío, obtuvo un resultado de pérdida de humedad en porcentaje 89.245 %; tiene similitud con la investigación, dio como resultado el porcentaje de humedad óptimo 92.8659 % con una presión 452 mbar y concentración de sacarina 1.333 gr sacarina, comparando con los resultados son parecidos las que son atribuibles al proceso de secado.

4.4 Resultados para la aceptabilidad sensorial de la bebida resultante (bebida refrescante) impregnada con sacarina

4.4.1 Análisis sensorial para el sabor

En la Figura 7, se presenta los resultados para la aceptabilidad sensorial muestras de las bebidas de yacón evaluada por 30 panelistas parámetro de sabor, los resultados obtenidos en la gráfica de aceptabilidad sensorial en parámetro sabor están ordenados de menor a mayor puntaje obtenido en la escala hedónica de cinco puntos se obtuvo un producto con el tratamiento con mayor valor encontrado el cual fue el tratamiento siete con 4.10 la cual está en el parámetro aceptable y de menor puntaje fue el tratamiento dos con 2.33 que se encuentra en el parámetro me desagrada.

En el Anexo 11 se muestra la ficha de evaluación sensorial utilizada

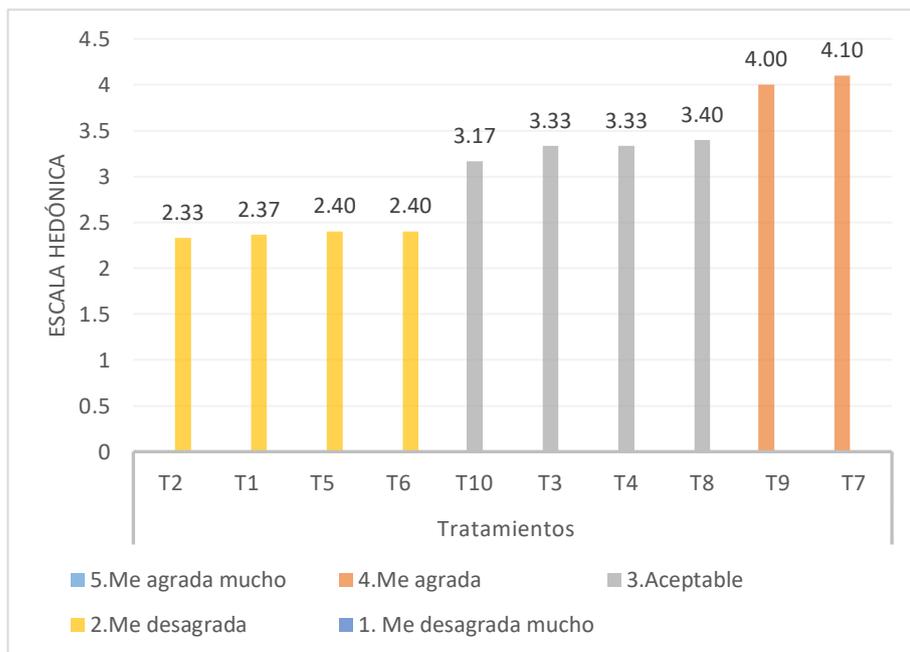


Figura 7. Gráfica de aceptabilidad sensorial parámetro sabor

En la bebida se utilizó polvo de yacón impregnado con sacarina 60 mg por cada 750 ml de agua embotellada luego se agitó hasta generar una mezcla homogénea. La sacarina es un polvo blanco incoloro y soluble en agua, es un edulcorante más empleado en bebidas dulces, frutas procesadas, confituras, gomas de mascar y salsas. Es 300 a 700 veces más dulce que la sacarosa. En altas concentraciones produce un sabor amargo al consumirla (Giannuzzi y Molina 2005).

El sabor dado para la bebida refrescante de yacón está entre los rangos me agrada y me desagrada. El sabor se aprecia por la lengua, también por la cavidad bucal (por el paladar blando, la pared posterior de la faringe y la epiglotis). Las papilas gustativas de la lengua perciben los cuatro sabores básicos: dulce, ácido, salado y amargo, en determinadas zonas específicas de la lengua (Sancho, citado por Flores y Gonzales 2016)

4.4.2 Análisis sensorial para el olor

En la Figura 8, se presenta los resultados para la aceptabilidad sensorial en muestras de las bebidas de yacón evaluada por 30 panelistas parámetro de olor, los resultados obtenidos en la gráfica de aceptabilidad sensorial en parámetro olor están ordenados de menor a mayor puntaje obtenido en la escala hedónica de cinco puntos se obtuvo un producto con el tratamiento con

mayor valor encontrado el cual fue el tratamiento siete con 4.30 la cual está en el parámetro me agrada y de menor puntaje fue el tratamiento cinco con 2.87 que se encuentra en aceptable.

En el Anexo 2 se muestra la ficha de evaluación sensorial utilizada

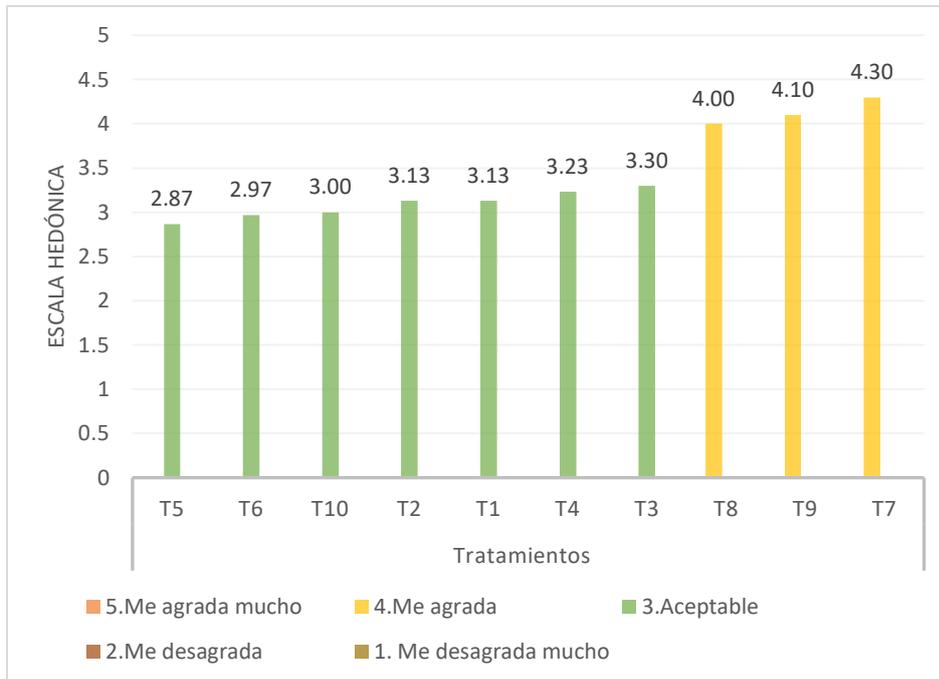


Figura 8. Gráfica de aceptabilidad parámetro olor

El olor de la bebida refrescante de yacón con sacarina es una variedad de mezclas de los componentes volátiles en las que algunos están en muy pequeña proporción, pero contribuyen decisivamente a la sensación aromática específica del conjunto (Ureña y Arrigo 1999). En la figura 8 se puede observar que el rango va de 2.87 a 4.30 con una mínima diferencia entre los nueve tratamientos, lo cual quiere decir que los panelistas al oler el tratamiento uno hasta el tratamiento nueve, el olor fue común y ya se acostumbraron por lo cual no hay diferencia significativa.

4.4.3 Análisis sensorial para el color

En la Figura 9, se presenta los resultados para la aceptabilidad sensorial en muestras de las bebidas de yacón evaluada por 30 panelistas parámetro de sabor, los resultados obtenidos en la gráfica de aceptabilidad sensorial en parámetro sabor están ordenados de menor a mayor puntaje obtenido en la escala hedónica de cinco puntos se obtuvo un producto con el tratamiento con mayor valor encontrado el cual fue el tratamiento siete con 4.43 la cual se encuentra en el parámetro me agrada y de menor puntaje fue el tratamiento dos con 2.33 que se encuentra en el parámetro me desagrada.

En el Anexo 2 se muestra la ficha de evaluación sensorial utilizada.

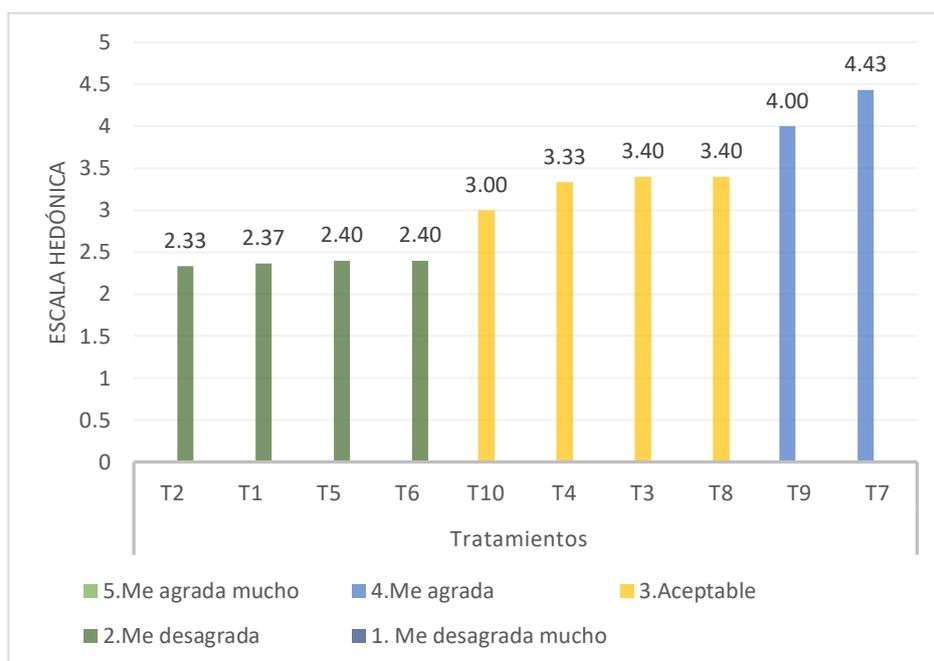


Figura 9. Gráfica de aceptabilidad parámetro color

La evaluación de la bebida de yacón con sacarina se realizó en cabinas de degustación color blancas las cuales eran individuales para cada degustador, los tratamientos se colocaron en forma ordenada y enumerada. La evaluación del color en los alimentos se da por la propiedad de la percepción de la luz de una cierta longitud de onda reflejada por un objeto, se lleva a cabo mediante la forma visual. Para una evaluación correcta se necesita iluminación del lugar adecuada y que la luz utilizada no proporcione color adicional alguno a los objetos y las paredes, mesas o superficies tienen que ser de color claro (Anzaldúa, 2005).

El color de un alimento forma parte de los factores organolépticos más importantes de un producto o alimento, en la bebida de yacón con sacarina, las rodajas de yacón fueron deshidratadas en estufa la cual produjo un cambio de color, a causa de los colorantes característicos de la materia prima empleada, flavonoides y carotenoides Ureña y Arrigo (1999). Se puede observar en la figura diez una pequeña variación con respecto al color la cual se da por la cantidad de sacarina impregnada en yacón y luego llevarla a la estufa la cual produjo un cambio de tonalidades.

4.4.4 Aceptabilidad general de la bebida resultante impregnada con sacarina

En la Figura 10, se presenta los resultados para la aceptabilidad sensorial en muestras de la bebida de yacón evaluada por 30 panelistas, los resultados muestran los promedios generales obtenidos por los parámetros sabor, olor y color, se obtuvo un producto con mayor valor encontrado el cual fue el tratamiento siete con 4.38 la cual se encuentra en el parámetro de me agrada la cual tiene una temperatura de 30 °C y un tiempo de 22 min. De menor puntaje fue el tratamiento cinco con 2.56 que se encuentra en el parámetro me desagrada.

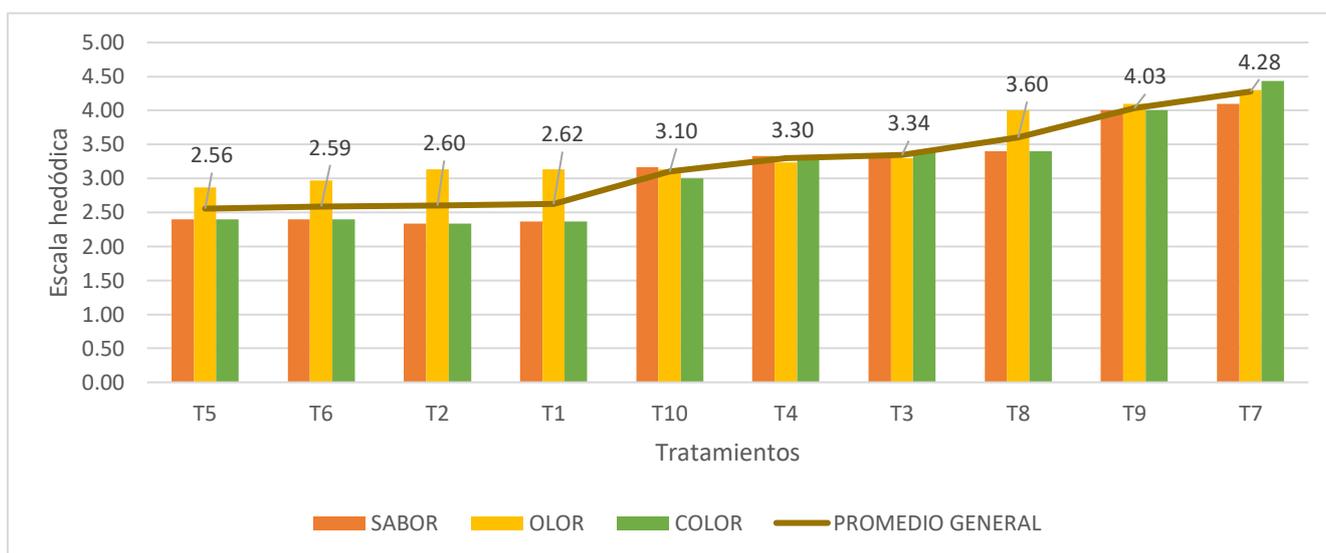


Figura 10. Aceptabilidad sensorial de bebida de yacón

Tabla 13. Medidas de tendencia central del tratamiento 7 evaluando sabor, olor y color

Resumen	Sabor	Olor	Color
Media	4.1	3.3	3.7
Mediana	4	3	4
Moda	4	3	4
D.E.	0.662	0.794	0.915
Mín.	3	2	2
Máx.	5	5	5

D.E= Desviación Estándar, Mín.= Mínimo, Máx.= Máximo

La media analizada para el sabor del tratamiento siete mostrada en tabla 13 fue de 4.1, con valores mínimos y máximos de 3 y 5 que significa en una escala hedónica de aceptable y me agrada mucho, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 0.662 . Los valores encontrados son similares reportados por León (2016), estos son de 6 y 3 lo que significa que

está en la escala hedónica muy agradable y desagradable para una bebida elaborada a base de yacón. El sabor de las rodajas de yacón aumenta debido a la ganancia de sólidos solubles añadidos por los componentes del zumo concentrado Cancino y Guevara (2005). Por lo tanto, el sabor está dado por la cantidad de sacarina impregnada al vacío, la cual si comparamos la fracción volumétrica con el sabor nos da que el tratamiento siete fue uno de los que tiene mayor cantidad de sacarina.

La media analizada para el color del tratamiento siete mostrada en tabla 13 fue de 3.7, con valores mínimos y máximos de 2 y 5 que significa en una escala hedónica me desagrada y me agrada mucho, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 0.915 . Los valores encontrados son parecidos reportados por León (2016), estos son de 6 y 3 lo que significa que está en la escala hedónica de muy agradable y desagradable para una bebida elaborada a base de yacón. El color dado por las rodajas de yacón deshidratadas es directamente proporcional a la impregnación del zumo concentrado Cancino y Guevara (2005), al comparar la fracción volumétrica es la cantidad impregnada de sacarina en yacón el tratamiento siete fue el cual tuvo mayor sacarina y fue el que tiene un puntaje 4.48 que significa en la escala hedónica me agrada, siendo el color agradable para los panelistas.

La media analizada para el olor del tratamiento siete mostrada en tabla 13 fue de 3.3, con valores mínimos y máximos de 2 y 5 que significa en una escala hedónica me desagrada y me agrada mucho, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 0.794 . Los valores encontrados para el olor se dan a través de la variedad de mezclas de los componentes volátiles en las que algunos están en muy pequeña proporción, pero contribuyen decisivamente a la sensación aromática específica del conjunto (Ureña y Arrigo 1999). Se puede verificar la figura 9, del olor que los nueve tratamientos no tienen mucha diferencia para la cual oscila entre los parámetros de 2 y 4 que se encuentra entre me desagrada y me agrada.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se logró evaluar las condiciones óptimas para una mayor impregnación a vacío de sacarina en rodajas de yacón, para la fracción volumétrica $15.3172 \text{ m}^3 \text{ solución/m}^3$ fruta fresca y la humedad 92.8659% obteniendo como resultado un tiempo de 24 min y temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$.
- En la evaluación sensorialmente de la bebida de yacón impregnada con sacarina, el producto con mayor valor encontrado fue el tratamiento siete con 4.38 la cual se encuentra en el parámetro me agrada la cual tiene una temperatura de 30°C y un tiempo de 22 min. De menor puntaje fue el tratamiento cinco con 2.56 que se encuentra en el parámetro me desagrada la cual tiene una temperatura de 25°C y un tiempo de 22 min.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para futuros estudios utilizar la optimización de temperatura, tiempo y presión dada en esta investigación para evaluar la cantidad de solución impregnada en yacón.
- Trabajar con niveles mayores a 24 min de exposición para la impregnación a vacío.
- Trabajar con niveles bajos para la temperatura en la deshidratación a vacío y evaluar fracción volumétrica, humedad y pérdida de agua.

CAPÍTULO VI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anzaldúa, A. 2005. La evaluación sensorial de los alimentos en la práctica y en la teoría. Zaragoza, España: Acribia.S. A pp.214.
- Astiasarán, I; Martínez, A. 2003. *Alimentos composición y propiedades*.Getafe. pp. 360. España.
- AOAC, 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International Agricultural Chemists. 16va. Edition. Vol: 1-2.
- Austin, J.2013. Utilizing microwaves for the determination of moisture content independent of density, Powder Technology: 236 (Special Issue),pp 17–23.
- Badui, S. 2006. Edulcorantes. En Química de los Alimentos. Pearson.Cuarta ed, pp. 528-532. México
- Baumann, H; Henze, J. 1983. Intercellular space volume of fruit. Acta Horticulture. pp.138, 107–111
- Betoret, E; Sentandreu, E; Betoret, N; Franch, P; Valls, V; Fito, P. 2012. Technological development and functional properties of an apple snack rich in flavonoid from mandarin juice. Innovative Food Science & Emerging Technologies. pp. 15, 298-304
- Betoret, N; Puente, L; Díaz, M; Pagán, M; García, J; Gras, M; Martínez, J; Fito, P. 2003.Development of probiotic-enriched dried fruits by vacuum impregnation. Journal of Food Engineering. pp. 56, 273–277.
- Calbo, A; Sommer, N. 1987. Intercellular volume and resistance to air flow of fruits and vegetables. Journal of American Society Horticulture Science. pp.112,131–134.
- Castagnini, M. 2014. Estudio del proceso de obtención de zumo de arándanos y utilización como ingrediente para la obtención de un alimento funcional por impregnación al vacío. Tesis doctoral. Valencia, España. Universidad Politécnica de Valencia. 201p
- Chiralt, A; Fito, P; Andrés, A; Barat, J; Martínez-Monzó, J; Martínez –Navarrete, N. 1999. Vacuum impregnation: a tool in minimally processing of foods. En: Olivera, F. y

- Olivera, J (Eds.). Processing Foods: Quality Optimization and Process Assessment.417 h. pp 341-356.
- Chiralt, A; Talens, P. 2005. Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plant tissues (en línea). Journal of Food Engineering 67(1-2):167-177. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.055>.
- Codex Alimentarius. 2013. Norma General del Codex para los Aditivos Alimentarios
- Codigo Alimentario Argentino Capitulo XIII ANEXO IV, articulo 1348
- Cordova, M. 2003. Estadística: Descriptiva e Inferencial Aplicaciones.Lima, Perú: Moshera, pp.220.
- Cortés, M; Guardiola,L; Pacheco, R. 2007. Aplicación de la ingeniería de matrices en la fortificación de mango (Var. Tommy atkins) con calcio.Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. DYNA, 74(153), 19-26. Consultado el 20/03/2021. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532007000300002&lng=en&tlng=es
- Dávila, M; Rene, M; Cortés, R; Misael, G; Jesús, H. 2016. Cambios físicos y fisicoquímicos durante el almacenamiento en plátano impregnado al vacío con soluciones antioxidantes. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.14(2), 125-134.Consultado el 20/03/2021. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612016000200015&lng=en
- Duque, A; Giraldo, G; Mejía, C. 2007. Variación del color en Mango, Mora y Uchuva en diferentes tratamientos de deshidratación osmótica (en línea). Revista de Investigaciones 17(17):19-26. Consultado 10 mar. 2021. Disponible en http://blade1.uniquindio.edu.co/uniquindio/revistainvestigaciones/adjuntos/pdf/52ee_N1702.pdf.
- Fito, P. 1994. Modelling of vacuum osmotic dehydration of foods. Journal of Food Engineering, pp 22, 313-318.

- Fito, P; Chiralt, A; Barat, J. M; Andrés, A; Martinez M. J; Martinez, N. 1996. Vacuum impregnation for development of new dehydrated products. *Journal of Food Engineering*. pp 49, 297-302.
- Fito, P; Pastor, R. 1994. On some diffusional mechanism occurring Vacuum Osmotic Dehydration (VOD). *Journal of Food Engineering*. Valencia, España. pp. 21, 513-519
- Flores, V; Gonzales, M. 2016. Efecto de la concentración del jarabe de yacón y el tiempo de inmersión en la calidad del yacón osmodeshidratado. (en línea). s.l., Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Consultado 20 ago. 2019. Disponible en <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/3854/BC-TES-TMP-2670.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García, M; Fernández, S. 2012. Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación. (en línea). s.l., Universitat Politècnica de Valencia, pp 1-5. Consultado 20 ago. 2019. Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/cc55/d7c5605da5d3ad1d49414e059eb84298c32c.pdf>
- Gavidia, A, Carbajal, R; Reyna, L. 2013. Efecto de la temperatura y la concentración del jarabe de inmersión en la difusividad efectiva y aceptación sensorial en cubos de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) osmodeshidratado. Tesis Ing. Ciudad de Trujillo, Perú, Universidad Nacional de Trujillo.
- Giannuzzi, L; Molina, S. 2005. Edulcorantes naturales y sintéticos. Aplicaciones y aspectos toxicológicos. Centro de Investigaciones y Desarrollo de Criotecnología de Alimentos. Universidad Nacional de La Plata. Argentina.
- Giraldo, G. 2006. El efecto del tratamiento de impregnación a vacío en la respiración de frutas (manzana, fresa, melocotón y sandía) mínimamente procesadas. *Vitae*, vol. 13, núm. 2, pp. 21-25. Universidad de Antioquia Medellín, Colombia. Consultado el 20/03/2021. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169813258003>
- González, V; Rodeiro, C; San Martin, C; Vila, S. 2014. Estudio hedónico del pan en el IES Mugaros. Consultado 09 jul. 2019. Disponible en [http://www.seio.es/descargas/Incubadora2014/GaliciaBachiller ato.pdf](http://www.seio.es/descargas/Incubadora2014/GaliciaBachiller%20ato.pdf)
- Hernández A, E. 2005. Evaluación Sensorial.pdf. Bogota. 128p.

- Ibañez, F; Barcina, Y. 2001. Análisis sensorial de alimentos. Barcelona: Sprint Copy. pp. 6,2-180.
- INACAL. 2010. Norma Técnica Peruana 209.228. Infusión filtrante, requisitos (en línea). p.8. Consultado 30 jul. 2019. Disponible en https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/home_tienda.aspx
- Jeon, M. y Zhao, Y. 2005. Honey in combination with vacuum impregnation to prevent enzymatic browning of fresh-cut apples. *International Journal of Food Science and Nutrition* 56(3): 165-176.
- Leòn, C.2018. Influencia de la concentración del zumo en la bebida a partir de yacón (*smallanthus sonchifolius*). (en línea). s.l., Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Consultado 01 set.2020. Disponible en <http://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/UNHEVAL/1482/TAI%2000088%20L47.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mujica, H; Valdez, A; López, A; Palou, E; Welti, J. 2002. Impregnation properties of some frutis at vacuum pressure. *Journal of Food Engineering*, Vol.56, pp. 307-314.
- Navarro, M. 2012. Aspectos bromatológicos y toxicológicos de edulcorantes. España. Ediciones Díaz Santos.491 p.
- Nuñez, E.2018. Ganancia de sólidos, pérdida de agua y textura durante la deshidratación osmótica del yacón (*Smallanthus sonchifolius*) evaluado a diferentes presiones y temperaturas. (tesis).Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca-Perú
- Ohyama, T; Ito, O; Yasuyoshi, S; Ikarashi, T; Minamisawa, K; Kabota, M; Asami, T. 1990. Composition of storage carbohydrate in tubers of yacón (*Polymnia sonchifolia*). *Soil Science and Plant Nutrition* 36(1):167-171.
- Ostos, S; Díaz, A; Suarez, H. 2012. Evaluación de diferentes condiciones de proceso en la fortificación de mango (tommy atkins) con calcio mediante impregnación a vacío. *Revista chilena de nutrición*, 39(2), 181-190. Consultado el 20/03/2021. Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182012000200007&lang=es

- Polanco, M. 2011. Caracterización morfológica y molecular de materiales de yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poep. & Endl) H. Robinson colectados en la eco región Eje Cafetero de Colombia (en línea). Universidad Nacional de Colombia. Coordinación General de Posgrados. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3715/1/7206010.2011.pdf>
- Pompa, L. 2017. Efecto de la impregnación al vacío de penca sábila (áloe vera) deshidratado en yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y manzana (*malus doméstica*) en la disminución del pardeamiento enzimático. (en línea). s.l., Universidad Nacional de Cajamarca. Consultado 20 ago. 2019. Disponible en <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1728>
- Rodríguez, R. 2017. Fundamentos de química General, Ecuador: UPSE pp.114
- Rojas, A. 2014. Matemática 2. Educación secundaria. Edición Lima-Perú: Editorial San marcos.
- Rojas, E. 2018. Optimización de la incorporación de aloe vera en yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl) Mediante impregnación al vacío mediante superficie de respuesta. Ingeniería y Universidad, 22 (1), 117-136. Consultado el 20 ago. 2019. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-21262018000100117&lang=es
- Seminario, J; Valderrama, M; Manrique, I. 2003. El yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Centro Internacional de la Papa (CIP) (en línea, sitio web). Consultado 22 oct. 2019. Disponible en http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/07/Yacon_Fundamentos_password.pdf.
- Ureña; Arrigo, 1999. Evaluación sensorial de los alimentos. Edición. Lima- Perú: Editorial Agraria.
- Vilca, L. 2015. Determinación de la cinética de deshidratación osmótica de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en rodajas. s.l., s.e.

CAPÍTULO VII.

ANEXOS

Anexo 1. Valores experimentales para el tratamiento IV a: T =20 °C y t = 20 min

T1	Peso inicial (g)	Peso después de la bomba al vacío(g)	Peso después de la estufa (g)	Densidad de la solución (g/ml)	Densidad aparente del yacón (g/ml)	Fracción volumétrica (m ³ solución/m ³ fruta fresca) en porcentaje	% Humedad
1	5.4790	5.8511	0.3821	1.01275	1.0102	0.06774	93.46960%
2	5.4240	5.7998	0.3748	1.01275	1.0102	0.06911	93.53771%
3	5.3981	5.7708	0.3416	1.01275	1.0102	0.06887	94.08054%
4	5.0238	5.3930	0.3535	1.01275	1.0102	0.07331	93.44521%
5	5.5981	5.9683	0.3993	1.01275	1.0102	0.06596	93.30965%
6	5.2676	5.6387	0.3214	1.01275	1.0102	0.07027	94.30010%
7	5.2759	5.6495	0.3784	1.01275	1.0102	0.07063	93.30206%
8	5.3907	5.7652	0.3474	1.01275	1.0102	0.06930	93.97419%
9	5.7550	6.1296	0.3812	1.01275	1.0102	0.06493	93.78100%
Promedio	5.4014	5.7740	0.3644	1.01275	1.0102	6.8817%	93.6888%

Anexo 2. Valores experimentales para el tratamiento IV a: T =25 °C y t = 20 min

T2	Peso inicial (g)	Peso después de la bomba al vacío(g)	Peso después de la estufa (g)	Densidad de la solución (g/ml)	Densidad aparente del yacón (g/ml)	Fracción volumétrica (m ³ solución/m ³ fruta fresca) en porcentaje	% Humedad
1	5.5519	5.8939	0.4221	1.01275	1.0102	0.06145	92.83836%
2	5.4386	5.7822	0.4377	1.01275	1.0102	0.06302	92.43022%
3	5.4325	5.7984	0.4675	1.01275	1.0102	0.06718	91.93743%
4	5.5592	5.8619	0.4785	1.01275	1.0102	0.05431	91.83712%
5	5.0734	5.4178	0.4016	1.01275	1.0102	0.06771	92.58740%
6	5.2992	5.6740	0.4048	1.01275	1.0102	0.07055	92.86570%
7	5.4388	5.8046	0.4950	1.01275	1.0102	0.06709	91.47228%
8	5.4637	5.8403	0.4206	1.01275	1.0102	0.06875	92.79832%
9	5.4786	5.8544	0.4770	1.01275	1.0102	0.06842	91.85228%
Promedio	5.4151	5.7697	0.4450	1.01275	1.0102	6.5323%	92.2877 %

Anexo 3.Valores experimentales para el tratamiento IV a: T =30 °C y t = 20 min

T3	Peso inicial (g)	Peso después de la bomba al vacío(g)	Peso después de la estufa (g)	Densidad de la solución (g/ml)	Densidad aparente del yacón (g/ml)	Fracción volumétrica (m³solución/m³ fruta fresca) en porcentaje	% Humedad
1	5.4474	5.8824	0.4896	1.0128	1.0102	0.0797	91.67687%
2	5.4654	5.9004	0.4934	1.0128	1.0102	0.0794	91.63786%
3	5.4620	5.8970	0.4703	1.0128	1.0102	0.0794	92.02476%
4	5.3298	5.7648	0.4537	1.0128	1.0102	0.0814	92.12982%
5	5.2652	5.7002	0.4289	1.0128	1.0102	0.0824	92.47570%
6	5.3820	5.8170	0.4611	1.0128	1.0102	0.0806	92.07323%
7	5.3820	5.8170	0.4670	1.0128	1.0102	0.0806	91.97181%
8	5.4172	5.8522	0.4336	1.0128	1.0102	0.0801	92.59082%
9	5.2314	5.6664	0.4395	1.0128	1.0102	0.0829	92.24375%
Promedio	5.3758	5.8108	0.4597	1.0128	1.0102	8.0714%	92.0893 %

Anexo 4.Valores experimentales para el tratamiento IV a: T =20 °C y t = 22 min

T4	Peso inicial (g)	Peso después de la bomba al vacío(g)	Peso después de la estufa (g)	Densidad de la solución (g/ml)	Densidad aparente del yacón (g/ml)	Fracción volumétrica (m³solución/m³ fruta fresca) en porcentaje	% Humedad
1	5.5847	6.0177	0.3852	1.01275	1.0102	0.07734	93.59888%
2	5.4231	5.8660	0.3835	1.01275	1.0102	0.08146	93.46233%
3	5.4709	5.9025	0.3746	1.01275	1.0102	0.07869	93.65354%
4	5.4196	5.8527	0.3795	1.01275	1.0102	0.07971	93.51581%
5	5.4789	5.9131	0.3860	1.01275	1.0102	0.07905	93.47212%
6	5.4682	5.8996	0.3921	1.01275	1.0102	0.07869	93.35379%
7	5.5191	5.9523	0.3942	1.01275	1.0102	0.07829	93.37735%
8	5.4372	5.8687	0.3693	1.01275	1.0102	0.07916	93.70729%
9	5.5308	5.9653	0.3734	1.01275	1.0102	0.07836	93.74047%
Promedio	5.4814	5.9153	0.3820	1.01275	1.0102	7.8966%	93.5426 %

Anexo 5.Valores experimentales para el tratamiento IV a: T =25 °C y t = 22 min

T5	Peso inicial (g)	Peso después de la bomba al vacío(g)	Peso después de la estufa (g)	Densidad de la solución (g/ml)	Densidad aparente del yacón (g/ml)	Fracción volumétrica (m³solución/m³ fruta fresca) en porcentaje	% Humedad
1	5.4754	5.7096	0.4370	1.01275	1.0102	0.04267	92.34622%
2	5.5503	5.7805	0.4388	1.01275	1.0102	0.04137	92.40896%
3	5.4062	5.6413	0.4125	1.01275	1.0102	0.04338	92.68786%
4	5.4035	5.6387	0.4836	1.01275	1.0102	0.04342	91.42356%
5	5.4138	5.6492	0.4033	1.01275	1.0102	0.04337	92.86094%
6	5.4564	5.6876	0.4410	1.01275	1.0102	0.04227	92.24629%
7	5.3866	5.6181	0.4142	1.01275	1.0102	0.04287	92.62740%
8	5.5733	5.8044	0.4755	1.01275	1.0102	0.04136	91.80794%
9	5.1548	5.3855	0.4614	1.01275	1.0102	0.04464	91.43255%
Promedio	5.4245	5.6572	0.4408	1.01275	1.0102	4.2796%	92.2080 %

Anexo 6.Valores experimentales para el tratamiento IV a: T =25 °C y t = 22 min

T6	Peso inicial (g)	Peso después de la bomba al vacío(g)	Peso después de la estufa (g)	Densidad de la solución (g/ml)	Densidad aparente del yacón (g/ml)	Fracción volumétrica (m³solución/m³ fruta fresca) en porcentaje	% Humedad
1	5.3060	5.5060	0.4060	1.01275	1.0102	0.03760	92.62623%
2	5.2409	5.4529	0.4120	1.01275	1.0102	0.04035	92.44439%
3	5.3455	5.5905	0.4151	1.01275	1.0102	0.04572	92.57490%
4	5.3933	5.6253	0.4227	1.01275	1.0102	0.04291	92.48573%
5	5.3877	5.5997	0.4440	1.01275	1.0102	0.03925	92.07100%
6	5.2465	5.4595	0.4409	1.01275	1.0102	0.04050	91.92417%
7	5.4979	5.7969	0.4302	1.01275	1.0102	0.05425	92.57879%
8	5.3828	5.5992	0.4292	1.01275	1.0102	0.04010	92.33462%
9	5.2906	5.5513	0.4238	1.01275	1.0102	0.04915	92.36575%
Promedio	5.3435	5.5757	0.4249	1.01275	1.0102	4.3352%	92.3798%

Anexo 7.Valores experimentales para el tratamiento IV a: T =30 °C y t = 22 min

T7	Peso inicial (g)	Peso después de la bomba al vacío(g)	Peso después de la estufa (g)	Densidad de la solución (g/ml)	Densidad aparente del yacón (g/ml)	Fracción volumétrica (m³solución/m³ fruta fresca) en porcentaje	% Humedad
1	5.3712	5.8776	0.3712	1.01275	1.0102	0.09404	93.68450%
2	5.3394	5.8548	0.3671	1.01275	1.0102	0.09628	93.72993%
3	5.5894	6.0996	0.3983	1.01275	1.0102	0.09106	93.47010%
4	5.1550	5.6673	0.3965	1.01275	1.0102	0.09913	93.00372%
5	5.4249	5.9373	0.3955	1.01275	1.0102	0.09422	93.33808%
6	5.4241	5.9343	0.3543	1.01275	1.0102	0.09383	94.02965%
7	5.3978	5.9118	0.3772	1.01275	1.0102	0.09498	93.61954%
8	5.5142	6.0154	0.3926	1.01275	1.0102	0.09067	93.47346%
9	5.3319	5.8439	0.3853	1.01275	1.0102	0.09579	93.40681%
Promedio	5.3942	5.9047	0.3820	1.01275	1.0102	9.4395%	93.5305 %

Anexo 8.Valores experimentales para el tratamiento IV a: T=20 °C y t = 24 min

T8	Peso inicial (g)	Peso después de la bomba al vacío(g)	Peso después de la estufa (g)	Densidad de la solución (g/ml)	Densidad aparente del yacón (g/ml)	Fracción volumétrica (m³solución/m³ fruta fresca) en porcentaje	% Humedad
1	5.2592	6.0712	0.4398	1.01275	1.0102	0.15401	92.75596%
2	5.5905	6.3926	0.4076	1.01275	1.0102	0.14312	93.62392%
3	5.3595	6.2190	0.4741	1.01275	1.0102	0.15997	92.37659%
4	5.3794	6.2315	0.4464	1.01275	1.0102	0.15800	92.83640%
5	5.3447	6.1948	0.4897	1.01275	1.0102	0.15865	92.09498%
6	5.2509	6.1100	0.4119	1.01275	1.0102	0.16320	93.25859%
7	5.4195	6.2789	0.4145	1.01275	1.0102	0.15818	93.39853%
8	5.3042	6.1167	0.4863	1.01275	1.0102	0.15279	92.04963%
9	5.3309	6.1854	0.4491	1.01275	1.0102	0.15989	92.73938%
Promedio	5.3599	6.2000	0.4466	1.01275	1.0102	15.6354%	92.7968 %

Anexo 9.Valores experimentales para el tratamiento IV a: T =25 °C y t = 24 min

T9	Peso inicial (g)	Peso después de la bomba al vacío(g)	Peso después de la estufa (g)	Densidad de la solución (g/ml)	Densidad aparente del yacón (g/ml)	Fracción volumétrica (m³solución/m³ fruta fresca) en porcentaje	% Humedad
1	5.5286	6.1082	0.4854	1.01275	1.0102	0.10457	92.05331%
2	5.3014	5.8810	0.4613	1.01275	1.0102	0.10905	92.15610%
3	5.1565	5.7151	0.4211	1.01275	1.0102	0.10806	92.63180%
4	5.4017	5.9871	0.4192	1.01275	1.0102	0.10810	92.99828%
5	5.4500	6.0198	0.4726	1.01275	1.0102	0.10429	92.14927%
6	5.4359	5.9987	0.4509	1.01275	1.0102	0.10327	92.48337%
7	5.1779	5.7464	0.4060	1.01275	1.0102	0.10952	92.93471%
8	5.1452	5.7164	0.4850	1.01275	1.0102	0.11074	91.51568%
9	5.2936	5.8706	0.4670	1.01275	1.0102	0.10872	92.04508%
Promedio	5.3212	5.8937	0.4521	1.01275	1.0102	10.7318%	92.3299 %

Anexo 10.Valores experimentales para el tratamiento IV a: T=25 °C y t = 24 min

T10	Peso inicial (g)	Peso después de la bomba al vacío(g)	Peso después de la estufa (g)	Densidad de la solución (g/ml)	Densidad aparente del yacón (g/ml)	Fracción volumétrica (m³solución/m³ fruta fresca) en porcentaje	% Humedad
1	5.1416	5.5416	0.5449	1.01275	1.0102	0.0776	90.16710%
2	5.4983	5.8993	0.5179	1.01275	1.0102	0.0727	91.22099%
3	5.4243	5.8243	0.5968	1.01275	1.0102	0.0736	89.75328%
4	5.4297	5.8297	0.5388	1.01275	1.0102	0.0735	90.75767%
5	5.5181	5.9181	0.5282	1.01275	1.0102	0.0723	91.07484%
6	5.4683	5.8683	0.5013	1.01275	1.0102	0.0730	91.45749%
7	5.3023	5.7023	0.5669	1.01275	1.0102	0.0752	90.05840%
8	5.2673	5.6673	0.5671	1.01275	1.0102	0.0757	89.99347%
9	5.5421	5.9421	0.5198	1.01275	1.0102	0.0720	91.25225%
Promedio	5.3991	5.7992	0.5424	1.01275	1.0102	7.3920%	90.6468 %

Anexo 11. Encuesta para la bebida de yacón.

PORCENTAJE DE IMPREGNACIÓN DE SACARINA EN YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*) SOMETIDA A DIFERENTES TEMPERATURAS Y TIEMPOS COMO INSUMO DE UNA BEBIDA SOLUBLE

NOMBRE: **FECHA:**

SEXO: F (.....) M (.....)

INSTRUCCIONES: Sr(a). Degustador por favor enjuague su boca con agua antes de empezar. Hay 10 muestras a ser evaluadas por usted. Prueba cada una de las muestras codificadas en la secuencia presentada y analice detenidamente cada una de las características que se detallan a continuación, marque con **X** la muestra que crea correctas.

CARACTERÍSTICAS	ALTERNATIVAS	TRATAMIENTOS									
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
SABOR	5. Me agrada mucho										
	4. Me agrada										
	3. Aceptable										
	2. Me desagrada										
	1. Me desagrada mucho										
OLOR	5. Me agrada mucho										
	4. Me agrada										
	3. Aceptable										
	2. Me desagrada										
	1. Me desagrada mucho										
COLOR	5. Me agrada mucho										
	4. Me agrada										
	3. Aceptable										
	2. Me desagrada										
	1. Me desagrada mucho										
OBSERVACIONES											

Gracias por su colaboración

Anexo 12. Ficha técnica de Sacarina



TIANJIN CHANGJIE CHEMICAL CO. LTD.

SOUTH OF FENGCHAN RIVER JINWEI ROAD,
BEICHEN DIST. TIANJIN, CHINA

TEL: +86-22-26998616 FAX: +86-22-26998071

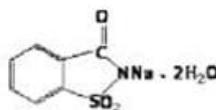
TECHNICAL DATA SHEET

Commodity name: SODIUM SACCHARIN

Chemical name: SODIUM BENZOSULFINATE

CAS No. : 6155-57-3 (DIHYDRATE)

Molecular formula: $C_7H_4O_3SNa \cdot 2H_2O$



Molecular weight: 241.19

Product Description:

White crystals or crystalline powder. Odorless. Intensely sweet taste. Soluble in water, chloroform and diethyl ether.

Specifications: FCCIV EP BP USP

Storage:

KEEP IN A DRY WAREHOUSE DAMPROOF AND WATERPROOF. KEEP IN CONTAINERS TIGHTLY CLOSED

Package

In cardboard drum, carton or bag of 25kgs net each with PE bags lined and to client's need.

Application

Used as a kind of food additive, feed additive, electroplate, pharmaceutical, cosmetics industry, intense sweetener.

TIANJIN CHANGJIE CHEMICAL CO. LTD.
天津长捷化工有限公司

Anexo 12.Panel de fotos de investigación

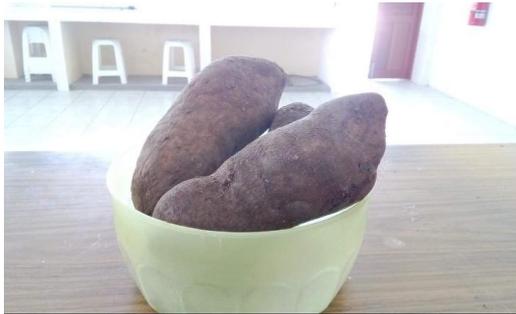


Figura 11. *Materia prima yacón*



Figura 12. *Pelado del yacón*



Figura 13. *Yacón pelado*



Figura 14. *Cortado de yacón*



Figura 13. *Rodajas de yacón*



Figura 12. *Pesado de las rodajas de yacón una a una*

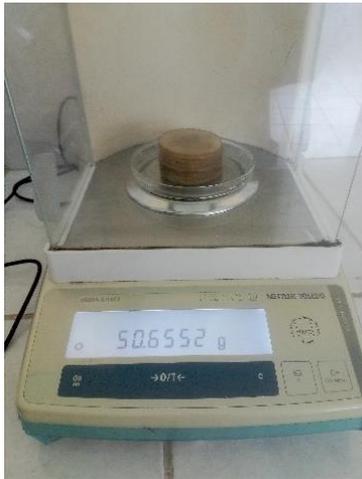


Figura 17. *Peso total de las rodajas de yacón*



Figura 18. *Sacarina*



Figura 19. *Rodajas de yacón en una solución de sacarina*



Figura 20. *Máquina de deshidratación a vacío con temperatura controlada*



Figura 21. *Rodajas de yacón después de la bomba a vacío*



Figura 22. *Rodajas de yacón en papel absorbente*



Figura 23. Estufa



Figura 24. Pesado de las rodajas de yacón



Figura 25. Rodajas de yacón en la estufa



Figura 26. Yacón deshidratado



Figura 27. Pesar las rodajas de yacón deshidratadas



Figura 28. Yacón después de pasar por el mortero



Figura 29. Filtrar la bebida resultante



Figura 30. Presentación de la bebida resultante



Figura 31. Degustación de la bebida resultante



Figura 32. Degustación de la bebida resultante en cabinas individuales