

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**“OPTIMIZACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE ALOE
VERA EN YACÓN (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. &
Endl.) MEDIANTE IMPREGNACIÓN A VACÍO”**

Presentada Por:

ERIKA LILIANA ROJAS GUTIÉRREZ

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER SCIENTIAE EN
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Lima - Perú

2015

Hoja de registro de firmas del jurado evaluador

(En una página se registran las firmas de los miembros del jurado evaluador de la Tesis.)

(La copia del Acta de Sustentación, lleva la calificación del jurado evaluador se presenta en esta Página.)

DEDICATORIA

A Dios por acompañarme siempre y por mostrarme día a día que con paciencia y constancia todo es posible.

A mis padres, porque creyeron en mí, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta.

A mis hermanos: Flor, Sandro, Angelito

A mi tía, Rosita Gutiérrez

A mi primo Iván Castañeda

Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente participaron distintas persona opinando, corrigiendo, dando ánimos, acompañándome en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad. Este trabajo me ha permitido aprovechar la competencia y la experiencia de muchas personas que deseo agradecer en este apartado.

Al Dr. Américo Guevara Pérez, un especial agradecimiento por haberme recibido como su asesorada, por sus consejos, por el apoyo que me brindó durante el tiempo que estuve realizando mis estudios.

Al Ing. Jimy Oblitas, mi más amplio agradecimiento por su valiosa dirección y apoyo para seguir este camino de tesis y llegar a la conclusión de la misma.

A mis maestros que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona preparada para los retos, a todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas páginas. Mil gracias porque de alguna manera forman parte de lo que ahora soy.

Mi agradecimiento especial a la Institución que hizo posible que este proyecto de estudios se haga realidad muchas gracias a la Asociación los Andes de Cajamarca por el apoyo, la coordinación y la buena gestión que los caracteriza.

Gracias a todas aquellas personas que de una u otra forma siempre nos ayudan a crecer como personas y como profesionales.

A todos, muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. GENERALIDADES SOBRE EL YACÓN (<i>Smallanthus sonchifolius</i> Poepp & Endl).....	3
2.1.1. DEFINICIÓN DEL YACÓN.....	3
2.1.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	3
2.1.3. BOTÁNICA DEL YACÓN	4
2.1.4. COMPOSICIÓN FÍSICO QUÍMICA	6
2.1.5. PRODUCCIÓN DE YACÓN EN EL PERÚ	10
2.2. GENERALIDADES SOBRE EL ALOE VERA.....	12
2.2.1. DEFINICIÓN DE ALOE VERA (<i>Aloe barbadensis</i> Miller)	12
2.2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	13
2.2.3. BOTÁNICA DEL ALOE VERA	14
2.2.4. COMPOSICIÓN FÍSICO QUÍMICA	17
2.2.5. USOS DEL ALOE VERA EN ALIMENTOS.....	20
2.3. INGENIERÍA DE MATRICES	21
2.3.1. IMPREGNACIÓN A VACÍO	21
2.3.2. MECANISMO HIDRODINÁMICO	22
2.3.3. VARIABLES DEL PROCESO DE IMPREGNACIÓN A VACÍO.....	25
2.4. ANÁLISIS SENSORIAL DE ALIMENTOS	28
2.4.1. SABOR.....	29
2.4.2. COLOR.....	30
2.4.3. ANÁLISIS DESCRIPTIVOS PARA CATEGORIZAR MUESTRAS.....	31
2.5. IMPORTANCIA DEL COLOR EN LOS ALIMENTOS	31
2.6. METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA	34
2.6.1. DEFINICIÓN	34
2.6.2. DISEÑO COMPUESTO CENTRAL (DCC)	36
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	38
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS	38
3.2.1. MATERIA PRIMA	38
3.2.2. EQUIPOS Y MATERIALES PARA EL PROCESAMIENTO DE IMPREGNACIÓN A VACÍO	39
3.2.3. EQUIPOS Y MATERIALES PARA ANÁLISIS DE MATERIA PRIMA	39

3.2.4. MATERIALES PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL.....	40
3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS	41
3.3.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y ENZIMÁTICO.....	41
3.3.2. ANÁLISIS SENSORIAL.....	44
3.3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DEL PROCESO A SEGUIR PARA OBTENER HOJUELAS DE YACÓN IMPREGNADAS CON ALOE VERA.	44
3.3.4. PARTE EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.4. INSTRUMENTOS DE COLECTA DE DATOS	49
3.5. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS	50
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	51
4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICA DE LA MATERIA PRIMA.....	51
4.2 ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE LA MATERIA PRIMA (YACÓN)	52
4.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA SOLUCIÓN DE IMPREGNACIÓN	53
4.4 DETERMINACIÓN DE LA FRACCIÓN VOLUMÉTRICA EFECTIVA.....	54
4.4.1 DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD EFECTIVA.....	57
4.5 DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE ACIDO MALICO.....	58
4.6 EFECTO DEL PROCESO DE IMPREGNACIÓN.....	60
4.7 EFECTO DEL PROCESO SOBRE LA LUMINANCIA (L).....	67
4.8 ANALISIS SENSORIAL	70
4.9 CARACTERIZACION DEL PRODUCTO FINAL	81
V. CONCLUSIONES	82
VI. RECOMENDACIONES	83
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS	95

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Composición química de yacón por 1 Kg de raíz tuberosa fresca	7
Cuadro 2: Contenido de azúcares en la raíz tuberosa de yacón	8
Cuadro 3: Composición Química del Yacón en tres estados de madurez.....	9
Cuadro 4: Composición de carbohidratos del yacón en tres estados de madurez	9
Cuadro 5: Composición de minerales de yacón en tres estados de madurez.....	10
Cuadro 6: Composición química del mucilago de aloe vera.....	18
Cuadro 7: Niveles de operacionalización de variables.....	49
Cuadro 8: Instrumentos de Colecta de datos.....	49
Cuadro 9: Resumen de Diseño de experimento	50
Cuadro 10: Características fisicoquímicas del yacón fresco	51
Cuadro 11: Características morfológicas de la muestra de raíz de yacón(*).....	52
Cuadro 12: Características de la solución de impregnación(*).....	53
Cuadro 13: Fracción volumétrica de las muestras impregnadas con la solución de aloe vera, calculada por cambios de masa. (*)	55
Cuadro 14: Determinación cuantitativa de ácido málico(*).....	59
Cuadro 15: Análisis de Varianza para Fracción volumétrica (X)	60
Cuadro 16: Análisis de Varianza para Fracción másica (X mhd)	61
Cuadro 17: Optimización de Respuesta, con meta de maximizar Fracción volumétrica (X) ..	64
Cuadro 18: Optimización de Respuesta, con meta de maximizar Fracción volumétrica (X) ..	66
Cuadro 19: Análisis de Varianza para L	67
Cuadro 20: Estadísticos descriptivos del análisis sensorial	70
Cuadro 21: ANOVA con Color como variable dependiente para evaluar los efectos	71
Cuadro 22: ANOVA con Sabor como variable dependiente para evaluar los efectos	71
Cuadro 23: ANOVA Resumen.....	72
Cuadro 24: Medias para cada juez y cada producto/descriptor.....	73
Cuadro 25: Distancia al consenso calculado sobre todos los descriptores	74
Cuadro 26: Orden de intensidad de acidez percibida según los diferentes tratamientos.....	80
Cuadro 27: Análisis fisicoquímico del yacón impregnado con aloe vera.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Planta y raíces del Yacón.....	5
Figura 2: Ubicación de las zonas de origen, producción y comercialización de yacón en la región Cajamarca.....	12
Figura 3: Morfología de Aloe Barbadenses Miller (a. Flor; b. Hoja; c. Tallo; d. Raíz).....	15
Figura 4: Hoja entera y corte transversal de aloe vera.....	16
Figura 5: Representación esquemática de la impregnación a vacío de un poro ideal - Fenómenos de deformación - relajación y el mecanismo hidrodinámico.....	23
Figura 6: Base teórica del MHD de un poro ideal.....	24
Figura 7: Representación gráfica de la superficie de respuesta cuadrática (a) y curvas de contornos (b) para las variables x_1 y x_2	36
Figura 8: Diseños compuestos centrales para 2 y 3 variables	36
Figura 9: Diagrama de flujo del proceso de impregnación a vacío	44
Figura 10: Diseño experimental	48
Figura 11: Extracto seco y pulverizado Aloe Gold Seal-Natural 200X (AGS)	53
Figura 12: Representación gráfica de la tendencia de la fracción volumétrica; X representa la fracción volumétrica ocupada por la solución, r es la relación de la presión atmosférica y la presión de trabajo	56
Figura 13: Diagrama de barra estandarizado para Fracción volumétrica.....	61
Figura 14: Diagrama de barra estandarizado para Fracción másica	61
Figura 15: Diagrama de efectos principales para Fracción volumétrica	62
Figura 16: Diagrama de efectos principales para Fracción másica.....	62
Figura 17: Superficie de respuesta para la Fracción Volumétrica en función del tiempo y Presión.....	63
Figura 18: Gráfico de contorno de Superficie de respuesta para la Fracción Volumétrica en función del tiempo y Presión	64
Figura 19: Superficie de respuesta para la Fracción Másica en función del tiempo y Presión.....	65
Figura 20: Gráfico de contorno de Superficie de respuesta para la Fracción másica en función del tiempo y Presión	65
Figura 21: Diagrama de barra Estandarizada para L^*	68
Figura 22: Grafica de Efectos Principales para L^*	68
Figura 23: Superficie de respuesta para la L^* función del tiempo y Presión	69
Figura 24: Gráfico de contorno de Superficie de respuesta para la L^* en función del tiempo y Presión.....	69
Figura 25: Diagrama de caja y bigote para el sabor	72

Figura 26: Diagrama de distancia al consenso del evaluador A	75
Figura 27: Diagrama de distancia al consenso del evaluador B.....	75
Figura 28: Diagrama de distancia al consenso del evaluador C	76
Figura 29: Diagrama de distancia al consenso del evaluador D	76
Figura 30: Diagrama de distancia al consenso del evaluador E.....	77
Figura 31: Diagrama de distancia al consenso del evaluador F.....	77
Figura 32: Diagrama de distancia al consenso del evaluador G	78
Figura 33: Diagrama de distancia al consenso del evaluador H	78
Figura 34: Diagrama de distancia al consenso del evaluador I.....	79
Figura 35: Diagrama de distancia al consenso del evaluador J	79

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Características morfológicas de la muestra de raíz de yacón	96
Anexo 2: Extracto de Aloe Gold Seal-Natural 200x.....	97
Anexo 3: Ficha tecnica del Aloe Gold Seal-Natural 200x	98
Anexo 4: Ficha de seguridad del Aloe Gold Seal-Natural 200x	101
Anexo 5: Datos de fracción volumétrica de las muestras impregnadas	105
Anexo 6: Equipo para impregnacion a vacio.....	106
Anexo 7: Datos para la representación gráfica de la tendencia de la fracción volumétrica y porosidad.....	106
Anexo 8: Datos obtenidos para la determinar acido málico.....	107
Anexo 9: Determinación de ácido málico	108
Anexo 10: Datos de la medición de luminancia (L).....	109
Anexo 11: Hoja de calificaciones utilizando una escala adimensionada normalizada de 12cm.....	110
Anexo 12: Datos de evaluación sensorial.....	111
Anexo 13: Hojuelas de yacón impregnadas.....	114
Anexo 14: Procedimiento de ensayo acido L-malico.....	115

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar los parámetros de impregnación a vacío con aloe vera para obtener hojuelas de yacón deshidratadas (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.), se utilizó la metodología de superficie de respuesta para evaluar la optimización del producto. Para ello se utilizó yacón de color de pulpa anaranjada, y como solución de impregnación Aloe Gold Seal-Natural 200X (AGS), haciendo uso de la ingeniería de matrices que utiliza la técnica de impregnación a vacío para incorporar componentes con actividad fisiológica en la estructura de los alimentos porosos. Se empleó una disolución de 15 g/ 100 ml de aloe Gold Seal- Natural 200X en muestras de yacón de 40 mm de diámetro y 5 mm de espesor. De esta manera se obtuvieron como resultados una fracción volumétrica promedio de $0.0721 \text{ m}^3 \text{ solución/m}^3 \text{ fruta fresca}$ y una porosidad efectiva de 18.97%; la cantidad de aloe incorporado se dio entre 22.5086 y 54.6339 mg/100g de muestra. Al optimizar el proceso, la mayor fracción volumétrica y másica se obtuvo a 451.777 mbar y 22.0711 minutos. De los resultados obtenidos se concluye que el yacón es una materia prima en la que se puede aplicar la técnica de impregnación a vacío con aloe vera.

Palabras Clave: Fracción volumétrica, fracción másica, solución de impregnación, componentes fisiológicamente activos, estructuras porosas.

ABSTRACT

The aim of this research was to optimize the parameters for the vacuum impregnation of aloe vera into dried yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.) flakes. A surface response methodology was used to evaluate the product optimization. Matrix engineering, using a vacuum impregnation technique, was employed to incorporate components with physiological activity into the pores present in the yacon flakes. An orange pulp yacon was used as the starting material and Aloe Gold Seal-Natural 200X (AGS) was used for the impregnate solution. A solution of 15 g/100 ml Natural aloe 200X Gold Seal-yacon was used to impregnate yacon samples measuring 40 mm in diameter and 5 mm thick. The results show an average impregnation of 0.0721 m³ of solution/ m³ fresh fruit and an effective porosity of 18.97%; the amount of aloe vera incorporated in the food matrix was between 22.5 and 54.6 mg/100g sample. Optimized parameters were identified as 451.777 mbar and 22.0711 minutes. From the results, it is concluded that yacon is an excellent raw material for vacuum impregnation of aloe vera.

Keywords: Volumetric fraction, mass fraction, impregnation solution, physiologically active components, porous structures.

I. INTRODUCCION

En los últimos años, numerosas investigaciones establecen que las personas que consumen una dieta rica en frutas y vegetales, con alto contenido en vitaminas y antioxidantes, tienen un menor riesgo de desarrollar enfermedades. Esto ha hecho que el consumo de frutas y vegetales esté en aumento en el mundo, especialmente en la mayoría de los países desarrollados; debido a su conveniencia y beneficios en la salud (Tapia et al. 1999). Por ello, se han estudiado distintos procedimientos para conservar los productos hortofrutícolas de importancia comercial, como el yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp & Endl) que tiene raíces de sabor dulce y agradable y que contiene fructooligosacáridos que son muy apreciados por el consumidor actual por su efecto prebiótico. Nuestro país tiene todas las condiciones necesarias para la producción de yacón, por ello se hace necesario realizar investigación para desarrollar nuevos productos o aplicar nuevas técnicas de procesamiento.

Publicaciones recientes establecen 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. En adición a lo anterior, la introducción de estos solutos deseados se puede llevar a cabo por una nueva técnica conocida como “Impregnación a vacío” (IV) que es una metodología que permite obtener alimentos funcionales, esta técnica es una herramienta de la ingeniería de alimentos que utiliza los conocimientos sobre composición, estructura y propiedades de la matriz estructural de un alimento para producir y controlar cambios que mejoren sus propiedades funcionales y/o sensoriales (Chiralt et al. 1999). La técnica ha sido descrita a través de la acción del mecanismo hidrodinámico (HDM), como un proceso de transporte de materia en un sistema sólido poroso-líquido (Fito 1994, Fito y Pastor 1994).

Durante la acción del HDM, el sistema experimenta modificaciones estructurales ocasionadas por los cambios de presión, lo que indica que, conjuntamente, se pueden presentar fenómenos de Deformación–Relajación (DRP) en la matriz sólida del sistema. La técnica IV promueve cambios composicionales muy rápidos en frutas y vegetales por adición a la solución de impregnación de componentes que aseguran una mejor estabilidad del producto disminución del pH y aw, incorporación de agentes antimicrobianos o

antipardeantes (Chiralt et al. 1999, Tapia et al. 1999, Muntada et al. 1998) o mejora de algunos atributos de calidad: sabor global del producto, fortificación con nutrientes específicos, entre otros (Betoret et al. 2003, Grass et al. 2003).

El acoplamiento HDM-DRP en la matriz del producto ha sido modelizado, reflejando cambios en el volumen del producto al final de las etapas al vacío y a presión atmosférica (Fito et al. 1996). El modelo establece la relación entre la fracción volumétrica de líquido incorporado a través del mecanismo hidrodinámico (X), las deformaciones volumétricas de la estructura al final de la etapa al vacío y al final del proceso (γ_1 y γ , respectivamente), la porosidad eficaz (ϵ) del producto y la relación de compresión r , ($r = P_{atm} / P_{vacío}$). La actuación acoplada del HDM y DRP, está muy afectada por la microestructura y las propiedades mecánicas del sólido, así como por la viscosidad de la solución externa (Chiralt et al. 1999, Fito et al. 1996).

El gel extraído de la pulpa de *Aloe barbadensis Miller* ha recibido un especial interés por su potencial funcional, su actividad antioxidante como respuesta a la presencia de compuestos de naturaleza fenólica (Lee et al. 2000), La mayoría de los extractos de aloe vera poseen muchas actividades biológicas, tales como anti-inflamatoria, antioxidante, anticancerígena, para la lucha de la diabetes o la activación de los macrófagos, debido a la composición química que presenta. El potencial funcional del aloe vera queda demostrado en la amplia literatura existente, con una importante evidencia científica de sus propiedades beneficiosas (Eshun y He 2004).

Teniendo en cuenta las nuevas metodologías de obtención de alimentos con valor agregado y el panorama de posibilidades de aprovechamiento del yacón evaluando la respuesta a la aplicación de la técnica Impregnación a Vacío con una solución de aloe vera para la elaboración de productos industrializables a nivel nacional e internacional, se planteó como objetivo de este trabajo “ Determinar los parámetros de impregnación a vacío con aloe vera para obtener hojuelas de yacón deshidratadas (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.), usando el método de superficie de respuesta.”

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES SOBRE EL YACÓN (*Smallanthus sonchifolius* Poepp & Endl)

2.1.1. DEFINICIÓN DEL YACÓN

En primera medida el yacón se define como una planta nativa de los Andes dentro de la especie de la familia Asteraceae (también llamada Compositae), representativa de la cultura Peruana, debido a su uso en la medicina tradicional, cuyo nombre científico responde a *Smallanthus sonchifolius* (Gutiérrez y Vaca 2011).

La raíz tuberosa fue clasificada dentro del género *Polymnia* por Wells en 1965; en contraste, en 1993 Mackensie, propuso que pertenecía al género *Smallantus*; los cuales difieren en la presencia de estrías sobre la superficie del fruto, la presencia de un verticilo externo de brácteas involucrales, la ausencia de glándulas en el apéndice delantera, entre otros (Gutiérrez y Vaca 2011).

Posteriormente, Manrique et al. (2005) define el yacón como un tubérculo que a diferencia de los demás que almacenan la energía en forma de almidón lo hace en forma de Fructooligosacáridos (FOS), molécula que se conoce y se utiliza para alimentos prebióticos, estimulando el crecimiento de la flora intestinal no patógena que cumple con los criterios de clasificación y seguridad alimentaria.

2.1.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

El yacón *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl) Robinson es una planta perteneciente a la familia de las Asteraceae (también denominada Compositae) genero *Smallantus* (Seminario et al. 2003).

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Asterales
Familia:	Asteraceae
Subfamilia:	Asteroideae
Tribu:	<i>Millerieae Smalanthus</i>
Género:	<i>S. Sonchifolius</i>
Especie:	N.C.: <i>S. sonchifolius</i> (Poepp & Endl) H. Robinson
Sinonimia:	<i>Polymnia sonchifolius</i> Poepp & Endl

2.1.3. BOTÁNICA DEL YACÓN

Al reconocer el yacón como alimento procedente de raíces de una planta Seminario et al. (2003) identifican la botánica de la misma, para llegar a una visión más amplia del yacón, se citan a continuación todas sus partes.

2.1.3.1. Planta

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



Figura 1: Planta y raíces del Yacón

2.1.3.2. Raíz

Estas son semejantes a las raíces del camote y sus características dependen de las condiciones del suelo, localidad y demás condiciones agrónomas. Consecutivo a esto, Seminario et al. (2003) plantean el promedio de peso en la producción de raíces entre 2 y 4 kg por planta, si se lleva un manejo Agronómico adecuado.

Por otro lado para las dimensiones de la raíz, Chávez (2010) plantea medidas de 0,8 m alrededor de la planta y 0,6 m de profundidad, donde se puede producir hasta el número de 23 raíces tuberosas, cuyo diámetro oscila entre 12 centímetro y longitud de 30 centímetros. En esta descripción dentro de los aspectos que señala el autor, afirma que el tamaño de las raíces es dependiente de características climáticas y humedad, resaltando a su vez que en épocas de temprana cosecha las raíces presentan consistencia vidriosa, semidura y que pueden llegar a una deshidratación.

2.1.3.3. Tallo

Principalmente dentro de sus aspectos físicos del autor anteriormente citado plantea las dimensiones de diámetro máximas de 2,05 centímetros en la parte más desarrollada (base) de vigor subrobusto; dentro de sus observaciones ha encontrado que después de 4 a 5 meses aproximadamente de crecimiento de la planta se presenta una ramificación, que pueden tener hasta 8 tallos por planta, con una altura aproximada de 2,10 centímetros en su etapa de máximo crecimiento.

2.1.3.4. Hojas

Es un órgano laminar, simple palmatinerva cordiforme de color verde con abundante pubescendencia en el haz y en el envés con pilosidad de 1 a 1,5 mm, su longitud es de 22 cm y un ancho de 15 cm, debido a estas dimensiones físicas Chávez (2010) enfatiza la sensibilidad a heladas y granizadas. Las hojas son de forma triangular cortada y pueden alcanzar el número de 13 a 16 por planta según el estado de crecimiento. Respecto al contenido Weaver (2010) plantea que las hojas de planta representan un alto contenido de antioxidantes; además la presencia de floración es una señal del tiempo óptimo de cosecha o de extracción de la raíz.

2.1.4. COMPOSICIÓN FÍSICO QUÍMICA

Diversos estudios revelan que entre el 83 y 90 % del peso fresco de las raíces es agua, los carbohidratos representan alrededor del 90 % del peso seco de las raíces, de las cuales entre 50 y 70 % son fructooligosacáridos (FOS), el resto de carbohidratos lo conforman: sacarosa, fructosa y glucosa (Flores et al. 2007, Santos et al. 1999, Franch et al. 1999).

Las raíces reservantes acumulan además: potasio, compuestos polifenólicos derivados del ácido cafeico, sustancias antioxidantes como ácido clorogénico y triptófano y varias fitoalexinas con actividad fungicida; el contenido de proteínas y vitaminas es bastante bajo. La mejor época de colectar la raíz es entre las semanas 31 y 35 después de la siembra, porque se obtiene mayor cantidad y concentración de fructooligosacáridos (National Research Council 1989, Tasayco 2007, Ramos 2007, Seminario 2009, Valderrama 2007).

El yacón es una raíz originaria de la región andina sudamericana que contienen cantidades considerables de FOS. Estas raíces acumulan una gran diversidad de azúcares variables significativamente en cantidad según el ecotipo, y entre los que se encuentran: la fructosa, glucosa, sucrosa, oligofructanos, trazas de almidón y oligosacáridos varios.

Estos fructanos presentan un grado de polimerización de 3 a 10 unidades (Douglas et al. 2002), y representan un 67% de la materia seca total de la raíz (Fletcher 1999, Lachman et al. 2004). Además están presentes pequeñas cantidades de vitaminas, minerales y otras fibras (Fletcher 1999). En el Cuadro 1 se muestra la composición química del yacón.

Cuadro 1: Composición química de yacón por 1 Kg de raíz tuberosa fresca

Carbohidrato	Promedio
Materia seca (g)	115
Fructanos (g)	62
Glucosa(g)	3.4
Fructuosa(g)	8.5
Sucrosa(g)	14
Total carbohidratos (g)	106
Proteína (g)	3.7
Fibra (g)	3.6
Grasa (mg)	244
Cenizas (mg)	5.027
Calcio (mg)	87
Fosforo (mg)	240
Potasio (mg)	2.282

FUENTE: Hermann et al. (1999)

Las investigaciones en el Perú sobre procesamiento de yacón empezaron a comienzos del 2000, cuando en el Centro Internacional de la Papa, descubrieron que se podía elaborar un jarabe de sabor agradable con el jugo purificado de esta raíz andina por medio de un proceso sencillo que se asemeja al de la producción de la caña de azúcar no refinada (Seminario et al. 2003).

En el Cuadro 2 se muestra el contenido de azúcares en el yacón.

Cuadro 2: Contenido de azúcares en la raíz tuberosa de yacón

Componentes	Contenido mg/g Peso Seco
Fructuosa	350.1±42.0
Glucosa	158.3 ± 28.6
Sucrosa	74.5 ± 19.0
GF2	60.1 ± 12.6
GF3	47.4 ± 8.20
GF4	33.6 ± 9.30
GF5	20.6 ± 5.20
GF6	15.8 ± 4.00
GF7	12.7 ± 4.00
GF8	9.6 ± 7.20
GF9	6.6 ± 2.30
Inulin	13.5 ± 0.40

G = glucosa. **F** = fructuosa. **GF_n** = glucosilfructuosa

FUENTE: Hermann et al. (1999)

Douglas et al. (2005) indican que estudios realizados con animales arrojan que los FOS promueve la asimilación de calcio, reduce el nivel de colesterol, fortalece el sistema inmunológico y disminuye el riesgo de desarrollar cáncer de colon (Además, indica que las raíces y las hojas contienen polifenoles con actividad antioxidante, compuestos que han sido asociados con la prevención de enfermedades cardiovasculares como la formación de placas o ateromas.

El Cuadro 3 muestra la composición química del yacón en tres diferentes estados de madurez. Entre los componentes que forman parte de la materia seca del yacón, el contenido de carbohidratos es el que participa en mayor grado, el contenido de proteínas y grasa es bajo para todos los casos y se mantiene casi constante, el contenido de fibra fruta varia con tendencia a disminuir conforme madura la raíz (Chirinos 1999).

Cuadro 3: Composición Química del Yacón en tres estados de madurez

Características (%)	Primera Cosecha (A)	Segunda Cosecha (B)	Tercera Cosecha (C)
Humedad	81.8	82.32	81.34
Grasa (b.s)	0.24	0.23	0.17
Proteína (b.s)	2.69	2.77	2.63
Carbohidratos (b.s)	89.95	91.96	94.15
Fibra bruta (b.s)	4.08	3.37	1.34
Cenizas(b.s)	3.04	2.65	1.81
Sólidos solubles (°Brix)	14.2	15.4	16.2
pH	6.43	6.61	6.60
Acidez (exp. ácido cítrico)	0.293	0.297	0.30
Azúcares reductores (exp. glucosa b.s)	5.5	7.54	30.79

A: en floración, **B:** dos meses luego de la floración y **C:** cuatro meses luego de la floración. **b.s:** base seca.

FUENTE: Chirinos (1999)

En el cuadro 4 se presenta los carbohidratos en base seca del yacón en tres estados de madurez.

Cuadro 4: Composición de carbohidratos del yacón en tres estados de madurez

Carbohidratos (B.S) %	Primera Cosecha (A)	Segunda Cosecha (B)	Tercera Cosecha (C)
Glucosa	0.72	1.89	3.41
Fructosa	5.60	8.25	26.93
Sacarosa	4.81	6.11	2.90
Oligofructanos	78.3	74.66	59.61

A: en floración, **B:** dos meses luego de la floración y **C:** cuatro meses luego de la floración. **b.s:** base seca

FUENTE: Chirinos (1999)

Los valores de glucosa, fructuosa y sacarosa, varían de acuerdo al tiempo de cosecha. Mientras mayor sea el grado de madurez mayor es la cantidad de fructuosa y glucosa en la raíz, resaltando el contenido de fructuosa, por ser unidad fundamental de los oligofructanos tal como se muestra en el Cuadro 4.

En el Cuadro 5, se presentan los valores del contenido de minerales destacando entre estos micronutrientes el potasio (0.31%) y el fósforo (0.17%).

Cuadro 5: Composición de minerales de yacón en tres estados de madurez

Yacón (b.s)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
Primera cosecha (A)	0.17	0.31	0.06	0.08	0.04	296	16	48
Segunda cosecha (B)	0.17	0.30	0.04	0.01	0.04	242	30	84
Tercera cosecha (C)	0.17	0.34	0.04	0.08	0.04	224	60	86

A: en floración, **B:** dos meses luego de la floración y **C:** cuatro meses luego de la floración. **b.s:** base seca

FUENTES: Chirinos (1999)

Los valores para los tres estados de cosecha indicarían que el yacón con un periodo vegetativo de nueve meses alcanza la madurez fisiológica (las células llegan a su máximo crecimiento) y empieza a mostrar indicios de madurez organoléptica, donde la raíz presenta un mayor dulzor (Chirinos 1999).

2.1.5. PRODUCCIÓN DE YACÓN EN EL PERÚ

En el Perú, la producción en el año 2012 fue un estimado de 13717.5 toneladas. En Bolivia y Ecuador su cultivo es menor y se destina principalmente al autoconsumo. En Argentina se siembra sólo en las provincias norteañas de Jujuy y Salta. Fuera de los Andes, Brasil (Sao Paulo) y Japón (con 100 ha) son los países con mayor área de cultivo.

Los principales nichos de producción en el Perú son: Cajamarca (Cajamarca, Contumazá, San Marcos, San Ignacio y Jaén); Amazonas (Utcubamba, Bongará, Chachapoyas); Ancash (Huaraz, Caraz, Yungay); Apurímac (Andahuaylas y Abancay);

Arequipa (Arequipa); Ayacucho (Huamanga, Huanta); Cerro de Pasco (Oxapampa); Junín (Huasa Huasi), Cusco (Urubamba, Cusco, Calca, Paucartambo, La Convención); Huánuco (Huánuco); Junín (Huancayo, Concepción, Jauja y Tarma); La Libertad (Otuzco, Santiago de Chuco, Sánchez Carrión); Lambayeque (Incahuasi); Lima (Pachacamac y Yauyos); Piura (Ayabaca y Huancabamba) y, Puno (Sandía y Carabaya). De todos estos nichos de producción, los que más destacan son: Cajamarca, Puno, Pasco, Huánuco, Ancash y Junín (Seminario et al. 2003).

En la comunidad de Hualqui (distrito de Jesús, provincia de Cajamarca), el cultivo, comercialización y trueque del yacón son muy antiguos y persisten hasta hoy. En el distrito de Asunción de la provincia de Cajamarca destacan los poblados de Pachaní, Sapuc y el Tomate, en el distrito de Magdalena destaca la zona de Cumbíco, con la vieja tradición de cultivo y comercialización hacia la costa, los días jueves y domingos. Otros nichos son Namora, Matara, San Marcos. En Ayabaca (Piura), en los alrededores de la capital de la provincia se producía yacones para autoconsumo y para un pequeño mercado (Seminario et al. 2003, Mansilla et al. 2006).

La región Cajamarca lidera la producción de yacón con fines comerciales, el cual se vende en los mercados locales con otras frutas típicas de los Andes como chirimoyas, paltas, piñas y lúcumas. En esta región existe una vieja tradición de cultivo, consumo y comercialización de yacón. Los nichos más antiguos de producción se encuentran en Contumazá y la comunidad de Hualqui en el distrito de Jesús.

Las zonas de producción son las provincias de Cajamarca, San Pablo, San Marcos, Cajabamba, Chota y Cutervo; aunque recientemente también se ha desarrollado el cultivo en las provincias de San Ignacio, Jaén y Bagua (en la región Amazonas), comprobándose en estas dos últimas excelentes resultados por disponer de suelos orgánicos y la ventaja competitiva del clima que permite cosechar raíces a los ocho meses y hojas todo el año (Figura 2) (Machuca 2013).

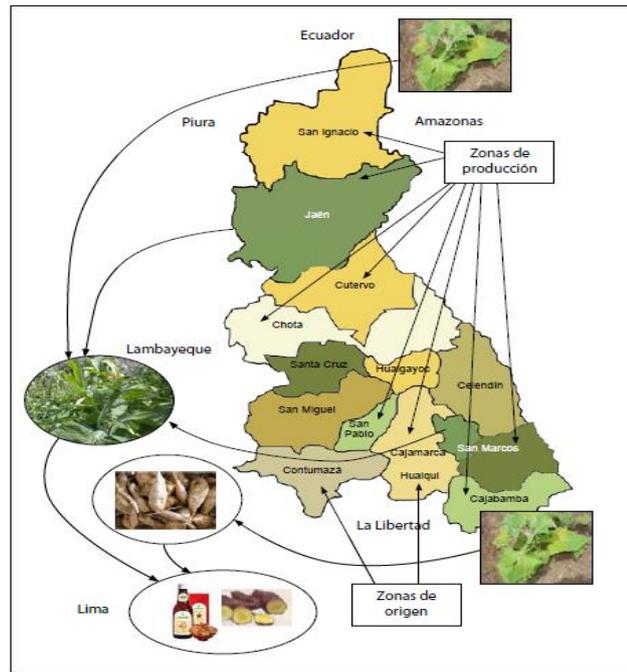


Figura 2: Ubicación de las zonas de origen, producción y comercialización de yacón en la región Cajamarca

FUENTE: Machuca (2013)

2.2. GENERALIDADES SOBRE EL ALOE VERA

2.2.1. DEFINICION DE ALOE VERA (*Aloe barbadensis Miller*)

El aloe vera, es una planta con alrededor de 360 especies diferentes, pertenece a la familia de las asfodelaceas o lilaceas, con hojas perennes en forma de roseta; su tamaño puede alcanzar desde unos cuantos centímetros hasta los 50 cm (Reynolds y Dweck 1999, Choi y Chung 2003, Ramachandra y Srinivasa 2008).

Las primeras referencias del aloe vera se encuentran en los Papiros de Ebers y existen numerosos documentos históricos de los egipcios, griegos, romanos, algerianos, árabes, tunecinos, indios y chinos, entre otros, que hablan de su empleo para uso medicinal y cosmético. Su nombre viene del griego “aloe”; y en árabe se llama “alloeh”, que significa: “la sustancia amarga brillante”; la palabra vera viene del latín y significa: “verdad”, así como en sanscrito aloe vera su significado se refiere a diosa (Boudreau y Beland 2006, Surjushe et al. 2008).

La primera clasificación de los aloes de la isla de Barbados fue hecha por el botánico Miller (Grindlay y Reynolds 1986), quien reporta que el aloe barbadensis Miller es originario de la isla de Barbados y fue introducido al mundo como producto del comercio marítimo en el caribe. Las primeras plantaciones de importancia datan de 1870, pero no fue sino hasta 1920 cuando se cultivó a mayor escala. Desde entonces se explotó de manera artesanal para la extracción del acíbar (exudado de la hoja). El nombre correcto aceptado actualmente es aloe vera (L.) Burm. f. (Vinson et al. 2005); sin embargo, la planta se ha conocido bajo diversos nombres como sábila, aloe vera, aloe curacao, aloe barbadensis Miller o coloquialmente como sábila (Reynolds 2004).

Algunas de las especies más conocidas son el aloe arborescens, el aloe chinensis, el aloe socotrino y el aloe ferox, aunque las más utilizadas son la especie aloe barbadensis Miller de la que se obtiene acíbar y gel (pulpa) y el aloe ferox del que básicamente se obtiene el acíbar (Reynolds 2004).

Se ha demostrado científicamente que de las más de 300 especies, son cuatro tipos los que presentan mayores propiedades medicinales: el aloe barbadensis Miller (la más utilizada en la medicina curativa y la más popular en el mundo entero llamada comúnmente aloe vera), el aloe Perry Baker, el aloe ferox y el aloe arborescens (Salazar y Palomino 1994).

De las plantas adultas (3-5 años), se recolectan las hojas más externas de la base para obtener un acíbar o pulpa de aloe de buena calidad para posteriormente procesarlo y fabricar productos aptos para la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria (Reynolds y Dweck 1999, Choi y Chung 2003, He et al. 2005, Bozzi et al. 2007).

2.2.2. CLASIFICACION TAXONÓMICA

Según Gavit (2012) la clasificación botánica de aloe vera es la siguiente:

Reino	Plantae
Sub-Reino	Tracheobionta (Plantas vasculares)
División	Magnoliophyta o Angiospermae
Clase	Liliopsida o Monocotyledon

Sub-Clase	Liliidae
Orden	Asparagales
Familia	Xanthorrhoeaceae o Aloaceae
Genero	Aloe
Especie	Vera

2.2.3. BOTÁNICA DEL ALOE VERA

Es similar a un cacto, posee hojas turgentes, lanceoladas, con espinas en sus bordes dentados y de color verde brillante, dispuestas en forma de roseta, la Figura 2, resume alguno de estos aspectos. En la naturaleza la planta puede ser dañada físicamente por la radiación ultravioleta o por los insectos. Crece en climas calientes y secos, se extiende a través de las regiones cálidas del mundo entero (Bozzi et al. 2007, Choi y Chung 2003, Femenia et al. 1999).

El Aloe barbadensis Miller, es una planta de hojas alongadas, carnosas y ricas en agua, alcanza una altura de 50 a 70 cm, se agrupan formando rosetas de hojas perennes. En las plantas jóvenes, las hojas aparecen a nivel de la tierra, pero el tallo puede crecer más de 25 cm de largo en las plantas viejas. Puede haber de 12 a 16 hojas por planta. Las hojas jóvenes son más o menos erectas, mientras que las de mayor edad son más anchas y bajas. La planta es madura cuando tiene cerca de 4 años y tiene un periodo de vida cerca de 12 años. En la Figura 3 se señalan las partes de la planta.

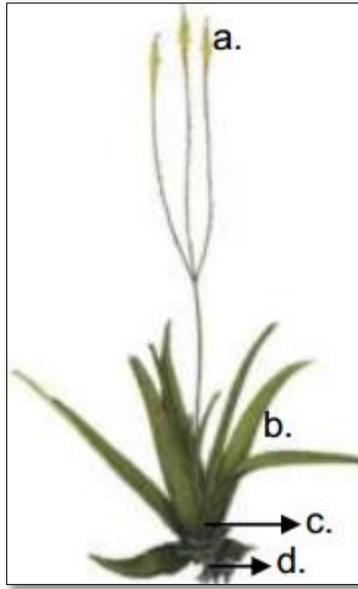


Figura 3: Morfología de Aloe Barbadenses Miller (a. Flor; b. Hoja; c. Tallo; d. Raíz)

FUENTE: Martínez et al. (1996)

2.2.3.1. Raíz

Es de 4 a 10 cm de largo y 4 a 5 cm de diámetro, formando un rizoma que puede ser dividido para propagar la planta. Cuando se corta el rizoma se da origen a una nueva planta. La rizósfera se concentra a una profundidad de 12 a 20 cm (Velásquez 2008).

2.2.3.2. Tallo

Es corto y grueso de 30 a 40 cm de longitud, alrededor de él van creciendo hojas en forma de rosetón hasta alcanzar alturas aproximadas de 1 a 3 m dependiendo de la especie (Martínez et al. 1996, Velásquez 2008).

2.2.3.3. Hojas

Están agrupadas hacia el extremo; son simples, triangulares, suculentas, con punta estrecha, de 30 a 60 cm de largo, de 5 a 12 cm de base y de 0.8 a 3 cm de espesor. Los bordes de las hojas tienen dientes afilados, triangulares alrededor de 2 mm de largo. Pueden ser de color vetado verde y blanco o verde ceniza plateado (Martínez et al. 1996).

2.2.3.4. Flores

Son de 2.5 a 3 cm de largo, agrupadas en racimos en un solo tallo vertical aproximadamente de 1 m de largo. Poseen una coloración amarillo-limón con líneas verde-manzana, colores que cambian a amarillo-ocre a medida que transcurren los distintos estados de maduración (Eshun y He 2004). Sus corolas se componen de 6 pétalos, que forman la cubierta floral y se sueldan todas entre sí en un tubo. Están dispuestas en racimos que pueden ser verticales o colgantes. Los estambres salen fuera del cáliz, estos son 6, con largos filamentos que arrancan del fondo de la flor, debajo del pistilo (Velásquez 2008).

2.2.3.5. Frutos y semillas

Es seco con una capsula oblonga de paredes dehiscentes (las anteras de la flor y el pericarpio del fruto se abren para dar salida al polen y a las semillas híbridas) (Velásquez 2008). Sus semillas son elipsoidales y aplanadas no son fértiles, por lo que no se pueden usar para propagar la planta (Eshun y He 2004).

En las hojas de esta planta tropical o subtropical, se distinguen claramente dos partes mostradas en la Figura 4, una gruesa epidermis (piel), la cual está protegida por una cutícula, y el mesófilo, ubicado en la parte interior y con características mucilaginosas (Ni et al. 2004, Femenia et al. 1999).

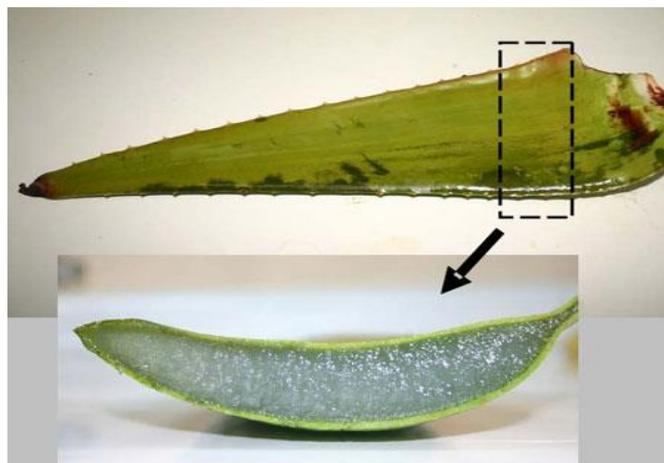


Figura 4: Hoja entera y corte transversal de Aloe vera

FUENTE: Vega et al. (2005)

Cada hoja es una fuente importante de líquido, de la que se puede obtener: látex de aloe y gel de aloe. El látex (jugo de aloe o savia amarilla) es el exudado amarillo y amargo que se obtiene de la superficie interna de la piel de la hoja compuesto principalmente de hidroxiantraquinonas (aloína, aloemodina y fenoles) (Bozzi et al. 2007, He et al. 2005, Ni et al. 2004, Saccu et al. 2001).

El gel mucilaginoso, proveniente de las células parenquimáticas de la planta de aloe es la sustancia incolora semisólida de olor vegetal característico que está contenido en el interior de las hojas frescas, compuesto mayoritariamente de agua y mucopolisacáridos.

Una adaptación que podemos encontrar en el aloe, para poder sobrevivir en los hábitats que ocupan, está en su fisiología. Los aloes son plantas CAM (Crassulacean Acid Metabolism), lo que supone la conversión del CO₂ a ácido málico en oscuridad, el cual es usado para convertirlo en carbohidratos durante el día. Este proceso permite a la planta tener sus estomas abiertos por la noche y cerrados por el día, al revés de lo que ocurre en la mayoría de las plantas, pudiendo conservar el agua durante el día que es cuando la temperatura es más alta (Bozzi et al. 2007, He et al. 2005, Reynolds y Dweck 1999).

La acumulación vacuolar del CO₂ a manera de ácidos orgánicos, específicamente ácido málico, permite cuantificar su contenido y de este modo valorar la presencia de aloe total. El contenido de ácido málico en el gel de aloe fresco se encuentra, aproximadamente, entre 409- 656 μ mol/g de peso seco (Paez et al. 2000). Por tanto un parámetro indicativo de calidad para el producto es el contenido de ácido málico que se encuentra de manera natural en los tejidos del aloe.

2.2.4. COMPOSICION FISICO QUIMICA

La composición química del aloe vera dependerá de la especie analizada, de la estacionalidad, de la edad de la planta y/o de la localización geográfica, pero en general, se puede destacar su gran contenido acuoso (>98%) y su aporte de hidratos de carbono (polisacáridos); es importante destacar la presencia de compuestos fenólicos presentes en el látex (Bozzi et al. 2007, Park y Kwon 2006, Park et al. 1998, Okamura et al. 1996, Yamaguchi et al. 1993). Sin embargo gran parte de los reportes se refieren al mesófilo de la planta, ya que la composición de los tejidos de la piel son limitados (Femenia et al. 1999).

El gel o pulpa es una masa gelatinosa e incolora formada por células parenquimáticas, estructuradas en colénquima y células pétreas delgadas. El gel está constituido principalmente de agua, mucilagos y otros carbohidratos, ácidos y sales orgánicas, enzimas, saponinas, taninos, heteroxidos antracenicosesteroles, triacilgliceridos, aminoácidos, ARN, trazas de alcaloides, vitaminas y diversos minerales (Reynolds 2004). Todas estas sustancias aportan al organismo muchos nutrientes necesarios para su función, y aunque de origen vegetal, son reconocidas por el organismo como propias, siendo perfectamente asimiladas sin producir ningún efecto colateral indeseable (Reynolds y Dweck 1999).

También hay evidencia que sugiere que el gel de la sábila contiene diversas sustancias que aisladas o en conjunto presentan efectos terapéuticos, por lo que una mejor comprensión de estos componentes y de sus efectos es esencial para desarrollar productos a partir de gel de aloe vera con fines terapéuticos (Choi y Chung 2003). Se ha reportado que la planta de aloe vera está constituida por una mezcla compleja de compuestos como se muestra en el Cuadro 6 y que más de 20 de éstas sustancias poseen actividades benéficas para la salud (Reynolds y Dweck 1999, Pritam et al. 2007, Jia et al. 2008).

Cuadro 6: Composición química del mucilago de Aloe vera

APORTE POR 100 ml (MUCILAGO)			
Agua		94 %	
Hidratos de C		4,8 %	
Proteínas		< 1 %	
Lípidos		0 %	
ELEMENTOS MINERALES	por 100 ml	VITAMINAS	Por 100 ml
K	80 mg	Retinol (Vit. A)	4,0 UI
Na	24 mg	Tiamina (Vit. B1)	20 µg
P	1,2 mg	Riboflavina (Vit. B2)	20µg
Ca	36 mg	Niacina (Vit. B3)	1,2 µg
Fe	3 mg	Piridoxina (Vit. B6)	8,8 µg

FUENTE: Choi y Chung (2003)

Se ha identificado una larga cadena de monosacáridos, específicamente manosas acetiladas y glucosa, que originan un mucopolisacárido soluble denominado acemanano, componente funcional de la pulpa del aloe (Bozzi et al. 2007, Femenia et al. 1999). El manano, presente en el gel líquido del aloe es base de sus propiedades viscoelásticas (Ni et al. 2004).

Su contenido mineral resalta: potasio, calcio, magnesio y sodio. Aunque otros autores también mencionan: cobre, hierro, manganeso, cinc, vanadio, cromo y germanio;(Prat y Ribó 2006, Rajasekaran et al. 2005, Vega et al. 2005, Bouchey y Gjerstad 1969) siendo la presencia de este último de gran interés funcional, ya que el germanio orgánico puede tener uso terapéutico (Asai 1980).

Se destaca la presencia de vitaminas como: A, C, E, B1, B3, B2, colina y ácido fólico, entre ellas antioxidantes muy importantes. Algunos investigadores incluyen trazas de vitamina B12, la cual se encuentra normalmente en fuentes animales (Barcroft y Myskja 2003).

Todas estas sustancias aportan al organismo muchos nutrientes necesarios para su función, y aunque de origen vegetal, son reconocidas por el organismo como propias, siendo perfectamente asimiladas sin producir ningún efecto colateral indeseable (Reynolds y Dweck 1999). También hay evidencia que sugiere que el gel de la sábila contiene diversas sustancias que aisladas o en conjunto presentan efectos terapéuticos, por lo que una mejor comprensión de estos componentes y de sus efectos es esencial para desarrollar productos a partir de gel de aloe vera con fines terapéuticos (Choi y Chung 2003).

El potencial funcional del aloe vera queda demostrado en la amplia literatura existente, con una importante evidencia científica de sus propiedades beneficiosas (Eshun y He 2004).

2.2.5. USOS DEL ALOE VERA EN ALIMENTOS

La forma principal de consumo de aloe vera es como suplemento alimenticio, en forma de: jugos, bebidas, cápsulas y geles (refinados o diluidos). También es habitual el consumo en el Perú en fresco o como ingrediente de preparaciones culinarias (ensaladas o productos de pastelería), incluso es un componente apetecible en la cocina de diseño.

Así también se ha incorporado como ingrediente en productos lácteos (yogur), caramelos, té, bebidas refrescantes e isotónicas, zumos, galletas, agua embotellada, etc. Las propiedades beneficiosas aportadas por el aloe también han sido utilizadas para mantener la calidad de otros productos, por ejemplo como recubrimiento para proteger la calidad de frutas (Martínez et al. 2006 a y b).

En este ámbito, se destaca su poder antifúngico, obteniéndose un resultado exitoso en la mantención de uva de mesa (donde), reportándose que la aplicación de gel de aloe vera como tratamiento de precosecha inhibe el deterioro microbiológico y reduce el índice de descomposición durante la postcosecha (Castillo et al. 2010, Serrano et al. 2006, Valverde et al. 2005).

El gel extraído de la pulpa de *Aloe barbadensis Miller* ha recibido un especial interés por la capacidad de actuar como recubrimiento (Valverde et al. 2005), su actividad antioxidante como respuesta a la presencia de compuestos de naturaleza fenólica (Lee et al. 2000), y el hecho de que genera entre 4 y 2 reducciones logarítmicas en el crecimiento del micelio de mohos tales como *Penicillium digitatum*, *Botrytis cinerea* y *Alternaria alternata* a concentraciones del gel a 250 ml/L (Castillo et al. 2010, Saks y Barkai 1995).

2.3. INGENIERIA DE MATRICES

La Ingeniería de Matrices es una herramienta de la Ingeniería de Alimentos que utiliza los conocimientos sobre composición, microestructura y propiedades de la matriz estructural del alimento para producir y controlar cambios que mejoren sus propiedades funcionales y/o sensoriales (Cortés 2014).

Las técnicas de ingeniería de matrices, como, la impregnación a vacío, deshidratación osmótica, recubrimiento con films, etc, permiten la incorporación de alimentos deseados (componentes fisiológicamente activos CFA, minerales, probióticos, componentes liposolubles, etc.) y generan productos estructurados estables que se imparten características deseables (Fito 2003).

2.3.1. IMPREGNACION A VACIO

La operación de impregnación a vacío utiliza los poros y/o espacios intercelulares que poseen los alimentos en general y en mayor grado los vegetales que poseen estructuras altamente compartimentadas. Dichos espacios, del interior de las matrices alimentarias, pueden estar llenos de gases, que pueden ser eliminados de las estructuras mediante la aplicación de presiones negativas de vacío dejando ese espacio libre.

Si el alimento se encuentra sumergido en un medio líquido en el momento en que se restaura la presión atmosférica, ésta actúa como fuerza impulsora produciendo la entrada de la disolución en la matriz ocupando el espacio disponible dejado por los gases y/o líquidos removidos.

Basándose en la estructura porosa de algunos alimentos y en la existencia de gas ocluido en ésta. Fito et al. (1996) explicaron el mecanismo que se produce en la impregnación a vacío y que denominaron Mecanismo Hidrodinámico y los fenómenos de deformaciones y relajaciones (HDM-DRP).

La técnica de IV se presenta como una alternativa de la aplicación en la industria alimentaria para la producción de nuevos alimentos funcionales por las siguientes ventajas (Chiralt et al. 1999):

- 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.

2.3.2. MECANISMO HIDRODINÁMICO

Fito (1994) y Fito et al. (1996) describen el mecanismo hidrodinámico como un rápido fenómeno de transferencia de masa que ocurre cuando las estructuras porosas, generalmente frutas, son sumergidas en una fase líquida.

La acción del Mecanismo Hidrodinámico se explicó muy bien desde Chiralt y Fito (2003), demostrando que cuando los trozos de alimentos se sumergen en una solución externa la superficie de las muestras se lava y la solución penetra parcialmente en los poros abiertos además de ocurrir una deformación de las membranas celulares debido a la pérdida de líquidos y gases internos, se genera un gradiente de presión y se promueve el Mecanismo Hidrodinámico.

Se ha establecido que en muchos alimentos con estructura celular existe una fracción de volumen de aire localizado en los diferentes poros, tales como son los espacios intercelulares (Puig 1992), cuando un alimento poroso es sumergido en un líquido bajo condiciones de vacío, este mecanismo surte efecto, este mecanismo implica un movimiento de la fase líquida externa para ir dentro o fuera de un producto como consecuencia de fuerzas dinámicas debido a diferencias de presión entre las paredes interna y externa de los poros. Las diferencias de presión pueden deberse solo a los vasos capilares, pero también a cambios en la temperatura o presión impuestos en el sistema (Andrés y Fito 1992).

Dentro de los poros existe gas que se encuentra a una determinada presión (P_1). Cuando el líquido externo se pone en contacto con los poros se establece una diferencia de presión del líquido (P_2) más la presión capilar (P_c). Este fenómeno ocurre cuando se coloca un producto poroso en el seno del líquido, tanto si se usan presiones subatmosféricas o no.

En el caso de someter el sistema a una presión subatmosférica el gas ocluido en la estructura porosa del alimento sufre una expansión para equilibrarse con la presión impuesta al sistema, de tal forma, que se produce la pérdida parcial del mismo y una mayor penetración de líquido por capilaridad. Una vez restaurada la presión atmosférica el nuevo gradiente de presiones actúa como fuerza impulsora provocando la compresión del gas previamente expandido, siendo ocupado dicho espacio por la solución exterior (Jaller y Parra 2000). Esta explicación se muestra en la Figura 5:

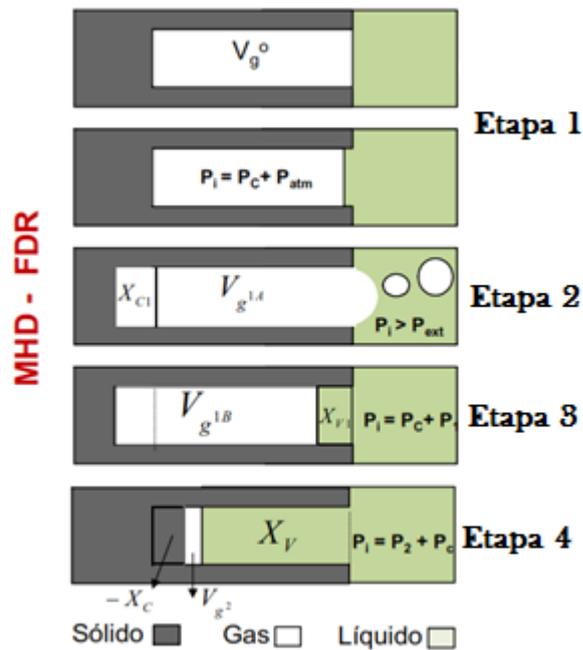


Figura 5: Representación esquemática de la impregnación al vacío de un poro ideal. Fenómenos de deformación - relajación y el mecanismo hidrodinámico

FUENTE: Cortés (2014)

Al respecto, Cortés (2014) indica que el proceso de impregnación se da en 4 etapas a saber:

Etapa 1: Inicio de penetración de la solución en el poro de la fruta, por capilaridad. El sólido se encuentra sumergido en el líquido a presión atmosférica, la penetración de la solución en los poros es pequeña, de tal forma que los poros pequeños succionan la solución.

Etapa 2: Comienza la salida del aire ocluido en el poro al aplicar vacío en la fruta. La presión del sistema se lleva hasta un valor pequeño, donde producirá una expansión del gas existente en los poros provocando que se escape de la fruta y por último de la solución

osmótica, a veces puede arrastrar líquido de la misma fruta. El gas deja de salir cuando la presión interna del poro es igual a la presión externa.

Etapa 3: Entra la solución al poro sin aire solo por capilaridad. El sistema se mantiene a la presión de trabajo por un tiempo determinado. En este instante se lleva a cabo el mecanismo hidrodinámico, que actúa como consecuencia del gradiente de presiones entre la presión interna del gas ocluido en los poros y la presión del sistema, provocando que los espacios intercelulares se llenen parcialmente de líquido. Esta impregnación dependerá de la cantidad de gas que salga del alimento poroso que está en función de la presión de trabajo.

Etapa 4: La capilaridad y la presión externa impulsan a que exista una penetración en gran cantidad de la solución al poro ($P = P$ atmosférica). Al restaurar la presión atmosférica se genera un potencial de presión en el poro y permite la entrada rápida de la solución a los poros. En este instante el mecanismo hidrodinámico se presenta, pero como resultado del efecto de la diferencia entre la presión interna y externa. Esto significa que en el equilibrio a un tiempo determinado, cierta cantidad del líquido es transportado dentro del alimento, efectuando un aumento de peso.

En la Figura 6 se muestra la forma de un poro ideal.

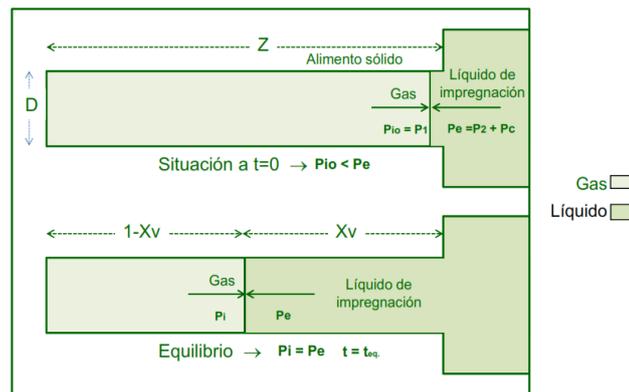


Figura 6: Base teórica del MHD de un poro ideal

FUENTE: Cortés (2014)

Donde:

D : Diámetro del poro

σ : Tensión superficial

μ : Viscosidad del líquido

- z: Longitud del poro
- Xv: Fracción volumétrica del poro ocupado por líquido
- Pc: Presión capilar
- P1: Presión inicial del gas en el poro
- P2: Presión del sistema externo
- Pi: Presión interna del gas

El mecanismo hidrodinámico contribuye a un transporte global mucho más importante cuando se trabaja a vacío debido a que los restantes mecanismos que intervienen en la operación (difusión y ósmosis), disponen de una superficie de transferencia de materia mucho mayor, debido a que se aprovecha, además de la superficie externa del alimento, la interna de los espacios intercelulares que han sido impregnados con soluciones por la acción del mecanismo hidrodinámico (Jaller y Parra 2000).

La presencia de poros en los alimentos se puede atribuir a muchos factores, uno de ellos es la existencia de los espacios intercelulares, que se encuentran en el tejido parenquimático de las frutas. El tamaño de los poros no es homogéneo. La superficie interna y externa de los mismos desempeña un papel muy importante en la velocidad de la transferencia de materia cuando están en contacto con un líquido, sobre todo si se trabaja a presiones subatmosféricas (Fito et al. 1994).

Al hecho de introducir de forma masiva el líquido exterior en el interior del espacio poroso provocando la alternancia de presiones y por lo tanto favoreciendo el mecanismo hidrodinámico, se le denomina Impregnación a Vacío (IV).

2.3.3. VARIABLES DEL PROCESO DE IMPREGNACION A VACIO

Como se mencionó, la impregnación al vacío es una técnica que permite introducir varios compuestos y / o ingredientes químicos en la fase de vacío de alimentos. El proceso se lleva a cabo mediante la aplicación de una presión de vacío en el espacio de cabeza del sistema durante un tiempo T1 y a continuación, mediante la restauración de la presión atmosférica durante un tiempo T2 de relajación. Los numerosos fenómenos que intervienen

durante el proceso se ven afectados por varias variables que pueden ser clasificados como externa e interna de los alimentos. En la primera clase, la presión de vacío (p), la longitud del tiempo de periodo de vacío, la longitud de tiempo de relajación, la viscosidad de la solución externa, la temperatura, la concentración de la solución, la relación de masa de producto / solución y el tamaño y la forma de las muestras se pueden introducir (Derossi et al. 2012).

En lugar de ello, la arquitectura tridimensional de los alimentos y las propiedades mecánicas de los tejidos biológicos pueden ser consideradas como variables internas. Sin embargo, vale la pena mencionar que el término "arquitectura tridimensional " se refiere a un conjunto de características microscópicas y mesoscópicas tales como la porosidad, tamaño y forma de los poros, conectividad, tortuosidad, curvaturas capilares, etc, que afectan en gran medida el tratamiento de impregnación al vacío (Derossi et al. 2012).

2.3.3.1. Las variables externas

Entre las variables externas, la presión de vacío puede ser considerada como la más importante, ya que representa la fuerza que produce la gradiente de presión entre la fase de vacío de alimentos y la atmósfera que rodea el líquido externo. En pocas palabras, la presión de vacío es la variable por el cual se pueden producir todos los fenómenos reportados previamente. En general, las presiones empleadas en la IV oscila entre 50 y 600 mbar (Fito et al. 1996, Rastogi et al. 1996, Salvatori et al. 1998, Barat et al. 2001, Fito et al. 2001^a, Fito et al. 2001b, Giraldo et al. 2003, Mujica - Paz et al. 2003, Zao y Xie 2004, Corzo et al. 2007, Derossi et al. 2010, Derossi et al. 2011).

Además, el nivel de vacío es generalmente considerado directamente relacionado a un aumento de nivel de impregnación (X) como consecuencia de una mayor liberación de líquidos nativos y gases, junto con un mayor HDM y DRP. Mujica et al. (2003a) estudiaron el efecto de la presión de vacío en una gama de 135 a 674 mbar en el volumen de poros impregnados de una solución isotónica de varias frutas. Los autores mostraron que para las muestras de manzana, melocotón, papaya y melón se observó una mayor impregnación en línea con un aumento de la presión de vacío, para el mango, la papaya y mamey los valores de X aumentaron con el aumento del nivel de vacío hasta un máximo después de que la impregnación se redujo ligeramente.

2.3.3.2. Variables internas

La Impregnación en vacío es una técnica que depende estrictamente de la característica de la estructura de los alimentos , tanto a escala mesoscópica y microscópica (Fito et al. 1996, Salvatori et al. 1998, Barat et al. 2001, Fito et al. 2001, Chiralt y Fito 2003, Giraldo et al. 2003, Gras et al. 2003, Mujica - Paz et al. 2003, Zhao y Xie 2004, Derossi et al. 2010, Derossi et al. 2011) . Al principio, la fracción de porosidad del tejido biológico es el parámetro más importante para la aplicación de IV porque presenta el espacio vacío potencialmente disponible para la afluencia de la solución externa. En general, las frutas y verduras muestran una fracción mayor de porosidad en comparación con carnes, pescados y quesos que los hacen más adecuados para el uso de técnicas IV.

En general, cuanto mayor es la fracción de porosidad mayor es el nivel de impregnación. Fito et al. (1996) demostraron que para las muestras de manzana, plátano, albaricoque, fresa y de la seta el nivel de impregnación se encontraba en el mismo orden de los valores de porosidad efectiva de las verduras frescas. Grass et al. (2003) estudiaron el enriquecimiento en calcio de berenjenas, zanahorias y hongos por tratamientos de IV. Los autores informaron los valores de X máximos de berenjenas y setas de cardo que mostraron que en comparación con las zanahorias, los espacios intercelulares son mayores, de $54 \% \pm 1$ y $41 \pm 2 \%$ respectivamente. Fito et al. (1996) estudiaron el HDM y DRP en muestras de manzana, plátano, albaricoque, fresa y setas impregnadas a vacío, mostraron que los niveles de impregnación se correlacionaron directamente con los valores de porosidad de las verduras.

Sin embargo, el valor de porosidad es un índice, pero no es suficiente para caracterizar completamente y para predecir el comportamiento de los alimentos durante la impregnación a vacío. Como informó Zhao y Xie (2004) durante la IV tres fenómenos principales están involucrados: las salidas de gases, la deformación - relajación de la matriz sólida y la afluencia de líquido. Dado que se producen simultáneamente estos fenómenos, el resultado de la IV es una consecuencia del equilibrio y su cinética que, a su vez, se ven afectados según Fito et al. (1996) por:

- Estructura de los tejidos (poros y distribución de tamaño)
- Tiempo de relajación de la matriz sólida, en función de las propiedades viscoelásticas del material.
- La tasa de HDM, una función de la porosidad, tamaño y la forma de los capilares, su conectividad.
- Tamaño y forma de las muestras.

2.4. ANALISIS SENSORIAL DE ALIMENTOS

Para analizar la calidad de los alimentos se emplean mediciones físicas, químicas y microbiológicas, olvidando muchas veces las características organolépticas del producto, factor predominante para determinar si éste tendrá o no aceptación en el mercado (Fellmann 1985). Estudios de marketing y de consumidores muestran que el gusto, en relación al valor nutritivo percibido o el valor de salud asociado, es el factor clave en la influencia de la selección de alimentos (Glanz et al. 1998). El control de calidad organoléptica de un alimento, la aceptabilidad por el consumidor y la determinación de diferencias entre productos, se realiza a través de la evaluación sensorial, una disciplina científica, a través de la cual el evaluador sensorial evoca, analiza, mide e interpreta respuestas humanas a estímulos percibidos a través de los sentidos (Cross et al.1978).

Para ello, se recurre a un grupo de personas que forman un “panel de degustadores”, los que han sido seleccionados y entrenados en forma científica para evaluar los diferentes atributos de los alimentos, utilizando sus sentidos como instrumentos de medición (Wittig 1991). Las etapas involucradas en la creación de un panel sensorial incluyen: preselección, entrenamiento, evaluación y selección.

Del conjunto de indicadores que definen la calidad de los alimentos el sensorial ocupa un lugar destacado: aspecto desagradable, defectos en el olor y sabor, o una textura inadecuada hacen que sean rechazados por el consumidor, aunque desde el punto nutricional, tenga una composición óptima, y una adecuada calidad sanitaria y estética (Torricella 2007).

Los sentidos son los medios con los que el ser humano percibe y detecta el mundo que lo rodea, el ser humano tiene cinco sentidos: la vista, el oído, el olfato, el gusto, y el tacto.

Todos ellos tienen gran importancia para el hombre y cuando falta alguno de ellos, su vida se ve seriamente afectada e incluso puede llegar a estar en peligro (Anzaldúa 1994). La necesidad del ser humano de procurarse energía mediante la alimentación, se ve condicionada por múltiples factores que influyen en la aceptabilidad de los alimentos. Sin duda los factores sociales, culturales y económicos son fundamentales, pero es el sentido del gusto el que determina en el momento de la ingesta la aceptación o no del alimento.

2.4.1. SABOR

La palabra “Taste” (gusto, sabor) proviene de la palabra “tasten”, utilizada en la lengua inglesa en la Edad Media, que significa “examinar mediante el tacto o el gusto (taste)”. La sensación del gusto es el resultado del efecto de la interacción entre moléculas hidrosolubles y los receptores localizados en la lengua y la cavidad bucal. Estos receptores contienen yemas que son renovadas cada seis a ocho días. Las sustancias sapídicas alcanzan las membranas de las células poseedoras de las yemas, quienes las transmiten en forma de impulso al cerebro (Carpenter et al. 2000).

La percepción real del sabor se ve afectada por factores psicológicos, influyendo como si fuesen olores generados por el alimento en cuestión. Históricamente se han descrito hasta 30 sabores básicos. En la actualidad se acepta, generalmente, la existencia de cuatro sabores: dulce, agrio (ácido), amargo y salado y probablemente otro “umami”, de origen japonés, que significa “delicioso” y es producido por sustancias de tipo glutamato (Carpenter et al. 2000).

Para poder percibir el sabor de una sustancia debe disolverse y difundirse por el poro gustativo. Las sustancias muy difusibles, sales y otros compuestos moleculares pequeños, excitan más las terminaciones gustativas que las menos difusibles, como proteínas y otras sustancias moleculares grandes. Las sensaciones primarias del gusto son los sabores dulce, ácido, amargo y salado, algunos autores defienden que las papilas gustativas pueden percibir estos cuatro sabores, pero existen diferencias de modo que cada papila tiene cierto grado de sensibilidad mayor para uno o dos sabores (Anzaldúa 1994).

El sabor es un Atributo sensorial complejo, ya que combina tres propiedades: el olor, el aroma y el gusto, se detecta cuando se introduce un alimento en la boca. Diferencia e identifica un alimento de otro. En la bibliografía de habla inglesa esta integración se conoce

por "flavour" (Torricella 2007). El sabor es una propiedad química, ya que involucra la detección de estímulos disueltos en agua aceite o saliva por las papilas gustativas, localizadas en la superficie de la lengua, así como en la mucosa del paladar y el área de la garganta.

2.4.2. COLOR

Es la impresión que produce en la vista los rayos de la luz reflejada por un cuerpo, convirtiéndose así en un atributo del mismo y, por ende, en una propiedad sensorial. Si se percibe que tiene color verde, es porque el cuerpo refleja la longitud de onda correspondiente a dicho color habiendo absorbido la luz de todas las demás longitudes de onda del espectro visible. Si reflejara además las otras longitudes de onda tendría un color blanco y, por el contrario, al no reflejar ninguna sería negro.

El color de cualquier objeto tiene cuatro características: El tono, determinado por el valor exacto de la longitud de onda de luz reflejada. La intensidad, dependiente de la concentración de pigmentos presentes en el objeto. El brillo, que resulta de la relación entre la cantidad de luz que es reflejada por el cuerpo y la luz incidente sobre él. La luminosidad o valor, que diferencia a los colores según si son más claros o más oscuros

Según Anzaldúa (1994) existen tres clases de colores: Los simples o básicos, llamados también "colores primarios" y son: el rojo, el amarillo y el azul, de estos se derivan por combinaciones todos los demás tintes o tonos. Colores secundarios: estos colores se obtienen a partir de la combinación de dos de los primarios. Los colores secundarios son tres: verde (que se obtiene de la combinación del azul y amarillo), violeta (que es la sumatoria de rojo y azul) y naranja (se obtiene de la mezcla de rojo y amarillo) y Colores intermedios: estos son la combinación de un color secundario con uno primario. Algunos ejemplos serían la combinación del rojo con el violeta, el verde con el amarillo o el naranja con amarillo.

El color, es la única propiedad sensorial que puede ser medida en forma instrumental más efectivamente que en forma visual. Así pues, los problemas que se presentan para encontrar el "punto de viraje" en una titulación volumétrica, pueden solucionarse si se lleva

a cabo con la utilización de un espectrofotómetro, ya que el aparato no se equivoca al evaluar el cambio de color.

Hay colorímetros, especialmente diseñados para alimentos como frutas enteras, granos, alimentos en polvo, que resultan muy costosos y requieren de manejo muy cuidadoso y de mantenimiento especializado, por lo que a veces resulta más rentable llevar a cabo la medición de color en forma visual.

2.4.3. ANÁLISIS DESCRIPTIVOS PARA CATEGORIZAR MUESTRAS

2.4.3.1. Categorización cuantitativa relativa

En este tipo de análisis se requiere presentar al jurado una escala dimensionada relativa o una adimensionada normalizada como la mostrada en el Anexo 11. Los jueces reciben las muestras codificadas todas a la vez o secuencialmente, para proceder a percibir y asignar una puntuación acorde a la intensidad del estímulo promovido por determinado atributo, sin que ésta represente una diferencia de intensidad sensorial proporcional a una magnitud física. El análisis estadístico de los datos es usado para determinar la no existencia de diferencias significativas entre las puntuaciones otorgadas por los jueces, validando con ello la categorización resultante del análisis sensorial (Ureña 2005).

2.5. IMPORTANCIA DEL COLOR EN LOS ALIMENTOS

El color es una característica de gran importancia en nuestra valoración física y de la calidad de los alimentos. Desde el momento en que la conservación y elaboración de los alimentos comenzó a desplazarse desde los hogares a las fábricas, existió el deseo de mantener el color de los alimentos procesados y conservados lo más parecido al de la materia prima de origen.

Por otra parte, en ciertos alimentos la aparición de coloraciones marrones frecuentemente indeseadas, se asocia a reacciones de pardeamiento no enzimático (reacción de Maillard, propiciada por las altas temperaturas), pardeamiento de tipo enzimático y el producido por la caramelización de los azúcares, en la superficie del alimento. Todo esto puede afectar en forma negativa a la presentación y al sabor de los productos (Guerrero y Nuñez 1991).

Cuando el deterioro del color es visualmente extenso el producto resulta inaceptable, por lo que industrialmente, el color puede ser una característica determinante para el éxito comercial de innumerables productos. Debido a ello se vuelve cada día más imprescindible su control, lo que supone poder medir y comparar el color.

En este sentido, es necesario disponer de métodos objetivos de medida de esta propiedad que permitan la obtención de valores comparables y reproducibles. La medición del color se ve afectada por muchos factores tales como la iluminación, el observador, la naturaleza y características de la propia superficie (tamaño de la muestra, su textura y brillo). Además el color es un fenómeno de interpretación subjetivo dependiente del observador, siendo más difícil su medida que la de un fenómeno objetivo como es medir una masa.

Desde hace muchos años existe interés en estudiar el color y establecer estándares y modelos para interpretar y comunicar el color. Desde que se estableció la definición de una serie de fuentes de iluminación estándar y observadores patrón, que permitieron establecer una medida del color en base a las coordenadas triestímulo X, Y, Z, se han introducido muchas otras coordenadas colorimétricas calculadas a partir de ellas, a partir de relaciones matemáticas más o menos complicadas. Tales coordenadas sitúan cada color en un espacio determinado, que tendrá tantas dimensiones como número de coordenadas se necesiten. Aparecen así los denominados espacios de color, definidos como la representación geométrica de los colores en el espacio, normalmente en tres dimensiones. Por tanto, elegidas unas coordenadas colorimétricas a emplear, queda definido un espacio de color (Gilabert 1992).

Tras los esfuerzos encaminados a lograr un espacio de color lo más uniforme posible, la CIE (Comisión Internacional d'Éclairage) o Instituto Internacional del color recomendó en 1976 el espacio de color CIEL*a*b*, adoptado también como norma UNE. Este espacio es un sistema coordinado cartesiano definido por tres coordenadas colorimétricas L*, a*, b*, magnitudes que derivan matemáticamente de los valores de las coordenadas triestímulo. A partir de estas coordenadas es posible definir las magnitudes colorimétricas tono y saturación o croma (Hunt, 1998). A continuación se comenta la especificación de los parámetros colorimétricos del espacio de color CIEL*a*b* (Gilabert 1992):

- L^* : recibe el nombre de “luminosidad”, atributo según el cual una superficie parece emitir más o menos luz. Para superficies reflectoras o transmisoras se reserva el término de “claridad”, por la que un cuerpo parece reflejar (o transmitir) por difusión una fracción mayor o menor de la luz incidente. Puede tomar valores entre 0 (negro absoluto) y 100 (blanco absoluto).
- a^* : define la desviación del punto acromático correspondiente a la claridad, hacia el rojo si $a^* > 0$, hacia el verde si $a^* < 0$.
- b^* : define la desviación del punto acromático correspondiente a la claridad, hacia el amarillo si $b^* > 0$, hacia el azul si $b^* < 0$.
- C^*_{ab} : identificado como “saturación” o “croma”, es el atributo que permite estimar la proporción de color cromático puro contenido en la sensación total.

Este concepto representa, por lo tanto, la pureza o intensidad relativa de un color. Numéricamente corresponde, en el plano cromático a^*-b^* , a la distancia desde el centro de la esfera de color al punto en cuestión.

- h^*_{ab} : corresponde al “tono”, atributo que ha suscitado nombres como azul, verde, amarillo, rojo, etc. Numéricamente, también en el plano cromático a^*-b^* , es una medida angular y corresponde al ángulo de matiz definido desde el eje positivo de la coordenada a^* , que varía entre 0 y 360°.

El color es uno de los parámetros de calidad más importante en productos deshidratados. Los cambios en el color se deben a la concentración de pigmentos o degradación de los mismos. Adicionalmente, reacciones de pardeamiento inducen cambios en la coloración de estos productos. En productos sometidos a altas temperaturas se puede producir la reacción de pardeamiento de Maillard y degradación del ácido ascórbico. En el caso de la deshidratación de frutas, el pardeamiento enzimático es una de las principales causas de deterioro del color (Bolin y Steele 1987). Por medio de la remoción de aire de los poros de frutas y la introducción de solutos específicos, la impregnación a vacío puede ayudar a prevenir el pardeamiento (Jeon y Zhao 2005). El gel extraído de la pulpa de aloe

barbadensis Miller ha recibido un especial interés por su actividad antioxidante como respuesta a la presencia de compuestos de naturaleza fenólica (Lee et al. 2000).

2.6. METODOLOGIA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

2.6.1. DEFINICIÓN

La metodología de superficie de respuesta comprende un grupo de técnicas estadísticas y matemáticas útiles para la construcción y exploración de un modelo empírico o ecuación que pueda ser representado gráficamente. El primer objetivo es relacionar la respuesta con un número conocido de factores que la afectan y el segundo, optimizar dicha respuesta. En un lenguaje matemático, se puede decir que el investigador está interesado en la supuesta “relación funcional”.

$$\eta = f(x_1, x_2, \dots, x_k) \quad (1)$$

Que expresa la respuesta esperada (η) como función de k variables independientes (x_1, x_2, \dots, x_k) (Box y Draper 1987). En general, para representar $f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ se utilizan las *funciones polinómicas*, que pueden ser de:

Primer grado:

$$\eta = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k \quad (2)$$

Segundo grado:

$$\eta = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (3)$$

Las ecuaciones polinómicas de bajo grado son más fáciles de manejar respecto a las de grados mayores, debido a que contiene pocos términos, lo cual se traduce en el requerimiento de menos valores observados de la respuesta para estimar los parámetros (los β 's) de la ecuación (Box y Draper 1987).

Para incluir el término de error experimental, Box y Draper (1987) definen primero la “corrida experimental” como la operación de un sistema en un determinado punto experimental en el que se ha establecido cada nivel para cada factor. Si se realizan varias

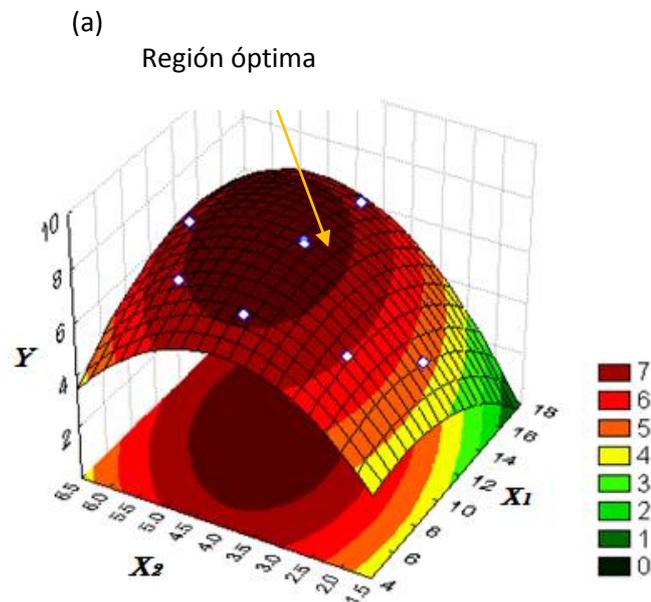
corridas bajo las mismas condiciones, la medida de la respuesta entre ellas variará debido a los errores de medición, errores de observación y la variabilidad de la materia experimental.

Entonces, se tendrá una respuesta observada “y” que incluye al error experimental (ε) por ello, el valor de “y” caerá en alguna distribución estadística alrededor del valor de la media η .

$$y = f(x) + \varepsilon \quad (4)$$

Por lo general la superficie de respuesta η se representa gráficamente como se aprecia en la Figura 7, en donde se tiene η contra los niveles x_1 y x_2 .

Para ayudar a visualizar la forma de una superficie de respuesta, con frecuencia se recurre a curvas de contorno (Montgomery, 2002).



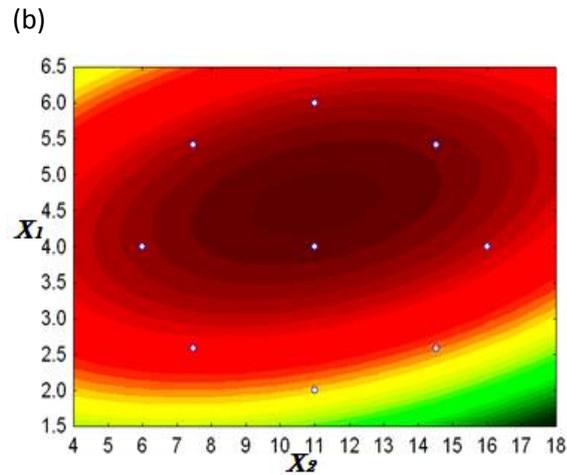


Figura 7: Representación gráfica de la superficie de respuesta cuadrática (a) y curvas de contornos (b) para las variables x_1 y x_2

FUENTE: kuehl (2001)

2.6.2. DISEÑO COMPUESTO CENTRAL (DCC)

Según Montgomery (2002) y Kuehl (2001) el diseño compuesto central consiste, en un diseño factorial 2^k , al cual se le añade puntos axiales ($2k$) en los ejes de coordenadas, a una distancia $\pm\alpha$ de punto central del diseño. El punto central es replicado cierto número de veces. En el DCC cada factor tiene cinco niveles, lo cual permite una buena predicción del modelo de segundo orden. Asimismo, el reducido número de puntos experimentales (correspondientes a la suma de los puntos factoriales, puntos axiales y repeticiones en el punto central: $N = 2^k + 2k + n_c$) lo convierte en un diseño económico en cuanto al uso de recursos (Kuehl 2001). En la Figura 8 se muestra el diseño compuesto central para $k=2$ y $k=3$ factores.

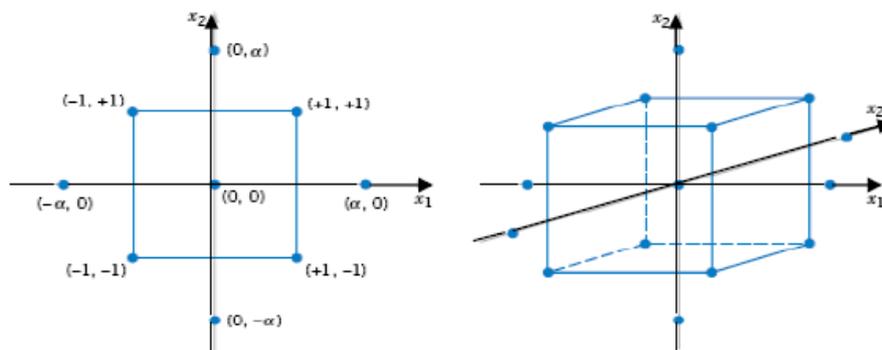


Figura 8: Diseños compuestos centrales para 2 y 3 variables

FUENTE: Montgomery (2002)

Hay dos parámetros en el diseño que deben especificarse: la distancia α de las corridas axiales al centro del diseño y el número de repeticiones en el punto central n_c (Montgomery, 2002).

La elección de la distancia α de las corridas axiales al centro del diseño es muy importante, pues determinará la rotabilidad del diseño. Un diseño es rotable cuando la varianza $V[\hat{y}(x)]$ es igual en todos los puntos x que equidistan del centro del mismo, siendo constante en esferas; lo cual se traduce en la obtención de un modelo de segundo orden que proporciona buenas predicciones en toda la región de investigación (Box y Hunter 1957, citados por Montgomery 2002).

El valor de α para la rotabilidad depende del número de puntos en la porción factorial del diseño; de hecho, $\alpha = (n_f)^{1/4}$ produce un diseño central compuesto rotable, donde n_f es el número de puntos usados en la porción factorial del diseño (Montgomery 2002).

Box y Draper (1987) señalan algunas razones por las que deben incluirse las repeticiones en el punto central del diseño:

- Produce un buen perfil de la función
- Minimiza el cuadrado medio del error
- Permite hacer un análisis de falta de ajuste a un modelo de segundo orden
- Incrementa la robustez del diseño

Al respecto, Montgomery (2002) afirma que de tres a cinco corridas centrales son suficientes para alcanzar dichos objetivos. Por su parte, Box y Draper (1987) indican que si se quiere introducir más puntos centrales que los sugeridos no hay ningún inconveniente, excepto por el costo adicional que significa ejecutar más lecturas.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El trabajo de investigación se realizó en la Universidad Nacional de Cajamarca en la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, laboratorio de Ingeniería de Alimentos.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. MATERIA PRIMA

3.2.1.1. Población y Muestra

- **Población:** Se utilizó como materia prima yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp & Endl) “anaranjado” provenientes del Distrito de Magdalena, Caserío de Cumbico-Cajamarca.
- **Muestra:** 100 kg de yacón seleccionados y clasificados por tamaño. Para la investigación se utilizó materia prima con un peso aproximado de 0.4 Kg.
- Se utilizó un extracto seco y pulverizado de aloe vera, exento de aloína y con una concentración total de sólidos de 92% y una humedad de 8%. El producto, denominado Aloe Gold Seal-Natural 200X (AGS), se obtuvo en TerryLabs (Melbourne, Fl, USA), y está recomendado para el uso en aplicaciones internas tales como bebidas nutraceuticas, suplementos herbales, cápsulas o tabletas y alimentos en general. La ficha técnica y la hoja de seguridad se muestran en el Anexo 3 y 4.

El producto, denominado Aloe Gold Seal-Natural 200X (AGS), fue obtenido en TerryLabs (Melbourne, Fl, USA), y está recomendado para el uso en aplicaciones internas tales como bebidas nutraceuticas, suplementos herbales, cápsulas o tabletas y alimentos en general. El Aloe Gold Seal Natural 200X en

polvo es un producto estándar en la industria del aloe vera, que imita el contenido de polisacáridos presente en la hoja fresca de aloe, garantizando que el producto contiene todo el espectro de polisacáridos declarados como beneficiosos.

El extracto de aloe está constituido en un 100% de cadenas de polisacáridos, concentración muy por encima en comparación con el 28% del gel de aloe obtenido en el filete fresco de la planta (Sanzana 2010).

3.2.2.EQUIPOS Y MATERIALES PARA EL PROCESAMIENTO DE IMPREGNACIÓN A VACIO

- Bomba a vacío SARTORIUS 0-900 mbar
- Depósito hermético de acero inoxidable acoplado a una bomba de vacío Secador de bandejas
- Espectrofotómetro Spectronic, Genesys 6, UV-Visible
- Balanza analítica digital, METTLER-TOLEDO con aproximación al 0.0001
- Termómetro
- Baño María
- Agua destilada
- Mesa de acero inoxidable
- Utensilios: tinas, baldes, cuchillos
- Kit enzimático para ácido L- málico Marca Megazyme- GRANOTEC
- Papeles filtro Whatman No.1 (9 cm)
- Material de vidrio (Bureta, fioles, matraces, beakers, pipetas, tubos de ensayo, etc)
- Picnómetro
- Viscosímetro de placas BROOKFIELD
- Micropipetas 10 - 100 uL

3.2.3.EQUIPOS Y MATERIALES PARA ANÁLISIS DE MATERIA PRIMA

- Potenciómetro digital de mesa, METTLER-TOLEDO
- Refractómetro

- Mufla SARTORIUS Digital
- Estufa SARTORIUS Digital
- Colorímetro KONICA – MINOLTA(Escala LAB)
- Cocina de digestión
- Aparato de destilación de Kjeldahl
- Extractor Soxhlet
- Destilador de reflujo
- Ácido sulfúrico concentrado
- Catalizador (sulfato de potasio + sulfato de cobre)
- Ácido bórico + indicador de pH
- Ácido clorhídrico, 0.1 N
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Ácido sulfúrico 1.25%
- Hidróxido de sodio 1.25%
- Hexano
- Material de vidrio (Bureta, fioles, matraces, beakers, pipetas, tubos de ensayo, etc)
- Piscetas
- Balones de digestión
- Erlenmeyer
- Balón de fondo plano de 250 ml
- Campana de vidrio
- Pinza de metal
- Bureta
- Capsulas de porcelana

3.2.4.MATERIALES PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL

- Agua de mesa embotellada
- Vasos descartables
- Tenedores descartables
- Platos descartables
- Cartillas de evaluación

3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.3.1. ANÁLISIS FISCOQUÍMICO Y ENZIMÁTICO

- **Humedad:** Se evaluó la humedad de la muestra por medio de un secado a 105°, hasta obtener peso constante (AOAC 2005).
- **Cenizas:** La muestra se incinero a 550° para quemar todo el material orgánico (AOAC, 2005).
- **Proteína:** A través del método Semimicro Kjeldahl, considerando 6.25 como factor de conversión de nitrógeno a proteína (AOAC 2005).
- **Extracto etéreo (Grasa):** Se realizó empleando el método Soxhlet (AOAC 2005)
- **Fibra cruda:** Se determinó eliminando los carbohidratos solubles por hidrolisis a compuestos más simples (azucares) mediante la acción de ácidos y álcalis débiles en caliente, y las cenizas (por diferencia de peso después de la ignición de la materia fibrosa obtenida) (AOAC 2005).
- **Extracto Libre de nitrógeno:** Se obtuvo por diferencia después que se han completado los análisis para cenizas, proteína, extracto etéreo y fibra cruda (AOAC 2005).
- **Acidez titulable:** La acidez se determinó por titulación con una solución de hidróxido de sodio 0.1 N, utilizando como indicador fenolftaleína. La acidez se expresó en porcentaje de ácido cítrico. Métodos oficiales 939.05 (AOAC 2005).
- **Sólidos solubles:** Se determinó utilizando el Refractómetro (AOAC 2005).
- **pH:** Método potenciométrico sugerido por la AOAC (2005).
- **Densidad:** Determinado por el método del picnómetro a 20°C, método oficial 945.06 (AOAC 2005).
- **Actividad de agua:** Se utilizara un higrómetro de punto de rocío AquaLab.
- **Color:** Se determinara midiendo los parámetros: L (luminosidad), en un colorímetro KONICA – MINOLTA (Escala L*a*b*). También referido como CIELAB, propuesto por la Commission Internationale de l' Eclairaige CIE L* a* b*.
- **Determinación de las características físicas:** Se determinó la longitud, peso y diámetro de las raíces en la cual se hizo uso de un vernier.

- **Viscosidad:** Medido a través de un viscosímetro rotacional que constan de placas cilíndricas. Por el movimiento de uno de las placas se genera una cizalla en el líquido. Haciendo girar uno de los elementos con un cierto par de fuerzas o midiendo la velocidad de giro provocada.
- **Densidad de la solución:** Método del picnómetro a 20°C, método oficial 945.06 (AOAC 2005).
- **Densidad aparente.** Se determinó en los trozos de yacón por medio del cociente del peso de aire de la fruta entre el volumen de un cubo. método oficial 942.06. (AOAC 2005).
- **Impregnación a Vacío:** Los ensayos de IV se realizaron en un depósito hermético de acero inoxidable acoplado a una bomba de vacío mostrada en el Anexo 6. La solución de aloe vera (15g/100mL) se llevó a agitación durante 15 minutos. Las muestras en rodajas frescas, inicialmente se sumergieron en la solución y se colocaron dentro de la cámara de vacío en un vaso Erlenmeyer.

Posteriormente se aplicó las diferentes presiones y tiempos, seguido por otros 10 minutos a presión atmosférica. La evolución de la masa se registró al inicio y final del proceso para el cálculo de fracción volumétrica (X), a cada muestra impregnada se le determinaron los parámetros de impregnación X (m³ dis/m³ yacón fresco) mediante la ecuación 5 (Cortes 2007) y XHDM (kg aloe/kg fruta impregnada en mg/100g de yacón) mediante el análisis enzimático, para lo cual se determinó la densidad de la disolución de impregnación (ρ_{dis}).

$$X = \frac{M_f - M_i}{\rho_{dis} \left(\frac{M_i}{\rho_{apm}} \right)} \quad (5)$$

Donde:

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

El cálculo de la porosidad eficaz (ϵe) de la fruta disponible al proceso IV se determinó a partir de la ecuación 2 ($r = P_{atm}/P_{vacío}$), bajo la consideración de que en el proceso de impregnación, la deformación en la etapa de vacío es despreciable y que no hay deformación en la etapa de presión atmosférica (Fito 1994; Fito y Pastor, 1994).

$$\epsilon e = \frac{X}{(1-1/r)} \quad (6)$$

Donde:

ϵe : Porosidad efectiva

X: Fracción volumétrica

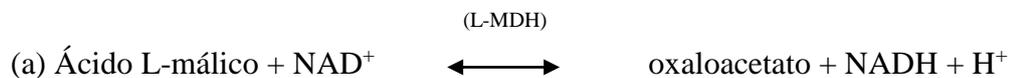
r: Relación de compresión

- **Análisis cuantitativo de ácido málico por espectrofotometría UV (Método 993.05 AOAC)**

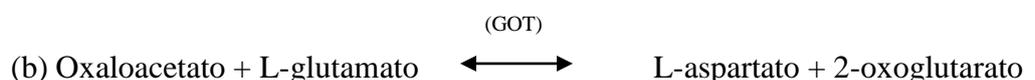
En la determinación del contenido en ácido málico de las dispersiones de AGS y de las muestras de yacón impregnadas, se utilizó un análisis enzimático aprobado por la AOAC. El método se incluye en la legislación sobre alimentos de muchos países y en la normativa europea. El detalle del análisis enzimático se muestra en el Anexo 14.

Principio

La detección del ácido L-málico requiere dos reacciones enzimáticas. En la primera reacción, catalizada por L-malato deshidrogenasa (L-MDH), el ácido L-málico se oxida en oxaloacetato por la nicotinamida-adenina dinucleotido (NAD^+) (a).



Sin embargo, dado que el equilibrio de la reacción (a) cae en favor del ácido L-málico y NAD^+ , se requiere una reacción adicional para “atrapar” el NADH, lo cual se consigue convirtiendo el oxaloacetato en Laspartato y 2-oxoglutarato, en presencia de un exceso de L-glutamato, por glutamatooxaloacetato transaminasa (GOT) (b).



La cantidad de NADH que se forma en la doble reacción anterior es estequiométricamente proporcional con la cantidad de ácido L-málico. Por lo tanto lo que se mide es el NADH, a través del aumento de la capacidad de absorción a 340 nm.

3.3.2. ANÁLISIS SENSORIAL

Para la evaluación sensorial de las muestras se utilizó la metodología de análisis descriptivo para categorización cuantitativa relativa con la utilización de una escala no estructurada o adimensionada (Anzaldúa 1994) de 12 cm, para que el juez no se pierda ni tenga pocas posibilidades de diferenciar la intensidad del atributo que está evaluando. La generación de descriptores, la forma de evaluarlos y las escalas a utilizar se desarrollaran en sesiones de trabajo grupal durante el entrenamiento del panel. Aplicando un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores (muestra y evaluador). Se evaluó las 10 corridas. En el Anexo 11 se muestra la ficha de evaluación que se utilizó. Para el análisis de datos se hizo uso del software de análisis estadístico XLSTAT.

3.3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DEL PROCESO A SEGUIR PARA OBTENER HOJUELAS DE YACÓN IMPREGNADAS CON ALOE VERA.

El flujo de operaciones se muestra en la Figura 9:

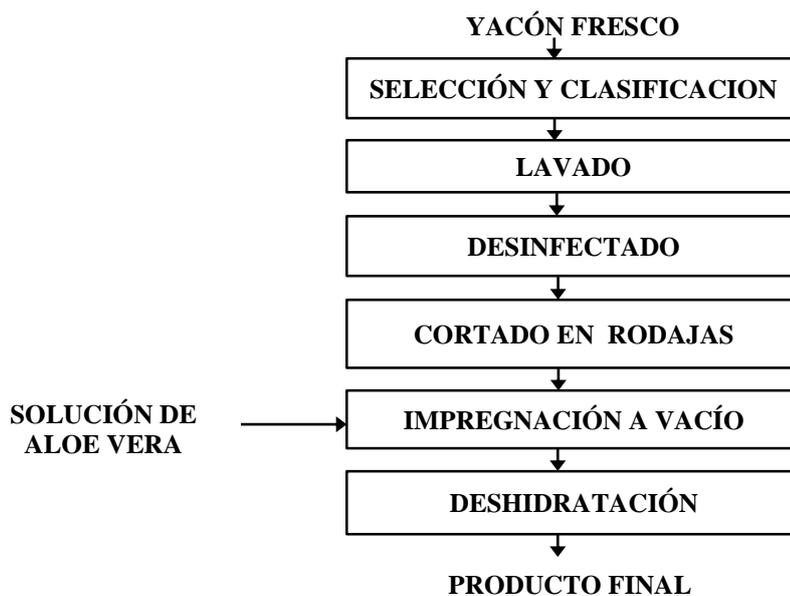


Figura 9: Flujo de operaciones del proceso de impregnación a vacío

a) Yacón fresco

El estudio se realizó con yacones de pulpa color “anaranjado”. Las muestras se almacenaron en refrigeración antes de su uso.

b) Selección y clasificación

La materia prima a emplear estuvo en un estado fisiológico que permitió realizar el procesamiento, por lo que en la selección se eliminó aquellas que presenten daño físico o microbiológico. La fruta seleccionada estuvo libre de golpes y magulladura, pliegues o arrugas, cicatrices y rajaduras. La clasificación se realizó de acuerdo al tamaño con el fin de dar condiciones similares en el procesamiento y con esta operación se uniformiza el producto para estandarizar todas las operaciones del proceso (Herrera 1992).

c) Lavado y Desinfectado

El lavado se realizó con agua potable por inmersión y frotamiento de los frutos en agua, de manera que se puedan eliminar sustancias y partículas extrañas. Luego estas fueron sumergidas en una solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm de cloro 5 minutos, a fin de reducir la posible carga microbiana (Guevara 2002).

d) Cortado en rodajas

Se obtuvo de la parte central del yacón, correspondiente al tejido parenquimático, con la ayuda de cortador de acero inoxidable. De la parte central del yacón, correspondiente al tejido parenquimático se obtuvieron hojuelas de 40 mm de diámetro y 5 mm de espesor.

e) Impregnación a vacío

Se realizó la impregnación a vacío a diferentes presiones y tiempos, con el líquido de impregnación compuesto la dilución de aloe vera.

f) Oreado

Después de realizar la impregnación las muestras fueron oreadas en un sobre un colador por espacio de tres minutos.

g) Deshidratación

Se realizó en un secador de bandejas con una velocidad de aire 0,7 m/s y una Temperatura del Aire de 60°C, hasta llegar a una humedad final del 16% (Seminario et al. 2003).

h) Producto final

El producto final fue evaluado y analizado.

3.3.4. PARTE EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN

La descripción del esquema experimental del proceso de impregnación a vacío sugerido en la investigación, se muestra en la Figura 10 y se detalla a continuación.

3.3.4.1. Acondicionamiento de materia prima y preparación del insumo

a) Acondicionamiento de las muestras de yacón

El estudio se realizó con yacones de color anaranjado homogéneos en tamaño, forma, madurez y grado de frescura. Las muestras se almaceno en refrigeración. De la parte central del yacón, correspondiente al tejido parenquimático y con la ayuda de un cortador se obtuvo hojuelas de 40 mm de diámetro y 5 mm de espesor.

Controles - Análisis en el yacón como materia prima: En el yacón como materia prima se realizó los siguientes análisis: Humedad, materia seca, ceniza, carbohidratos, proteína, grasa, fibra, brix, pH, Acidez titulable

b) Preparación de la solución de aloe vera

El producto, denominado Aloe Gold Seal-Natural 200X (AGS), fue obtenido en TerryLabs (Melbourne, Fl, USA), y por una semejante al gel natural obtenido de la hoja del aloe vera se usó 15 g/100mL (Sanzana 2010), el procedimiento para la solución fue el siguiente:

- Se pesó (balanza analítica) la masa de AGS correspondiente.
- En un vaso de precipitados con la tercera parte del agua destilada a utilizar y en agitación se adiciona gradualmente la masa correspondiente de AGS. La agitación se extenderá durante 15 minutos.
- Se llevará la mezcla a un matraz, aforando a 1000 ml.

Controles- Análisis de la solución de aloe vera: Viscosidad, brix, pH, densidad

c. Impregnación a vacío

El proceso de impregnación a vacío se llevó a 20°C (T° constante). Se trabajó con una relación tubérculo/disolución de 1:10 (Carpetano et al. 2011). El procedimiento para la impregnación fue el siguiente:

- Se aplicó las diferentes presiones y tiempos mostrada en la figura 10
- Una vez terminado el tiempo de vacío para todas las muestras se aplicó 10 minutos de relajación a presión atmosférica.

Controles – Muestras impregnadas con aloe vera: fracción volumétrica (X), fracción másica (Xhmd) o cantidad de ácido málico, porosidad efectiva y color (L*)

d. Deshidratación del producto final

Se realizó en un secador de bandejas con una velocidad de aire 0,7 m/s y una Temperatura del Aire de 60°C, hasta llegar a una humedad final del 16%.

Controles – Análisis sensorial y físico químico del producto final: Color y sabor (análisis sensorial), humedad y composición físico química del producto final.

ETAPAS	MATERIA PRIMA	IMPREGNACION A VACIO	DESHIDRATACION
P R O C E S O	Yacon 40 mm de diámetro y 5 mm de espesor	Diseño de compuesto central 275 mbar E1 15 minutos 150 mbar E2 10 minutos 150 mbar E3 20 minutos 400 mbar E4 10 minutos 400 mbar E5 20 minutos 275 mbar E6 7.9 minutos 275 mbar E7 22.1 minutos 98.2 mbar E8 15 minutos 451.8 mbar E9 15 minutos 275 mbar E10 15 minutos	60° C - 0.7 m/s H _{final} = 16% 60° C - 0.7 m/s H _{final} = 16%
	Gel de Aloe Vera 15% de concentración	T° IMPREGNACION= 20° C Tiempo de relacion: 10 min (Presion atm.)	
C O N T R O L E S	(*)Humedad, materia seca, ceniza, carbohidratos, proteína, grasa, fibra, brix, pH, Acidez titulable (**) Viscosidad, brix, pH, densidad	<ul style="list-style-type: none"> • Fracción volumétrica de muestra impregnada con líquido • Cantidad de ácido málico • Porosidad efectiva • Color (L*) 	<ul style="list-style-type: none"> • Color y Sabor (Evaluación sensorial) • Humedad • Caracterización del producto final

* En Yacon (**) En solución de aloe vera

Figura 10: Diseño experimental de la investigación

El arreglo para la presente investigación es una Superficie de Respuesta con Diseño de compuesto central: 2^2 +estrella, los niveles de operacionalización se muestran en el Cuadro 7:

Cuadro 7: Niveles de operacionalización de variables

Codificación	-1.41421	-1	0	1	1.41421
Variables decodificada					
Tiempo (minutos)	7.9	10	15	20	22.1
Presión (mbar)	98.2	150	275	400	451.8

3.4. INSTRUMENTOS DE COLECTA DE DATOS

En el Cuadro 8, muestra los instrumentos con los que se midieron las variables utilizadas en la presente investigación.

Cuadro 8: Instrumentos de Colecta de datos

Variable	Instrumento de recolección de datos
Cantidad de ácido málico	Kit enzimático evaluado por Espectrofotometría.
Peso en gramos	Metodología de toma de masa usando balanza analítica.
Presión	Toma de datos de un manómetro de vacío implementado en el sistema de impregnación
Determinación de fracción volumétrica de muestra impregnada con líquido (X) y porosidad efectiva.	Metodología de acuerdo a Fito et al. (1996) y Cortes (2007).
Color	Toma de datos de un colorímetro
Tiempo	Toma de datos de un cronómetro
Evaluación Sensorial	Fichas de evaluación

3.5. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS

Para determinar la combinación de variables y lograr la máxima aceptación e impregnación de aloe vera se usó el diseño de superficie de respuesta. El objetivo eventual de este método consistió en determinar las condiciones de operación óptima para un sistema, o determinar la región del espacio de los factores en la que se satisfacen las condiciones de operación, para analizar los datos obtenidos se utilizó el programa STATGRAPHICS Centurión para lo cual se realizó un análisis de varianza, y Excel para el análisis sensorial. En el Cuadro 9 se muestra el resumen del diseño a utilizado en la presente investigación.

Cuadro 9: Resumen de diseño del experimento

CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO	VALOR
Número de factores experimentales	2
Número de repeticiones	3
Número de respuestas	6
Número de corridas	30, incluyendo 1 punto central por bloque
Grados de libertad para el error	22

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICA DE LA MATERIA PRIMA

En el Cuadro 10 se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica del yacón:

Cuadro 10: Características fisicoquímicas del yacón fresco

Componentes	Valor porcentual (b.h)	Valor porcentual (b.s)
Humedad	87.50	---
Materia seca	12.50	100
Ceniza	0.31	2.48
Proteína	0.30	2.40
Fibra bruta	0.40	3.20
Grasa	0.02	0.16
ELN (Carbohidratos)	11.47	91.76
pH	6.10	
Acidez (exp. Ac. cítrico)	0.35	
Sólidos solubles (°Brix)	13.4	

(*) Resultado promedio de tres repeticiones

El yacón es una de la raíces reservantes con mayor contenido de humedad 87.50%, valor inferior a los encontrados por Gutiérrez y Vaca (2011) y Chirinos (1999) quien encontró para diferentes zonas geográficas del Perú como Tarma, Chachapoyas y Cuzco valores de 89.15, 89.12, 90.15; respectivamente. Al respecto diversos estudios revelan que entre el 83 y 90 % del peso fresco de las raíces es agua.

De todos los componentes que conforman la materia seca del yacón, el contenido de carbohidratos es el que está presente en mayor cantidad, el valor promedio de tres repeticiones en base seca fue de 91.76%. En términos generales, los carbohidratos representan cerca del 90% del peso seco de las raíces recién cosechadas; de los cuales entre 50 y 70% son fructooligosacáridos (FOS). El resto de carbohidratos lo conforman la sacarosa, fructosa y glucosa (Ohyama et al. 1990, Asami et al. 1991, Nieto 1991, Collazos et al. 1993, Hermann et al. 1999). Sin embargo, la composición relativa de los diferentes azúcares varía significativamente debido a diferentes factores como el cultivar, la época de siembra y cosecha, tiempo y temperatura en poscosecha, entre otros.

Con respecto a las cenizas, el valor encontrado fue de 2.48% b.s, promedio encontrado menor al reportado por Chirinos (1999); (2.67- 3.5% b.s). En lo que respecta a proteína 0.30% y grasa 0.02% en base húmeda, los valores son cercanos a los reportados por Seminario et al. (2003) quien obtiene un valor de proteína 0.37% y grasa 0.024% en b.h, en cuanto a fibra bruta presenta un 0.40%(b.h), valor ligeramente superior al reportado por Seminario et al. (2003) que fue de 0.36%(b.h).

El valor de sólidos solubles están en un promedio de 13.5, valor superior a lo reportado por Chirinos (1999) con un contenido de 10.30, esto debido al elevado contenido de agua presente en su muestra analizada. El valor de acidez 0.35 está dentro del rango reportado por diferentes autores (Chirinos 1999 y Zapana 2007). En lo que respecta al pH, su valor promedio fue de 6.10; valor cercano al reportado por Zapana (2007) para tres entradas de yacón obteniendo valores de 6.17, 6.52, y 6.36.

4.2 ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE LA MATERIA PRIMA (YACÓN)

El yacón utilizado en la investigación fue de pulpa color anaranjado con color de cascara marrón oscuro. Los resultados morfológicos se muestran en el cuadro 11:

Cuadro 11: Características morfológicas de la muestra de raíz de yacón (*)

	Peso (g)	Diámetro central (cm)	Longitud (cm)
Valor Mayor	423.2	5.15	20.3
Valor menor	321.2	4.23	15.41

(*)Medidas obtenidas de 10 muestras de yacón de características similares

La longitud encontrada osciló entre 15.41 y 20.3, Grau y Rea (1998) mencionan que las dimensiones de las raíces pueden llegar a alcanzar valores entre 6 y 25cm de longitud. El diámetro central tuvo valores de entre 4.23 y 5.15 cm, este es un valor importante ya que para obtener las rodajas de yacón se tuvo que contar con muestras que tengan como mínimo 50 mm de diámetro.

El peso obtenido tuvo valores de entre 321.2 y 423.2 g, El National Research Council et al. (1989) indica que los tubérculos del yacón son fusiformes y pueden variar considerablemente en tamaño forma y sabor el color de su cáscara va desde marrón oscuro al purpúreo opaco incluso al naranja, internamente el tubérculo se presenta como un cuerpo carnoso transparentemente los tubérculos generalmente pesan de 200 a 500 g., pero pueden llegar a pesar 2 Kg.

4.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA SOLUCIÓN DE IMPREGNACIÓN

Se utilizó un extracto seco y pulverizado de aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller), exento de aloína y con una concentración total de sólidos de 92% y una humedad de 8%, mostrado en la Figura 11.

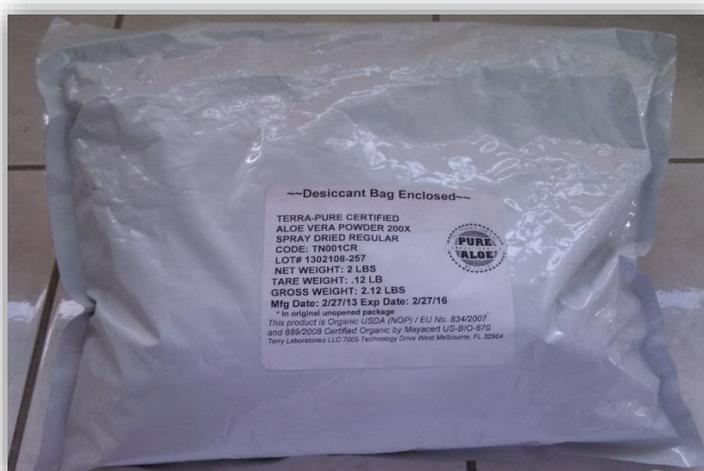


Figura 11: Extracto seco y pulverizado Aloe Gold Seal-Natural 200X (AGS)

Se determinó las características de la solución de impregnación preparado con Aloe Gold Seal-Natural 200X (AGS) con una concentración de 15 g/100mL estos datos se presentan el cuadro 12:

Cuadro 12: Características de la solución de impregnación (*)

	°Brix	pH	Densidad (g/cm ³)	Viscosidad (mPas)
Solución de aloe vera al 15%	1.55	3.77	1.0034	1.33

(*) Promedio de tres repeticiones

Al realizar las mediciones se obtuvo en promedio de 1.55° Brix, pH de 3.77 densidad de 1,0034 g/ cm³ y una viscosidad 1.33 mPa.s., datos similares fueron obtenidos por Sanzana (2010) quien menciona que la densidad, es fundamental con vistas al planteamiento de los correspondientes balances de materia.

El comportamiento reológico está directamente relacionado con el mecanismo hidrodinámico y teniendo en cuenta que el objetivo es obtener una solución que pueda ser incorporado con facilidad a rodajas de yacón por impregnación a vacío (IV), la viscosidad determina la facilidad de incorporación del líquido en los poros de la estructura (Martínez-Monzó et al. 1998). El pH puede afectar a la interacción entre la disolución y la materia prima y a la estabilidad de los medios de impregnación Sanzana (2010).

4.4 DETERMINACIÓN DE LA FRACCIÓN VOLUMÉTRICA EFECTIVA

En la Cuadro 13 se presentan los resultados obtenidos al aplicar diferentes presiones y tiempos de impregnación, con un tiempo de relajación para todas las muestras de 10 minutos, los datos obtenidos son peso inicial y peso final de la fruta sometida al tratamiento de impregnación con soluciones de aloe vera.

Con dichos valores, la densidad de la solución de impregnación 1.0034 g/cm³ y la densidad aparente del yacón fresco 1.0121 g/cm³ se calcula la fracción volumétrica del yacón que fue impregnado (X). La ecuación utilizada se explica en el apartado 3.3.1.

Cuadro 13: Fracción volumétrica de las muestras impregnadas con la solución de aloe vera, calculada por cambios de masa. (*)

PRESION (mbar)	TIEMPO (min)	Masa inicial promedio (g)	Masa Final Promedio (g)	Fracción volumétrica (X) m³ solución/m³ fruta fresca
275.0	15.0	6.77490	7.17780	0.06040
150.0	10.0	6.76260	7.19373	0.06436
400.0	10.0	6.49800	7.28014	0.12107
150.0	20.0	6.69220	7.12590	0.06503
400.0	20.0	6.68503	7.85451	0.17726
98.2	15.0	7.02897	7.40073	0.05360
451.8	15.0	6.75350	7.55300	0.11951
275.0	7.9	6.66003	7.03453	0.05717
275.0	22.1	6.79133	7.16243	0.05531
275.0	15.0	6.73540	7.11740	0.05749

(*)Promedio de tres repeticiones

Los datos de fracción volumétrica como se puede observar en la tabla varían con respecto a la presión y tiempo. Para calcular la fracción volumétrica promedio se tomaron los valores con datos obtenidos a los 5 minutos los cuales se grafican vs. $1 - 1/r$; la representación gráfica se presenta en la Figura 11 con la regresión lineal de estos datos se obtiene el valor de la pendiente que corresponde a la porosidad efectiva, y el punto de intersección de la recta con el eje x indica la cantidad de solución de aloe vera adherido a la fruta por capilaridad. Puesto que r se define como la relación entre la presión atmosférica y la presión de trabajo, el eje x informa de un índice de intensidad de gradiente de presión (Derossi et al. 2012).

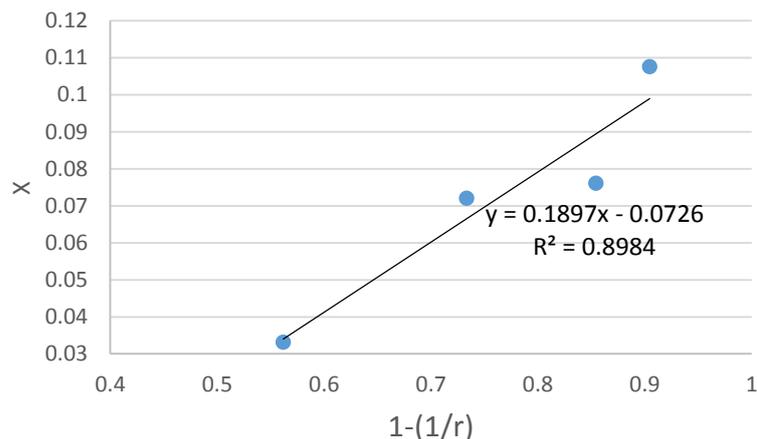


Figura 12: Representación gráfica de la tendencia de la fracción volumétrica; X representa la fracción volumétrica ocupada por la solución, r es la relación de la presión atmosférica y la presión de trabajo

Como se aprecia en la Figura 12, la muestra de yacón presentó un incremento lineal de fracción volumétrica, declarando que sus tejidos vegetales están sujetos a fenómenos de baja o casi nula deformación. Al respecto Mujica et al. (2002) encontraron un incremento semejante para muestras de manzana, melón, papaya y durazno. En estudios realizados en plátano, mamey y mango mostraron un incremento lineal de los valores de fracción volumétrica hasta ciertos límites (aproximadamente 400 mbar), después de lo cual el nivel de impregnación disminuyó.

Los autores supusieron que estas condiciones operativas podrían haber producido una deformación alta en los tejidos vegetales (de compresión), lo que redujo la fase de vacío disponible para la penetración de líquidos. Se concluyó que estas frutas sufren de una gran deformación cuando las somete a tratamientos de IV en condiciones operativas particulares. Los autores pusieron de relieve la importancia de las variables internas, tales como el número y el diámetro de los poros, así como las propiedades mecánicas de matriz sólida también la distribución espacial de las células y sus características, así como el tipo de fluido (líquido o gas) presente en el espacio intercelular deben ser consideradas para el ajuste preciso de los tratamientos de impregnación a vacío.

La regresión lineal de los datos experimentales indican que la fracción volumétrica (valor de intersección) se encuentra en un promedio de 0.0726 es decir casi 0.1 m^3

solución/m³ fruta fresca. Fito (2003) en productos de manzana enriquecidos en calcio y hierro, obtuvo una fracción volumétrica de 0.19, e indica que la fracción volumétrica de líquido incorporado disminuye al aumentar la concentración en las sales de calcio y hierro en el líquido de impregnación y que los valores más bajos de impregnación se corresponden con una mayor contracción de la muestra.

Fito (2003) también menciona en su investigación sobre impregnación de matrices vegetales con microorganismos probióticos encontró que en manzana impregnada con *S. cerevisiae* en zumo de manzana el valor de fracción volumétrica fue de 0.18. y con manzana impregnada con *L.casei* en zumo de manzana 0.19.

Giraldo (2006) encontró que la fracción volumétrica para la manzana fue de 0,2; fresa 0,12; melocotón 0.01; sandía 0.05; en su investigación la geometría de las muestras varió de acuerdo a cada fruta; para el estudio de manzana se emplearon rodajas de 5 cm de diámetro y 0,1 cm de altura (láminas); para fresas y melocotones se utilizaron mitades de 1,5 y 4 cm respectivamente (semiesferas) y para las sandías, trozos de 1 x 2 x 2 cm (cubos).

4.4.1 DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD EFECTIVA

La porosidad efectiva se determina con la regresión lineal de la fracción volumétrica (X) contra $1 - 1/r$, (Figura 12) donde la pendiente es la porosidad efectiva (Gilibert 2002).

$$y = 0.1897x - 0.0726$$

La pendiente es de 0.1897, por lo tanto la porosidad efectiva es 18.97 %, lo que indica que el Yacón se puede impregnar en ese porcentaje de su volumen.

Según Fito (2003) la porosidad eficaz de la manzana se mantiene en un nivel del 20% a pesar de los diferentes niveles de acoplamiento entre los fenómenos de impregnación y deformación. Por otro lado el resultado obtenido es menor al reportado por Gilibert (2002) 23.6%, y es posible que se deba a la diferencia de los espacios intracelulares en el yacón, esto lo afirma Fito et al. (1996) donde afirma que la presencia de poros en los alimentos se puede atribuir a muchos factores, uno de ellos es la existencia de los espacios intercelulares,

que se encuentran en el tejido parenquimático de las frutas. El tamaño de los poros no es homogéneo.

La superficie interna y externa de los mismos desempeña un papel muy importante en la velocidad de la transferencia de materia cuando están en contacto con un líquido, sobre todo si se trabaja a presiones subatmosféricas.

El motivo de determinar este valor es que la fracción de porosidad del tejido biológico es que es el parámetro más importante para la aplicación de Impregnación a vacío porque presenta el espacio vacío potencialmente disponible para la afluencia de la solución externa. En general, las frutas y verduras muestran una fracción mayor de porosidad en comparación con carnes, pescados y quesos que los hacen más adecuados para el uso de técnicas de IV.

En general, cuanto mayor es la fracción de porosidad mayor es el nivel de impregnación (Derossi et al. 2012). Fito et al. (1996) mostraron que los niveles de impregnación se correlacionaron directamente con los valores de porosidad de las verduras. Sin embargo, el valor de porosidad es un índice, pero no es suficiente para caracterizar completamente y para predecir el comportamiento de los alimentos durante la impregnación a vacío.

4.5 DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE ACIDO MALICO

En el cuadro 14 se muestra los valores de ácido málico (fracción másica X MHD) determinados:

Cuadro 14: Determinación cuantitativa de ácido málico (*)

PRESION (mbar)	TIEMPO (min)	FRACCIÓN MÁSICA (X MHD) mg/100g de yacón
275.0	15.0	22.5086
150.0	10.0	30.0115
400.0	10.0	31.6371
150.0	20.0	26.2979
400.0	20.0	32.7804
98.2	15.0	24.3954
451.8	15.0	54.6339
275.0	7.9	32.6489
275.0	22.1	27.3170
275.0	15.0	33.5254

(*)Promedio de tres repeticiones

El único ácido orgánico contenido en el gel de la hoja fresca de aloe es el ácido málico. El aloe es una planta tipo CAM (Crassulacean Acidic Metabolism plants), las cuales se distinguen del resto de las plantas del mundo vegetal, por no desarrollar fotosíntesis. Las CAM abren los estomas por la noche, evitando la transpiración en periodos de gran calor diurna, y convierten el dióxido de carbono en ácido málico. Al día siguiente, con los estomas cerrados, convierten el ácido málico en azúcares.

La acumulación vacuolar del CO₂ a manera de ácidos orgánicos, específicamente ácido málico, permite cuantificar su contenido y de este modo valorar la presencia de aloe total. El contenido de ácido málico en el gel de aloe fresco se encuentra, aproximadamente, entre 409 - 656 μ mol/g de peso seco o 5,48-8,80 g ácido málico/100 g aloe (Paez et al. 2000).

La dispersión de 5 g/L simula la concentración del gel encontrado en la planta de aloe de forma natural (Sanzana 2010), y la usada en la presente investigación de 15 g/100ml permitieron concentrar más cantidad de componentes beneficiosos en las matrices vegetales, conservando las características de un medio de impregnación con la matriz a impregnar. Los resultados obtenidos permitieron cuantificar la cantidad de aloe incorporado. Obteniéndose

resultados entre 22.5086 y 54.6339 mg/100g de muestra. El contenido de aloe vera final son similares a los ofrecidos en formato cápsulas que van de 50 mg a 1 g.

Según Ruiz (2009) el proceso de IV permite alcanzar niveles importantes de los CFA por cada 100 g de hongo fresco a una presión de vacío 110 mbar durante 5 minutos obtuvieron $43,0 \pm 2,33$ mg Vit.C ($71,7 \pm 3,9\%$ VDR), $30,91 \pm 6,91$ mg; Vit.E ($103,0 \pm 23,0\%$ VDR), $4,23 \pm 0,03$ mg Zn ($28,2 \pm 0,2\%$ VDR) y el calcio, contribuyó a obtener una textura aceptable con características elásticas y una buena resistencia a la deformación con niveles de $4,58 \pm 0,06$ mg de Ca.

4.6 EFECTO DEL PROCESO DE IMPREGNACIÓN

Para analizar mejor la naturaleza de los cambios que experimenta el producto durante las distintas operaciones a las que se somete, se estudió el comportamiento de las muestras de yacón durante la IV con la solución de aloe vera. Los datos completos se recogen en el Anexo 5.

El Cuadro 15 muestra el ANVA realizado a los datos obtenidos de fracción volumétrica (X) y el Cuadro 16 muestra el ANVA realizado a los datos obtenidos de fracción másica (Xmhd).

Cuadro 15: Análisis de Varianza para Fracción volumétrica (X)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Presión	0.0257715	1	0.0257715	45.76	0.0000
B:Tiempo	0.00110307	1	0.00110307	1.96	0.1756
AA	0.00706002	1	0.00706002	12.54	0.0018
AB	0.00231185	1	0.00231185	4.11	0.0550
BB	0.000778102	1	0.000778102	1.38	0.2524
bloques	0.00434223	2	0.00217112	3.86	0.0367
Error total	0.0123897	22	0.000563169		
Total (corr.)	0.0530591	29			

Cuadro 16: Análisis de Varianza para Fracción másica (X mhd)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Presión	970.478	1	970.478	21.45	0.0001
B:Tiempo	38.3356	1	38.3356	0.85	0.3673
AA	291.088	1	291.088	6.43	0.0188
AB	17.6916	1	17.6916	0.39	0.5382
BB	0.345777	1	0.345777	0.01	0.9311
bloques	3.10821	2	1.5541	0.03	0.9663
Error total	995.525	22	45.2511		
Total (corr.)	2392.68	29			

En las Figuras 13 y 14 se muestran los efectos del factor tiempo (T) y presión de vacío (P) en la fracción volumétrica y másica. El eje X muestra el efecto normalizado de los factores y refleja la importancia de cada uno de ellos sobre el modelo de predicción de la respuesta. La línea vertical en la Figura representa el límite que establece la significancia estadística ($P \leq 0,05$) para cada factor. El tiempo de restauración de la presión atmosférica y los efectos cuadráticos tuvieron efecto despreciable para ambas pruebas.

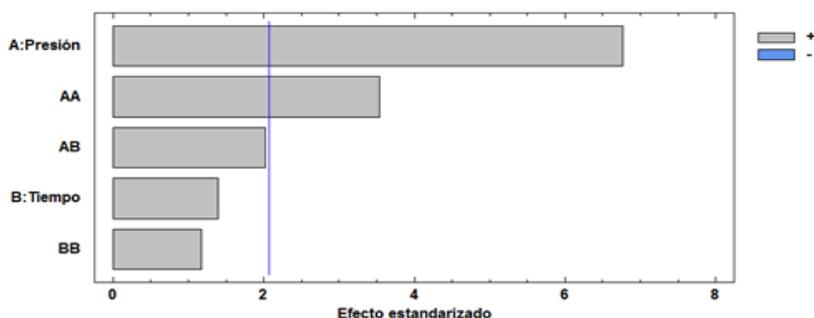


Figura 13: Diagrama de barra estandarizado para Fracción volumétrica (X)

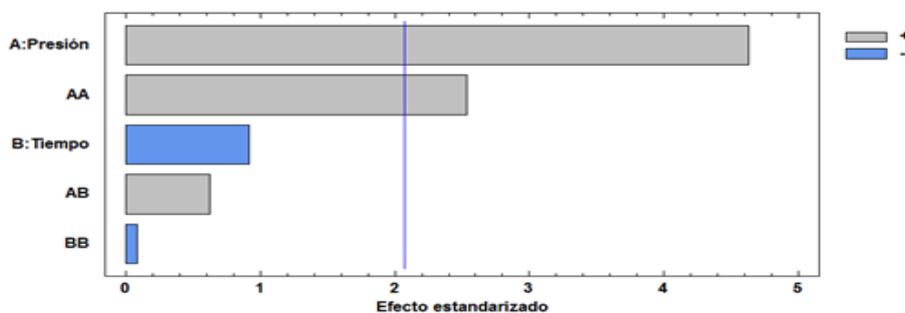


Figura 14: Diagrama de barra estandarizado para Fracción másica (X mhd)

En ambas Figuras dos de los factores o sus combinaciones (AA) fueron significativamente diferentes de cero. En cuanto al efecto que posee la aplicación de altas presiones de vacío por prolongados tiempos de procesamiento, se observan un efecto directo, es decir, se produjo un aumento de la fracción volumétrica (X) y la fracción másica (Xmhd) a medida que aumento la magnitud de este factor. Los factores combinados AA muestran un efecto de curvatura en el modelo, lo cual significa que la variable puede aumentar bajo unas condiciones, pero puede disminuir en un rango determinado.

La Figura 15 muestra los efectos de cada variable independiente sobre la fracción volumétrica (X) y la Figura 16 sobre la fracción másica (X mhd). En ellas se puede observar la tendencia de la ganancia de solutos del fruto en función del tiempo y la presión de vacío.

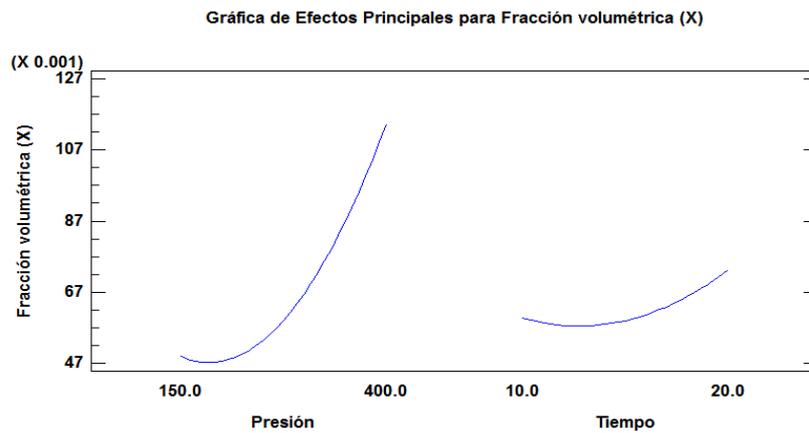


Figura 15: Diagrama de efectos principales para Fracción volumétrica

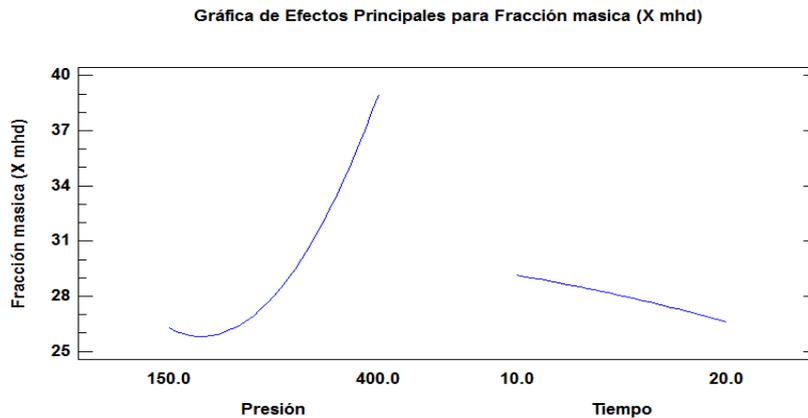


Figura 16: Diagrama de efectos principales para Fracción másica

Entre las variables externas, la presión de vacío puede ser considerada como la más importante, ya que representa la fuerza que produce la gradiente de presión entre la fase de vacío de alimentos y la atmósfera que rodea el líquido externo. El nivel de vacío es generalmente relacionado a un aumento de nivel de impregnación (X) como consecuencia de una mayor liberación de líquidos nativos y gases, junto con un mayor HDM y DRP. Mujica et al. (2003a) estudiaron el efecto de la presión de vacío entre 135 a 674 mbar en el volumen de poros impregnados de una solución isotónica de varias frutas. Para un grupo de estas frutas se observaron una mayor impregnación en línea con un aumento de la presión de vacío, para otro los valores de X aumentaron con el aumento del nivel de vacío hasta un máximo después de que la impregnación se redujo ligeramente.

En la Figura 17 se muestra la superficie de respuesta estimada para el efecto de estas variables de proceso relevante de la fracción volumétrica (X) y en la Figura 18 se muestra el gráfico de contorno de Superficie de respuesta para la Fracción Volumétrica en función del tiempo y Presión. La Figura 19 muestra la superficie de respuesta estimada para el efecto de estas variables de proceso relevante de la para la fracción másica (X mhd) y en la Figura 20 se muestra el gráfico de contorno de Superficie de respuesta para la Fracción masica en función del tiempo y Presión.

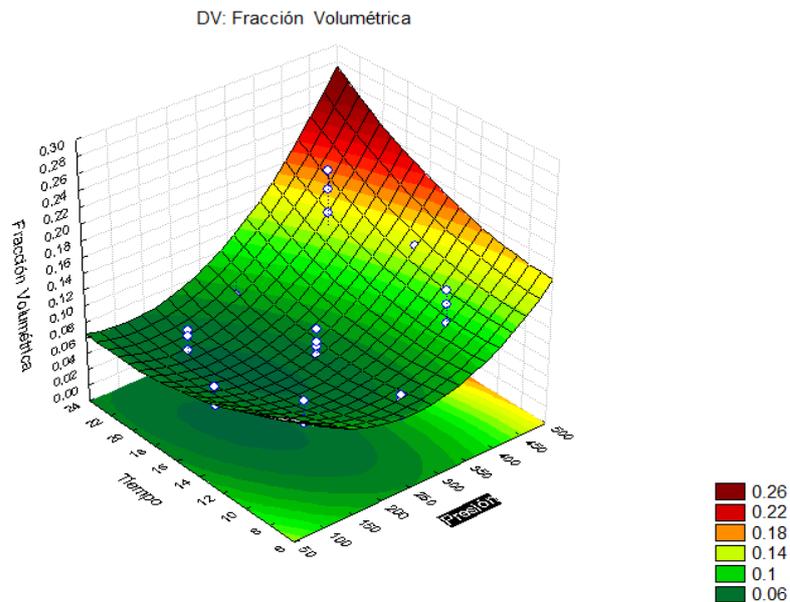


Figura 17: Superficie de respuesta para la Fracción Volumétrica en función del tiempo y Presión

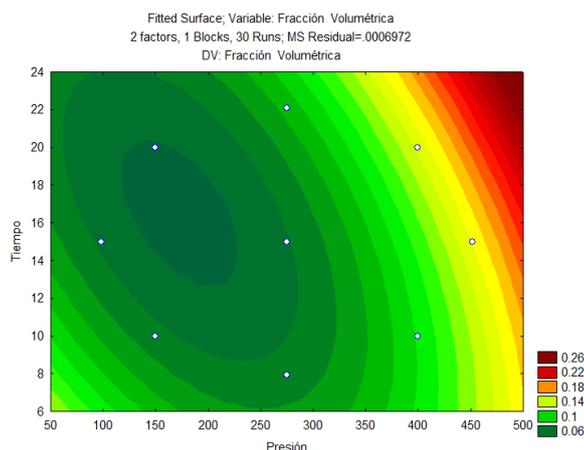


Figura 18: Gráfico de contorno de Superficie de respuesta para la Fracción Volumétrica en función del tiempo y Presión

La ecuación que describe la superficie de respuesta estimada para la fracción volumétrica con las variables de proceso relevantes, graficado en la Figura 17, se muestra en la siguiente ecuación.

$$\text{Fracción volumétrica (X)} = 0.235726 - 0.000869622 * \text{Presión} - 0.0137901 * \text{Tiempo} + 0.0000014521 * \text{Presión}^2 + 0.000022208 * \text{Presión} * \text{Tiempo} + 0.000301294 * \text{Tiempo}^2$$

Estos resultados corroboran la premisa de que la presión vacuométrica es la fuerza motriz del proceso de impregnación a vacío, puesto que fue el efecto más relevante. Al optimizar el proceso La mayor Fracción volumétrica que se obtiene es de 0.203075 y esto se obtiene cuando se utiliza una presión de 451.777 mbar y un tiempo de 22.0711 minutos tal como se muestra en el Cuadro 17.

Cuadro 17: Optimización de Respuesta, con meta de maximizar Fracción volumétrica (X)

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Presión	98.2233	451.777	451.777
Tiempo	7.92893	22.0711	22.0711

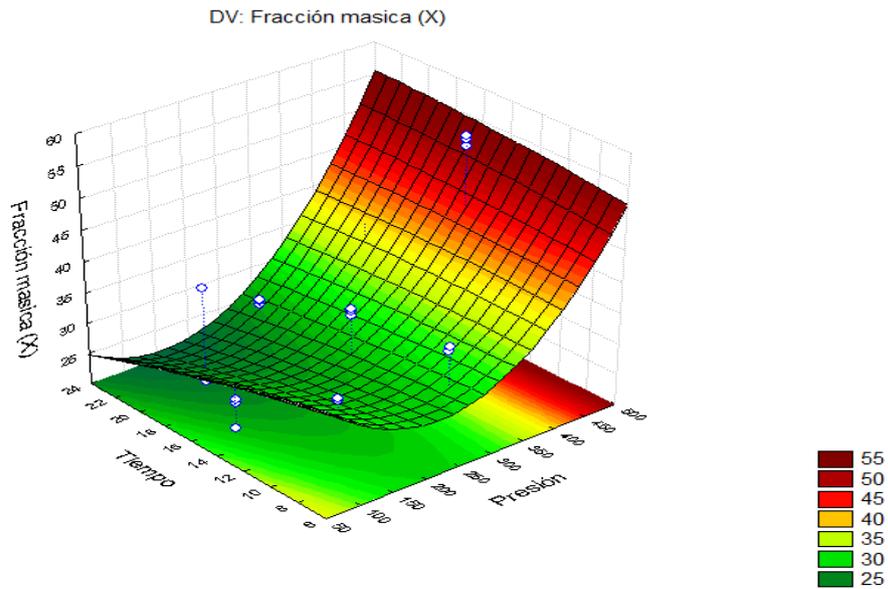


Figura 19: Superficie de respuesta para la Fracción Másica en función del tiempo y Presión

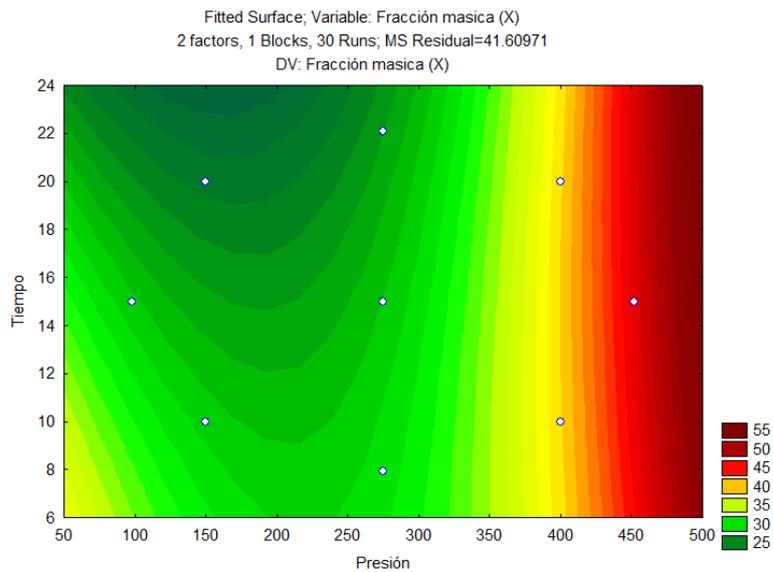


Figura 20: Gráfico de contorno de Superficie de respuesta para la Fracción másica en función del tiempo y Presión

La ecuación que describe la superficie de respuesta estimada para la fracción volumétrica con las variables de proceso relevantes, indicado en la Figura 19, se muestra en la siguiente ecuación.

$$\text{Fracción masica (X mhd)} = 46.7017 - 0.140438 \cdot \text{Presión} - 0.596479 \cdot \text{Tiempo} + 0.000294853 \cdot \text{Presión}^2 + 0.00194273 \cdot \text{Presión} \cdot \text{Tiempo} - 0.00635141 \cdot \text{Tiempo}^2$$

Estos resultados corroboran la premisa de que la presión vacuométrica es la fuerza motriz del proceso de impregnación a vacío, puesto que fue el efecto más relevante. Al optimizar (maximizar) el proceso la mayor Fracción másica que se obtiene es de 46.5476 y esto se obtiene cuando se utiliza una presión de 451.777 mbar y un tiempo de 22.0711 minutos tal como se muestra en la Cuadro 18.

Cuadro 18: Optimización de Respuesta, con meta de maximizar Fracción volumétrica (X)

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Presión	98.2233	451.777	451.777
Tiempo	7.92893	22.0711	22.0711

Según Betoret et al. (2003) y Fito (1994) la cantidad de líquido ingresado dependerá de las características del alimento, de las propiedades de la disolución de impregnación y de la presión de trabajo. Asimismo, 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.

Torreggiani (1995) estudiaron el aspecto visual de las muestras de queso Mina presentados para aspirar impregnación en diferentes condiciones operativas. Los autores informaron un mayor nivel de impregnación cuando se aplicó una presión de 85,3 kPa en comparación con los experimentos llevados a cabo a 80 kPa. De acuerdo con los principios teóricos este resultado se asumió como consecuencia de una mayor eliminación de aire de los poros de las muestras de queso.

El período de vacío y tiempos de relajación representan dos variables importantes que afectan los resultados de la aplicación de IV. Cuando se aplica un periodo de vacío corto, la eliminación de gases de los poros no se completa, así, sus residuos podrían haber impedido la penetración solución. Cuando el período de vacío aumenta se da la eliminación completa de los gases. Es posible observar un aumento de ganancia de sólidos hasta un tiempo de relajación de 30 minutos después de que los valores de sólidos ganados son aproximadamente constantes (Mujica et al. 2002). Estos autores plantearon la hipótesis de que 30 minutos es el tiempo necesario para alcanzar la situación de equilibrio después de lo cual no se observan diferencias en la ganancia de sólidos.

Fito et al. (1994) señalan que para algunos alimentos las altas presiones ejercen un efecto de deformación de las células parenquimáticas de determinados frutos, evitando el intercambio de fluidos entre el fruto y el medio. El efecto que tienen las altas presiones de vacío sobre la deformación de las células del parénquima conjuntamente con las diferencias de tamaño entre las moléculas de soluto y del agua, dificultan la difusión del soluto a través de la membrana celular (Torreggiani 1995, Fito et al. 1994).

Tal es el caso mencionado por Mujica et al. (2002) donde el plátano, mamey, mango mostraron un incremento lineal de los valores de X hasta ciertos límites (aproximadamente 400 mbar), después de lo cual el nivel de impregnación disminuyó.

4.7 EFECTO DEL PROCESO SOBRE LA LUMINANCIA (L)

El color es una característica de gran importancia en la valoración física y de la calidad de los alimentos. El cual puede afectar en forma negativa a la presentación de los productos. El Cuadro 19 muestra el ANVA para “L” (luminosidad blanco – negro).

Cuadro 19: Análisis de Varianza para L

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Presión	11.9522	1	11.9522	406.34	0.0000
B:Tiempo	0.000643449	1	0.000643449	0.02	0.8838
AA	0.619286	1	0.619286	21.05	0.0001
AB	0.0675	1	0.0675	2.29	0.1440
BB	0.0192852	1	0.0192852	0.66	0.4268
bloques	0.0	2	0.0	0.00	1.0000
Error total	0.647123	22	0.0294147		
Total (corr.)	13.335	29			

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de L en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su

cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 3 efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%. Tomando el efecto más importante que es la presión tal como se muestra en la Figura 21 y 22.

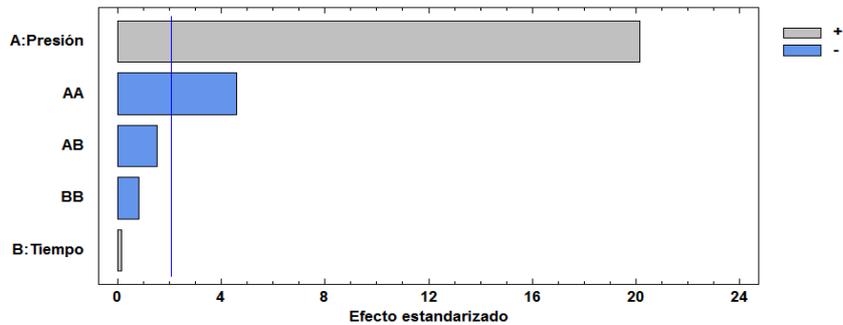


Figura 21: Diagrama de barra Estandarizada para L*

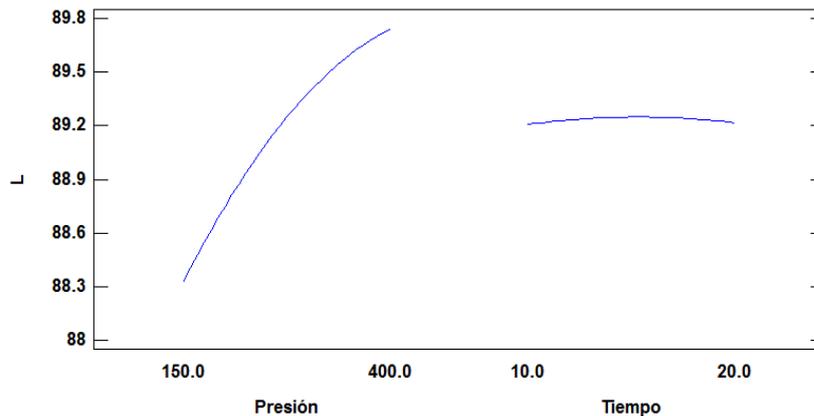


Figura 22: Grafica de Efectos Principales para L

La evaluación objetiva del color se realizó en base al cambio sobre la luminancia (L) observándose que el mayor valor obtenido luego del proceso de impregnación es de (89.89) logrado con una presión de 98.22 mbar por un tiempo de 7.93 minutos.

Según Fito et al. (2001b) el cambio en color se debe a que el intercambio gas - líquido en el proceso de impregnación, homogeneiza el índice de refracción de la muestra lo que incrementa la transparencia del producto.

Se puede observar en el yacón que la luminancia va subiendo conforme aumenta la presión es decir tiende a incrementar la transparencia. Esto puede deberse también a la utilización del aloe vera que por su composición química y la cantidad de compuestos

fenólicos que inactivan la polifenol oxidasa responsable del pardeamiento enzimático en muchas frutas. En la Figura 23 se presenta la Superficie de respuesta para la L* función del tiempo y Presión.

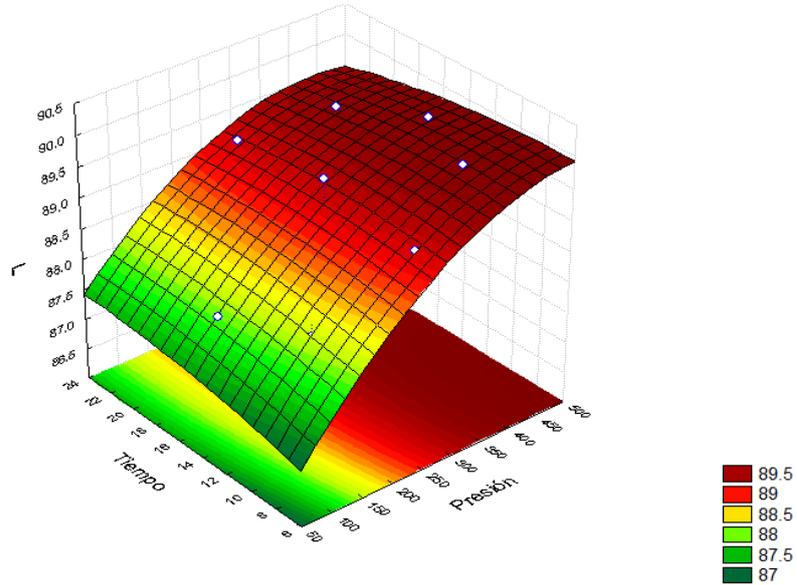


Figura 23: Superficie de respuesta para la L función del tiempo y Presión

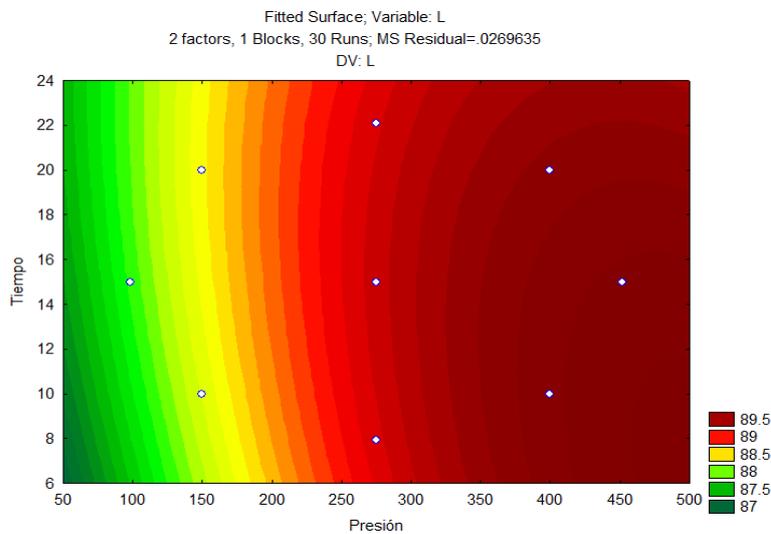


Figura 24: Gráfico de contorno de Superficie de respuesta para la L* en función del tiempo y Presión

La ecuación que describe la superficie de respuesta estimada para L* con las variables de proceso relevantes, graficado en la Figura 23 y 24, se muestra en la siguiente ecuación.

$$L = 85.8209 + 0.0149256*Presión + 0.0790348*Tiempo - 0.0000136*Presión^2 - 0.00012*Presión*Tiempo - 0.00149998*Tiempo^2$$

4.8 ANALISIS SENSORIAL

El resumen estadístico de los resultados del análisis sensorial se muestra en el Cuadro 20; en el cual se analizó el color y sabor de la muestra en rodajas deshidratada de yacón impregnado con aloe vera.

Cuadro 20: Estadísticos descriptivos del análisis sensorial

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Color	100	0	100	2.040	12.0	7.929	2.049
Sabor	100	0	100	2.856	11.016	7.430	2.221

En los Cuadros 21 y 22 se presentan los resultados de un ANOVA para color y sabor respectivamente, llevados a cabo. Como se puede observar en los cuadros, la evaluación sensorial respecto al sabor resulto significativo. El resultado se debe a una ligera presencia de acidez en el yacón deshidratado impregnado, dado a que la solución de aloe vera presentó una pH de 3.77; lo cual hace que se diferencie de una muestra de yacón deshidratada sin impregnar; añadiendo que la muestra impregnada no resulto desagradable para el evaluador manifestándolo en los comentarios de la ficha de evaluación sensorial utilizada.

Respecto al color, la evaluación sensorial mostro una no significancia; el color es uno de los parámetros de calidad más importante en productos deshidratados. Los cambios en el color se deben a la concentración de pigmentos o degradación de los mismos. Por medio de la remoción de aire de los poros de frutas y la introducción de solutos específicos, la impregnación a vacío puede ayudar a prevenir el pardeamiento (Jeon y Zhao 2005).

Cuadro 21: ANOVA con Color como variable dependiente para evaluar los efectos

Fuente	Tipo	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	E(Cuadrados medios)	F	Pr > F
Productos	Fijo	9	23.763	2.640	$\sigma^2 + 1 * \sigma^2(\text{Productos} * \text{Jueces}) + 10 * Q(\text{Productos})$	1.707	0.101
Jueces	Aleatorio	9	266.663	29.629	$\sigma^2 + 1 * \sigma^2(\text{Productos} * \text{Jueces}) + 10 * \sigma^2(\text{Jueces})$	19.159	< 0.0001
Productos*Jueces	Aleatorio	81	125.268	1.547	$\sigma^2 + 1 * \sigma^2(\text{Productos} * \text{Jueces})$	0.000	
Error		0	0.000		σ^2		

Modelos mixtos - Análisis Suma de Cuadrados Tipo III

Cuadro 22: ANOVA con Sabor como variable dependiente para evaluar los efectos

Fuente	Tipo	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	E(Cuadrados medios)	F	Pr > F
Productos	Fijo	9	25.380	2.820	$\sigma^2 + 1 * \sigma^2(\text{Productos} * \text{Jueces}) + 10 * Q(\text{Productos})$	2.045	0.045
Jueces	Aleatorio	9	351.125	39.014	$\sigma^2 + 1 * \sigma^2(\text{Productos} * \text{Jueces}) + 10 * \sigma^2(\text{Jueces})$	28.289	< 0.0001
Productos*Jueces	Aleatorio	81	111.707	1.379	$\sigma^2 + 1 * \sigma^2(\text{Productos} * \text{Jueces})$	0.000	
Error		0	0.000		σ^2		

Modelos mixtos - Análisis Suma de Cuadrados Tipo III

En el Cuadro 23 se muestra el resumen que permite la comparación de los valores de p de los efectos producto de los diferentes descriptores (color y sabor). Los análisis que siguen sólo se llevarán a cabo para el descriptor que permiten discriminar los productos, es decir, para todos los descriptores para los que el valor de p es menor a 0.05 (Montgomery 2002). En este caso particular, hay un efecto de producto que se eliminara y corresponde al color, el cual podemos afirmar que no se encuentra diferencias en los evaluadores.

Cuadro 23: ANOVA Resumen

Descriptores	F	Pr > F
Color	1.707	0.101
Sabor	2.045	0.045
Los valores en negrita corresponden a los descriptores eliminados		

Siendo el sabor el único significativo, se muestran en la Figura 25 el diagrama de caja y bigote a los valores de los evaluadores donde podemos ver que los evaluadores de A al F, tienen una media similar, también podemos ver que los evaluadores de G al J difieren del primer grupo de evaluadores. Estas gráficas individuales no dicen nada sobre el consenso entre los evaluadores, esto porque el producto correspondiente al mínimo de un evaluador (valores mínimo y máximo se muestran con puntos azules en los diagramas de caja) podrían corresponder a la máxima del otro evaluador.

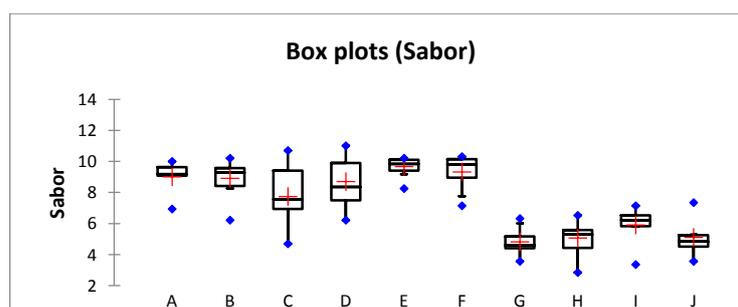


Figura 25: Diagrama de caja y bigote para el sabor

El Cuadro 24 muestra los datos para el sabor y sus promedios por cada prueba y el Cuadro 25 muestra las distancias para cada producto y el mínimo y máximo calculado en todos los evaluadores, esto permite la identificación de los valores que están cerca o lejos del consenso, para la realización de los cuadros y figuras del análisis sensorial se utilizó el software de análisis estadístico XLSTAT.

Cuadro 24: Medias para cada juez y cada producto/descriptor

Evaluador / Muestra Descriptor	PI-1 Sabor	PI-10 Sabor	PI-2 Sabor	PI-3 Sabor	PI-4 Sabor	PI-5 Sabor	PI-6 Sabor	PI-7 Sabor	PI-8 Sabor	PI-9 Sabor
A	9.1	9.2	9.9	10.0	9.5	9.2	6.9	9.1	9.7	7.5
B	10.2	9.6	9.5	9.2	6.2	9.4	8.3	8.4	8.6	9.9
C	10.1	7.5	7.5	10.7	10.0	5.3	6.9	7.7	6.9	4.7
D	10.7	8.2	9.9	11.0	9.9	6.2	7.3	8.6	8.0	7.3
E	9.3	10.2	8.3	9.8	9.8	10.2	9.9	9.2	10.1	10.1
F	7.1	10.2	7.8	8.9	9.2	9.7	10.0	10.2	9.9	10.3
G	4.4	6.3	4.7	5.2	3.9	3.6	4.5	5.1	6.0	4.5
H	5.3	3.8	6.4	6.5	5.6	2.9	5.5	5.3	5.2	4.2
I	6.2	5.8	6.5	6.5	4.8	5.9	7.1	6.2	6.6	3.4
J	7.3	5.0	7.1	5.1	4.7	4.6	3.6	5.3	4.0	4.5
Media	7.98	7.58	7.76	8.29	7.35	6.69	7.01	7.50	7.50	6.64

Cuadro 25: Distancia al consenso calculado sobre todos los descriptores

Evaludador\Muestra	PI-1	PI-10	PI-2	PI-3	PI-4	PI-5	PI-6	PI-7	PI-8	PI-9
A	1.10	1.60	2.13	1.70	2.13	2.49	0.07	1.58	2.19	0.91
B	2.22	2.01	1.72	0.89	1.13	2.69	1.25	0.87	1.07	3.25
C	2.12	0.03	0.21	2.42	2.64	1.39	0.07	0.15	0.56	1.95
D	2.73	0.58	2.13	2.72	2.54	0.47	0.34	1.07	0.46	0.70
E	1.31	2.62	0.50	1.50	2.44	3.51	2.89	1.68	2.60	3.46
F	0.84	2.62	0.01	0.58	1.83	3.00	2.99	2.70	2.40	3.66
G	3.59	1.25	3.07	3.09	3.48	3.12	2.52	2.40	1.48	2.15
H	2.67	3.80	1.34	1.76	1.74	3.84	1.50	2.19	2.30	2.46
I	1.75	1.76	1.23	1.76	2.56	0.78	0.13	1.28	0.87	3.27
J	0.63	2.58	0.62	3.19	2.66	2.10	3.44	2.19	3.52	2.15
Min	0.63	0.03	0.01	0.58	1.13	0.47	0.07	0.15	0.46	0.70
Max	3.59	3.80	3.07	3.19	3.48	3.84	3.44	2.70	3.52	3.66

En las Figuras 26 a 35 se muestra el consenso entre evaluadores.

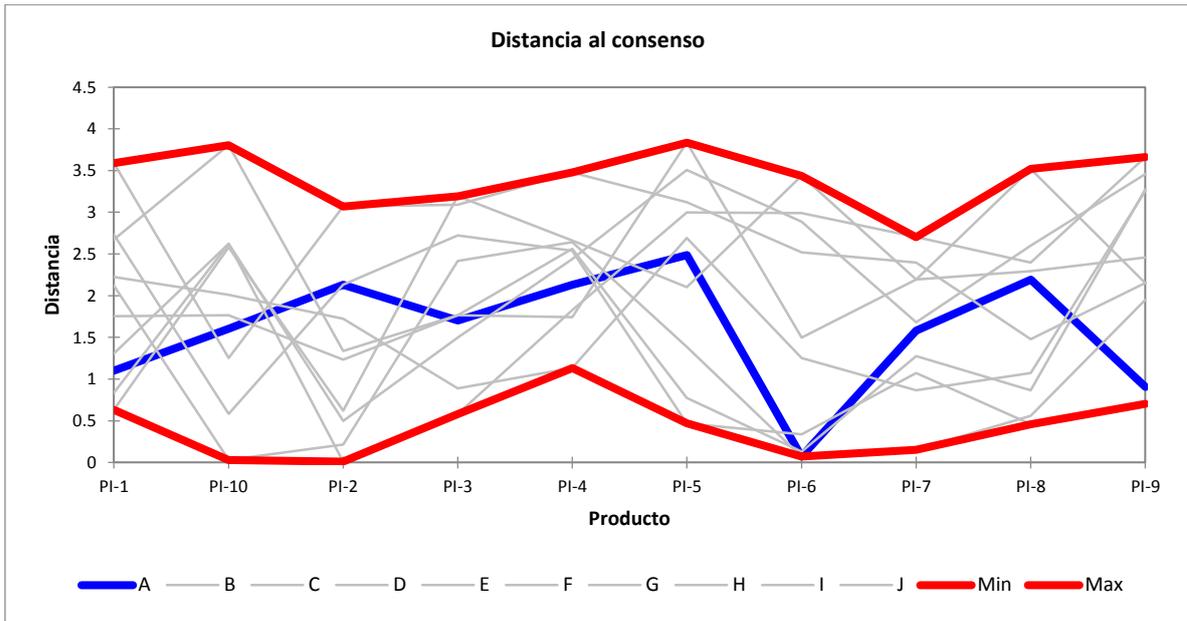


Figura 26: Diagrama de distancia al consenso del evaluador A

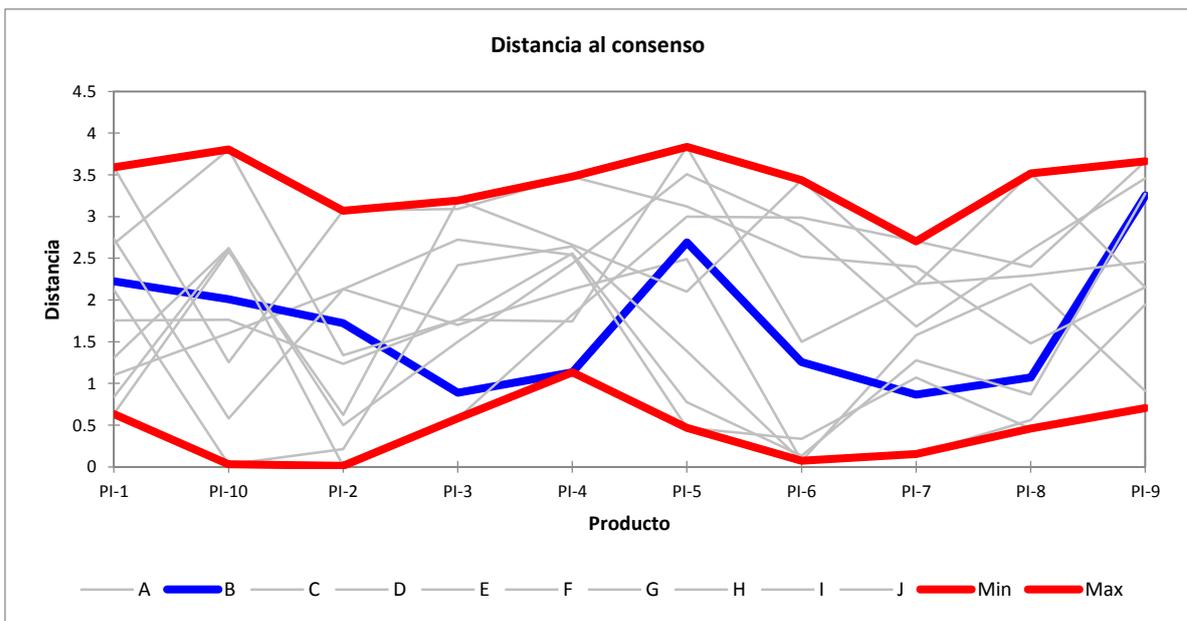


Figura 27: Diagrama de distancia al consenso del evaluador B

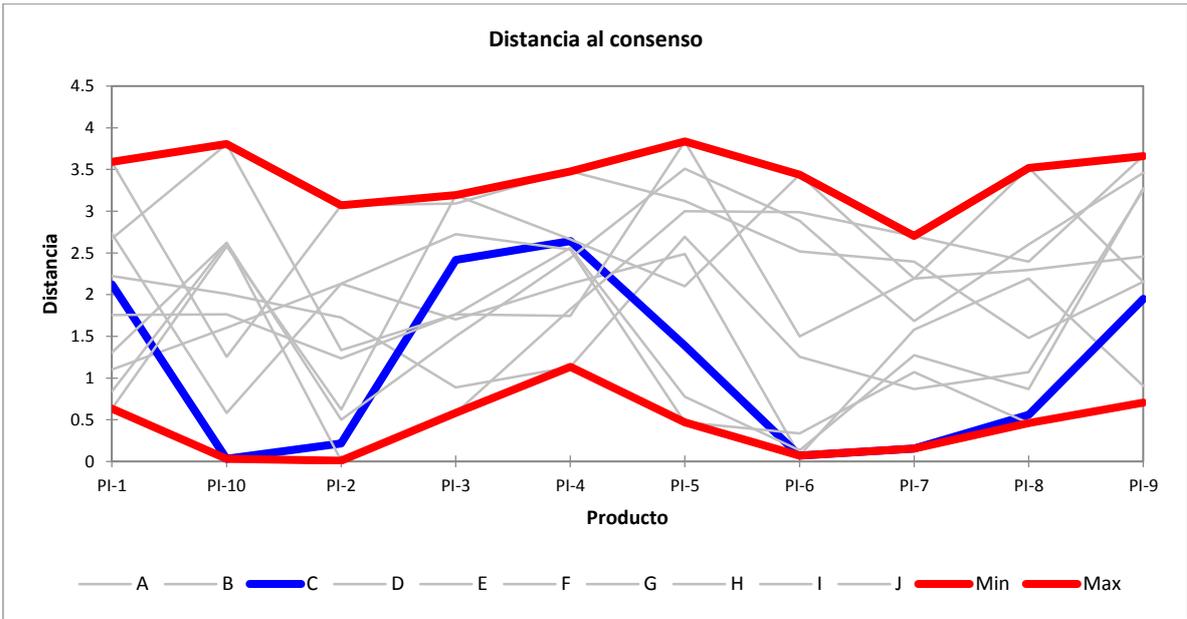


Figura 28: Diagrama de distancia al consenso del evaluador C

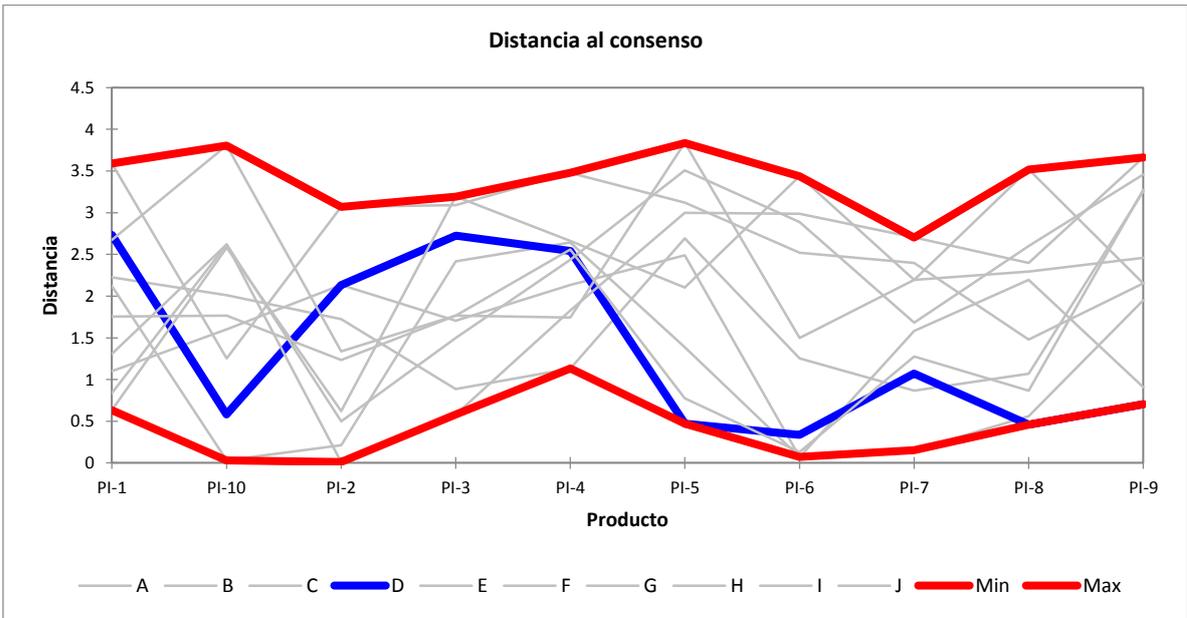


Figura 29: Diagrama de distancia al consenso del evaluador D

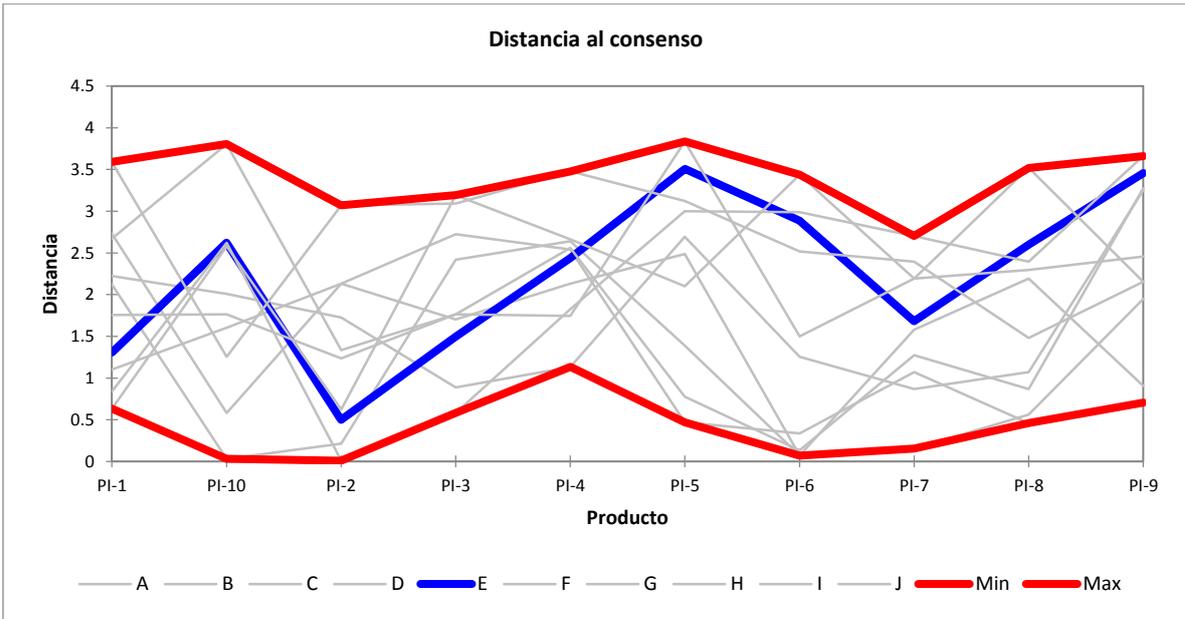


Figura 30: Diagrama de distancia al consenso del evaluador E

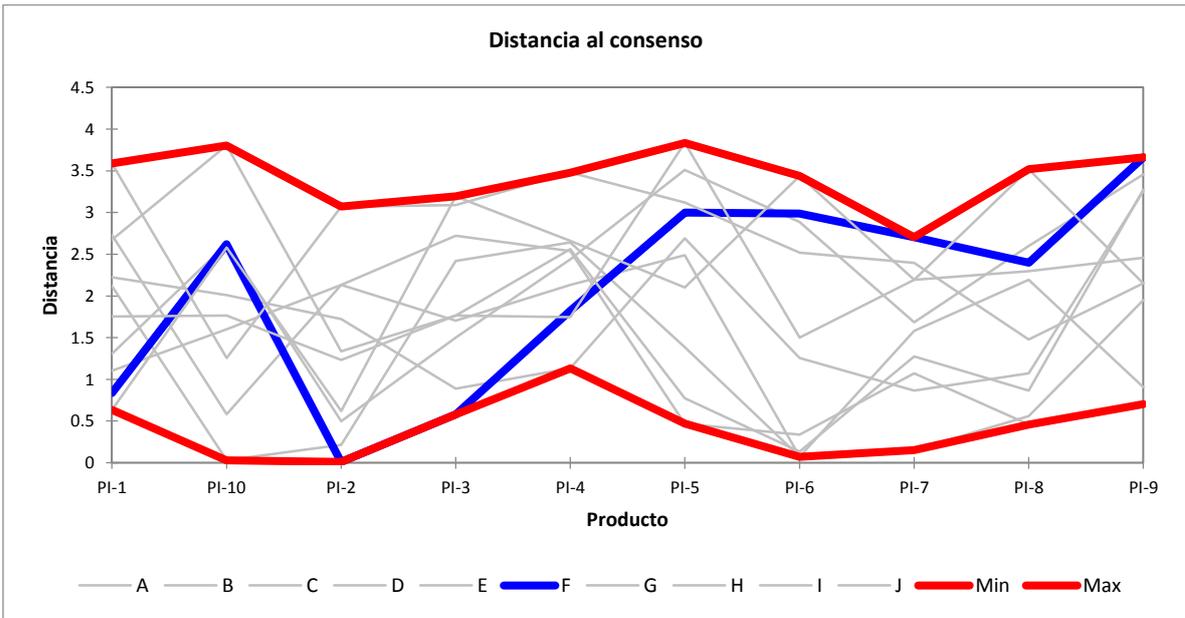


Figura 31: Diagrama de distancia al consenso del evaluador F

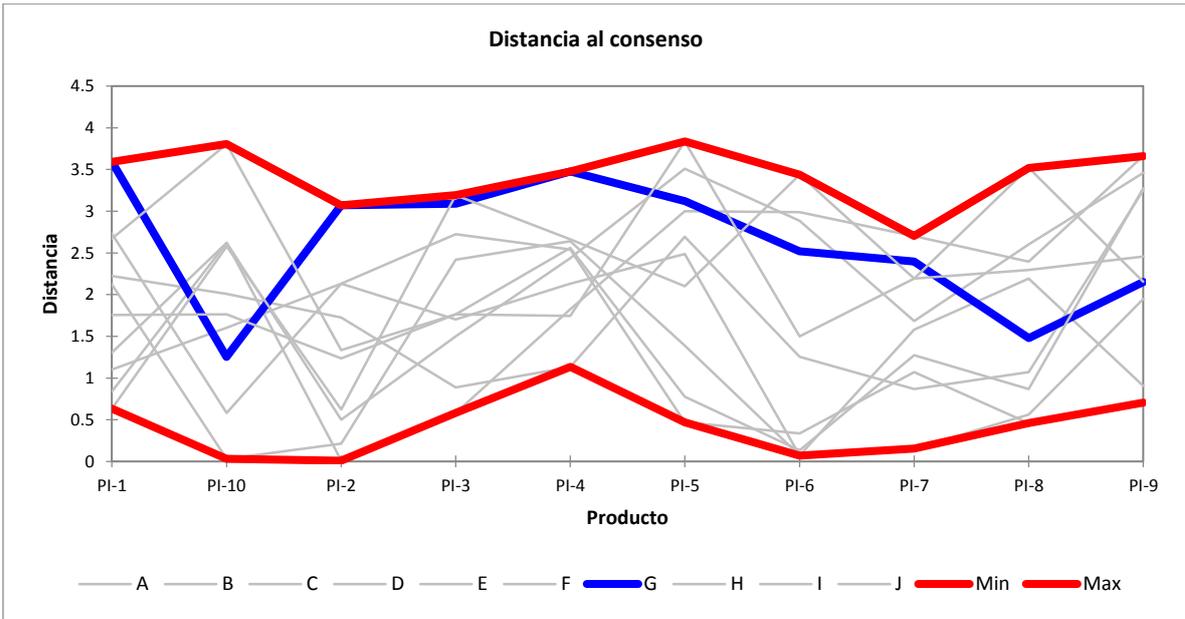


Figura 32: Diagrama de distancia al consenso del evaluador G

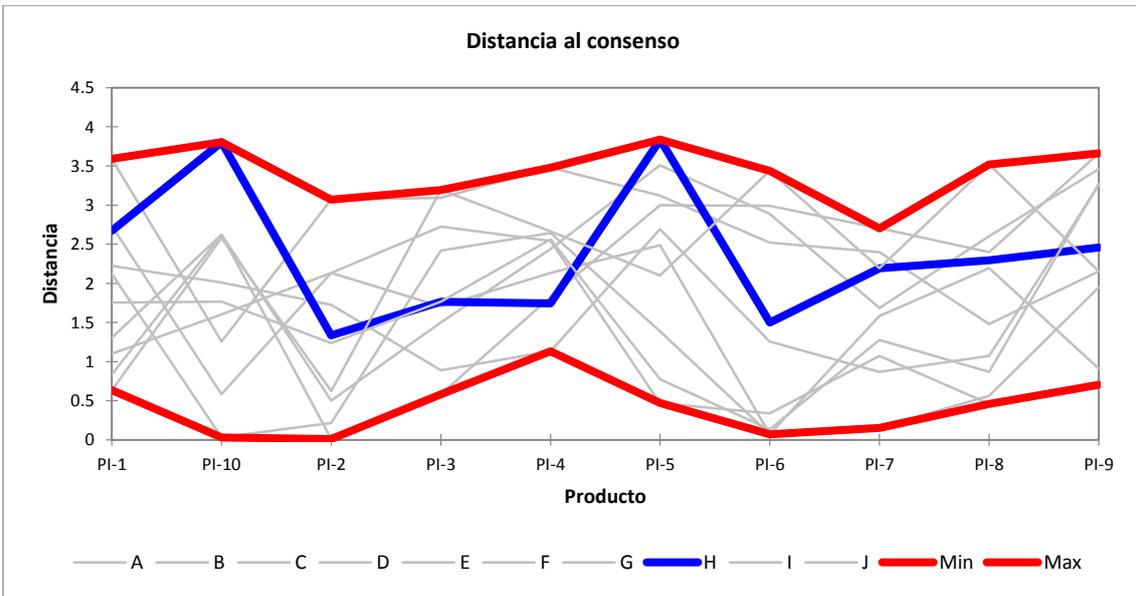


Figura 33: Diagrama de distancia al consenso del evaluador H

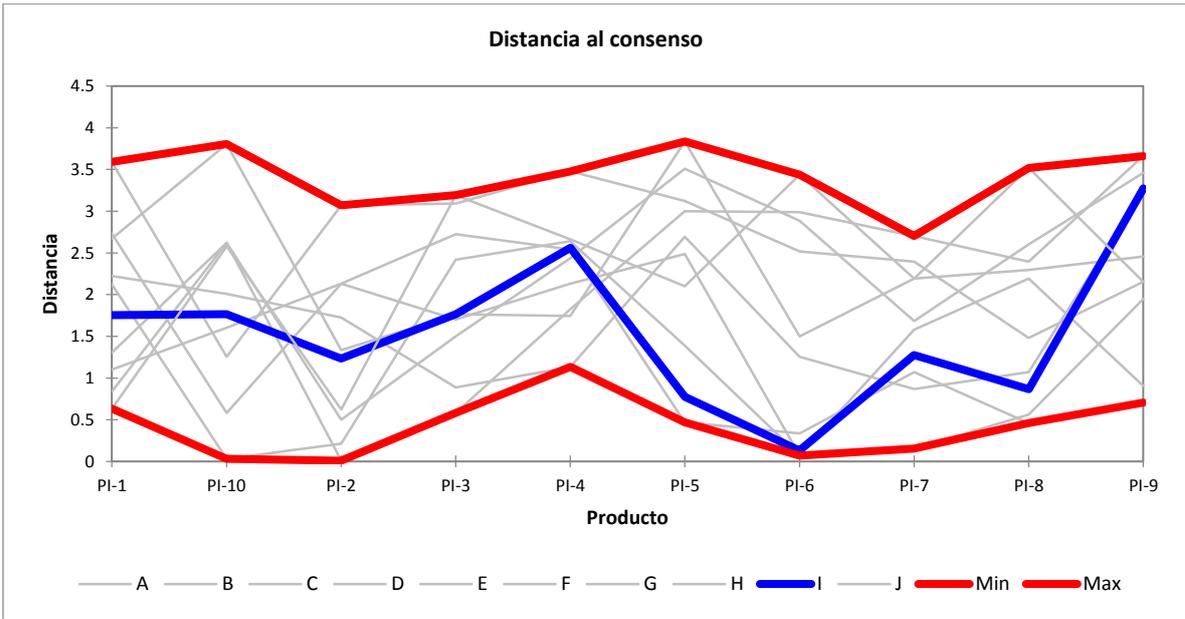


Figura 34: Diagrama de distancia al consenso del evaluador I

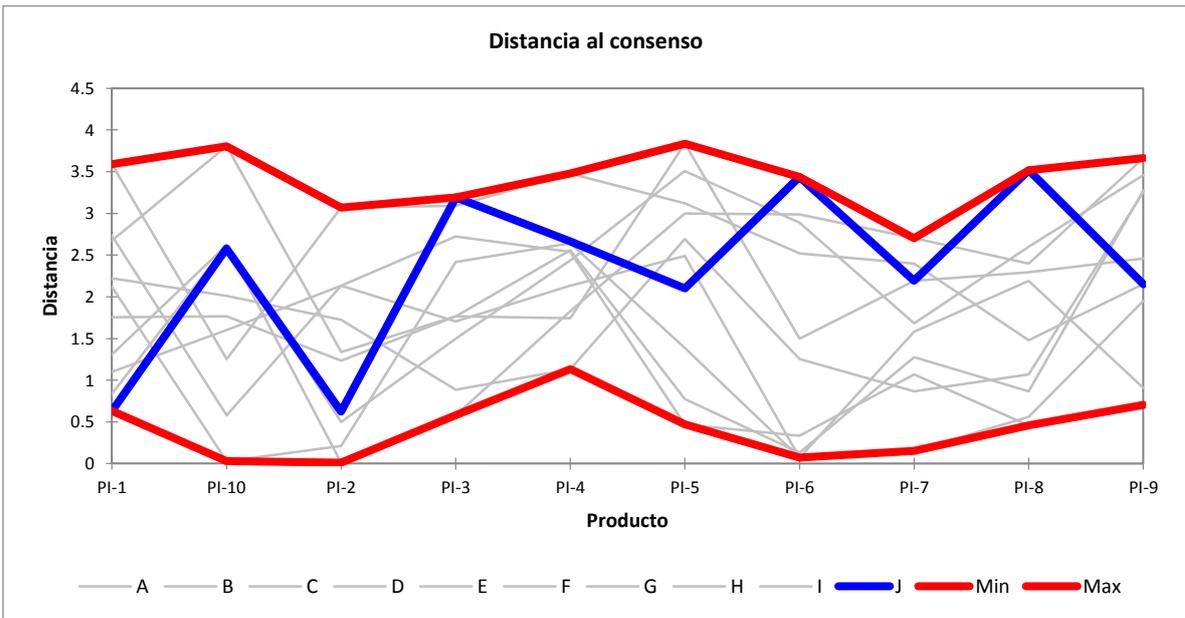


Figura 35: Diagrama de distancia al consenso del evaluador J

4.8.1. Intensidad de acidez percibida por los evaluadores

En el Cuadro 26 se muestra los promedios de las puntuaciones obtenidas de los evaluadores en el análisis sensorial, tales promedios se calcularon en base al Anexo 12 y ordenados de menor a mayor, como el sabor fue el que resulto significativo, se realizó el cuadro para verificar en que tratamiento el evaluador percibe menor acidez.

Cuadro 26: Orden de intensidad de acidez percibida según los diferentes tratamientos

PRESION (mbar)	TIEMPO (min)	N° muestra Evaluada	Promedio de puntuaciones de los evaluadores
275.0	22.1	9	6.6
400.0	20.0	5	6.7
98.2	15.0	6	7.0
150.0	20.0	4	7.4
275.0	7.9	8	7.5
451.8	15.0	7	7.5
275.0	15.0	10	7.6
150.0	10.0	2	7.8
275.0	15.0	1	8.0
400.0	10.0	3	8.3

Según el Cuadro 26, el tratamiento con menor intensidad de acidez percibida por los evaluadores fue utilizando una presión de 275 mbar y 22.1 minutos, obteniéndose un puntaje de 6.6 según la escala adimensionada normalizada de 12 cm utilizada y mostrada en el Anexo 11. Según los comentarios dejados en la ficha utilizada en la evaluación sensorial, los evaluadores mencionaron que la mayor acidez percibida en todas las muestras no es rechazable, ya que al combinar el dulzor propio del yacon con una ligera acidez del aloe vera resulta agradable.

4.9 CARACTERIZACION DEL PRODUCTO FINAL

En el Cuadro 27 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico del yacón impregnado con aloe vera después de ser deshidratado, la muestra analizada fue la que resultó significativa en los ensayos de impregnación en cuanto a la fracción volumétrica y másica es decir las muestra trabajada con una presión de 451.8 mbar y un tiempo de 22 min.

Cuadro 27: Análisis fisicoquímico del yacón impregnado con aloe vera

Componentes	Valor porcentual
Humedad	16.39
Materia seca	83.61
Ceniza	2.07
Proteína	2.01
Fibra bruta	2.68
Grasa	0.13
ELN (Carbohidratos)	76.72
pH	5.50
Acidez (exp. Ac. cítrico)	0.45
Sólidos solubles (°Brix)	13.8

(*) Resultado promedio de tres repeticiones

Según los datos obtenidos, se puede observar una baja humedad (16.39%), confiriéndole cierta estabilidad al producto, cuando las hojuelas salen de secador, tuvieron una textura semi crocante, lo cual se podría perder rápidamente, si no se empacan de inmediato. En cuanto al análisis proximal se obtuvo 83.61% de materia seca; ceniza 2.07 %; proteína 2.01%, fibra bruta 2.68%, grasa 0.13%, carbohidratos, 76.72%. Resaltando en mayor cantidad los carbohidratos que caracterizan al yacón. Del total de carbohidratos el 50 al 70% son Fructoligosacáridos (FOS), el resto de los carbohidratos lo conforman la sacarosa, fructuosa, y glucosa (Ohyama et al. 1990, Asami et al. 1999 citados por Seminario et al. 2003). La sustitución de los poros del yacón con solución de aloe vera (rico en hidratos de carbono) propios del gel del tejido parenquimático del aloe vera también contribuyen con el contenido de carbohidratos del producto final; presentándose en el aloe vera según según bibliografía monosacáridos y polisacáridos como el glucomanano. Se ha demostrado que los polisacáridos del aloe vera, contribuyen a la actividad farmacológica en la estimulación de la proliferación celular y en actividades biológicas como anti inflamatorias, antivirales, inmunomoduladoras, anti ulcerativas, desinfectante, cicatrizante y como antioxidante (Yimei et al. 2008).

V. CONCLUSIONES

- Se obtuvo una fracción volumétrica promedio de 0.0721 m³ solución/m³ fruta fresca y una porosidad efectiva de 18.97%; la cuantificación de la cantidad de aloe incorporado vario entre 22.5086 y 54.6339 mg/100g de muestra.
- La metodología de superficie de respuesta (o RSM, de Response Surface Methodology) permitió la optimización de la fracción másica y fracción volumétrica a una presión de 451.777 mbar y un tiempo de 22.0711 minutos.
- La evaluación sensorial de los 10 panelistas semientrenados mostró que el p- value para el color fue 0.101 y para el sabor fue 0.045, lo cual muestra que no encuentran diferencia significativa para el color ($p > 0.05$) siendo el sabor significativo para este análisis ($p < 0.05$).

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para futuras investigaciones trabajar con diferentes formas geométricas como cilindros, cubos, aros, para evaluar si influye en la cantidad de CFA impregnado.
- Realizar la medición de la deformación volumétrica para saber si este parámetro es importante en la deformación de la muestra.
- Realizar investigaciones respecto a la cantidad presente de FOS al inicio y fin del proceso de impregnación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrés, A; Fito, P. 1992. The hydrodynamic penetration mechanism in some fruits. In ISOPOW-V. Valencia (España).
- Anzaldúa, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Acibia, Zaragoza. Ballús C: Psicobiología. Herder, Barcelona.
- AOAC, 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International Agricultural Chemists. 16va. Edition. Vol: 1-2.
- Asai, K.1980. Miracle cure organic germanium, Japan publications Inc. 42(7), 1289–1295.
- Asami, T; Minamisawa, K; Tsuchiya, T; Kano, K; Hori, I; Ohyama, T; Kubota, M; Tsukihashi, T. 1991. Fluctuation of oligofructan contents in tubers of yacon (*Polymnia sonchifolia*) during growth and storage. *Soil Science and Plant Nutrition* 62(6): 621-627.
- Barat, J; Fito, P; Chiralt, A. 2001. Modeling of simultaneous mass transfer and structural changes in fruit tissues. *Journal of Food Engineering*, Vol. 49, pp. 77-85.
- Barcroft, A; Myskja, A. 2003. Aloe vera: nature's silent healer, BAAM Publishing. 17-26.
- Betoret, N; Puentes, L; Díaz, MJ; Pagán, MJ; García, M; Grass, M. 2003. Development of probiotic-enriched dried fruits by vacuum impregnation. *J Food Eng.*; 56 (2-3): 273-277.
- Bolin, HR; Steele, RJ. 1987. Nonenzimatic browning in dried apples during storage. *Journal of Food Science*, 52 (6): 1654-1657.
- Bouchey, G; Gjerstad, G.1969. Chemical studies of aloe vera juice II: Inorganic ingredients. *Pharmaceutical Biotechnology*, 9, 1445-1453.
- Boudreau, M; Beland, F. 2006. An evaluation of the biological and toxicological properties of aloe barbadensis (Miller) Aloe vera. *Journal of Environmental Science and Health, Part C* 24, 103-154.
- Box, G; Draper, N. 1987. Empirical model building and response surfaces. John Wiley & Sons. Inc. New York-USA. 669 p.
- Bozzi, A; Perrin, C; Austin, S; Arce VF.2007. Quality and authenticity of commercial aloe vera gel powders. *Food Chemistry*, 103, 22-30.
- Carpenter, P; David, H; Hasdell, A. 2000. Análisis sensorial en el desarrollo y control de Calidad de Alimentos. Editorial Acibia – España.

- Carpetano, B; Gras, ML; Vidal, D. 2011. Elaboración De Productos Funcionales De Manzana (Var. Granny Smith) Enriquecida Con aloe Vera. Universidad Politécnica de Valencia.
- Castillo, S; Navarro, D; Zapata, PJ; Guillén, F; Valero, D. 2010. Antifungal efficacy of aloe vera in vitro and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. *Postharvest Biology and Technology*, 57, 183-188.
- Chávez, J. 2010. Ficha Técnica El cultivo del Yacón. Soluciones Prácticas. Tecnología Desafiando la Pobreza. [en línea]: <http://www.itdg.org.pe/fichastecnicas/pdf/FichaTecnica10El%20cultivo%20del%20Yacón.pdf> > [citado 27 de febrero]
- Chiralt, A; Fito, P; Andrés, A; Barat JM; Martínez-Monzó, J; Martínez- Navarrete N. 1999. Vacuum impregnation: a tool in minimally processing of foods. En: Oliveira FAR, Oliveira JC, editors. *Processing of foods: Quality optimization and process assesment*. Boca Ratón: CRC Press; p. 341-356.
- Chiralt, A; Fito, P. 2003. Transport mechanisms in osmotic dehydration: the role of the structure. *Food Science Technology International*, 9 (3), 179-186
- Chirinos, R. 1999. Obtención y caracterización de los oligofruktanos a partir de la raíz del yacón (*smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.). Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Lima-Peru.
- Choi, S; Chung, M. 2003. A review on the relationship between Aloe vera components and their biologic e_ects. *Seminars in Integrative Medicine* 1, 53-62.
- Collazos, C; White, P; White, H; Viñas, E; Alvistur, E; Urquieta, R; Vásquez, J; Diaz, C; Quiroz, A; Roca, A; Hegsted, M; Bradfield, R; Herrera, N; Faching, A; Robles, N; Hernández, E; Arias, M. 1993. La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Nutrición, Lima, Perú, 63 p.
- Cortés, M. 2014. Aplicación De La Ingeniería De Matrices En El Desarrollo De Alimentos Funcionales De Origen Vegetal. Grupo de Investigación en Alimentos Funcionales (GAF). Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
- Cortés, M; Guardiola, F; Pacheco, R. 2007. Aplicación de la ingeniería de matrices en la Fortificación de mango (var. tommy atkins) con Calcio. *dyna*, ano 74, nro. 153, pp 19-26. Medellin.

- Corzo, O; Brancho, N; Rodriguez, J; Gonzales, M. 2007. Predicting the moisture and salt contents of sardine sheets during vacuum pulse osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, Vol. 80, pp. 781-780.
- Cross, H; Moen, R; Stanfield, M. 1978. Training and testing of judges for sensory analysis of meat quality. *Food Technology* 37: 48–54
- Derossi, A; De Pilli, T; La Penna, M.P; Severini, C. 2011. pH reduction and vegetable tissue structure changes of zucchini slices during pulsed vacuum acidification. *LWT-Food Science and Technology*, Vol. 44, pp. 1901-1907.
- Derossi, A; De Pilli, T; Severini, C. 2010. Reduction in the pH of vegetables by vacuum impregnation: A study on pepper. *Journal of Food Engineering*, Vol. 99, pp. 9-15.
- Derossi, T; De Pilli, T; Severini, C. 2012. The Application of Vacuum Impregnation Techniques in Food Industry, Scientific, Health and Social Aspects of the Food Industry. Editorial Universitaria de Buenos Aires. *Food Chemistry*, 118(3), 656–662.
- Douglas JA; Follet JM; Waller JE. 2005. Effect of propagule weight on production of yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*; 33: 143 – 148.
- Douglas, JA; Scheffer, JC; Sims, I. M; Triggs, C. M. 2002. Maximizing fructooligosachari de production in yacon. *Agronomy New Zealand* (32/33): 49-55.
- Eshun, K; He, Q. 2004. Aloe vera: a valuable ingredient for the food, pharmaceutical and cosmetic industries. *Critical Reviews Food Science and Nutrition*, 44, 91-96.
- Fellmann, P. 1985. Formación de un panel de degustación universal. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 100p.
- Femenia, A; Sánchez, E; Simal, S; Rosselló, C. 1999. Compositional features of polysaccharides from aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) plant tissues. *Carbohydrate Research*, 39, 109-117.
- Fito, P. 2003. Complejidad y funcionalidad de los sistemas de ingeniería de alimentos: La Ingeniería de matrices en el desarrollo de alimentos frescos funcionales. Departamento de Tecnología de alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. España
- Fito, P. 1994. Modelling of vacuum osmotic dehydration of foods. *Journal of Food Engineering*, 22, 313-318.
- Fito, P; Pastor, R. 1994. On some diffusional mechanism occurring Vacuum Osmotic Dehydration (VOD). *Journal of Food Engineering*, 21, 513-519.

- Fito, P; Chiralt, A; Barat, JM; Andres, A; Martinez-Monzo, J; Martinez-Navarrete, N. 2001b. Vacuum impregnation for development of new dehydrated products. *Journal of Food Engineering*, Vol. 49, pp. 297-302.
- Fito, P; Chiralt, A; Betoret, M; Gras, MC; Martinez-Monzo, J; Andres, A; Vidal, D. 2001a. Vacuum impregnation and osmotic dehydration in matrix engineering. Application in functional fresh food development. *Journal of Food Engineering*, Vol. 49, pp. 175-183.
- Fito, P; Andrés, A; Chiralt, A; Pardo, P. 1996. Coupling of Hydrodynamic Mechanism and Deformation Relaxation Phenomena during Vacuum Treatments in Solid Porous Food-Liquid Systems. *Journal of Food Engineering*, 27, 229-240.
- Fletcher, R. 1999. Yacón. *The Australian new crops newsletter* 12: sp.
- Flores, EH; Zuñiga, E; Benvides, G; Guerra, G; Gordillo. 2007. Estudio Experimental de la acción anti-hiperglucemiante del Magnesio y *Smallanthus sonchifolius* (yacón). X Jornadas de Investigación en Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas “Dr. José Amiel Pérez”, Fac. de Farmacia y Bioquímica – UNMSM. Lima.
- Franch, JA; Goday, M. 1999. Criterios y Pautas de terapia combinada en la diabetes tipo 2”. Documento de Consenso 2003. <http://www.sediabetes.org/gestor/upload/file/00003574archivo.pdf>. Acceso 13 de mayo 2009.
- Gavit, R. 2012. Synthesis of 4, 5-dihydroxy-9, 10-dioxoanthracene-2-benzyl carboxylate ester from rhein. En: *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. vol. 1, p. 11 - 14.
- Gilibert, E. 1992. Medida del color. Servicio de publicaciones. Universidad Politécnica de Valencia.
- Gilibert, A. 2002. Desarrollo de alimentos funcionales. Incorporación de calcio y zinc por procesos de impregnación a vacío de jarabes de sacarosa. Tesis de licenciatura. Universidad de la Américas – Puebla México.
- Giraldo, G. 2006. El Efecto Del Tratamiento De Impregnación A Vacío En La Respiración De Frutas (Manzana, Fresa, Melocotón Y Sandía) Mínimamente Procesadas. Universidad De Antioquia, Medellín - Colombia. Págs. 21-25
- Giraldo, G; Talens, P; Fito, P; Chiralt, A. 2003. Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. *Journal of Food Engineering*, Vol. 58, pp. 33-43.

- Glanz, KM; Basil, E; Maibach, J; Goldberg, D; Snyder, M. 1998. Why americans eat what they do: taste, nutrition cost, convenience and weight control concerns as influences on food consumption. *Journal of the American Dietetic Association* 98: 1118-1126.
- Grass, ML; Vidal, D; Betoret, N; Chiralt, A. y Fito, P. 2003. Calcium Fortification of vegetables by vacuum impregnation Interactions with cellular matrix. *Journal of Food Engineering*, 56, 279-284.
- Grau, C; Rea, J. 1998. Yacón, *Smallanthus sonchifolius* (poep & Endl.) H. Robinson.
- Grindlay, D; Reynolds, T. 1986. The Aloe vera phenomenon: A review of the properties and modern uses of the leaf parenchyma gel. *Journal of Ethnopharmacology* 16, 117-151.
- Guerrero, L; Núñez, M. 1991. El proceso de secado en los alimentos. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, diciembre, 111-115.
- Guevara, A. 2002. Elaboración de zumos, pulpas y néctares de frutas. Facultad de Industrias Alimentarias. U.N.A.L.M. Lima. Peru.
- Gutiérrez, V; Vaca, S. 2011. Evaluación Del Uso De Recubrimientos Lipídicos, Poliméricos Y Refrigeración Para Prolongar La Vida Útil Del Yacón (*Smallanthus Sonchifolius*) Universidad De La Salle. Facultad Ingeniería. Programa De Ingeniería De Alimentos. Bogotá.
- He, Q; Liu, C; Eshun, K; Zhang, T. 2005. Quality and safety assurance in the processing of Aloe vera gel juice. *Food Control* 16, 95-104.
- Hermann, M; Freire, I; Pazos, C. 1999. Compositional diversity of the yacon storage root. In: *Impact on a changing world: Program report 1997-98*. International Potato Center (CIP), Lima (Perú), p. 425-432. [http:// www.cipotato.org/market/PgmRprts/pr97-98/51yacon.pdf](http://www.cipotato.org/market/PgmRprts/pr97-98/51yacon.pdf)
- Hermann, M; Freire, I; Pazos C. 1999. Compositional diversity of the yacón storage root. In: *Impact on a changing world, Program Report 1997-1998*, The International Potato Center (CIP), Lima, Perú, p. 425-432.
- Herrera, G. 1992. Elaboración y almacenaje de pulpa y néctar de ciruela (*spondias purpura*). Tesis Industrias Alimentarias. Lima. Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Jaller, SJ; Parra, M. 2000. Comparación De La Transferencia De Materia En Los Procesos De Deshidratación Osmótica A Presión Atmosférica Y Con Impregnación De Vacío En La Piña Cayena Lisa (*Ananás Comosus L. Meer*) A Través De Un Modelo Matemático.

Universidad De La Sabana Facultad De Ingeniería De Producción Agroindustrial Campus Puente Del Común, Chía.

- Jeon, M; 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.
- Jia, Y; Zhao, G; Jia, J. 2008. Preliminary evaluation: The effects of aloe ferox Miller and aloe arborescens Miller on wound healing. *Journal of Ethnopharmacology* 120, 181-189.
- Kuehl, O. 2001. *Diseño de Experimentos*, 2a. Edición, Thomson Learning
- Lachman, J; Havrland, B; Fernández, EC; Dudjak, J. 2004. Saccharides of yacon (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson) tubers, rhizomes, and factors affecting their content. *Plant, Soil and Environment* 50(9): 383-390.
- Lee, YK; Weintraub ST; Yu, BP. 2000. Isolation and identification of a phenolic antioxidant from aloe barbadensis. *Free Radical Biology & Medicine*. 2(28), 261 – 265.
- Machuca, F. 2013. *La cadena de valor del yacón en la región Cajamarca.. Cooperación Alemana al Desarrollo*. Primera edición.
- Mackensie, K. 2003. *Carduaceae 56. Smallanthus*. In: Small JK (ed.). *Manual of the southeastern flora*, Citado por Seminario, J; Valderrama, M; Manrique, I. *El Yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio*. Lima-Perú, p. 10.
- Manrique, I; Párraga, A; Hermann, M. 2005. *Jarabe de Yacón: Principios y Procesamiento*. En: *Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo*. Lima: Perú, p. 1-31
- Mansilla, RC; López, R; Blas, J; Chia, Y; Baudoin J. 2006. Análisis de la variabilidad molecular de una colección peruana de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp & Endl) H. Robinson “YACÓN” *Ecología Aplicada*; 5: 1-2.
- Martínez, J; Martínez, N; Chiralt, A; Fito, P. 1998. Mechanical and Structural Changes in Apple (Var. Granny Smith) Due to Vacuum Impregnation with Cryoprotectants. *Journal of Food Science*, 63(3), 499-503.
- Martinez, RD; Albuquerque, N; Valverde, JM; Guillén, F; Castillo, S; Valero, D; Serrano, M. 2006 a. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by aloe vera treatment: a new edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 39, 93-100.
- Martínez, RD; Guillén, F; Valverde, JM; Serrano, M; Zapata, P; Bailén, G; Castillo, S; Valero, D. 2006 b. aloe vera como recubrimiento comestible de frutas y hortalizas. *Horticultura*, 42-44.

- Martínez, M; Badell, J; González, N. 1996. Ausencia de actividad antimicrobiana de un extracto acuoso liofilizado de aloe vera. En: Revista cubana de plantas medicas. Septiembre - Diciembre, vol. 1, p. 18 – 20.
- Montgomery, D. 2002. Diseños y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica. 2da Edición. México. 589 p.
- Mujica, H; Valdez, A, López A; Palou, E; Welti, J. 2002. Impregnation properties of some fruits at vacuum pressure. *Journal of Food Engineering*, Vol.56, pp. 307-314.
- Mujica, H; Valdez, A; López, A; Palou, E; Welti, E. 2003a. Impregnation and osmotic dehydration of some fruits: effect of the vacuum pressure and syrup concentration. *Journal of Food Engineering*, Vol. 57, pp. 305- 314.
- Muntada, V; Gerschenson, L; Alzamora, S.M; Castro, M. 1998. Solute infusion effects on texture of minimally processed kiwifruit. *J Food Science.*; 63 (1): 616-620.
- National Research Council. 1998. Lost crops of the Incas: Little known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. National Academy Press. Washington D. C. 2da. Edición. Pp 114-147
- Ni, Y; Turner, D; Yates, K. M; Tizard, I. 2004. Isolation and characterization of structural components of aloe vera L. Leaf pulp. *International Journal Immunopharmacology*, 4, 1745-1755.
- Nieto, C. 1991. Estudios agronómicos y bromatológicos en jícama (*Polymnia sonchifolia* Poepp. et Endl.). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 41(2): 213-21.
- Ohyama, T; Ito, O; Yasuyoshi, S; Ikarashi, T; Minamisawa, K; Kubota, M; Tsukihashi, T; Asami, T. 1990. Composition of storage carbohydrate in tubers of yacn (*Polimnia sonchifolia*). *Soil Sci. plant. Nutr.* Vol 36(1), p. 167-171
- Okamura, N; Asai, M; Hine, N; Yagi, A. 1996. High-performance liquid chromatographic determination of phenolic compounds in aloe species. *Journal Chromatography A*, 746, 225 - 231.
- Paez, A; Gebre, G; González, M; Tschaplinski, T. 2000. Growth, soluble carbohydrates, and aloin concentration of aloe vera plants exposed to three irradiance levels. *Environmental and Experimental Botany*, 44, 133-139.
- Park, J. H; Kwon, SW. 2006. Chemical components of aloe and its analysis. In Park, Y. I. y Lee, S. K. (Eds.) *New perspectives on aloe*. New York, Springer Science+Business Media.

- Park, M. K; Park, J. H; Kim, N. Y; Shin, Y. G; Choi, Y. S; Lee, J. G; Kim, K. H, Lee, S. K. 1998. Analysis of 13 phenolic compounds in aloe species by high performance liquid chromatography. *Phytochemistry Analysis*, 9, 186-191.
- Prat, L; Ribó, T. 2006. *El gran libro del aloe vera*, España, Ed RBA Integral.
- Pritam, A, Kale, P. G. 2007. Alteration in the antioxidant potential of aloe vera due to fungal infection. *Plant Pathology Journal* 6, 169-173.
- Puig, A. 1992. Effect of Atmospheric and Vacuum Osmotic Dehydration of Pineapple (*Ananás comosus* L; var. Cayena Lisa) In ISOPOW-V. Valencia, España.
- Rajasekaran, S; Sivagnanam, K; Subramanian, S. 2005. Mineral contents of aloe vera leaf gel and their role on streptozotocin-induced diabetic rats. *Biology Trace Element Research*, 108, 185-196.
- Ramachandra, C, Srinivasa P. 2008. Processing of aloe vera leaf gel: A review. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 3, 502- 510.
- Ramos, R. 2007. Estudio Químico–Bromatológico de algunas variedades de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) (Poepp & Endl) H. Robinson. de la provincia de Sandia – Puno. Tesis para optar al Título Profesional de: Químico Farmacéutico. Fac. de Farmacia y Bioquímica - UNMSM. Lima.
- Rastogi, N; Raghavarao, K. 1996. Kinetics of Osmotic dehydration under vacuum. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.*, Vol. 29, pp. 669-672.
- Reynolds, T. 2004. *Aloes: The Genus aloe. Medicinal and aromatic plants-industrial profiles* Editorial CPR Press LLC, Boca Raton, Florida.
- Reynolds, T, Dweck A. C.1999. Aloe vera leaf gel: a review update. *Journal Ethnopharmacology* 68, 3-37.
- Ruiz, P. 2009. Aplicación De La Ingeniería De Matrices En El Desarrollo De Hongos Comestibles (*Pleurotus Ostreatus*) Mínimamente Procesados, Fortificados Con Vitaminas C, E Y Minerales Calcio Y Zinc. Maestría En Ciencia Y Tecnología De Alimentos Facultad De Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional De Colombia Medellín
- Saccu, D; Bogoni, P;Procida, G. 2001. Aloe exudate: characterization by reversed phase HPLC and headspace GC–MS. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 49, 4526-4530.
- Saks, Y; Barkai, R. 1995. Aloe vera gel activity against plant pathogenic fungi. *Postharvest Biology and Technology* 6, 159-165.

- Salazar, N, Palomino, Y.1994. “Determinación comparativa de los principios activos de hojas de las especies aloe vera L. y aloe succotrina L.”. Trujillo – Perú.
- Salvatori, D; Andres, A; Chiralt, A; Fito, P. 1998. The response of some properties of fruits to vacuum impregnation. *Journal of Food Process Engineering*, Vol. 21, pp. 59- 73.
- Santos, C; Anjos, E; Augusto, O. 1999.Uric acid oxidation by peroxytriate multiple reactions, free radical formation and amplification of lipid oxidation. *Arch Biochem Biophys.*; 372: 285-294.
- Sanzana, S. 2010. Viabilidad del desarrollo de alimentos funcionales frescos por incorporación de aloe vera a la matriz estructural de endibia (*Cichorium intybus L. var. foliosum*),brócoli (*Brassica oleracea var. itálica*), coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*) y zanahoria (*Daucus carota L.*) mediante la técnica de impregnación a vacío. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica De Valencia. Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo.
- Seminario, J. 2009. Raíces Andinas. Contribución al Conocimiento y Capacitación. http://www.cipotato.org/artc/series/06_PDF_RTAs_Capacitacion/00_Presentacion.pdf. Acceso 14 de Agosto
- Seminario, J, Valderrama, M; Manrique, I. 2003.El Yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Lima: Perú 60 pag.
- Serrano, M; Valverde, J. M; Guillén, F; Castillo, S; Martínez R. D, Valero, D. 2006. Use of aloe vera gel coating preserves the functional properties of table grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, 3882-3886.
- Surjushe, A; Vasani, R; Saple, D. G. 2008. Aloe Vera: a short review. *Indian Journal Dermatology* 53, 163-166.
- Tapia, M; López, A; Consuegra, R; Corte, P; Welti, J. 1999. Minimally processed papaya by vacuum osmotic dehydration (VOD) Techniques. *Food Sci Technol Int.*; 5 (1): 43-52.
- Tasayco, J. 2007. Actividad hipoglucemiante del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Smallanthus sonchifolius* (yacón) en ratas con diabetes tipo 1 y 2. Tesis para optar al Grado Académico de Magíster en Farmacología con mención en Farmacología Experimental. Fac. de Farmacia y Bioquímica - UNMSM. Lima.

- Torregiani, D.1995. Technological aspect of osmotic dehydration in foods. In: Food Preservation by moisture control. Fundamentals and Applications, Barbosa- Canovas, G.V., & Welti-Chanes, J. (eds.), Lancaster: Technomic Publisher Co. Inc., pp 281-304.
- Torricella, R; Zamora, E; Pulido H., 2007. “Evaluación sensorial”. Editorial universitaria. La Habana Cuba.
- Ureña, P. 2005. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Aplicación Didáctica. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
- USDA.2010. Natural resources conservation service. Plants profile. Consultado el 12 de marzo, 2010, de: <http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=ALVE2>
- Valderrama, M. 2007. Manual del Yacón .PYMAGROS (Convenio COSUDE – MINAG). Cajamarca.
- Valverde, J. M; Valero, D; Martinez R. D; Guillen, F; Castillo, S; Serrano, M. 2005. Novel edible coating based on aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. Journal of agricultural and food chemistry. 53 (20), 7807 – 7813.
- Vega, A; Ampuero, N; Díaz, L. Lemus, R. 2005. Aloe vera (aloe barbadensis Miller) como componente de alimentos funcionales. Revista Chilena de Nutrición, 32, 208-214.
- Velásquez, R. E; Imeryj, S. 2008. Fenología reproductiva y anatomía floral de las plantas aloe vera y aloe saponaria (Aloaceae) en Cumaná, Venezuela. En: Revista de Biología Tropical. Septiembre, vol. 56, p. 1109 – 1125
- Vinson, J. A; Kharh, S ;Adreoli, L. 2005. Effect of aloe vera preparations on the human bioavailability of vitamins C and E. Phytomedicine 12, 760-765.
- Weaver, W. 2010. Yummy Yacón. En: Kitchen garden. [en línea] <<http://search.ebscohost.com/login.aspx>> [citado 14 de febrero].
- Wells, J. 2003. Taxonomic study of polymnia (compositae), Citado por Seminario, J. Valderrama, M; Manrique, I. El Yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Lima-Perú, p. 10.
- Wittig E, 1991. Evaluación Sensorial. Una metodología actual para tecnología de alimentos. Chile. Visitado en:
- Yamaguchi, I; Mega, N; Sanada, H. 1993. Components of the gel of aloe vera. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 8, 1350-1352.
- Yimei, J; Guodong, Z; Jicheng, J. 2008. Preliminary evaluation: The effects of Aloe ferox Miller and Aloe arborescens Miller on wound healing. En: Journal of Ethnopharmacology. vol. 120, p. 181 - 189.

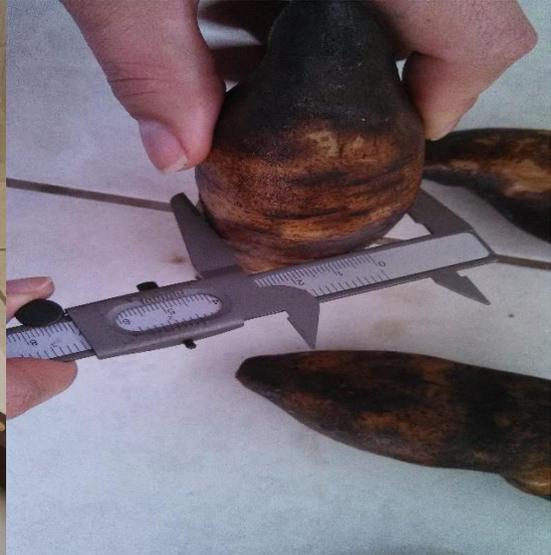
- Zhao, Y, Xie, J. 2004. Practical applications of vacuum impregnation in fruit and vegetable processing. *Trend in Food Science & Technology*, Vol. 15, pp. 434-451
- Zapana, R. 2007. Estudio químico-bromatológico de algunas variedades de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) (Poepp & Endl) H. Robinson. De la provincia de Sandia-Puno. TESIS para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico. Lima Peru

ANEXOS

ANEXO 1: CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA MUESTRA DE RAÍZ DE YACÓN



Fotografía 1: Muestra de yacón



Fotografía 2: Mediciones del yacón diámetro



Fotografía 3: Mediciones largo del yacón

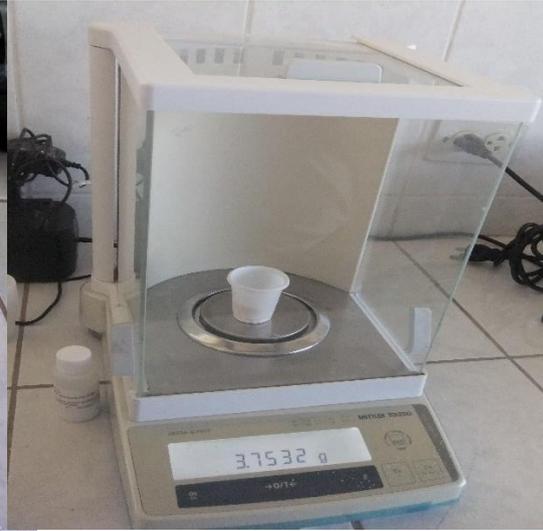


Fotografía 4: Color de pulpa naranja

ANEXO 2: EXTRACTO DE ALOE GOLD SEAL-NATURAL 200X



Fotografía 5: Aloe Gold Seal-Natural 200X (AGS)



Fotografía 6: Pesado del AGS



Fotografía 7: Medición de densidad de la solución a impregnar



Fotografía 8: Solución de aloe vera con muestra de yacón

ANEXO 3: FICHA TECNICA DEL ALOE GOLD SEAL-NATURAL 200X

ANEXO 4: FICHA DE SEGURIDAD DEL ALOE GOLD SEAL-NATURAL 200X

ANEXO 5: DATOS DE FRACCIÓN VOLUMÉTRICA DE LAS MUESTRAS IMPREGNADAS

BLOQUES	PRESION (mbar)	TIEMPO (min)	r	Mi	Mf	Fracción volumétrica (X) m3 emulsión/m3 fruta fresca
1	275.0	15.0	3.7	7.2752	7.6574	0.05299
1	150.0	10.0	6.9	7.1245	7.5366	0.05834
1	400.0	10.0	2.6	6.6100	7.4204	0.12365
1	150.0	20.0	6.9	6.9148	7.4357	0.07598
1	400.0	20.0	2.6	7.2365	8.5206	0.17898
1	98.2	15.0	10.5	7.7600	8.1430	0.04978
1	451.8	15.0	2.3	6.7420	7.4358	0.10379
1	275.0	7.9	3.7	6.8737	7.2915	0.06131
1	275.0	22.1	3.7	6.8667	7.2510	0.05645
1	275.0	15.0	3.7	6.9671	7.3985	0.06245
2	275.0	15.0	3.7	6.5970	6.8850	0.04403
2	150.0	10.0	6.9	6.5024	6.8480	0.05361
2	400.0	10.0	2.6	6.2900	6.9122	0.09976
2	150.0	20.0	6.9	6.4142	6.7340	0.05029
2	400.0	20.0	2.6	6.7506	7.7576	0.15047
2	98.2	15.0	10.5	6.7123	7.0025	0.04361
2	451.8	15.0	2.3	6.8795	7.6816	0.11760
2	275.0	7.9	3.7	6.9508	7.2402	0.04199
2	275.0	22.1	3.7	6.9555	7.2630	0.04459
2	275.0	15.0	3.7	6.8990	7.1847	0.04177
3	275.0	15.0	3.7	6.4525	6.9910	0.08418
3	150.0	10.0	6.9	6.6609	7.1966	0.08112
3	400.0	10.0	2.6	6.5940	7.5079	0.13980
3	150.0	20.0	6.9	6.7476	7.2080	0.06882
3	400.0	20.0	2.6	6.0680	7.2853	0.20234
3	98.2	15.0	10.5	6.6146	7.0567	0.06741
3	451.8	15.0	2.3	6.6390	7.5416	0.13713
3	275.0	7.9	3.7	6.1556	6.5719	0.06821
3	275.0	22.1	3.7	6.5518	6.9733	0.06489
3	275.0	15.0	3.7	6.3401	6.7690	0.06823

ANEXO 6: EQUIPO PARA IMPREGNACION A VACIO



Fotografía 9: Equipo impregnador



Fotografía 10: Equipo impregnador con muestra de yacón

ANEXO 7: DATOS PARA LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA TENDENCIA DE LA FRACCIÓN VOLUMÉTRICA Y POROSIDAD

PRESION (mbar)	TIEMPO (min)	r	PRESION (mbar)	1-(1/r)	x
98.2	5	10.5	98.2	0.9048	0.10760
150	5	6.9	150	0.8545	0.07615
275	5	3.7	275	0.7333	0.07210
451.8	5	2.3	451.8	0.5618	0.03313

ANEXO 8: DATOS OBTENIDOS PARA LA DETERMINAR ACIDO MÁLICO

BLOQUE	PRESION (mbar)	TIEMPO (min)	Fracción másica (X mhd) mg/100g de yacón
1	275.0	15.0	22.4369
1	150.0	10.0	29.9159
1	400.0	10.0	31.5363
1	150.0	20.0	21.1904
1	400.0	20.0	32.2106
1	98.2	15.0	25.6221
1	451.8	15.0	53.6844
1	275.0	7.9	35.3829
1	275.0	22.1	26.8422
1	275.0	15.0	32.9427
2	275.0	15.0	22.4100
2	150.0	10.0	29.8800
2	400.0	10.0	31.4985
2	150.0	20.0	21.1650
2	400.0	20.0	32.8680
2	98.2	15.0	26.1450
2	451.8	15.0	54.7800
2	275.0	7.9	36.1050
2	275.0	22.1	27.3900
2	275.0	15.0	33.6150
3	275.0	15.0	22.6789
3	150.0	10.0	30.2386
3	400.0	10.0	31.8765
3	150.0	20.0	36.5383
3	400.0	20.0	33.2624
3	98.2	15.0	21.4190
3	451.8	15.0	55.4374
3	275.0	7.9	26.4587
3	275.0	22.1	27.7187
3	275.0	15.0	34.0184

ANEXO 9: DETERMINACIÓN DE ÁCIDO MÁLICO



Fotografía 11: Muestra para ser analizada



Fotografía 12: Filtrado de la muestra



Fotografía 13: Muestras en el espectrofotómetro



Fotografía 14: Kit enzimático

ANEXO 10: DATOS DE LA MEDICIÓN DE LUMINANCIA (L)

BLOQUE	PRESION (mbar)	TIEMPO (min)	Luminancia (L)
1	275.0	15.0	89.5
1	150.0	10.0	88.1
1	400.0	10.0	89.8
1	150.0	20.0	88.2
1	400.0	20.0	89.6
1	98.2	15.0	88
1	451.8	15.0	89.8
1	275.0	7.9	89.2
1	275.0	22.1	89.3
1	275.0	15.0	89
2	275.0	15.0	89.5
2	150.0	10.0	88.1
2	400.0	10.0	89.8
2	150.0	20.0	88.2
2	400.0	20.0	89.6
2	98.2	15.0	88
2	451.8	15.0	89.8
2	275.0	7.9	89.2
2	275.0	22.1	89.3
2	275.0	15.0	89
3	275.0	15.0	89.5
3	150.0	10.0	88.1
3	400.0	10.0	89.8
3	150.0	20.0	88.2
3	400.0	20.0	89.6
3	98.2	15.0	88
3	451.8	15.0	89.8
3	275.0	7.9	89.2
3	275.0	22.1	89.3
3	275.0	15.0	89



Fotografía 15: Medición de la Luminancia con el colorímetro KONICA – MINOLTA

ANEXO 11: HOJA DE CALIFICACIONES UTILIZANDO UNA ESCALA ADIMENSIONADA NORMALIZADA DE 12 CM

<p style="text-align: center;">FICHA DE EVALUACIÓN DEL YACÓN IMPREGNADO (SABOR)</p> <p>Nombre del Juez: _____ Fecha: _____</p> <p>Muestra Evaluada: _____ Prueba N° _____</p> <p>Código: _____</p> <p>Clasifique la muestra utilizando las escalas que se presentan, dibujando el símbolo sobre la línea según la intensidad de acidez que perciba.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%; text-align: center;"> <p>ESCALAS DE INTENSIDAD DE PRESENCIA DE ACIDEZ</p> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <p>Mínima Máxima</p> </div> <p>Comentario:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;"><i>Muchas Gracias!</i></p>	<p style="text-align: center;">FICHA DE EVALUACIÓN DEL YACÓN IMPREGNADO (COLOR)</p> <p>Nombre del Juez: _____ Fecha: _____</p> <p>Muestra Evaluada: _____ Prueba N° _____</p> <p>Código: _____</p> <p>Clasifique la muestra utilizando las escalas que se presentan, dibujando el símbolo sobre la línea según la intensidad de color anaranjado que perciba.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%; text-align: center;"> <p>ESCALAS DE INTENSIDAD DE PRESENCIA DE PARDEAMIENTO</p> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <p>Mínima Máxima</p> </div> <p>Comentario:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;"><i>Muchas Gracias!</i></p>
---	---

ANEXO 12: DATOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Evaluador	Muestra	Color	Sabor
1	1	8.5	9.1
	2	7.5	9.9
	3	8.0	10.0
	4	9.6	9.5
	5	9.4	9.2
	6	9.9	6.9
	7	8.6	9.1
	8	9.6	9.7
	9	9.6	7.5
	10	9.4	9.2
2	1	5.7	10.2
	2	6.3	9.5
	3	5.9	9.2
	4	6.2	6.2
	5	6.3	9.4
	6	6.3	8.3
	7	6.1	8.4
	8	6.5	8.6
	9	6.3	9.9
	10	6.5	9.6
3	1	9.8	10.1
	2	9.4	7.5
	3	10.3	10.7
	4	10.0	10.0
	5	10.5	5.3
	6	8.7	6.9
	7	9.6	7.7
	8	6.1	6.9
	9	8.2	4.7
	10	9.5	7.5
4	1	9.1	10.7
	2	11.0	9.9
	3	11.8	11.0
	4	12.0	9.9
	5	7.8	6.2
	6	9.3	7.3
	7	8.5	8.6
	8	8.8	8.0

	9	8.0	7.3
	10	8.0	8.2
5	1	8.0	9.3
	2	8.0	8.3
	3	8.7	9.8
	4	8.6	9.8
	5	9.9	10.2
	6	7.4	9.9
	7	10.2	9.2
	8	10.0	10.1
	9	11.0	10.1
	10	10.6	10.2
6	1	11.2	7.1
	2	10.5	7.8
	3	10.3	8.9
	4	10.1	9.2
	5	9.6	9.7
	6	9.8	10.0
	7	10.1	10.2
	8	9.7	9.9
	9	10.7	10.3
	10	10.6	10.2
7	1	2.0	4.4
	2	4.0	4.7
	3	5.3	5.2
	4	5.3	3.9
	5	5.1	3.6
	6	5.4	4.5
	7	5.6	5.1
	8	6.2	6.0
	9	4.2	4.5
	10	6.4	6.3
8	1	8.1	5.3
	2	7.5	6.4
	3	7.8	6.5
	4	5.8	5.6
	5	6.3	2.9
	6	6.4	5.5
	7	9.1	5.3
	8	8.1	5.2
	9	8.0	4.2
	10	6.0	3.8

9	1	4.3	6.2
	2	3.5	6.5
	3	9.1	6.5
	4	9.7	4.8
	5	7.8	5.9
	6	6.3	7.1
	7	9.0	6.2
	8	6.1	6.6
	9	6.5	3.4
	10	8.9	5.8
10	1	3.2	7.3
	2	5.1	7.1
	3	6.2	5.1
	4	7.2	4.7
	5	8.2	4.6
	6	7.1	3.6
	7	8.4	5.3
	8	6.7	4.0
	9	6.3	4.5
	10	7.4	5.0

ANEXO 13: HOJUELAS DE YACON IMPREGNADAS



Fotografía 16: Secado de yacón impregnado



Fotografía 17: Hojuelas de yacón impregnado deshidratado

ANEXO 14: PROCEDIMIENTO DE ENSAYO ACIDO L-MALICO