

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN**

**INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“EFECTO DE LA IMPREGNACIÓN AL VACÍO DE PENCA SÁBILA (*Áloe vera*)  
DESHIDRATADO EN YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*) Y MANZANA (*Malus  
doméstica*) EN LA DISMINUCIÓN DEL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO”**

# **T E S I S**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**PRESENTADA POR LA BACHILLER:  
LYSSET ISABEL POMPA MALCA.**

**ASESORES:**

Ing. MCs. Jimmy Frank, Oblitas Cruz.

Ing. MCs. Atilio Cadenillas Martínez.

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2017**

## ÍNDICE GENERAL

<i>DEDICATORIA</i> .....	1
<i>AGRADECIMIENTOS</i> .....	2
RESUMEN.....	3
ABSTRACT .....	4
I. INTRODUCCIÓN .....	5
II. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
2.1. Formulación del problema.....	7
2.2. Justificación de la investigación .....	7
2.3. Delimitación de la investigación .....	9
III. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	9
3.1. Antecedentes teóricos de la investigación .....	9
3.1.1. Tratamientos antipardeantes aplicados por impregnación a vacío .....	9
3.2. Bases teóricas.....	11
3.2.1. El yacón ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> ).....	11
3.2.1.1. Valor nutricional del yacón .....	12
3.2.1.2. Zonas de cultivo de yacón en el Perú .....	14
3.2.1.3. Zonas de cultivo de yacón en Cajamarca.....	14
3.2.2. La manzana ( <i>Malus doméstica</i> ).....	15
3.2.2.1. Valor nutricional de la manzana .....	16
3.2.3. Penca sábila ( <i>Aloe vera</i> ) incorporado a las matrices vegetales .....	17
3.2.3.1. Composición química de la penca sábila ( <i>Aloe vera</i> ).....	17
3.2.3.2. Productos de penca sábila ( <i>Aloe vera</i> ).....	18
3.2.3.3. Uso de la penca sábila ( <i>Aloe vera</i> ) en alimentos .....	19
3.2.4. Reacción del pardeamiento enzimático .....	19
3.2.5. La impregnación al vacío .....	20
3.2.6. El color indicador de las reacciones de pardeamiento (L.a.b) .....	22
3.2.7. Productos deshidratados.....	24
3.2.8. Determinación de fracción volumétrica con líquido (X) .....	25
3.2.9. Metodología de superficie de respuesta .....	28
3.2.10. Evaluación sensorial y control de calidad en alimentos .....	29
3.2.10.1. Evaluación sensorial .....	29

3.2.10.2.	Atributos sensoriales y su control .....	30
3.2.10.3.	Panel de evaluación sensorial.....	32
3.2.10.4.	Condiciones para las pruebas.....	32
3.2.10.5.	Métodos para la evaluación sensorial .....	33
IV.	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION .....	34
V.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	34
5.1.	Objetivo general de la investigación.....	34
5.1.1.	Objetivos específicos.....	34
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	35
6.1.	Ubicación geográfica del trabajo de investigación .....	35
6.2.	Materiales .....	35
6.2.1.	Materiales e insumos .....	35
6.2.2.	Materiales y equipos de laboratorio.....	35
6.3.	Métodos de Análisis .....	36
6.3.1.	Análisis fisicoquímico.....	36
6.3.2.	Análisis sensorial .....	37
6.3.3.	Evaluación sensorial de los atributos .....	37
6.4.	Metodología experimental.....	38
6.4.1.	Tipo de investigación .....	38
6.4.2.	Identificación de variables.....	38
6.4.2.1.	Variable Independiente.....	38
6.4.2.2.	Variable dependiente .....	38
6.4.3.	Definiciones operacionales .....	38
6.4.4.	Descripción de operaciones del proceso de impregnación a vacío .....	41
6.4.5.	Parte experimental de la Investigación .....	42
6.4.5.1.	Acondicionamiento de materia prima y preparación del insumo .....	42
6.4.5.2.	Impregnación a vacío.....	43
6.4.5.3.	Diseño Experimental .....	44
6.5.	Población y Muestra.....	45
6.5.1.	Población: .....	45
6.5.2.	Muestra: .....	45
6.6.	Instrumentos de colecta de datos.....	45
6.7.	Procedimiento de análisis de datos.....	46

VII.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	47
7.1.	Resultados de yacón impregnado con solución áloe vera.....	47
7.1.1.	Caracterización fisicoquímica de yacón .....	47
7.1.2.	Determinación de fracción volumétrica en yacón.....	49
7.1.3.	Determinación del efecto del proceso de impregnación (x) en yacón .....	50
7.1.4.	Determinación del efecto del proceso sobre luminosidad (L*) en yacón.....	53
7.1.5.	Determinación del efecto del proceso sobre el sabor en yacón .....	56
7.1.6.	Determinación del efecto del proceso sobre la textura en yacón .....	59
7.1.7.	Determinación del efecto del proceso sobre el color en yacón.....	62
7.1.8.	Resultados para la aceptabilidad sensorial en yacón.....	65
7.2.	Resultados de manzana impregnada con solución áloe vera.....	67
7.2.1.	Caracterización fisicoquímica en manzana.....	67
7.2.2.	Determinación de fracción volumétrica en manzana.....	69
7.2.3.	Determinación del efecto del proceso de impregnación en manzana .....	70
7.2.4.	Determinación del efecto del proceso de luminosidad (L*) en manzana .....	73
7.2.5.	Determinación del efecto del proceso sobre sabor en manzana.....	76
7.2.6.	Determinación del efecto del proceso sobre textura en manzana.....	79
7.2.7.	Determinación del efecto del proceso sobre color en manzana .....	82
7.2.8.	Resultados para la aceptabilidad sensorial en manzana.....	86
VIII.	CONCLUSIONES .....	88
IX.	RECOMENDACIONES .....	89
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	90
XI.	ANEXOS .....	112

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación científica del yacón.....	11
Tabla 2. Composición química promedio de yacón.....	12
Tabla 3. Contenido de azúcares en la raíz tuberosa de yacón.....	13
Tabla 4. Clasificación científica de la manzana ( <i>Malus doméstica</i> ).....	15
Tabla 5. Valor nutricional de 100g de manzana fresca.....	16
Tabla 6. Dimensiones e indicadores de las variables independientes.....	39
Tabla 7. Dimensiones e indicadores de las variables dependientes.....	39
Tabla 8. Niveles de operación de variables.....	45
Tabla 9. Instrumentos de Colecta de datos.....	46
Tabla 10. Resumen de Diseño del experimento.....	46
Tabla 11. Resultados de la caracterización fisicoquímica de yacón.....	47
Tabla 12. Fracción volumétrica en yacón impregnado al vacío con áloe vera.....	49
Tabla 13. ANOVA: Análisis de varianza para fracción volumétrica en yacón.....	50
Tabla 14. Optimización con respecto a maximizar la fracción volumétrica en yacón.....	52
Tabla 15. ANOVA Respecto a la varianza para (L*) luminosidad en yacón.....	53
Tabla 16. Optimización de respuesta con respecto a maximizar (L*) en yacón.....	55
Tabla 17. Optimización de respuesta con respecto a minimizar (L*) en yacón.....	56
Tabla 18. ANOVA Respecto a la varianza de sabor en yacón.....	57
Tabla 19. Optimización de respuesta con respecto a minimizar sabor en yacón.....	59
Tabla 20. ANOVA Respecto a la varianza de textura en yacón.....	59
Tabla 21. Optimización de respuesta con respecto a minimizar textura en yacón.....	61
Tabla 22. ANOVA Respecto a la varianza de color en yacón.....	62
Tabla 23. Optimización de respuesta con respecto a minimizar color en yacón.....	64
Tabla 24. Aceptabilidad Sensorial en yacón.....	65
Tabla 25. Resultados de la caracterización fisicoquímica de manzana.....	67
Tabla 26. Fracción volumétrica en manzana impregnada al vacío con áloe vera.....	69
Tabla 27. ANOVA Respecto a la varianza de fracción volumétrica en manzana.....	70
Tabla 28. Optimización con respecto a maximizar fracción volumétrica en manzana.....	72
Tabla 29. ANOVA Respecto a la varianza para (L*) en manzana.....	73
Tabla 30. Optimización de respuesta con respecto a maximizar (L*) en manzana.....	75
Tabla 31. Optimización de respuesta con respecto a minimizar (L*) en manzana.....	76

Tabla 32. ANOVA Respecto a la varianza de sabor en manzana .....	77
Tabla 33. Optimización de respuesta con respecto a maximizar sabor en manzana.....	79
Tabla 34. ANOVA respecto a la varianza de textura en manzana.....	80
Tabla 35. Optimización de respuesta con respecto a maximizar textura en manzana.....	82
Tabla 36. ANOVA Respecto a la varianza de color en manzana .....	83
Tabla 37. Optimización de respuesta con respecto a maximizar el color en manzana .....	85
Tabla 38. Aceptabilidad Sensorial en Manzana .....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del fenómeno de impregnación al vacío .....	21
Figura 2. Espacio de color CIE-L*a*b* .....	23
Figura 3. Sensograma. Introducción al análisis sensorial de los alimentos .....	31
Figura 4. “Flujo de proceso de impregnación al vacío de áloe vera en yacón .....	40
Figura 5. Gráfica de efectos principales para fracción volumétrica en yacón .....	51
Figura 6: Superficie de respuesta estimada para fracción volumétrica en yacón .....	52
Figura 7. Gráfica de efectos principales para (L*) luminosidad en yacón .....	54
Figura 8. Superficie de respuesta estimada para (L*) luminosidad en yacón .....	55
Figura 9: Gráfica de efectos principales para sabor en yacón.....	58
Figura 10: Superficie de respuesta estimada para sabor en yacón.....	58
Figura 11: Grafica de efectos principales para textura en yacón.....	60
Figura 12. Superficie de respuesta estimada para textura en yacón .....	61
Figura 13. Gráfica de efectos principales para color en yacón .....	63
Figura 14. Superficie de respuesta estimada para color en yacón .....	64
Figura 15. Gráfica de radar ó telaraña para aceptabilidad sensorial en Yacón.....	66
Figura 16. Gráfica de efectos principales para fracción volumétrica en manzana .....	71
Figura 17. Superficie de respuesta estimada para fracción volumétrica para manzana ...	72
Figura 18. Gráfica de efectos principales para (L*) luminosidad en manzana .....	74
Figura 19. Superficie de respuesta estimada para (L*) luminosidad en manzana .....	75
Figura 20. Gráfica de efectos principales para sabor en manzana.....	78
Figura 21: Superficie de respuesta estimada para sabor en manzana.....	79
Figura 22. Gráfica de efectos principales para textura en manzana.....	81
Figura 23. Superficie de respuesta estimada para textura en manzana.....	81
Figura 24. Gráfica de efectos principales para color en manzana.....	84
Figura 25. Superficie de respuesta estimada para el color en manzana .....	85
Figura 26. Gráfica de radar o telaraña para aceptabilidad sensorial en manzana .....	87

## **DEDICATORIA**

*Son muchas las personas a quienes tengo que agradecer por brindarme su cariño, amistad, apoyo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Algunas están conmigo, otras en mi recuerdo y en el corazón.*

*Mi tesis la dedico con todo amor, cariño y agradecimiento a **DIOS**, que me dió la oportunidad de vivir, por regalarme una familia maravillosa y por estar conmigo en cada paso que doy, guiándome y dándome fortaleza para continuar en este camino, siendo cada día feliz y una mejor persona.*

*A mi amada mamita: **FRANCISCA MALCA**, por regalarme la vida, por ser el pilar más importante y fundamental de ella, por todo su amor, comprensión y sacrificio hacía mí, por enseñarme que para tener éxito se debe luchar con todo el corazón, sin perder los valores morales y éticos. Por estar conmigo en cada momento depositando su confianza en cada reto que se me presenta, sin dudar ni un solo instante.*

*A mi amado y recordado papito: **RAFAEL JULCAMORO URIARTE**, por su consejo, sabiduría, amor y protección, siempre estarás en mi corazón, eres mi luz, mi guía y mi ángel guardián en el cielo.*

*A mis asesores: **Ing. MCs. JIMY FRANK OBLITAS CRUZ e Ing. MCs. ATILIO CADENILLAS MARTÍNEZ**, por su asesoramiento, ayuda constante, por sus conocimientos intelectuales y profesionales, convirtiendo este noble gesto en una esperanza y haciendo posible alcanzar la meta de este trabajo de investigación.*

*A mis profesores: **Ing. MIGUEL SÁNCHEZ GARCÍA e Ing. LUIS RAMOS QUESNAY**, por cultivar mi mente impartiendo sus conocimientos, por su paciencia, consejo, esmero y sus sabias enseñanzas las que me guiaron por el mejor camino, porque más que ser maestros son grandes amigos.*



## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios, porque tu amor y bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda y cuando caigo o me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta que los pones frente a mí para que mejore como persona, y crezca en diversas maneras.*

*Gracias padre celestial por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome tu amor misericordioso y buscando lo mejor para mí. Este trabajo de tesis ha sido una gran bendición y sin dudar puedo decir que gracias a ti la meta está cumplida.*

*A la Universidad Nacional de Cajamarca, por haberme permitido desarrollarme profesionalmente y darme la oportunidad de sentirme orgullosa de ser egresada de esta alma mater. A la Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias por brindarme el laboratorio de Ingeniería de Alimentos, para poder realizar este trabajo de investigación.*

*A los panelistas que desinteresadamente participaron en el análisis sensorial de esta investigación, por su tiempo brindado, por su profesionalismo y seriedad al momento de evaluar cada muestra, para así obtener un buen trabajo de investigación*

*A todas las personas que de una manera u otra, me han encaminado en la travesía de la culminación de mi carrera profesional.*

*A mis familiares y amigos por permitirme compartir los sueños y las experiencias más hermosas de mi vida. Siempre estarán en mi corazón.*

*A todos ellos...Muchas gracias*

## RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue determinar el efecto de la impregnación a vacío de penca sábila (*Áloe vera*) en yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y manzana (*Malus doméstica*) en la disminución del pardeamiento enzimático. Se utilizó yacón de color de pulpa anaranjada y manzana de variedad Israel, se aplicó por inmersión una disolución elaborada con áloe vera en polvo y agua destilada en proporción de 5 g/ 1000 ml de aloe Gold Seal- Natural 200X, en rodajas de yacón y manzana de 50 mm de diámetro y 5 mm de espesor. Las muestras fueron sometidas a un proceso de impregnación a vacío empleándose 10 tratamientos, utilizando presiones de (98, 150, 275, 400 y 451.8 mbar) y tiempos de (7, 10, 15, 20 y 22.1 min) a temperatura constante de 30°C. Se utilizó la metodología de superficie de respuesta para evaluar la optimización del producto mediante un ANOVA. Se obtuvieron como resultados promedio para yacón una fracción volumétrica de 0.102549 m<sup>3</sup> solución/m<sup>3</sup> fruta fresca a 98.2233 mbar y 22.0711 min, L\* 39.4327% a 98.2234 mbar y 19.335 min, sabor 1.74998% a 98.2233 mbar y 22.0711 min, textura 3.0% a 275 mbar y 15.0 min, color 2.95834% a 25.835 mbar y 13.333 min. Y como resultados obtenidos para manzana una fracción volumétrica de 0.224705 m<sup>3</sup> solución/m<sup>3</sup> fruta fresca a 275.239 mbar y 22.0711 min, L\* 66.6604% a 451.777 mbar y 7.92893 min, sabor 4.39646% a 451.777 mbar y 22.0712 min, textura 4.07738% a 258.598 mbar y 12.323 min, color 5.25% a 98.2235 mbar y 7.92893 min. En la evaluación sensorial de las muestras se obtuvo una mayor aceptabilidad en yacón a 400 mbar y 20 min, y una mayor aceptabilidad en manzana a 150 mbar y 10 min. El tiempo de vida útil de los productos fue de 7 días, en almacenamiento refrigerado a una temperatura de 15°C.

**Palabras clave:** yacón, manzana, penca sábila, impregnación a vacío, pardeamiento enzimático, superficie de respuesta y evaluación sensorial.

## ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the effect of vacuum impregnation of aloe vera on yacon (*Smallanthus sonchifolius*) and apple (*Malus domestica*) on the reduction of enzymatic browning. Orange and apple pulp of Israel variety were used. A solution prepared with aloe vera powder and distilled water in the ratio of 5 g / 1000 ml of aloe Gold Seal-Natural 200X, in slices of yacon and Apple of 50 mm of diameter and 5 mm of thickness. The samples were subjected to a vacuum impregnation process using 10 treatments, using pressures of (98, 150, 275, 400 and 451.8 mbar) and times of (7, 10, 15, 20 and 22.1 min) at a constant temperature of 30 ° C. Response surface methodology was used to evaluate product optimization using ANOVA. A volumetric fraction of 0.102549 m<sup>3</sup> solution / m<sup>3</sup> fresh fruit at 98.2233 mbar and 22.0711 min, L \* 39.4327% at 98.2234 mbar and 19.335 min, flavor 1.74998% at 98.2233 mbar and 22.0711 min, texture 3.0% at 275 mbar and 15.0 min, color 2.95834% at 25.835 mbar and 13333 min. And as results obtained for apple a volumetric fraction of 0.224705 m<sup>3</sup> solution / m<sup>3</sup> fresh fruit at 275.239 mbar and 22.0711 min, L \* 66.6604% at 451.777 mbar and 7.92893 min, flavor 4.39646% at 451.777 mbar and 22.0712 min, texture 4.07738% at 258.598 Mbar and 12.323 min, color 5.25% at 98.2235 mbar and 7.92893 min. In the sensorial evaluation of the samples a greater acceptability was obtained in yacon at 400 mbar and 20 min, and a greater acceptability in apple at 150 mbar and 10 min. The shelf life of the products was 7 days, in refrigerated storage at a temperature of 15 ° C.

**Key words:** yacon, apple, penca aloe, vacuum impregnation, enzymatic browning, response surface and sensory evaluation.

## I. INTRODUCCIÓN

El pardeamiento enzimático es una de las principales causas de deterioro en frutas frescas cortadas y es causado por la oxidación enzimática de fenoles a quinonas por la acción de enzimas, generalmente polifenoloxidasas, en la presencia de oxígeno. Las quinonas, así generadas, se encuentran sujetas a futuras reacciones, conduciendo a la formación de pigmentos oscuros (*Jeon y Zhao 2005*).

Esta situación impulsa a la industria alimentaria a aplicar nuevas técnicas y buscar nuevos agentes anti pardeamiento (*Espinoza y Col 2006*). 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”. 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 enzimático (*Jeon y Zhao 2005*).

La impregnación a vacío se ha venido aplicando como una forma para introducir productos solubles en agua (cloruro de calcio, cloruro de sodio, ácido ascórbico), emulsiones (vitaminas liposolubles), microorganismos (*S. cerevisiae*, *L. casei* o *A. niger*) y compuestos naturales complejos (zumos con alto contenido en flavonoides, etc.) en productos como manzanas (variedad Granny Smith y Dark Delicious), pomelo, zanahorias, berenjenas y setas de cardo. (*Barreda 2009*).

En varias de estas investigaciones, el aloe vera ha sido uno de los protagonistas, ya que se le atribuye el concepto de planta milagro por sus características curativas. La mayoría de los extractos de penca sábila (*Aloe vera*) poseen muchas actividades biológicas, tales como antiinflamatoria, antioxidante, anticancerígena, para la lucha de la diabetes o la activación de los macrófagos (*Grover 2002, Krishnan 2006, Xiao 2007 y Xu 2008*).

El objetivo central de este trabajo de investigación es disminuir la acción de la enzima polifenol oxidasa para ello se realizó pruebas de impregnación al vacío de penca sábila (*Aloe vera*) deshidratado en raíces como el yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y en frutas como la manzana (*Malus doméstica*) frenando de esta forma el pardeamiento enzimático, ya que la penca sábila (*Aloe vera*) es rica en polifenoles que actúan como antioxidantes retardando el envejecimiento de las células alargando de esta manera su tiempo de vida útil.

Se aplicó la metodología de superficie de respuesta teniendo como variables el tiempo y la presión de vacío. Finalmente se realizó el análisis sensorial de color, sabor y textura de dichos productos. La investigación está estructurada de forma sistemática, y consta: del planteamiento del problema donde se describe porque se eligió el tema, del marco teórico que contempla antecedentes teóricos y bases teóricas de la investigación, de la hipótesis, los objetivos, los materiales y métodos, los resultados y discusiones, las referencias bibliográficas y finalmente los anexos.

## **II. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y la manzana (*Malus doméstica*) son frutos que en la actualidad se han destacado por sus altos índices de consumo en la región Cajamarca, relacionándose directamente con el campo de la investigación e innovación de los alimentos, pues son frutos perecederos y muy propensos al pardeamiento enzimático, pero que al aplicarles la tecnología adecuada pueden ser aprovechados y disfrutarlos en cualquier época del año.

Durante el procesamiento es necesario tomar en cuenta las características físicas, químicas, nutricionales de dichos frutos, ya que uno de los objetivos fundamentales del procesamiento de alimentos es la conservación de las características naturales de las materias primas procesadas a través de la aplicación de sustancias adicionales (aditivos, antioxidantes, preservantes etc.) y metodologías que ayuden a la perpetuación de las mismas alargando la vida útil del producto procesado.

Por tal razón en la siguiente investigación se estudió el método de impregnación al vacío de penca sábila (*Aloe vera*) deshidratado en yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y manzana (*Malus doméstica*) para disminuir el pardeamiento enzimático. Los métodos aplicables para el procesamiento de los frutos yacón y manzana analizarán las condiciones de oxidación durante el procesamiento de los frutos. Para ello, se analizará la combinación de técnicas de ingeniería de alimentos y técnicas físico-químicas como es la impregnación al vacío de penca sábila (*Aloe vera*) deshidratado, sabiendo que contiene en su composición agentes antipardeantes como los polifenoles los cuales actuarán en contra de la enzima polifenol oxidasa causante de la oxidación en el yacón y la manzana, lo cual contribuirá a la conservación de los frutos sin opacar o alterar las características naturales del mismo, evaluando las características físicas, químicas, sensoriales y nutricionales originales de la materia prima procesada

## **2.1. Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto de la impregnación al vacío de penca sábila (*Aloe vera*) deshidratado en yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y manzana (*Malus doméstica*) en la disminución del pardeamiento enzimático?

## **2.2. Justificación de la investigación**

La investigación referida a las relaciones del contenido de penca sábila (*Aloe vera*) deshidratado con las características sensoriales del yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y de la manzana (*Malus doméstica*) impregnados a vacío se justifica porque brinda la oportunidad de describir mediante un análisis matemático, como la microestructura y la textura pueden ser usadas para optimizar los procesos de producción de alimentos frescos, así como para desarrollar nuevos productos con la deseable calidad organoléptica. Igualmente el estudio puede servir de plataforma para promocionar al yacón y la manzana haciendo a la comunidad cajamarquina consciente y partícipe del aprovechamiento sostenible de la amplia biodiversidad andina peruana, saliendo del enfoque tradicional de trabajar con especies convencionales.

De esta manera, al trabajar con estas especies se le abre una gran ventana al enorme potencial de uso de un sin número de especies de la flora andina, que puede a un futuro próximo generar planes de negocio para su uso local y para la agro exportación. Desde el punto de vista teórico, es relevante porque se evidencia la existencia de teorías tales como la impregnación a vacío con sustancias de importancia tecnológica en las estructuras en tejidos vegetales, para la optimización de variables como es la aceptación sensorial del producto. Se puede demostrar que la inclusión de sustancia con el gel de aloe vera influye directamente en la aceptación sensorial de productos frescos.

Al mismo tiempo, la existencia de investigaciones en diferentes productos sobre éste tema indica la necesidad del estudio de la impregnación a vacío en yacón y en manzana, puesto que los mismos servirán de base para futuras investigaciones.

De esta manera desde el punto de vista práctico, esta investigación abarca puntos de interés para la zona de Cajamarca que busca investigaciones innovadoras y de repercusión y por otro lado a la comunidad cajamarquina que a través de los resultados de la investigación pueden implementar tecnologías apropiadas para el yacón y para la manzana, lo cual será una ventaja comparativa para el éxito de industrias que procesen estos productos frescos con una disminución en cuanto a pardeamiento enzimático, alargando así el tiempo de vida útil en el mercado en sus diferentes presentaciones.

Por este motivo se considera la factibilidad del presente proyecto de investigación cuyo fin es brindar información acerca de las variables óptimas para lograr una adecuada impregnación a vacío con aloe vera en la matriz de yacón y manzana, buscando las mejores cualidades sensoriales de este producto en su presentación en rodajitas frescas, por lo cual es necesario la identificación de dichas causales con el fin de potenciar una industria alrededor de este producto.

## **2.3. Delimitación de la investigación**

El presente trabajo de investigación está abocado al área de ingeniería y tecnología de los alimentos, la parte experimental se realizó en el 3er piso del laboratorio de Bioingeniería y fermentaciones Industriales de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca y tuvo un periodo de duración de dos meses

## **III. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **3.1. Antecedentes teóricos de la investigación**

#### **3.1.1. Tratamientos antipardeantes aplicados por impregnación a vacío**

El 4-HR (4-Hexylresorcinol) ha proporcionado excelentes resultados en diferentes tipos de alimentos (*Montero 2001*). En frutas y hortalizas MP, el 4-HR ha sido utilizado en los últimos años por diversos grupos de investigación (*McEvily 1991 y Frankos 1991*). El uso combinado de 4-HR (0.02%) con el ácido ascórbico (0.25%) resultó ser más efectivo en el control del pardeamiento que el sulfito sódico durante la inmersión a 25°C de rodajas de manzanas MP var. Red Delicious. Sin embargo, estos tratamientos resultaron ineficaces cuando se realizaron a temperaturas superiores a 35°C (*Monsalve 1993 y González 1995*).

(*Son 2001*). Observó que inmersiones durante 3 min en 0.1% de 4-HR resultaron muy efectivas en la prevención del pardeamiento de rodajas de manzana MP, almacenadas durante 3h a temperatura ambiente, no apreciándose cambios en la luminosidad ( $DL^*=0$ ). En su empleo el 4-HR se combina generalmente con otros agentes antipardeantes. La mezcla de 4-HR (0.001M), sorbato de potasio (0.05M) y ácido iso ascórbico (0.5M) provocó una reducción en el pardeamiento y en el deterioro de rodajas de mango MP envasadas en atmósfera modificada durante 14 días a 10°C (*González y Aguilar 2000*). También la mezcla de 4-HR (0.001g/L), sorbato potasio (0.05g/L) y N-acetilcisteína (0.025g/L) fue efectiva en la prevención del deterioro de rodajas de rábanos durante 18 días a 10°C (*González y Aguilar 2001*).



(*Sapers y Ziolkowski 1997*) utilizaron diferentes derivados del ácido ascórbico, en el control del pardeamiento enzimático de rodajas de manzanas MP de las variedades Red Delicious y Winesap y en el zumo de las variedades Red Delicious y Granny Smith. Las mezclas de ácido ascórbico o sus derivados con ácido fosfórico ajustadas a un pH=2.0 redujeron con gran efectividad el pardeamiento enzimático de patatas, incrementando su vida útil por 7 días (*Sapers y Miller 1992*). *Castañer (1996)* observó que inmersiones de 5 s en EDTA (etilendiaminotetraacético) (5 g/L) previene el pardeamiento de tallos de lechuga MP var. Iceberg. El EDTA (etilendiaminotetraacético) es generalmente utilizado en combinación con otros agentes antipardeantes *McEvily (1992)*. Así, se ha sido utilizado por ejemplo en patatas *Sapers (1999)*, en melón (*Lamikanra y Watson 2001*), champiñón *Sapers (1994)* y aguacate (*Dorantes y Alvarez 1996*).

(*Bartlertt y Gorny 2002*) concluyeron que estudios de pera sumergidas en inmersiones de 5 min a 20 °C con ácido ascórbico (2% p/v), lactato de calcio (1% p/v) y cisteína (0.5% p/v) ajustadas con NaOH a pH 7.0, incrementaron su vida útil al lograr disminuir significativamente el pardeamiento y la pérdida de firmeza, comparadas con formulaciones homologas a pH de 3.7.

Asimismo (*Sapers y Miller 1998*) observaron que inmersiones en medios neutros son mejores que los medios ácidos en la inhibición del pardeamiento de diferentes variedades de pera MP, mostrando incluso un incremento en la coordenada L\* y un muy ligero incremento en la coordenada a\*, durante 7 días de almacenamiento a 4°C. Con lo que respecta al papel del calcio en la disminución del pardeamiento enzimático, se sustenta en la teoría de que su acción fortalece a las paredes y membranas celulares (*McGuire y Kelman 1994*), y como resultado de dicho fortalecimiento, se produce una menor liberación de la polifenol oxidasa o de sus substratos a las superficies cortadas. También se ha observado un efecto de reducción de pardeamiento enzimático al adicionar calcio por medio de una impregnación a vacío en rodajas de manzana *Ponting (1992)* y en rodajas de pera (*Rosen y Kader 1999*).

## 3.2. Bases teóricas

### 3.2.1. El yacón (*Smallanthus sonchifolius*)

Es una raíz originaria de la región andina sudamericana que contienen cantidades considerables de Fruto oligosacáridos (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 (2002)*, y representan un 67% de la materia seca total de la raíz (*Fletcher 1999 y Lachman 2004*). Además están presentes pequeñas cantidades de vitaminas, minerales y otras fibras (*Fletcher 1999*). En los países andinos es consumido incluso en su forma cruda después de secarlos al sol y como si fuese una fruta, dado su sabor dulce y su textura crujiente (*Fletcher 1999*), comparable con la pera. En la Tabla 1 se muestra la clasificación científica del yacón.

**Tabla 1. Clasificación científica del yacón**

Tipo	Nombre científico
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Asterales
Familia	Astereceae
Subfamilia	Asteroideae
Genero	Smallanthus
Especie	S. sonchifolius

Fuente: (*Poepp y H. Robinson 2004*)

### 3.2.1.1. Valor nutricional del yacón

El yacón es una de las raíces reservantes comestibles con mayor contenido de agua. Según diversos autores entre 83 y 90% del peso fresco de las raíces es agua. Los carbohidratos representan alrededor del 90% del peso seco de las raíces recién cosechadas, de los cuales entre 50 y 70% son fructo oligosacáridos (FOS). El resto de carbohidratos lo conforman la sacarosa, fructosa y glucosa (Ohyama 1990, Asami 1991, Collazos 1993 y Hermann 1999). La composición de los azúcares varía significativamente debido a diferentes azúcares factores como el cultivar, la época de siembra y cosecha, tiempo y temperatura es postcosecha, entre otros. Las raíces reservantes acumulan, además, cantidades importantes de potasio, compuestos polifenólicos derivados del ácido cafeico, sustancias antioxidantes como ácido clorogénico y triptófano (Takasugi y Masuda 1996, Yan 1999, Takenaka 2003). En la Tabla 2 se muestra la composición química de la raíz comestible de yacón.

**Tabla 2. Composición química promedio de yacón (en relación a 1 kg de materia comestible de raíz fresca)**

Variable	Promedio	Rango
Materia seca (g)	115	98 – 136
Carbohidratos totales (g)	106	89 – 127
Fructanos (g)	62	31 – 89
Glucosa libre (g)	3.4	2.3 – 5.9
Fructosa libre (g)	8.5	3.9 – 21.1
Sacarosa libre (g)	14	10 – 19
Proteína (g)	3.7	2.7 – 4.9
Fibra (g)	3.6	3.1 – 4.1
Lípidos (mg)	244	112 – 464
Calcio (mg)	87	56 – 131
Fósforo (mg)	240	182 – 2946
Potasio (mg)	2282	1843 - 2946

Fuente: *Hermann (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 2003 y Douglas 2005*), Indican que estudios realizados con animales arrojan que los fruto oligosacáridos (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. En la Tabla 3 se muestra el contenido de azúcares en yacón.

**Tabla 3. Contenido de azúcares en la raíz tuberosa de yacón**

<b>Componentes</b>	<b>Contenido mg/g peso seco</b>
Fructosa	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
Inulina	13.5 + - 0.40

G = glucosa. F = fructuosa. GF<sub>n</sub> = glucosilfructuosa

Fuente: *Hernán (1999)*

Los Fructo oligosacáridos que contiene el yacón presentan un rol como prebióticos, sustancias que nutren selectivamente a los microorganismos benéficos que forman parte de nuestra flora intestinal, la llamada bífida bacteria favoreciendo su crecimiento y frenando el desarrollo de los microorganismos perjudiciales. Las bifidobacterias a la vez, pueden aliviar la hiperglicemia es decir, el incremento de grasas en la sangre (colesterol y triglicéridos) (*Douglas et al. 2005*).

### **3.2.1.2. Zonas de cultivo de yacón en el Perú**

En el Perú su cultivo se extiende en 18 regiones de un total de (24 que tiene el país) entre los principales lugares de producción se encuentran:

Amazonas (Utcubamba, Bongará, Chachapoyas); Ancash (Huaraz, Caráz, Yungay); Apurímac, Arequipa (Arequipa); Ayacucho (Huamanga, Huanta); Cajamarca (Cajamarca, Contumazá, San Marcos, San Ignacio, Bambamarca y Jaén); Cerro de Pasco (Oxapampa); Cusco (Urubamba, Cusco (Calca, Paucartambo, La Convención); Huánuco (Huánuco); Huancavelica; Junín (Huancayo, Concepción, Jauja y Tarma); La Libertad (Otuzco, Santiago de Chuco, Sánchez, Sánchez Carrión); Lambayeque (Incahuasi); Lima (Pachacamac y Yauyos); Piura (Ayabaca y Huancabamba); Puno (Sandía y Carbaya) y San Martín. De todos los nichos de producción, los que más destacan son: Cajamarca, Puno, Oxapampa, Huánuco, Ancash y Junín. (*Seminario et al 2003*).

### **3.2.1.3. Zonas de cultivo de yacón en Cajamarca**

En los departamentos de Cajamarca, Contumazá, San marcos, San Ignacio, Bambamarca y Jaén. Las investigaciones en el Perú sobre procesamiento de yacón empezaron a comienzos del 2000, cuando el Centro Internacional de la Papa, descubrió 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. Entre otros productos que se pueden obtener a base de yacón se tiene: hojuelas, pasas y té de yacón (*Seminario et al 2003*).

### 3.2.2. La manzana (*Malus doméstica*)

La manzana corresponde al grupo de frutas acuosas que se caracterizan por poseer entre un 80 y 90% de agua. El resto de los componentes son principalmente glúcidos: azúcar invertido, sacarosa, almidón, pentosanos, celulosa, hemicelulosa, y pectina; una pequeña cantidad de materia nitrogenada: albúminas, globulinas y aminoácidos libres; y el extracto etéreo que comprende principalmente la capa de cera que cubre la epidermis que evita la evaporación excesiva de agua por la superficie del fruto.

Además de estos componentes hay ácidos orgánicos: cítrico, málico, tartárico, y sus sales; y compuestos polifenólicos como el ácido cloro génico, taninos y sorbitol. La importancia nutritiva de estas frutas reside en su contenido de vitaminas, minerales y sustancias aromáticas. Para la elaboración de los distintos productos industriales de la manzana se requieren, en general, características particulares de la materia prima en lo que refiere a estado sanitario, forma, tamaño y composición química *Maffei (1996)*. En la Tabla 4 se muestra la clasificación científica de la manzana.

**Tabla 4. Clasificación científica de la manzana (*Malus doméstica*)**

<b>Tipo</b>	<b>Nombre científico</b>
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Género	Malus
Especie	M. doméstica

Fuente: (*Dobrzański y Col 2006*)

### 3.2.2.1. Valor nutricional de la manzana

Desde el punto de vista dietético, la manzana presenta un elevado contenido en potasio y un bajo contenido en sodio además de su bajo contenido calórico. Es importante destacar el alto contenido de ácido málico aunque depende de la variedad y del tiempo de almacenamiento. En la Tabla 5 se presenta el valor nutricional de la manzana.

**Tabla 5. Valor nutricional de 100g de manzana fresca**

<b>Componentes</b>	<b>Contenido</b>
Agua (g)	84
Proteínas (g)	0.3
Lípidos (g)	0.6
Carbohidratos (g)	15.0
Calorías (kcal)	58.0
Vitamina A (U.I)	90.0
Vitamina B1 (mg)	0.04
Vitamina B2 (mg)	0.02
Vitamina B6 (mg)	0.03
Vitamina C (mg)	5.0
Ácido málico (mg)	270 – 1020
Ácido cítrico (mg)	0 – 30
Ácido oxálico (mg)	1.15
Sodio (mg)	1.0
Potasio (mg)	116
Calcio (mg)	7.0
Magnesio (mg)	5.0
Manganeso (mg)	0.07
Hierro (mg)	0.30
Cobre (mg)	0.08
Fósforo (mg)	0.10

Fuente: *Frutas tradicionales (2012)*

### **3.2.3. Penca sábila (*Aloe vera*) Componente funcional incorporado a las matrices vegetales**

Al considerar fortalecer alimentos, se debe pensar por ejemplo: las razones que influyen en los cambios de los hábitos alimentarios; la importancia de nutrientes específicos que ayudan a reducir el riesgo de ciertas enfermedades y los nuevos descubrimientos científicos que muestran el rol de los nutrientes para el mejoramiento de la salud. En los últimos años los compuestos naturales han cobrado gran relevancia en áreas como la alimentaria, la cosmética o la farmacéutica. La composición de extractos vegetales en el aporte de nutrientes para mejorar el valor intrínseco de un alimento, se presenta como un elemento atractivo para la industria y los consumidores. Existe una gran gama de compuestos con actividad fisiológica concentrada en forma de suplementos (píldoras, barras energéticas, dietas líquidas), sin embargo estas formulaciones no proporcionan la serie de ingredientes naturales que un alimento aporta *Betoret (2002)*.

#### **3.2.3.1. Composición química de la penca sábila (*Aloe vera*)**

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 2007, Park y Kwon 2006, Park 1998, Okamura 1996, Yamaguchi 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 es limitada *Femenia (1999)*. Los polisacáridos representan cerca del 20 % del total de los sólidos totales del parénquima mucilaginoso de las hojas, demostrándose que aproximadamente 20 glicoproteínas asociadas con estos polisacáridos contribuyen a la actividad farmacológica del Aloe vera (*Park y Kwon 2006, Larionova 2004*).



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 2007; Femenia 1999*). El manano, presente en el gel líquido del aloe es base de sus propiedades visco elásticas *Ni (2004)*. Además contiene 17 de los 20 aminoácidos presentes en el organismo humano, siendo la Arginina el más abundante (*Eshun y He 2004, Vega 2005, Waller 1998*).

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 2005, Vega 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*). Respecto a las variaciones en la composición de aloe, los incrementos más significativos en los componentes, por ejemplo aloína, se encontraron en plantas de 2-3 años (*Eshun y He 2004*).

### **3.2.3.2. Productos de penca sábila (*Aloe vera*)**

En esta materia es importante conocer el origen del producto de Aloe vera a utilizar ya que esto nos certifica su calidad y seguridad, además de la cantidad necesaria para que exista un efecto beneficioso sobre la salud. Respecto a los formatos de Aloe vera disponible, se puede adquirir como: extracto fluido, jugo, ungüento, extracto concentrado, etc. La calidad y eficacia del gel de Aloe vera dependerán del proceso de obtención, manteniendo bajo control los puntos críticos de seguridad (tratamiento térmico controlado, uso de aditivos antioxidantes, etc.), y los puntos críticos de calidad, materia prima, optimización del proceso, control de temperaturas y almacenamiento (*Eshun y He 2004*).

### **3.2.3.3. Uso de la penca sábila (*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 fresco o como ingrediente de preparaciones culinarias (ensaladas o productos de pastelería), incluso es un componente apetecible en la cocina de diseño. En la producción industrial de alimentos se elabora como producto principal, encontrándose como conserva o congelado. 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 y Romero 2006*).

En este ámbito, se destaca su poder anti fúngico, obteniéndose un resultado exitoso en la mantención de uva de mesa, reportándose que la aplicación de gel de Aloe vera como tratamiento de pre cosecha inhibe el deterioro microbiológico y reduce el índice de descomposición durante la postcosecha (*Castillo 2010, Serrano 2006, Valverde 2005*).

### **3.2.4. Reacción del pardeamiento enzimático**

El pardeamiento enzimático es un conjunto complejo de reacciones, cuyo inicio es catalizado enzimáticamente. La polifenoloxidasas, tiene dos actividades enzimáticas, una hidrolizando monofenoles (“cresolasa”) a difenol y otra oxidando difenoles a quinonas (“catecolasa”) *Calvo (2006)*.

La característica estructural más importante de esta enzima es la presencia, en su centro activo, de dos átomos de cobre, unidos cada uno de ellos a tres histidinas. En su entorno se sitúan una serie de aminoácidos hidrofóbicos, con anillos aromáticos, para la unión de los sustratos, por lo que también son importantes en su actividad, *Calvo (2006)*. Las quinonas se pueden convertir en tri fenoles por reacción con el agua, y posteriormente oxidarse a hidroxiquinonas. Todas estas sustancias son muy reactivas, dando lugar a polímeros y reaccionando con otras sustancias presentes en el alimento, especialmente proteínas.

Los productos finales, llamados melaninas, son de color oscuro e insoluble en agua (FAO 2000). En vegetales, el sustrato más extendido es el ácido clorogénico, en el que el grupo fenólico se encuentra unido a un resto de azúcar, y se encuentra en manzanas, peras, melocotones, ciruelas, uvas, aguacates y patatas; entre otros (FAO 2000).

El control natural de la actividad de la polifenoloxidasas se produce fundamentalmente mediante la compartimentalización de los sustratos. La enzima se encuentra en los plastidios y cloroplastos (en los vegetales superiores), y también en el citoplasma celular; mientras que los compuestos fenólicos que pueden servir de sustratos se acumulan en vesículas. Cuando se rompe la compartimentalización por un daño mecánico, como el triturado, corte o congelación y descongelación, la reacción de pardeamiento se puede producir Calvo (2006).

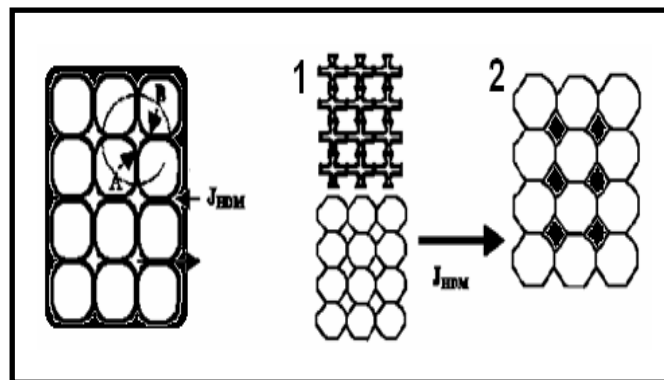
La reacción de pardeamiento se puede frenar actuando sobre diferentes factores: remoción del oxígeno, aplicando calor, reduciendo el pH o incorporando agentes reductores o quelantes. Los reductores pueden actuar de varias formas, entre ellas revertiendo la reacción de quinonas a fenoles. También pueden actuar directamente sobre el centro activo de la enzima, reduciendo el Cu disocia más fácilmente Calvo (2006).

### **3.2.5. La impregnación al vacío**

La impregnación a vacío de un producto poroso, consiste en el intercambio del gas interno y/o líquido ocluido en los poros abiertos por una fase líquida externa, debido a la acción de mecanismos hidrodinámicos promovidos por cambios de presión (Fito y Col 2001). La operación es realizada en dos etapas después de la inmersión del producto en el estanque conteniendo la fase líquida. En el primer paso, se impone en un sistema cerrado una presión vacuométrica ( $p_1 \sim 50 - 100$  mbar), por un corto tiempo ( $t_1$ ), promoviendo la expansión y salida de gas interno del producto. La salida de gas toma líquido nativo contenido en el poro del producto con él.

En el segundo paso, se recupera la presión atmosférica ( $p_2$ ) por un tiempo ( $t_2$ ) y la compresión lleva a una gran reducción de volumen del gas restante en los poros y el consecuente flujo del líquido externo en la estructura porosa. La compresión puede también reducir el tamaño de poro dependiendo de la resistencia mecánica de la matriz del sólido (*Fito y Col 2001*).

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



**Figura 1. Esquema del fenómeno de impregnación al vacío**

Fuente: (*Fito y Pastor 1994*).

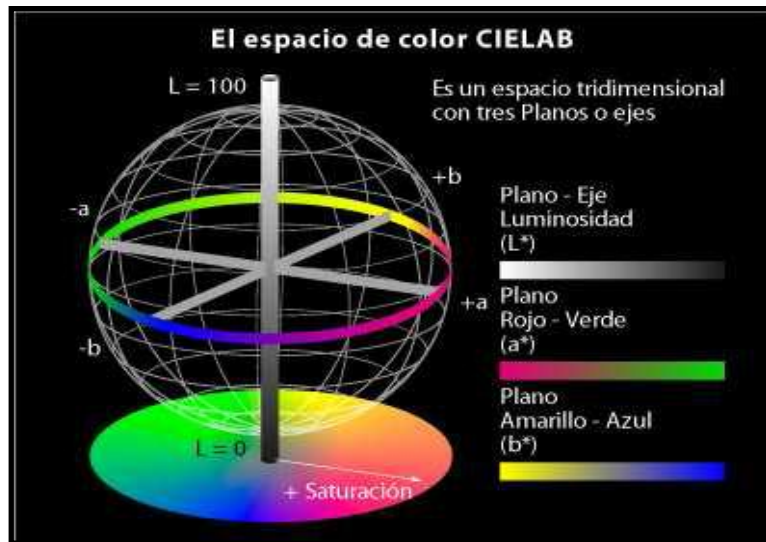
En la Figura 1. Se observa el Mecanismo hidrodinámico durante tratamientos de vacío en sólidos porosos. A la izquierda de la Figura 1 se muestra el sistema inicial.

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

### **3.2.6. El color indicador de las reacciones de pardeamiento (Método L.A.B)**

El sabor, la textura, olor y el color son atributos que los consumidores tienen presente para evaluar la calidad de los alimentos al momento de adquirirlos. El cambio en el color en frutas y hortalizas está relacionado con reacciones entre sus componentes como clorofilas, carotenoides, antocianinas, o por reacciones enzimáticas.

Las reacciones de pardeamiento enzimático permiten el estudio de la evolución en el tiempo del cambio de color de un tejido vegetal por acción de la polifenol oxidasa. De aquí, se deriva el cálculo de ciertos parámetros como el Índice de Pardeamiento (IP) o el cambio de color normalizado ( $\Delta E$ ), los cuales son útiles en la investigación del control del pardeamiento en frutas, al evaluar diferentes clases de antioxidantes *Pérez (2007)*. El espacio de color tridimensional, CIE-L\*a\*b\* cuyas siglas provienen del inglés (The Commission Internationale of l'Éclairage) define las magnitudes colorimétricas que se derivan matemáticamente de los valores tri-estímulo y pueden considerarse como una respuesta de los observadores patrones a un estímulo luminoso.



**Figura 2. Espacio de color CIE-L\*a\*b\*.**

Fuente: *Westland (2008)*.

En la Figura 2 se puede observar el espacio cartesiano que está definido por tres coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . Según *McDougal (2002)*. Mediante este sistema se miden 3 parámetros:

- ❖  $L^*$ : es una coordenada fotométrica que indica la luminosidad de la superficie de un color, variando desde cero para un negro hasta 100 para un blanco (los colores fluorescentes pueden dar un valor de  $L^*$  mayor que 100).
- ❖  $a^*$ : es un índice de la composición en verde o rojo según adquiera valores negativos o positivos respectivamente
  - + $a^*$  (valor positivo): rojo
  - $a^*$  (valor negativo): verde
- ❖  $b^*$ : indica la composición en color azul o amarillo según los valores que alcance sean negativos o positivos respectivamente
  - + $b^*$  (valor positivo): amarillo
  - $b^*$  (valor negativo): azul

Los números  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  son importantes cuando se busca obtener numéricamente las diferencias de color. El valor numérico de la diferencia de color,  $\Delta E$ , se determina por medio de la Ecuación n° 1  $\Delta E = [\Delta L^2 + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}]^{1/2}$ .

$\Delta E^*$  es siempre positiva y es estrictamente la medida de la diferencia total de color entre el estándar y la muestra, pero no da información del tipo de diferencia. Solo si la diferencia de claridad sea positiva o negativa nos dirá si la muestra del ensayo es más clara o más oscura que la referencia. Este realmente expresa la dirección de la diferencia de color *Molto (2007)*.

### **3.2.7. Productos deshidratados**

Un alimento deshidratado, es aquel al que se le extrae parcial o totalmente el agua que contiene. Para conseguir esto, se produce un fenómeno de transferencia de masa y de calor. La transferencia de calor debe ser tal que se alcance el calor latente de evaporación, logrando que el vapor de agua atraviese el alimento y lo abandone. La deshidratación de sólidos ocurre debido al mecanismo de difusión. En ausencia de reacción química, la ley de Fick describe adecuadamente el comportamiento de sólidos deshidratados en estado no estacionario.

El comportamiento particular del sólido durante la deshidratación depende de muchos factores, tales como la superficie expuesta, la densidad de carga y la porosidad, entre otros *Vega (2007)*. El secado o deshidratación de alimentos se usa principalmente como técnica de preservación, ya que inhibe el desarrollo de microorganismos que provocan descomposición, además es un método de inactivación enzimática. El éxito de este procedimiento radica en que, además de proporcionar estabilidad microbiológica, debido a la reducción de la actividad de agua, y fisicoquímica; aporta ventajas en la industria tales como la reducción de peso y volumen; lo que facilita el transporte, manipulación y reduce los costos por concepto de almacenamiento del producto. Otro efecto importante, es la posibilidad de trabajar con alimentos que naturalmente son perecibles, sin necesidad de refrigeración *Vega (2006)*.

El método que se utilice para secar, dependerá de la naturaleza del alimento y del producto que se quiere obtener. Los métodos más conocidos son: secado al sol, secado spray, secado convencional en bandejas, deshidratación a vacío, liofilización y deshidratación osmótica Vega (2007).

En la actualidad, la deshidratación convencional sigue siendo una de las formas de conservación de alimentos más utilizada a nivel industrial Vega (2006). 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 Mayor (2005). 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 Steel 1997). 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 (2000).

### **3.2.8. Determinación de fracción volumétrica en muestra impregnada con líquido (X)**

Las lecturas de la balanza correspondientes a cada uno de los pasos seguidos durante el proceso de Impregnación a Vacío se explican a continuación:

**M<sub>L0</sub>**: masa del recipiente con la disolución en el instante inicial.

**M<sub>L0</sub>'**; masa del recipiente con la disolución en el instante inicial, excluida la masa de líquido que moja la superficie de la muestra.



**L0**; masa de líquido desplazado por la muestra. Coincide con el volumen de la muestra  $V_0$  multiplicado por la densidad de la disolución ( $\rho$ ).

**Lt1**; masa de líquido desplazado por la muestra en el instante  $t_1$  excluida la masa de agua evaporada ( $M_{w1}$ ) y la masa de disolución que ha penetrado en la muestra en ese periodo de tiempo ( $M_{x1}$ ). Además, si la disolución no es isotónica con la muestra, puede haberse producido una salida de agua de la muestra y una entrada de solutos de la disolución dentro de la muestra.

Llamando  $M_{DO1}$  a la masa neta (agua + solutos) ganada por la muestra, y teniendo en cuenta que el valor de  $L_{t1}$  se encuentra también afectado por el desplazamiento ( $D$ ) de la lectura de la balanza debido a la variación de presión, se tendrá:

$$L_{t1} = V_{t1}\rho - M_{w1} - M_{x1} - M_{DO1} - D \quad \text{Ec. 1}$$

**Lt1\***; valor relacionado con la cantidad de disolución que impregna la muestra, con el agua evaporada hasta el instante  $t_1$ , y con la masa de agua y solutos intercambiados entre la muestra y la disolución debido a los gradientes de concentración existentes:

$$L_{t1*} = M_{w1} - M_{x1} - M_{DO1} - D \quad \text{Ec. 2}$$

**Lt1**; este valor tiene el mismo significado que  $L_{t1*}$ , pero la muestra fue extraída de la disolución, dejando escurrir, y sumergida nuevamente, con el objeto de eliminar las burbujas adheridas a la superficie, conociendo así el empuje medio en ese momento. Este valor es el que se tiene en cuenta en los cálculos.

**Lt2**; masa de líquido desplazado por la muestra en el instante  $t_2$ , excluyendo la masa de agua evaporada durante el periodo de vacío, la cantidad de disolución que penetró en la muestra hasta el instante  $t_2$  ( $M_{x1} + M_{x2}$ ) y la masa neta (agua + solutos) ganada por la muestra debido a la existencia de gradientes de concentración:

$$L_{t2} = V_{t2}\rho - M_{W1} - (M_{X1} + M_{X2}) - (M_{D01} + M_{D02})$$

**Lt2\***; masa de disolución isotónica que penetró en la muestra, agua evaporada y masa neta (agua + solutos) ganada por la muestra debido a la existencia de gradientes de concentración, hasta el instante t2.

$$L_{t2*} = M_{W1} - (M_{X1} + M_{X2}) - (M_{D01} + M_{D02}) \quad \text{Ec. 4}$$

**ML2**; masa del recipiente con disolución al final del proceso.

Las diferentes pesadas realizadas a lo largo del proceso permiten calcular los parámetros de impregnación característicos: la fracción volumétrica de muestra impregnada con líquido (X). Las ecuaciones de modelo que permiten determinar el valor de estos parámetros en un experimento de Impregnación a Vacío se detallan a continuación.

- **La impregnación al final del periodo de vacío puede expresarse como:**

$$X_1 = \gamma_1 + \frac{L_0 - (L'_{t1} + D)}{L_0} - \frac{M_W}{L_0} \quad \text{Ec. 5}$$

Y la impregnación final,

$$X = \frac{[M_2 - (M'_{L0} - M_{L0})] - M_0}{E_0} = \frac{(M_2 - M_0) - (M'_{L0} - M_{L0})}{L_0} \quad \text{Ec. 6}$$

La impregnación que se produce durante la etapa a presión atmosférica se podría calcular por diferencia entre X y X<sub>1</sub>. Sin embargo, en muchos casos, las determinaciones experimentales han conducido a valores negativos de X<sub>1</sub>. Esto supone una pérdida de líquido nativo por parte de la muestra, por lo que la masa de disolución externa que realmente se logra introducir en la muestra al final del proceso de IV, por el acoplamiento entre el mecanismo hidrodinámico y los fenómenos de deformación-relajación, será la que penetra durante la etapa a presión atmosférica (Fito et al. 1996).

- **Ecuación para encontrar la fracción volumétrica:**

$$X = \frac{Mf - Mi}{\rho_{dis} \left( \frac{Mi}{\rho_{apm}} \right)} \quad \text{Ec 7}$$

**Donde:**

X: Fracción volumétrica

Mf: Peso Final (después de la impregnación)

Mi: Peso inicial (antes de la impregnación)

$\rho_{dis}$ : Densidad de la solución

$\rho_{apm}$ : Densidad aparente de la muestra.

### 3.2.9. Metodología de superficie de respuesta

La necesidad creciente de optimizar los productos y procesos, minimizando costos y tiempo, maximizando rendimientos, productividades y cualidades de productos, entre otros objetivos, ha llevado a que profesionales de diferentes formaciones busquen técnicas sistemáticas de planeamiento de experimentos. La metodología del planeamiento factorial, asociada al análisis de superficie de respuesta, es una herramienta fundamentada en teorías estadísticas, que brinda informaciones seguras sobre el proceso, minimizando el empirismo que envuelve las técnicas de tentativa y error. Metodología de Superficie de Respuesta, es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas utilizadas para modelar y analizar problemas en los que una variable de interés es influenciada por otras.

El objetivo es optimizar la variable de interés. Esto se logra al determinar las condiciones óptimas de operación del sistema (*Rodríguez y Lemma 2005*).

Las ventajas de trabajar con el Método Superficie Respuesta según (*Rodríguez y Lemma 2005*) son:

- ✓ Reduce el número de experiencias o repeticiones y mejora la calidad de la información obtenida a través de los resultados. Esto significa una sensible disminución del trabajo y, consecuentemente, del tiempo y del costo final.

- ✓ Los factores son analizados simultáneamente. Asimismo, se puede cuantificar los efectos sinérgicos y antagónicos de los factores de interés.
- ✓ Es posible optimizar más de una respuesta al mismo tiempo. Esta es una de las grandes ventajas del planeamiento factorial. Se puede optimizar variables como rendimiento, productividad y pureza, y/o minimizar variables de costo y contaminación, entre otras, individual o simultáneamente.
- ✓ Permite calcular y valorar el error experimental. Esto es fundamental para especificar el nivel de confianza estadística con el cual podemos estimar la reproductividad del resultado deseado. No es prudente confiar en un resultado aislado.
- ✓ Es deseable saber si al repetir el proceso n veces tendrá un comportamiento semejante, variando el error experimental esperado, de modo que se asegure la estabilidad del proceso.

### **3.2.10. Evaluación sensorial y control de calidad en alimentos**

#### **3.2.10.1. Evaluación sensorial**

La evaluación sensorial es una disciplina científica, empleada para evocar, medir, analizar e interpretar reacciones características del alimento, percibidas a través de los sentidos de la vista, olfato y gusto, tacto y audición *Hall (1998)*, por lo tanto la calidad sensorial es un aspecto de calidad de los alimentos ligada a las sensaciones que el ser humano experimenta al ingerirlo. Este aspecto no es una característica intrínseca del alimento como lo es la calidad nutritiva o composicional, sino que es el resultado de la interacción entre el alimento y el hombre *Costell (1991)*.

Por ello no solo depende de la composición y estructura de los alimentos, sino también de la condición fisiológica, psicológica y sociológica de la persona que lo ingiere, considerando así la calidad sensorial como la sensación humana provocada por estímulos provenientes del alimento *Costell (1988)*.

### 3.2.10.2. Atributos sensoriales y su control

Los atributos sensoriales de los alimentos son destacados a través de los sentidos, hay algunos atributos que se detectan por medio de un solo sentido, mientras que otros son detectados por dos o más sentidos.

- **Apariencia:**

Este atributo abarca todos los factores que se perciben a través de la visión. Entre ellos los más importantes son los relacionados con el tamaño, con defectos superficiales y con el color *Costell (1998)*. Se puede afirmar que la visión es el primer sentido que interviene en la evaluación sensorial de un alimento, captando todos los atributos que se relacionan con la apariencia, ya que las propiedades que se captan por la vista afectan significativamente la selección del producto, el consumidor espera una forma, color y tamaño específico para cada alimento, cualquier desviación de estos parámetros puede ocasionar rechazo *Wittig (1981)*.

El color interfiere significativamente con otras propiedades sensoriales, cuando se realizan pruebas de sabor y textura, un color desagradable puede ser asociado por los jueces, inconscientemente, con un sabor o textura desagradables, alterando sus respuestas. En casos e necesario enmascarar el color, aplicando técnicas como utilizar colorantes vasos y luces de colores *Anzaldúa (1994)*.

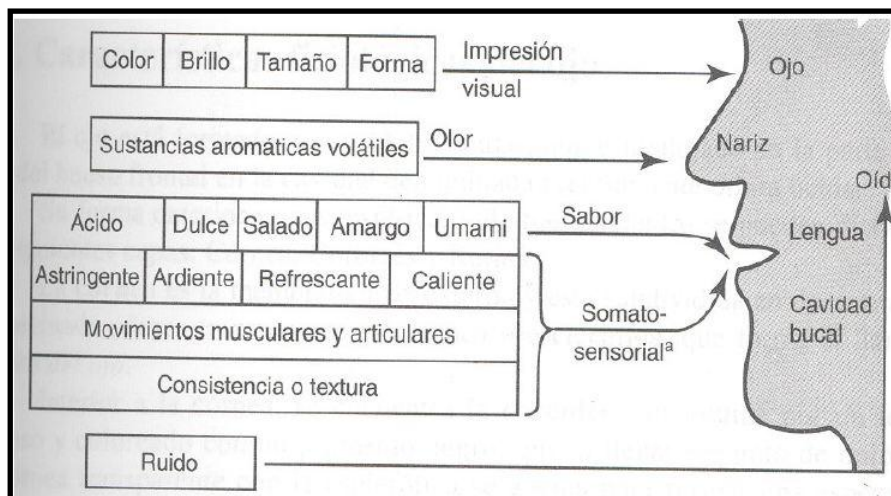
- **Sabor:**

Es la sensación percibida a través de las terminaciones nerviosas de los sentidos del olfato y gusto. Se definen cuatro sensaciones básicas: ácido, amargo, salado y dulce *Wittig (1981)*. *Carpenter (2000)* se refiere al sabor como la combinación del olor y el gusto, y menciona que este puede ser influenciado por sensaciones de calor, frío y por sensaciones táctiles. Moskowitz y Chandler citados por *Ordoñez (1995)*, mencionan que se puede producir una gran pérdida en la aceptabilidad, por pequeños cambios en el sabor de un alimento, con lo cual el sabor llega a ser la principal causa de rechazo de un producto.

- **Textura:**

Anzaldúa (1994). Después de estudiar varias definiciones de textura considera que la más aceptada corresponde a la propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista, el oído, que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación. La textura es la manifestación sensorial de la estructura o de la composición interior de los productos en términos de la reacción a la tensión y propiedades mecánicas (dureza, firmeza, adhesividad, viscosidad, etc.) por la sensación de los músculos de las manos, dedos, lengua, mandíbula y labios. La mezcla de propiedades percibidas en la superficie de la piel, manos y lengua. Entonces si la sensación percibida es buena de agrado o si por el contrario la sensación es mala, el producto no será aceptado provocando una sensación de desagrado.

En la Figura 3 se presenta el sensograma de introducción al análisis sensorial de los alimentos.



**Figura 3. Sensograma. Introducción al análisis sensorial de los alimentos**

Fuente: *Hernández (2005).*

En la Figura 3 se observa las diferentes percepciones de un producto alimenticio a través de los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído.

### **3.2.10.3. Panel de evaluación sensorial**

*Anzaldúa (1994)* manifiesta que existe varios tipos de panelista de acuerdo al estudio que se está realizando: expertos, entrenados o de laboratorio y consumidores. Los dos primeros son empleados en el control de la calidad en el desarrollo de nuevos productos o para cuando se realizan cambios en las formulaciones. El segundo grupo es empleado para determinar la reacción del consumidor hacia el producto alimenticio. Los panelistas deben cumplir con algunos requerimientos, que son importantes para obtener excelentes resultados de acuerdo a los objetivos trazados, entre los requisitos tenemos:

- Asistir puntualmente a cada una de las sesiones de catación.
- Debe tener una buena concentración y disposición, durante el desarrollo del panel.
- Preferiblemente deben ser ambos géneros (femenino y masculino).
- Los panelistas deben evitar el uso de alcohol y de alimentos con especias y el café.
- Los panelistas en lo preferible deben ser no fumadores, y si lo son se recomienda que no hayan fumado por lo menos una hora antes del desarrollo de la prueba.
- No deben estar fatigados o cansados.
- No deben estar involucrados en el desarrollo del producto en estudio.
- No se recomienda realizar las pruebas después de haber consumido alguna comida abundante o por el contrario sin haber probado bocado desde varias horas.

### **3.2.10.4. Condiciones para las pruebas**

El desarrollo de las pruebas se debe llevar a cabo, en un lugar que cumpla con unas condiciones que favorezcan unos resultados eficientes, debe disponer de una infraestructura adecuada, poseer un instrumental y personal calificado. Dentro del sitio de la evaluación sensorial deben existir dos áreas principalmente separadas una de la otra *Anzaldúa (1994)*.

- Área de preparación de la muestra.
- Área de la realización de las pruebas o catación de las muestras.

### **3.2.10.5. Métodos para la evaluación sensorial**

Hay un gran número de pruebas sensoriales de distintas características y diferente campo de aplicación, para facilitar su estudio las pruebas sensoriales suelen clasificarse en grupos. Entre los distintos criterios que se pueden usar para agruparlas, uno de los más útiles es considerar el tipo de información que proporcionan de acuerdo a este criterio, las pruebas sensoriales se pueden clasificar en discriminatorias, descriptivas y pruebas afectivas (*Anzaldúa et al. 1994*).

#### **a. Pruebas afectivas:**

En este grupo se encuentran: las pruebas de preferencia, pruebas de satisfacción y pruebas de aceptación.

#### **a.1. Pruebas de satisfacción**

##### **a.1.1. Escala hedónica verbal**

Consiste en pedirle a los panelistas que den su informe sobre el grado de satisfacción que tienen de un producto, al presentársele una escala hedónica o de satisfacción, pueden ser verbales o gráficas, la escala verbal va desde me gusta muchísimo hasta me disgusta muchísimo, entonces las escalas deben ser impares con un punto intermedio de ni me gusta ni me disgusta.

Es un método para medir preferencias, para estudiar la posible aceptación del alimento. En este método la evaluación del alimento resulta hecha indirectamente como consecuencia de la medida de una reacción humana. Se pide al juez que luego de su primera impresión responda cuanto le agrada o desagrada el producto *Costell (1994)*.



#### **IV. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION**

El efecto de la impregnación al vacío de penca sábila (*Aloe vera*) deshidratado en yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y manzana (*Malus doméstica*) disminuye las reacciones de pardeamiento enzimático.

#### **V. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **5.1. Objetivo general de la investigación**

- ✓ Determinar el efecto de la impregnación al vacío de penca sábila (*Aloe vera*) deshidratado en yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y manzana (*Malus doméstica*) en la disminución del pardeamiento enzimático.

##### **5.1.1. Objetivos específicos**

- Optimizar el proceso de impregnación al vacío utilizando el método de superficie de respuesta en la determinación de fracción volumétrica, luminosidad (L\*), color, sabor y textura en yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y manzana (*Malus doméstica*).
- Determinar la influencia de la presión y el tiempo en el proceso de impregnación al vacío de penca sábila (*Aloe vera*) deshidratado en yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y manzana (*Malus doméstica*) en la disminución del pardeamiento enzimático.
- Evaluar la aceptación sensorial de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y manzana (*Malus doméstica*) en cuanto a luminosidad (L\*), color, sabor y textura mediante un panel sensorial semi entrenado.

## **VI. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación**

La presente investigación se llevó a cabo en el 3er piso del laboratorio de Bioingeniería y Fermentaciones Industriales, de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca.

### **6.2. Materiales**

#### **6.2.1. Materiales e insumos**

- ✓ El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) tuvo como procedencia al Caserío de Vista Alegre, Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca, Región Cajamarca.
- ✓ La manzana (*Malus domestica*) tuvo como procedencia al Valle de Condebamba, Provincia de Cajabamba, Departamento de Cajamarca.
- ✓ Penca sábila (*Áloe vera*) deshidratado. 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 Terry Labs (Melbourne, FI, USA).

#### **6.2.2. Materiales y equipos de laboratorio**

##### **a) Materiales y equipos para el procesamiento**

- ✓ Bomba a vacío SARTORIUS 0-900 mbar
- ✓ Depósito hermético de acero inoxidable acoplado a una bomba de vacío.
- ✓ Erlenmeyer de vidrio de 1 litro
- ✓ Termómetro
- ✓ Agua destilada para laboratorio
- ✓ Mesa de acero inoxidable
- ✓ Utensilios: tinas, baldes, cuchillos, tablas de picar.

## **b) Material y equipo para el análisis físico – químico**

- ✓ Picnómetro marca BLAUBRAND
- ✓ Colorímetro marca KONICA - MINOLTA
- ✓ Refractómetro marca ATAGO
- ✓ Texturómetro marca BROOKFIELD
- ✓ Balanza analítica digital marca PRECISA
- ✓ Material de vidrio (fiolas, matraces, beakers, tubos de ensayo, etc.)
- ✓ Piscetas

## **c) Material para el análisis sensorial**

- ✓ Agua de mesa embotellada
- ✓ Vasos descartables
- ✓ Tenedores descartables
- ✓ Platos descartables
- ✓ Cartillas de evaluación.
- ✓ Lapiceros

## **d) Otros materiales**

- ✓ Laptop
- ✓ Memoria USB de 4 GB
- ✓ Cámara fotográfica digital
- ✓ Útiles de escritorio

## **6.3. Métodos de Análisis**

### **6.3.1. Análisis fisicoquímico**

- Color: Se determinó midiendo los parámetros: L (luminosidad), en un Colorímetro KONICA – MINOLTA (Escala  $L^*a^*b^*$ ). También referido como CIELAB, propuesto por la Commission International de l' Eclairage CIE  $L^* a^* b^*$ .

- Sólidos solubles: Se determinó midiendo los parámetros de grados °Brix, en un Refractómetro ATAGO.
- pH: Se determinó por el método potenciométrico sugerido por la AOAC (2005). Método 981.12.
- Textura: Se determinó midiendo la textura de las muestras de yacón y manzana en un Texturómetro BROOKFIELD.
- Densidad de la solución: Método del picnómetro a 20°C, método oficial 945.06 (AOAC 2005).
- Densidad real: Se determinó en los trozos de yacón y manzana por medio del cociente del peso de la fruta sin aire entre el volumen que ocupa en un picnómetro para determinar la densidad de sólidos. Método 942.06. (AOAC 2005).
- Densidad aparente. Se determinó en los trozos de yacón y la manzana por medio del cociente del peso de aire de la fruta entre el peso de la fruta en el agua. Método 942.06. (AOAC 2005)

### **6.3.2. Análisis sensorial**

Para la evaluación sensorial de las muestras se invitó a 20 panelistas semi entrenados (docentes de la Universidad Nacional de Cajamarca y alumnos del décimo ciclo de la carrera profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias), para tal fin. En esta prueba los especialistas degustaron 10 muestras de yacón y 10 muestras de manzana, las cuales tuvieron tiempos y presiones diferentes de impregnación a vacío, para ver la aceptabilidad del producto según el modelo del test hedónico, cuya escala estructurada fue la siguiente: Muy buena (5 puntos), buena (4 puntos), aceptable (3 puntos), regular (2 puntos), mala (1 punto) y muy mala (0 puntos). Luego se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores (muestra y sesión) para cada evaluador y cada atributo.

### **6.3.3. Evaluación sensorial de los atributos**

En el proceso de entrenamiento del panel, se obtendrá los valores de referencia para cada atributo del producto estándar, lo que permitirá tener los valores de optimización de cada variable de respuesta.

Una vez entrenado el panel sensorial, se evaluaron las 10 corridas de ambos productos (yacón y manzana). En el anexo 1 y en el anexo 2 se muestra la ficha de evaluación sensorial utilizada.

## **6.4. Metodología experimental**

### **6.4.1. Tipo de investigación**

- De acuerdo a la orientación: Aplicada.
- De acuerdo a la técnica de contrastación: Experimental.

### **6.4.2. Identificación de variables**

#### **6.4.2.1. Variable Independiente**

- Tiempo (minutos)
- Presión (mbar)

#### **6.4.2.2. Variable dependiente**

- Fracción volumétrica impregnada (X)
- Color (L\*): luminosidad
- Evaluación Sensorial: Color, sabor y textura

### **6.4.3. Definiciones operacionales**

En las Tablas 6 y 7 se muestran las dimensiones e indicadores de las variables independientes y de las variables dependientes. Seguidamente se muestra el Diseño experimental y en la Tabla 8 se muestra los niveles de operación de variables.

**Tabla 6. Dimensiones e indicadores de las variables independientes**

<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítems / Índices</b>
Tiempo	3 Tiempos de impregnación	▪ Comprendidos entre 10 y 20 minutos de impregnación.
Presión	3 Presiones de vacío	▪ Comprendidas entre 150 a 400 mbar

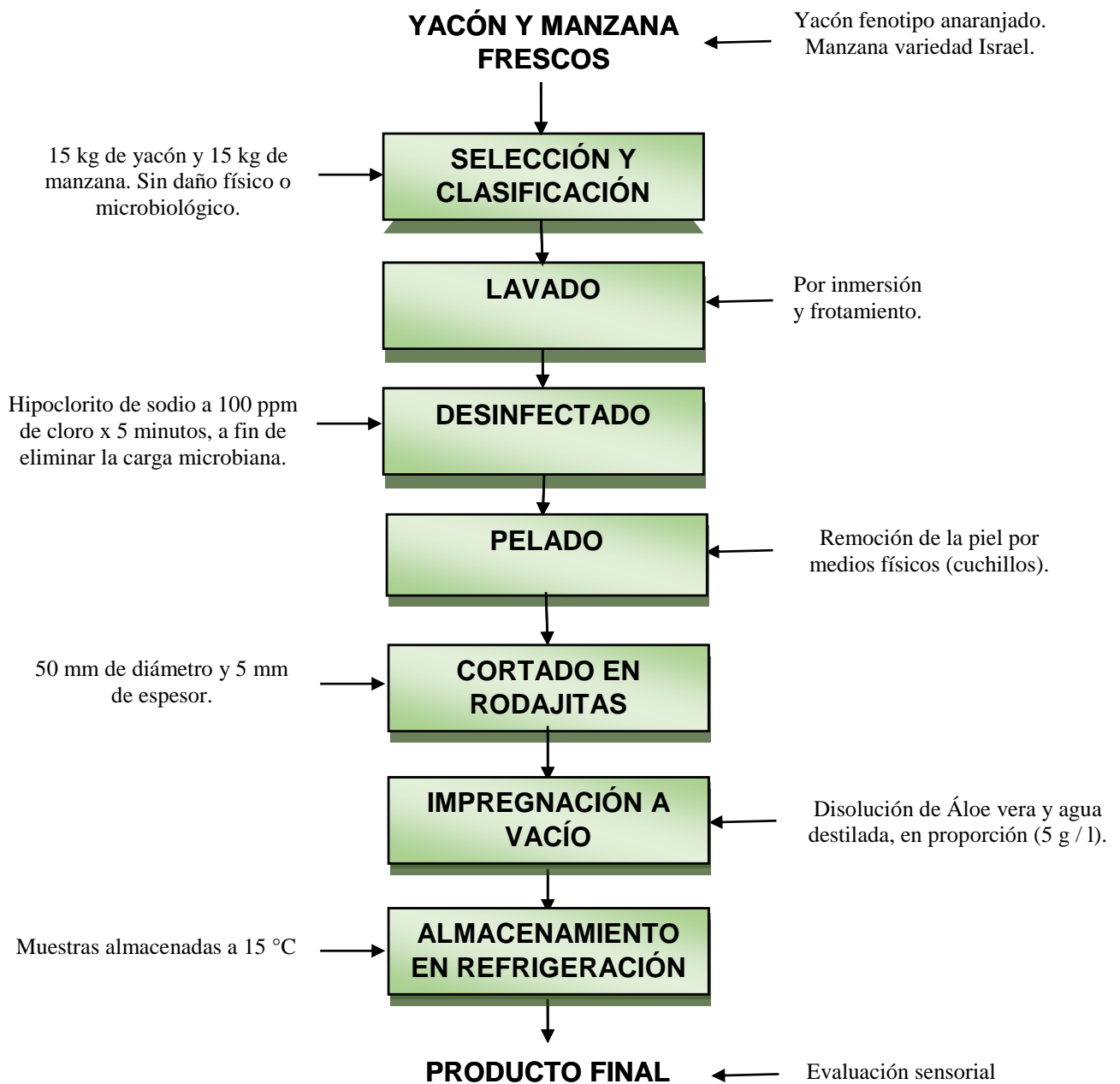
Fuente: *Elaboración propia*

**Tabla 7. Dimensiones e indicadores de las variables dependientes**

<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítems / Índices</b>
Impregnación a vacío	Análisis del modelo matemático propuesto por Fito et al. (1996)	▪ Fracción volumétrica impregnada (X)
Color	Medición a través del colorímetro en la escala L*a*b*.	▪ Color (L*)
Evaluación sensorial	Escalas no estructuradas, de 10 cm de longitud	▪ Puntaje de la evaluación de color, sabor y textura.

Fuente: *Elaboración propia.*

## FLUJO DE PROCESO: “IMPREGNACIÓN AL VACÍO DE ÁLOE VERA EN YACÓN Y MANZANA”



Fuente: *Elaboración propia, adaptado del modelo experimental de (Zhao y Xie 2004).*

**Figura 4.** “Flujo de proceso de impregnación al vacío de aloe vera en yacón

En la Figura 4 se muestra el flujo de proceso de impregnación a vacío de aloe vera en yacón y manzana, el cual fue detallado con anterioridad.

#### 6.4.4. Descripción de operaciones del proceso de impregnación a vacío

**a) Yacón fresco y manzana fresca:** El estudio se realizó con yacones del fenotipo “Anaranjado” y con manzana de la variedad “Israel”. Ambas muestras se almacenaron en refrigeración.

**b) Selección y clasificación:** Se seleccionaron 15 kg de manzanas y 15 kg de yacón que no presenten daño físico o microbiológico como golpes, magulladuras, pliegues o arrugas, cicatrices y rajaduras. La clasificación se realizó de acuerdo al tamaño y al índice de madurez con el fin de dar condiciones similares en el procesamiento. *Herrera (1992)*.

**c) Lavado:** 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. *Peleg (1995)*.

**d) Desinfectado:** Luego estas fueron sumergidas en una solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm de cloro, por un tiempo de 5 minutos, a fin de reducir la posible carga microbiana. *Guevara (2002)*.

**e) Pelado:** Consistió en la remoción de la piel de la fruta y el tubérculo, por medios físicos como el uso de cuchillos. El pelado permite una mejor presentación del producto favoreciendo la calidad sensorial. *López (1991)*.

**f) Cortado en rodajas:** Se obtuvo de la parte central, correspondiente al tejido parenquimático, con la ayuda de un bisturí, se moldearon rodajas de manzana y yacón de 50 mm de diámetro y 5 mm de espesor. *Urshel (1996)*.

**g) Impregnación a vacío:** Se realizó la impregnación a vacío a diferentes presiones y tiempos, con el líquido de impregnación compuesto por una disolución de penca sábila (*Aloe vera*) en agua destilada en proporción de 5g/1L. (*Barat JM, Fito P y Chiralt A 1999*).



**h) Almacenamiento en refrigeración:** Las rodajitas de yacón y manzana impregnadas con penca sábila (*Aloe vera*) fueron almacenadas en refrigeración a una temperatura de 15°C. Prolongando la vida útil, sin deteriorar los atributos sensoriales que definen su calidad comercial. *Barón (2000)*.

**i) Producto final:** El producto final fue evaluado y analizado por parte del panel sensorial semi entrenado.

#### **6.4.5. Parte experimental de la Investigación**

La descripción del esquema experimental del proceso de impregnación a vacío sugerido en la investigación se detalla a continuación:

##### **6.4.5.1. Acondicionamiento de materia prima y preparación del insumo**

###### **a) Acondicionamiento de las muestras de yacón y manzana**

El estudio se realizó con yacón del fenotipo “Anaranjado” y manzana de variedad “Israel” homogéneos en tamaño, forma, madurez y grado de frescura. Las muestras se almacenaron en refrigeración. De la parte central del yacón, correspondiente al tejido parenquimático y con la ayuda de un bisturí se obtuvo rodajas de 50 mm de diámetro y 5 mm de espesor.

###### **b) Preparación de la solución de Penca sábila (*Aloe vera*)**

El producto obtenido por una semejante al gel natural obtenido de la hoja del aloe vera para lo cual se utilizó 5 g/L Santana (2010), el procedimiento fue el siguiente: Se pesó en una (balanza analítica) la masa de Aloe correspondiente, luego en un vaso de precipitados con la tercera parte del agua destilada a utilizar y en agitación, se adicionó gradualmente la masa correspondiente de AGS. La agitación se extendió durante 15 minutos y posteriormente se llevó la mezcla a un matraz, aforando a 1000 ml. La disolución de la preparación fue calculada en base a la ficha técnica del áloe vera (Aloe Gold Seal-Natural 200X (AGS) obtenido en Terry Labs (Melbourne, FI, USA),

#### **6.4.5.2. Impregnación a vacío**

La Impregnación a vacío se realizó en un depósito hermético de acero inoxidable acoplado a una bomba de vacío. La solución de áloe vera (5g/1000mL) se obtuvo de la ficha técnica del Áloe vera (Aloe Gold Seal-Natural 200X) 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 y para el cálculo de fracción volumétrica ( $X$ ) se utilizó la ecuación 7. A continuación se muestra el diseño experimental utilizado en la investigación:

### 6.4.5.3. Diseño Experimental

ETAPAS	MATERIA PRIMA	IMPREGNACIÓN AL VACÍO	EVALUACIÓN DE RESULTADOS
<b>P R O C E S O</b>	<p style="text-align: center;">Yacón y Manzana 50mm de diámetro y 5 mm de espesor</p> <p style="text-align: center;">Gel de Aloe vera 0.5% de concentración</p> <p style="text-align: center;">Temperatura constante: 30 °C</p>	<p>E1: 275 mbar / 15 minutos</p> <p>E2: 150 mbar / 10 minutos</p> <p>E3: 150 mbar / 20 minutos</p> <p>E4: 400 mbar / 10 minutos</p> <p>E5: 400 mbar / 20 minutos</p> <p>E6: 275 mbar / 7.9 minutos</p> <p>E7: 275 mbar / 22.1 minutos</p> <p>E8: 98 mbar / 15 minutos</p> <p>E9: 451.8 mbar / 15 minutos</p> <p>E10: 275 mbar / 15 minutos</p>	
<b>C O N T R O L E S</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Color ( L ), sabor y textura</li> <li>✚ Análisis fisicoquímico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Fracción volumétrica de muestra impregnada con líquido de solución de Aloe vera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Color ( L )</li> <li>✚ Evaluación sensorial (color, sabor y textura)</li> <li>✚ Análisis fisicoquímico</li> </ul>

Fuente: *Elaboración propia; adaptada bajo la técnica de impregnación al vacío: (Gutiérrez y Vaca 2011 y Fito et al 1996).*

**Tabla 8. Niveles de operación de variables**

<b>Variables decodificadas</b>					
Tiempo (minutos)	7.9	10	15	20	22.1
Presión (mbar)	98.2	150	275	400	451.8

Fuente: *Elaboración propia*

En la Tabla 8 se muestra los niveles de operación de variables. Todas las muestras obtenidas fueron evaluadas en lo siguiente:

Determinación de fracción volumétrica de muestra impregnada con líquido (X). Estas determinaciones se hicieron de acuerdo al modelo matemático propuesto por *Fito et al (1996)*.

## **6.5. Población y Muestra**

### **6.5.1. Población:**

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) tuvo como procedencia al Caserío de Vista Alegre, Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca, Región Cajamarca.

La manzana (*Malus doméstica*) tuvo como procedencia al Valle de Condebamba, Provincia de Cajabamba, Departamento de Cajamarca.

### **6.5.2. Muestra:**

Se seleccionaron de pulpa: 15 kg de yacón del fenotipo anaranjado y 15 kg de manzana de la variedad Israel.

## **6.6. Instrumentos de colecta de datos**

En la Tabla 9, se muestra los instrumentos con los cuales se midió las variables utilizadas en la investigación.

**Tabla 9. Instrumentos de Colecta de datos**

VARIABLE	INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS
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).	Metodología de acuerdo a Fito et al. (1996)
Color	Toma de datos de un colorímetro
Sólidos solubles	Toma de datos de un refractómetro
pH	Toma de datos de un potenciómetro
Textura	Toma de datos de un texturómetro
Densidad	Toma de datos de un picnómetro
Tiempo	Toma de datos de un cronómetro
Evaluación Sensorial	Fichas de evaluación

Fuente: *Elaboración propia*

### 6.7. Procedimiento de análisis de datos

Para el Diseño de Superficie de Respuesta se utilizó el programa STATGRAPHICS Centurión y un ANOVA; para el análisis sensorial se hizo uso del test de escala hedónica donde también se analizó estadísticamente con un ANOVA y el software de análisis estadístico es el XLSTAT. En la Tabla 10, se muestra el resumen del diseño del experimento usado en la investigación.

**Tabla 10. 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

Fuente: *Elaboración propia*

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 7.1. Resultados de yacón impregnado con solución áloe vera

A continuación se presentan los resultados obtenidos en yacón impregnado a vacío con solución áloe vera.

#### 7.1.1. Caracterización fisicoquímica de yacón

En la Tabla 11 se muestra los resultados del análisis fisicoquímico del yacón utilizado en la experiencia e impregnado con solución aloe vera, la muestra analizada que resultó más significativa en los ensayos de impregnación en cuanto a la fracción volumétrica tuvo una presión de (98.2233 mbar) y un tiempo de (22.0711 min).

**Tabla 11. Resultados de la caracterización fisicoquímica de yacón (Muestras finales después de la impregnación a vacío)**

Parámetro	Valor porcentual
Fenotipo	Anaranjado
Geometría	Rodajas gruesas
Diámetro (mm)	50
Espesor (mm)	5
Peso (g)	7.25
Densidad (g/ml)	1.01
(L*) máximo (%)	39.43
(L*) mínimo (%)	31.84
Textura (%)	3.0
pH	5.50
Sólidos solubles (°Brix)	13.8

Fuente: *Elaboración propia*

Los resultados de la Tabla 11, muestran que el yacón utilizado en la experiencia presentó parámetros fisicoquímicos adecuados para la experiencia de impregnación a vacío; en relación a densidad, color (luminosidad), textura, pH y sólidos solubles comparándolos con los resultados recomendados por Maffei (1986). Se utilizó el fenotipo de yacón anaranjado y el corte geométrico de las muestras fueron rodajas gruesas.

El color fue definido por la coordenada ( $L^*$ ) que frecuentemente es utilizada en materiales vegetales Voss (1992). El color del mesocarpio del yacón presentó una luminosidad máxima de alrededor de 39.43 y una luminosidad mínima de alrededor de 31.84, donde el blanco ideal viene dado por el valor de 100.

La coordenada ( $L^*$ ) cuantifica la luminosidad, el descenso de este parámetro puede tomarse como un indicador del grado de oscurecimiento de las muestras, y por tanto, como una medida del avance del pardeamiento Labuza (1990).

Es importante señalar que el parámetro de textura o firmeza es otro factor determinante en cuanto a calidad. El valor promedio de firmeza fue de 3.0 % encontrándose en el rango para fruta fresca mínimamente procesada Maffei (1986).

En cuanto al análisis proximal se obtuvo 1.01 g/ml de densidad, 39.43% de ( $L^*$ ), 3% de textura, 5.50 pH y 13.5 sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix). Cabe mencionar que las muestras fueron almacenadas, a temperatura de refrigeración de 15°C por 7 días. Este tiempo es un período promedio representativo e ideal en cuanto a uso industrial Maffei (1986).

La relación sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix) es un parámetro que frecuentemente se utiliza para cuantificar el balance azúcar de la fruta, lo cual influye directamente en la calidad sensorial de la misma. El valor promedio obtenido en sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix), pH y densidad no tuvieron un efecto significativo en las muestras de yacón impregnadas con solución Aloe vera.

### 7.1.2. Determinación de fracción volumétrica en yacón

La determinación de la fracción volumétrica nos indica la ganancia de la solución aloe vera impregnada a vacío en las muestras de yacón.

En la tabla 12 se presentan los resultados obtenidos en muestras de yacón al aplicar diferentes presiones y tiempos de impregnación a vacío, el tiempo de relajación para todas las muestras fue de 10 minutos.

**Tabla 12. Fracción volumétrica en yacón impregnado al vacío con solución áloe vera, calculada por cambios de masa (\*)**

Código	Presión (mbar)	Tiempo (min)	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Densidad solución (g/ml)	Densidad aparente yacón (g/ml)	Fracción volumétrica (m <sup>3</sup> solución/m <sup>3</sup> fruta fresca)
M1	275	15	6.77490	7.17780	1.0034	1.0121	0.06040
M2	150	10	6.76260	7.19373	1.0034	1.0121	0.06436
M3	150	20	6.69220	7.12590	1.0034	1.0121	0.06503
M4	400	10	6.49800	7.2814	1.0034	1.0121	0.12107
M5	400	20	6.68503	7.85451	1.0034	1.0121	0.17726
M6	275	7.9	6.66003	7.03453	1.0034	1.0121	0.05717
M7	275	22.1	6.79133	7.16243	1.0034	1.0121	0.05531
M8	98.2	15	7.02897	7.40073	1.0034	1.0121	0.05360
M9	451.8	15	6.75350	7.55300	1.0034	1.0121	0.11951
M10	275	15	6.73540	7.11740	1.0034	1.0121	0.05749

(\*)Promedio de tres repeticiones

Fuente: *Elaboración propia*

Como se puede observar en la Tabla 12, los datos de fracción volumétrica 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 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/ml y la densidad aparente del yacón fresco 1.0121 g/ml se calculó la fracción volumétrica del yacón que fue impregnado (X), utilizando la ecuación 7.



### 7.1.3. Determinación del efecto del proceso de impregnación (x) en yacón

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 Impregnación al vacío con la solución de aloe vera. 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) a medida que aumento la magnitud de este factor.

En la Tabla 13 se muestran los resultados obtenidos en la determinación de fracción volumétrica impregnada en yacón, los valores obtenidos fueron analizados mediante un ANOVA con las variables independientes como son presión expresada en (mbar) y tiempo expresado en (minutos). con la finalidad de encontrar la significatividad en los dos factores estudiados.

**Tabla 13. ANOVA: Análisis de varianza para fracción volumétrica en yacón**

<b>Análisis de Varianza para Fracción Volumétrica</b>					
<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	0.00154394	1	0.00154394	1.40	0.0302
B:Tiempo	0.000166806	1	0.000166806	0.15	0.0173
AA	0.0000378558	1	0.0000378558	0.03	0.0121
AB	0.000167741	1	0.000167741	0.15	0.0166
BB	0.00000444787	1	0.00000444787	0.00	0.0124
Error total	0.0044167	4	0.00110418		
Total (corr.)	0.00636063	9			

R-cuadrada = 30.5619 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 0.0 porciento

Error estándar del est. = 0.0332291

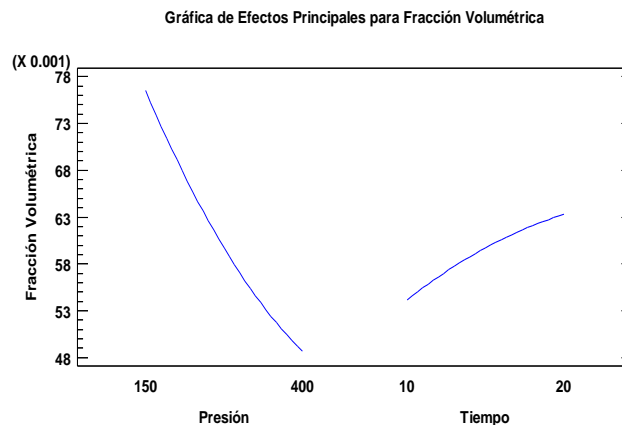
Error absoluto medio = 0.0170449

Estadístico Durbin-Watson = 1.97101 (P=0.05)

Auto correlación residual de Lag 1 = -0.117382

En la Tabla 13 podemos apreciar que el valor  $p$  en todos los casos es menor que 0.05 ( $p < 0.05$ ) de lo cual podemos deducir que el azar no puede ser excluido como explicación de dicho hallazgo y rechazamos la  $H_0$  (Hipótesis nula) que afirma que ambas variables no están asociadas o correlacionadas, por lo cual podemos afirmar que la presión ( $p = 0.0302$ ) y el tiempo ( $t = 0.0173$ ) ejercen un efecto significativo en la fracción volumétrica del yacón.

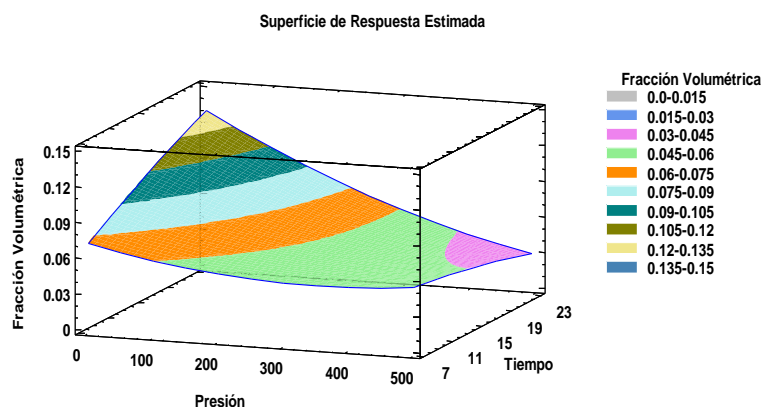
En la Figura 5 se muestra la gráfica de efectos principales para fracción volumétrica impregnada (x) en yacón.



**Figura 5. Gráfica de efectos principales para fracción volumétrica Impregnada (X) en yacón**

Observamos según nuestro diseño, que al aplicar una presión de 150 mbar la fracción volumétrica impregnada aumenta (aproximadamente a 77%) y al aplicar una presión de 400 mbar la fracción volumétrica disminuye (aproximadamente a 47%) con lo cual se afirma que si deseamos una mayor fracción volumétrica debemos optar por una presión de 150 mbar. Con respecto al tiempo, podemos apreciar que al aplicar una tiempo de 10 minutos, la fracción volumétrica disminuye y cuando aplicamos un tiempo de 20 minutos la fracción volumétrica aumenta cual nos hace afirmar que si deseamos una mayor de fracción volumétrica debemos optar por un tiempo de 20 minutos.

En la Figura 6 se muestra la superficie de respuesta estimada para el efecto de estas variables de proceso relevante de la fracción volumétrica (X) en yacón



**Figura 6: Superficie de respuesta estimada para fracción volumétrica impregnada (x) en yacón en función a la presión y al tiempo**

Se observa el gráfico de superficie de respuesta estimada para fracción volumétrica impregnada (X) en yacón en función a la presión y el tiempo. La ecuación que describe la superficie de respuesta estimada para la fracción volumétrica con las variables de proceso relevantes se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Fracción volumétrica} = 0.0388849 - 0.000057013 * \text{Presión} + 0.00494625 * \text{Tiempo} + 1.8417 \text{ E} - 7 * \text{Presión}^2 - 0.0000103612 * \text{Presión} * \text{Tiempo} - 0.0000394556 * \text{Tiempo}^2$$

**Tabla 14. Optimización de respuesta con respecto a maximizar la fracción volumétrica en yacón**

Meta: maximizar Fracción Volumétrica

Valor óptimo = 0.102549

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

En la Tabla 14 se muestra la optimización de respuesta con respecto a maximizar la fracción volumétrica en yacón con respecto a las variables de presión y tiempo. Según el método Box – Benken planteado, para fracción volumétrica se obtuvo el valor óptimo de 0.102549 a una presión de (98.2233 mbar) y en un tiempo (22.0711 minutos). Estos valores reflejan las cantidades exactas para obtener un estándar máximo de fracción volumétrica en yacón.

#### 7.1.4. Determinación del efecto del proceso sobre luminosidad (L\*) en yacón

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 positiva o negativa a la presentación de los productos. En la Tabla 15 se muestran los resultados obtenidos en la determinación de luminosidad (L\*) luminosidad en yacón, los valores obtenidos fueron analizados mediante un ANOVA con las variables independientes como son presión expresada en (mbar) y tiempo expresado en (minutos). con la finalidad de encontrar la significatividad en los dos factores estudiados.

**Tabla 15. ANOVA Respecto a la varianza para (L\*) luminosidad en yacón**

<b>Análisis de varianza para L*</b>					
<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A:Presión	3.714	1	3.714	3.45	0.0136
B:Tiempo	0.187347	1	0.187347	0.17	0.0178
AA	0.514948	1	0.514948	0.48	0.0270
AB	7.04903	1	7.04903	6.55	0.0126
BB	6.26451	1	6.26451	5.82	0.0133
Error total	4.30213	4	1.07553		
Total (corr.)	21.6714	9			

R-cuadrada = 80.1484 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 55.3339 por ciento

Error estándar del est. = 1.03708

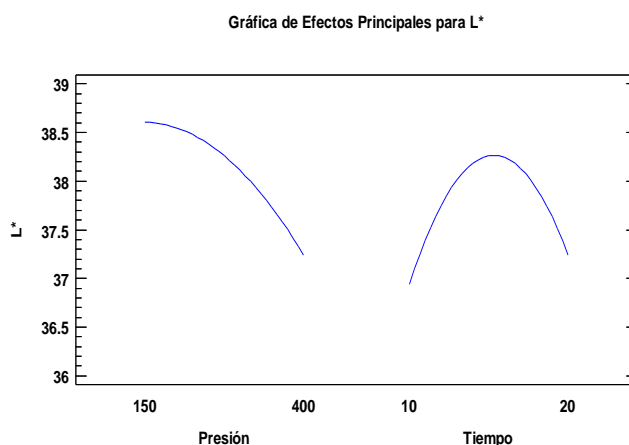
Error absoluto medio = 0.597544

Estadístico Durbin-Watson = 2.05787 (P=0.05)

Auto correlación residual de Lag 1 = -0.0529488

En la Tabla 15 podemos apreciar que el valor  $p$  en todos los casos es menor que 0.05 ( $p < 0.05$ ) de lo cual podemos deducir que el azar no puede ser excluido como explicación de dicho hallazgo y rechazamos la  $H_0$  (Hipótesis nula) que afirma que ambas variables no están asociadas o correlacionadas, por lo cual podemos afirmar que la presión ( $p = 0.0136$ ) y el tiempo ( $t = 0.0178$ ) ejercen un efecto significativo en la luminosidad ( $L^*$ ) del yacón.

En la Figura 7 se muestra la gráfica de efectos principales para ( $L^*$ ) luminosidad en yacón.

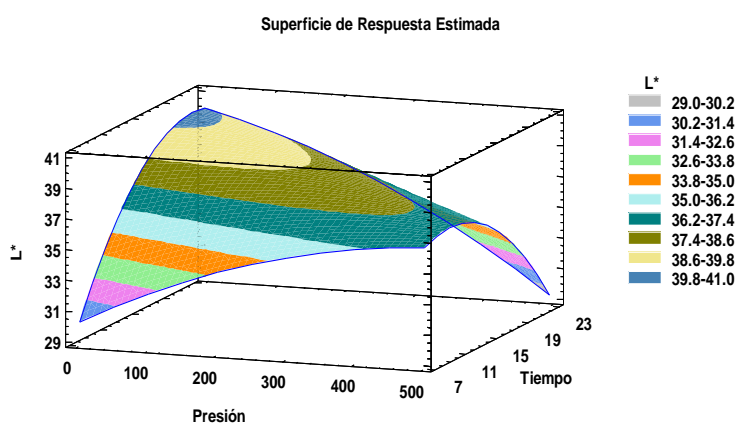


**Figura 7. Efectos principales para ( $L^*$ ) luminosidad en yacón**

En la Figura 7 observamos que al aplicar una presión a 150 mbar ( $L^*$ ) aumenta (aproximadamente a 38.6%) y al aplicar una presión a 400 mbar ( $L^*$ ) disminuye (aproximadamente a 37.3%) lo cual se afirma que para obtener un ( $L^*$ ) máximo debemos optar por una presión de 150 mbar. Con respecto al tiempo se observa que al aplicar un tiempo de 10 minutos, ( $L^*$ ) disminuye (aproximadamente a 37%) y al aplicar un tiempo de 20 minutos, ( $L^*$ ) aumenta (aproximadamente a 37.4%) con lo cual podemos afirmar que si deseamos obtener un  $L^*$  máximo debemos optar por un tiempo de 20 minutos. Es importante señalar que, en este estudio, el parámetro  $L^*$  fue el que mejor describió el efecto de la impregnación al vacío de aloe vera sobre el color, como forma de evaluar el pardeamiento enzimático. Experiencias previas de impregnación al vacío de miel en frutas (Lin y Col 2006, Jeon y Zhao 2005) describen el fenómeno de pardeamiento usando  $L^*$  y  $\Delta L^*$ .

Los parámetros  $a^*$  y  $b^*$  son más usados para indicar el grado de pardeamiento no enzimático, enzimático y otros productos de reacción que causan coloración (Gabel y Col 2006). En este caso, se tiene cambios de color por concepto de pardeamiento enzimático ya que el producto no fue expuesto a altas temperaturas

En la Figura 8 se presenta la superficie de respuesta para ( $L^*$ ) en función del tiempo y la presión.



**Figura 8. Superficie de respuesta estimada para ( $L^*$ ) luminisidad en yacón**

Se observa el gráfico de superficie de respuesta estimada para ( $L^*$ ) en yacón en función a la presión y el tiempo. La ecuación que describe la superficie de respuesta estimada para ( $L^*$ ) con las variables de proceso relevantes se muestra en la siguiente ecuación:

$$L^* = 18.3784 + 0.0382232 \cdot \text{Presión} + 2.01945 \cdot \text{Tiempo} - 0.0000214801 \cdot \text{Presión}^2 - 0.002124 \cdot \text{Presión} \cdot \text{Tiempo} - 0.0468248 \cdot \text{Tiempo}^2$$

**Tabla 16. Optimización de respuesta con respecto a maximizar ( $L^*$ ) luminisidad en yacón**

Meta: maximizar  $L^*$

Valor óptimo = 39.4327

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
Presión	98.2233	451.777	98.2234
Tiempo	7.92893	22.0711	19.335

En la Tabla 16 se muestra la optimización de respuesta con respecto a maximizar ( $L^*$ ) en yacón con respecto a las variables de presión y tiempo. Según el método Box – Benken planteado se observa que para maximizar ( $L^*$ ) se obtuvo un valor óptimo de 39.4327 a una presión de (98.2234 mbar) y un tiempo de (19.335 minutos). Estos valores reflejan las cantidades exactas para obtener un máximo de ( $L^*$ ) en yacón.

**Tabla 17. Optimización de respuesta con respecto a minimizar ( $L^*$ ) luminosidad en yacón**

Meta: minimizar  $L^*$

Valor óptimo = 31.8453

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

En la Tabla 17 se muestra la optimización de respuesta con respecto a minimizar ( $L^*$ ) en yacón con respecto a las variables de presión y tiempo. Según el método Box – Benken planteado se observa que para minimizar ( $L^*$ ) se obtuvo un valor óptimo de 31.8453 a una presión de (451.777 mbar) y un tiempo de (22.0711 minutos). Estos valores reflejan las cantidades exactas para obtener un mínimo de ( $L^*$ ) en yacón.

**7.1.5. Determinación del efecto del proceso sobre el sabor en yacón**

En la Tabla 18 se muestran los resultados obtenidos en la determinación de sabor en yacón, los valores obtenidos fueron analizados mediante un ANOVA con las variables independientes como son presión expresada en (mbar) y tiempo expresado en (minutos). con la finalidad de encontrar la significatividad en los dos factores estudiados.

**Tabla 18. ANOVA Respecto a la varianza de sabor en yacón**

Análisis de varianza para sabor					
<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	0.125001	1	0.125001	0.18	0.0000
B:Tiempo	0.021446	1	0.021446	0.03	0.0108
AA	2.57145	1	2.57145	3.60	0.0305
AB	0.25	1	0.25	0.35	0.0157
BB	1.14288	1	1.14288	1.60	0.0243
Error total	2.85353	4	0.713382		
Total (corr.)	6.0	9			

R-cuadrada = 52.4412 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 0.0 porciento

Error estándar del est. = 0.84462

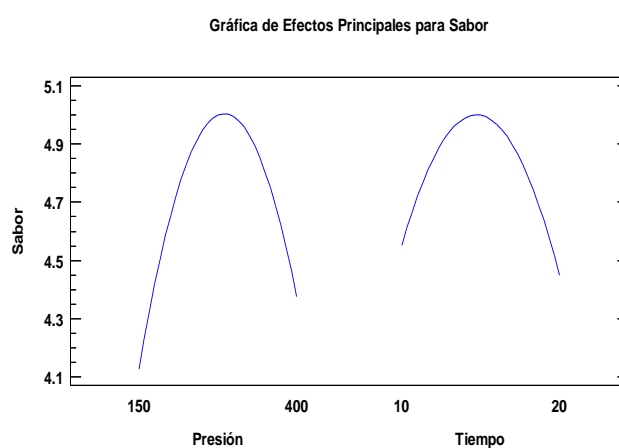
Error absoluto medio = 0.4

Estadístico Durbin-Watson = 1.83386 (P=0.05)

Auto correlación residual de Lag 1 = -0.068366

En la Tabla 18 podemos apreciar que el valor p en todos los casos es menor que 0.05 ( $p < 0.05$ ) de lo cual podemos deducir que el azar no puede ser excluido como explicación de dicho hallazgo y rechazamos la  $H_0$  (Hipótesis nula) que afirma que ambas variables no están asociadas o correlacionadas, por lo cual podemos afirmar que la presión ( $p = 0.0000$ ) y el tiempo ( $p = 0.0108$ ) ejercen un efecto significativo en el sabor del yacón

En la Figura 9 se muestra la gráfica de efectos principales para sabor en yacón.

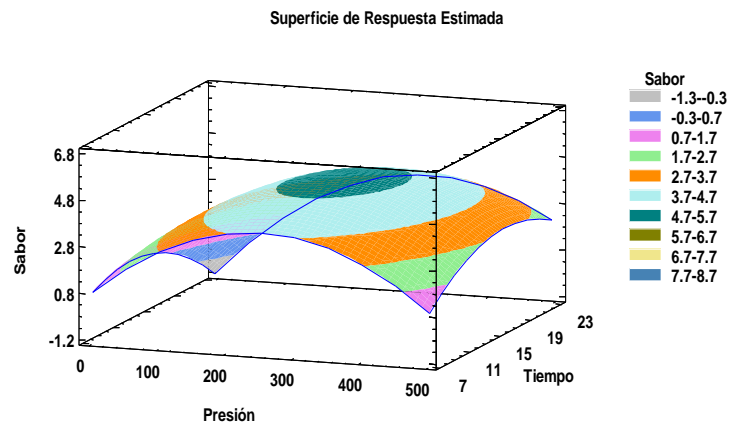




### Figura 9: Efectos principales para sabor en yacón

Podemos apreciar que cuando la presión es de 150 mbar el sabor disminuye (aproximadamente a 4.1%) y para la aplicación de una presión de 400 mbar el sabor aumenta (aproximadamente a 4.4%). Con lo cual se afirma que si deseamos obtener un color óptimo debemos aplicar una presión de 150 mbar. Con respecto al tiempo, podemos apreciar que al aplicar un tiempo de 10 minutos el sabor aumenta (aproximadamente a 4.55%) y al aplicar un tiempo de 20 minutos el sabor disminuye (aproximadamente a 4.45%). Entonces para obtener un sabor óptimo se debe aplicar un tiempo de 10 minutos.

En la Figura 10 se presenta la superficie de respuesta para sabor en función del tiempo y la presión.



### Figura 10: Superficie de respuesta estimada para sabor en yacón

Se observa el gráfico de superficie de respuesta estimada para sabor en yacón en función a la presión y el tiempo. La ecuación que describe la superficie de respuesta estimada para sabor con las variables de proceso relevantes se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Sabor} = -1.5997 + 0.0214001 \cdot \text{Presión} + 0.479648 \cdot \text{Tiempo} - 0.0000480001 \cdot \text{Presión}^2 + 0.0004 \cdot \text{Presión} \cdot \text{Tiempo} - 0.0200001 \cdot \text{Tiempo}^2$$

**Tabla 19. Optimización de respuesta con respecto a minimizar sabor en yacón**

Meta: minimizar Sabor

Valor óptimo = 1.74998

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

En la Tabla 19 se muestra la optimización de respuesta con respecto a minimizar el sabor en yacón con respecto a las variables de presión y tiempo. Según el método Box – Benken planteado se observa que para minimizar sabor se obtuvo el valor óptimo de 1.74998 a 98.2233 mbar por 22.0711 minutos. Estos valores reflejan las cantidades exactas para obtener un mínimo de sabor en las rodajitas de yacón impregnadas.

#### 7.1.6. Determinación del efecto del proceso sobre la textura en yacón

En la Tabla 20 se muestran los resultados obtenidos en la determinación de la textura en yacón, los valores obtenidos fueron analizados mediante un ANOVA con las variables independientes como son presión expresada en (mbar) y tiempo expresado en (minutos). con la finalidad de encontrar la significatividad en los dos factores estudiados.

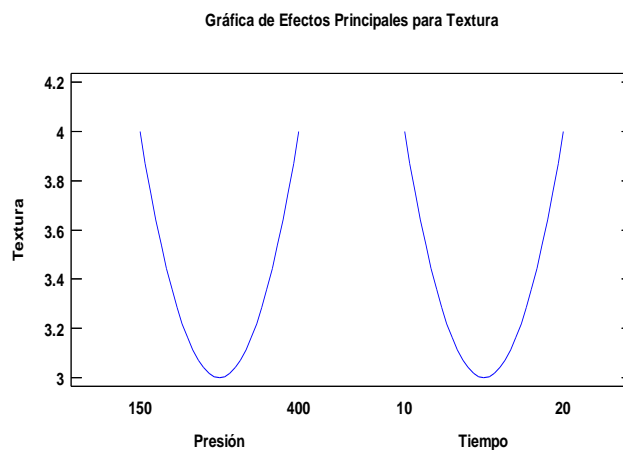
**Tabla 20. ANOVA Respecto a la varianza de textura en yacón**

<b>Análisis de varianza para textura</b>					
<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A:Presión	1.152E-11	1	1.152E-11	0.27	0.0310
B:Tiempo	7.20002E-11	1	7.20002E-11	1.68	0.0241
AA	4.57143	1	4.57143	106961863927.68	0.0000
AB	0.0	1	0.0	0.00	0.0000
BB	4.57143	1	4.57143	106961768845.37	0.0000
Error total	1.70956E-10	4	4.27389E-11		
Total (corr.)	6.4	9			

R-cuadrada = 100.0 porciento  
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 100.0 porciento  
Error estándar del est. = 0.0000065375  
Error absoluto medio = 0.00000301089  
Estadístico Durbin-Watson = 1.6476 (P=0.05)  
Auto correlación residual de Lag 1 = 0.00697632

En la Tabla 20 podemos apreciar que el valor p en todos los casos es menor que 0.05 ( $p < 0.05$ ) de lo cual podemos deducir que el azar no puede ser excluido como explicación de dicho hallazgo y rechazamos la  $H_0$  (Hipótesis nula) que afirma que ambas variables no están asociadas o correlacionadas, por lo cual podemos afirmar que la presión ( $p = 0.0310$ ) y el tiempo ( $t = 0.0241$ ) ejercen un efecto significativo en la textura del yacón.

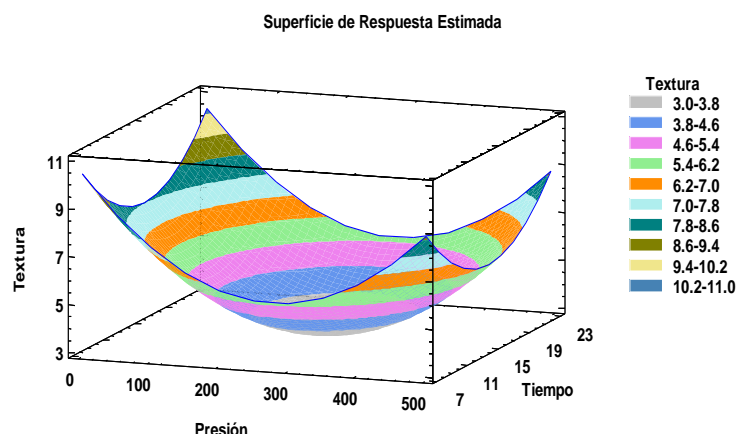
En la Figura 11 se muestra la gráfica de efectos principales para textura en yacón



**Figura 11: Efectos principales para textura en yacón**

Podemos observar una tendencia en “U” al aplicar presiones de 150 mbar y 400 mbar la textura aumenta en un 4%. En lo referente al tiempo también se tiene una tendencia en “U” así se observa que al aplicar un tiempo entre 10 minutos y 20 minutos ambos aumentan en un 4% en cualquiera de los dos casos. Los tratamientos de impregnación al vacío provocan efectos significativos en la textura del sólido impregnado debido a los eventuales procesos de expansión y relajación. (Fito y Pastor 1994) sostienen que durante el proceso de impregnación a vacío se da lugar a fenómenos de deformación y relajación de la matriz sólida, lo que influye en la resistencia mecánica del sólido impregnado.

En la Figura 12 se presenta la superficie de respuesta estimada para textura en yacón en función del tiempo y la presión.



**Figura 12. Superficie de respuesta estimada para textura en yacón**

Se observa el gráfico de superficie de respuesta estimada para textura en yacón en función a la presión y el tiempo. La ecuación que describe la superficie de respuesta estimada para textura con las variables de proceso relevantes se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Textura} = 16.84 - 0.0352 \cdot \text{Presión} - 1.2 \cdot \text{Tiempo} + 0.000064 \cdot \text{Presión}^2 + 0.0 \cdot \text{Presión} \cdot \text{Tiempo} + 0.0399999 \cdot \text{Tiempo}^2$$

**Tabla 21. Optimización de respuesta con respecto a minimizar textura en yacón**

Meta: minimizar Textura

Valor óptimo = 3.0

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
Presión	98.2233	451.777	275.0
Tiempo	7.92893	22.0711	15.0

En la Tabla 21 se muestra la optimización de respuesta con respecto a minimizar la textura en yacón con respecto a las variables de presión y tiempo. Según el método Box – Benken planteado se observa que en cuanto a minimizar la textura en yacón se obtuvo el valor óptimo de 3.0 a una presión de 275 mbar por un

tiempo de 15 minutos. Estos valores reflejan las cantidades exactas para obtener un mínimo de textura en yacón.

### 7.1.7. Determinación del efecto del proceso sobre el color en yacón

El color es un factor de calidad básico y un previo indicativo de estado sanitario, madurez y calidad nutricional en los alimentos. En la Tabla 22 se muestran los resultados obtenidos en la determinación del color en yacón, los valores obtenidos fueron analizados mediante un ANOVA con las variables independientes como son presión expresada en (mbar) y tiempo expresado en (minutos). con la finalidad de encontrar la significatividad en los dos factores estudiados.

**Tabla 22. ANOVA Respecto a la varianza de color en yacón**

<b>Análisis de varianza para color</b>					
<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A:Presión	2.88003E-12	1	2.88003E-12	0.00	0.0000
B:Tiempo	0.499993	1	0.499993	4.00	0.0161
AA	1.14286	1	1.14286	9.14	0.0390
AB	1.0	1	1.0	8.00	0.0474
BB	1.14285	1	1.14285	9.14	0.0390
Error total	0.500007	4	0.125002		
Total (corr.)	3.6	9			

R-cuadrada = 86.1109 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 68.7495 porciento

Error estándar del est. = 0.353556

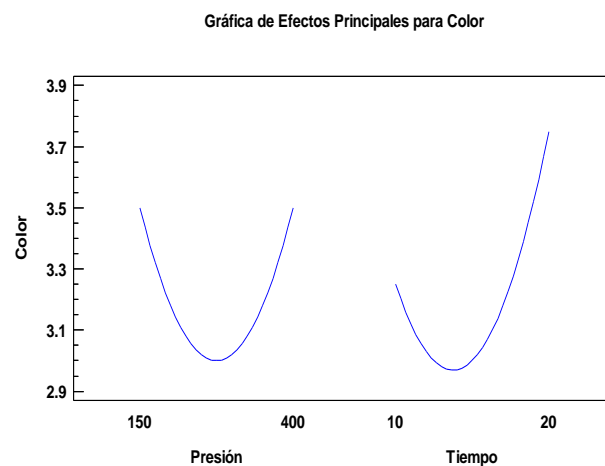
Error absoluto medio = 0.170713

Estadístico Durbin-Watson = 1.39644 (P=0.05)

Auto correlación residual de Lag 1 = 0.0517798

En la Tabla 22 podemos apreciar que el valor p en todos los casos es menor que 0.05 ( $p < 0.05$ ) de lo cual podemos deducir que el azar no puede ser excluido como explicación de dicho hallazgo y rechazamos la hipótesis nula que afirma que ambas variables no están asociadas o correlacionadas, por lo cual podemos afirmar que la presión ( $p = 0.0000$ ) y el tiempo ( $t = 0.0161$ ) ejercen un efecto significativo en el color del yacón.

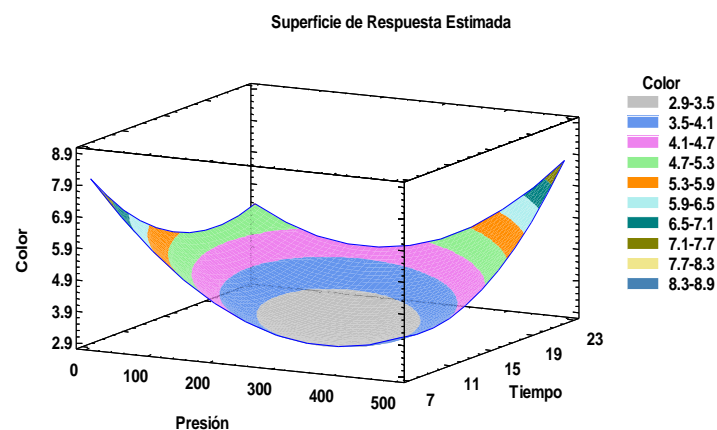
En la Figura 13 se muestra la gráfica de efectos principales para color en yacón.



**Figura 13. Efectos principales para color en yacón**

Podemos observar que al aumentar la presión de 150 mbar a 400 mbar existe un diseño en “U” y aumenta recíprocamente el porcentaje de color en un 3.5% al utilizar ambas presiones de impregnación en las rodajitas de yacón. En este caso para obtener un color óptimo podemos utilizar cualquiera de las 2 presiones. Con respecto al tiempo existe una tendencia en “U”. Observamos que cuando el tiempo aplicado para la impregnación es de 10 minutos el color disminuye (aproximadamente en 3.3%) y para la aplicación de un tiempo de impregnación de 20 minutos aumenta el porcentaje de color (aproximadamente en 3.8%). Entonces podemos decir que para obtener un color óptimo debemos utilizar el tiempo mayor (20 minutos).

En la Figura 14 se presenta la superficie de respuesta estimada para color en yacón en función del tiempo y la presión.



#### Figura 14. Superficie de respuesta estimada para color en yacón

Se observa el gráfico de superficie de respuesta estimada para color en yacón en función a la presión y el tiempo. La ecuación que describe la superficie de respuesta estimada para color con las variables de proceso relevantes, graficado en la Figura 14, se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Color} = 12.47 - 0.0296 \cdot \text{Presión} - 0.769997 \cdot \text{Tiempo} + 0.000032 \cdot \text{Presión}^2 + 0.0008 \cdot \text{Presión} \cdot \text{Tiempo} + 0.0199999 \cdot \text{Tiempo}^2$$

#### Tabla 23. Optimización de respuesta con respecto a minimizar color en yacón

Meta: minimizar Color

Valor óptimo = 2.95834

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
Presión	98.2233	451.777	295.835
Tiempo	7.92893	22.0711	13.333

En la Tabla 23 se muestra la optimización de respuesta con respecto a minimizar color en yacón con respecto a las variables de presión y tiempo. Según el método Box – Benken planteado se observa que para minimizar el color en yacón se obtuvieron los óptimos valores en presión 295.835 mbar y el tiempo 13 minutos. Estos valores reflejan las cantidades exactas para obtener un mínimo de textura en las rodajitas de yacón impregnadas.

### 7.1.8. Resultados para la aceptabilidad sensorial en yacón

En la Tabla 24 se muestra los resultados para la aceptabilidad sensorial en yacón evaluados por 20 panelistas semi entrenados. En el Anexo 1 se muestra la ficha de evaluación sensorial utilizada.

**Tabla 24. Aceptabilidad Sensorial en yacón (Promedio del test de escala hedónica evaluado por 20 panelistas)**

CODIGO	SABOR	TEXTURA	COLOR
M1	5	3	3
M2	4	5	4
M3	4	5	4
M4	4	5	3
M5	5	5	5
M6	4	5	4
M7	3	5	4
M8	3	5	4
M9	3	5	4
M10	5	3	3

Leyenda:

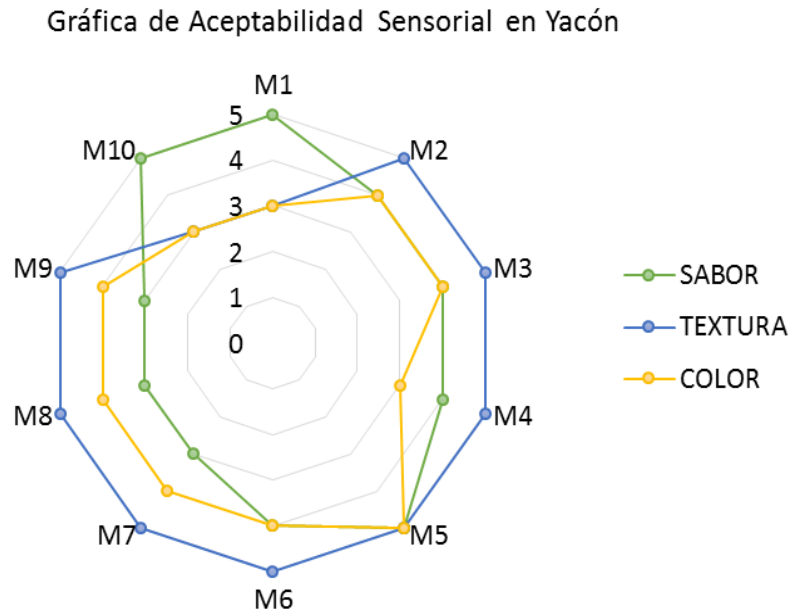
Escala	Valor
Muy buena	5
Buena	4
Aceptable	3
Regular	2
Mala	1
Muy mala	0

Fuente: *Elaboración propia.*

En la Tabla 24 podemos observar que la tendencia del mejor tratamiento se encontró en la muestra M5 con la puntuación de muy buena a una presión de 400 mbar por un tiempo de 20 minutos, estos datos fueron obtenidos del test de aceptación sensorial de escala hedónica. En el Anexo 1 se muestra la ficha de evaluación sensorial utilizada.



En la Figura 25 se presenta la gráfica de la telaraña de aceptabilidad sensorial en yacón (Promedio del test de escala hedónica evaluado por 20 panelistas)



Fuente: *Elaboración propia.*

**Figura 15. Gráfica de radar ó telaraña para aceptabilidad sensorial en Yacón (Promedio del test de escala hedónica evaluado por 20 panelistas)**

En la Figura 25 se observa el gráfico de telaraña donde podemos observar que la textura fue el parámetro sensorial más aceptado seguido por el color y el sabor, siendo “M5” la muestra de yacón con mayor aceptación general por parte de los panelistas con una presión de 400 mbar por un tiempo de 20 minutos.

## 7.2. Resultados de manzana impregnada con solución áloe vera

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el análisis de muestras de manzana impregnadas al vacío con solución áloe vera.

### 7.2.1. Caracterización fisicoquímica en manzana

En la Tabla 25 se muestra los resultados del análisis fisicoquímico de la manzana utilizada en la experiencia e impregnado con solución áloe vera la muestra analizada que resultó más significativa en los ensayos de impregnación en cuanto a la fracción volumétrica tuvo una presión de 275.239 mbar y un tiempo de 22.0711 min.

**Tabla 25. Resultados de la caracterización fisicoquímica de manzana (Muestras finales después de la impregnación a vacío)**

Parámetro	Valor porcentual
Variedad	Israel
Geometría	Rodajas gruesas
Diámetro (mm)	50
Espesor (mm)	5
Peso (g)	7.29
Densidad (g/ml)	0.9
(L*) máximo (%)	66.66
(L*) mínimo (%)	53.85
Textura (%)	4.07
pH	3.3
Sólidos solubles (°Brix)	15.2

Fuente: *Elaboración propia*

Los resultados de la Tabla 25, muestran que la manzana utilizada en la experiencia presentó parámetros fisicoquímicos adecuados para la experiencia de impregnación a vacío; en relación a densidad, color (luminosidad), textura, pH y sólidos solubles comparándolos con los resultados recomendados por Maffei (1986). Se utilizó la variedad "Israel" y el corte geométrico de las muestras fueron rodajas gruesas.

El color fue definido por la coordenada ( $L^*$ ) que frecuentemente es utilizada en materiales vegetales (Voss 1992). El color del mesocarpio de la manzana presentó una luminosidad máxima de alrededor de 66.66 y una luminosidad mínima de alrededor de 53.85, donde el blanco ideal viene dado por el valor de 100. La coordenada ( $L^*$ ) cuantifica la luminosidad, el descenso de este parámetro puede tomarse como un indicador del grado de oscurecimiento de las muestras, y por tanto, como una medida del avance del pardeamiento (Labuza 1990).

Es importante señalar que el parámetro de textura o firmeza es otro factor determinante en cuanto a calidad. El valor promedio de firmeza fue de 4.07 % encontrándose en el rango para fruta fresca mínimamente procesada Maffei (1986).

La relación sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix) es un parámetro que frecuentemente se utiliza para cuantificar el balance azúcar de la fruta, lo cual influye directamente en la calidad sensorial de la misma. En cuanto al análisis proximal se obtuvo 0.9 g/ml de densidad, 39.43% de ( $L^*$ ), 4.07 % de textura, 3.3 pH y 15.2 sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix), estos valores no tuvieron un efecto significativo en las muestras de manzana impregnadas con solución Aloe vera. Las muestras fueron almacenadas, a temperatura de refrigeración de 15°C por 7 días. Este tiempo es un período promedio representativo e ideal en cuanto a uso industrial (Maffei 1986).

Se establecen que las manzanas son unas de las frutas más porosas y, por ende, una de las más adecuadas para elaborar productos funcionales fortificados mediante la técnica de impregnación al vacío. Welti-Chanes y Col (2003)

## 7.2.2. Determinación de fracción volumétrica en manzana

En la Tabla 26 se presentan los resultados obtenidos en muestras de manzana al aplicar diferentes presiones y tiempos de impregnación, el tiempo de relajación para todas las muestras fue de 10 minutos.

**Tabla 26. Fracción volumétrica en manzana impregnada al vacío con solución áloe vera, calculada por cambios de masa (\*)**

Código	Presión (mbar)	Tiempo (min)	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Densidad solución (g/ml)	Densidad aparente manzana (g/ml)	Fracción volumétrica
M1	275	15	6.7748	7.1777	1.0034	0.9	0.053341988
M2	150	10	6.7627	7.19374	1.0034	0.9	0.057169694
M3	150	20	6.499	7.28015	1.0034	0.9	0.107809322
M4	400	10	6.6923	7.126	1.0034	0.9	0.058127606
M5	400	20	6.68504	7.85452	1.0034	0.9	0.156912377
M6	275	7.9	7.02898	7.40074	1.0034	0.9	0.047439354
M7	275	22.1	6.75134	7.16244	1.0034	0.9	0.054616757
M8	98.2	15	6.7355	7.554	1.0034	0.9	0.10899768
M9	451.8	15	6.66004	7.03454	1.0034	0.9	0.050436321
M10	275	15	6.79133	7.1175	1.0034	0.9	0.043078204

(\*)Promedio de tres repeticiones

Fuente: *Elaboración propia*

Como se puede observar en la Tabla 26 los datos de fracción volumétrica 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 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/ml y la densidad aparente de la manzana fresca 0.9 g/ml se calculó la fracción volumétrica de la manzana que fue impregnado (X), utilizando la ecuación 7.

### 7.2.3. Determinación del efecto del proceso de impregnación en manzana

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 manzana durante la impregnación al vacío con la solución de aloe vera. 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) a medida que aumento la magnitud de este factor.

En la Tabla 27 se muestran los resultados obtenidos de la fracción volumétrica en manzana, los valores obtenidos fueron analizados mediante un ANOVA con las variables independientes como son presión expresada en (mbar) y tiempo expresado en (minutos). con la finalidad de encontrar la significatividad en los dos factores estudiados.

**Tabla 27. ANOVA Respecto a la varianza de fracción volumétrica en manzana**

<b>Análisis de varianza para fracción volumétrica</b>					
<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A:Presión	0.00121921	1	0.00121921	0.25	0.0447
B:Tiempo	0.00113077	1	0.00113077	0.23	0.0383
AA	0.0128114	1	0.0128114	2.60	0.0181
AB	0.000315365	1	0.000315365	0.06	0.0126
BB	0.00457808	1	0.00457808	0.93	0.0383
Error total	0.0196759	4	0.00491897		
Total (corr.)	0.0516849	9			

R-cuadrada = 61.931 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 14.3449 por ciento

Error estándar del est. = 0.0701354

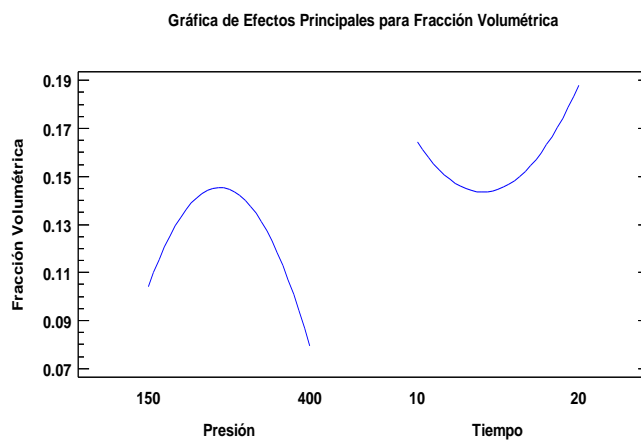
Error absoluto medio = 0.0388725

Estadístico Durbin-Watson = 2.41967 (P=0.05)

Auto correlación residual de Lag 1 = -0.315201

En la Tabla 27 podemos apreciar que el valor p en todos los casos es menor que 0.05 ( $p < 0.05$ ) de lo cual podemos deducir que el azar no puede ser excluido como explicación de dicho hallazgo y rechazamos la  $H_0$  (Hipótesis nula) que afirma que ambas variables no están asociadas o correlacionadas, por lo cual podemos afirmar que la presión ( $p = 0.0447$ ) y el tiempo ( $t = 0.0383$ ) ejercen un efecto significativo en la fracción volumétrica de la manzana.

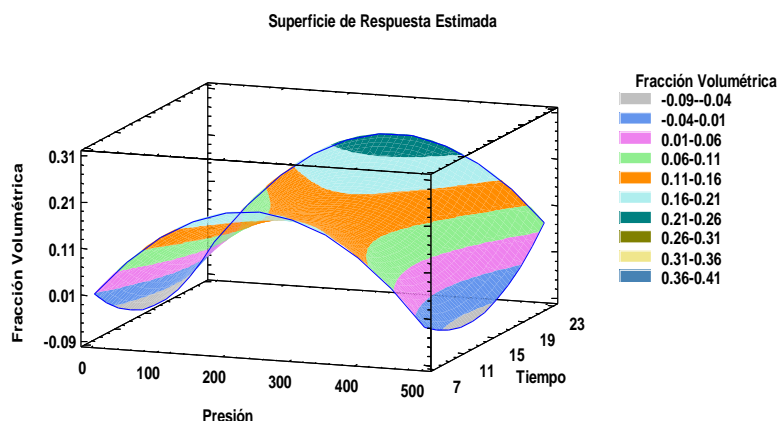
En la Figura 16 se muestra la gráfica de efectos principales para fracción volumétrica impregnada (x) en manzana.



**Figura 16. Efectos principales para fracción volumétrica impregnada (x) en manzana**

En la Figura 16 apreciamos que al aplicar una presión de 150 mbar la fracción volumétrica aumenta (aproximadamente 0.10%) y al aplicar una presión de 400 mbar la fracción volumétrica disminuye (aproximadamente a 0.08%). Lo cual nos expresa que si deseamos una mayor fracción volumétrica debemos optar por utilizar la menor presión para impregnar las rodajitas de manzana. En cuanto al tiempo de impregnación podemos observar que la tendencia es “U”, pues al aplicar un tiempo de 10 minutos la fracción volumétrica disminuye (aproximadamente a 0.16%) y al aplicar un tiempo de 20 minutos la fracción volumétrica aumenta (aproximadamente en 0.18%). Entonces si se desea una mayor fracción volumétrica debemos utilizar el tiempo mayor (20 minutos).

En la Figura 17 se presenta la superficie de respuesta para fracción volumétrica para manzana en función del tiempo y la presión.



**Figura 17. Superficie de respuesta estimada para fracción volumétrica impregnada (x) para manzana**

Se observa el gráfico de superficie de respuesta estimada para fracción volumétrica en manzana en función a la presión y el tiempo. La ecuación que describe la superficie de respuesta estimada para fracción volumétrica con las variables de proceso relevantes se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Fracción volumétrica} = 0.223283 + 0.00155158 \cdot \text{Presión} - 0.0395039 \cdot \text{Tiempo} - 0.00000338807 \cdot \text{Presión}^2 + 0.0000142068 \cdot \text{Presión} \cdot \text{Tiempo} + 0.00126583 \cdot \text{Tiempo}^2$$

**Tabla 28. Optimización de respuesta con respecto a maximizar fracción volumétrica en manzana**

Meta: maximizar Fracción Volumétrica

Valor óptimo = 0.224705

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
Presión	98.2233	451.777	275.239
Tiempo	7.92893	22.0711	22.0711

En la Tabla 28 se muestra la optimización de respuesta con respecto a maximizar la fracción volumétrica en manzana con respecto a las variables de presión y tiempo. Según el método Box – Benken planteado, se observa que para maximizar la fracción volumétrica, se obtuvo el valor óptimo de 0.224705 a 275 mbar por 22.0711 minutos. Estos valores reflejan las cantidades exactas para obtener un estándar máximo de fracción volumétrica en manzana.

#### 7.2.4. Determinación del efecto del proceso de luminosidad (L\*) en manzana

En la Tabla 29 se presentan se muestran los resultados obtenidos en la determinación de (L\*) luminosidad en manzana, los valores obtenidos fueron analizados mediante un ANOVA con las variables independientes como son presión expresada en (mbar) y tiempo expresado en (minutos). con la finalidad de encontrar la significatividad en los dos factores estudiados.

**Tabla 29. ANOVA Respecto a la varianza para (L\*) luminosidad en manzana**

<b>Análisis de varianza para L*</b>					
<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A:Presión	0.205222	1	0.205222	0.02	0.0000
B:Tiempo	29.4602	1	29.4602	2.58	0.0183
AA	1.08642	1	1.08642	0.10	0.0133
AB	11.868	1	11.868	1.04	0.0365
BB	23.8684	1	23.8684	2.09	0.0222
Error total	45.7345	4	11.4336		
Total (corr.)	123.184	9			

R-cuadrada = 62.8731 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 16.4645 porciento

Error estándar del est. = 3.38136

Error absoluto medio = 1.67893

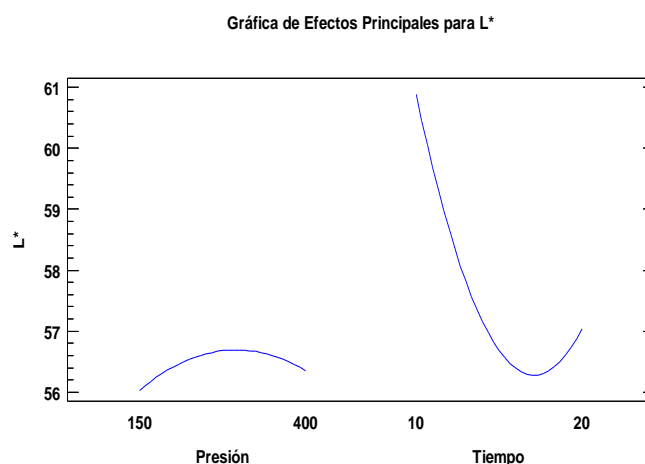
Estadístico Durbin-Watson = 1.92741 (P=0.05)

Auto correlación residual de Lag 1 = -0.0235323



En la Tabla 29 podemos apreciar que el valor  $p$  en todos los casos es menor que 0.05 ( $p < 0.05$ ) de lo cual podemos deducir que el azar no puede ser excluido como explicación de dicho hallazgo y rechazamos la  $H_0$  (Hipótesis nula) que afirma que ambas variables no están asociadas o correlacionadas, por lo cual podemos afirmar que la presión ( $p = 0.0000$ ) y el tiempo ( $t = 0.0183$ ) ejercen un efecto significativo en la luminosidad ( $L^*$ ) de la manzana.

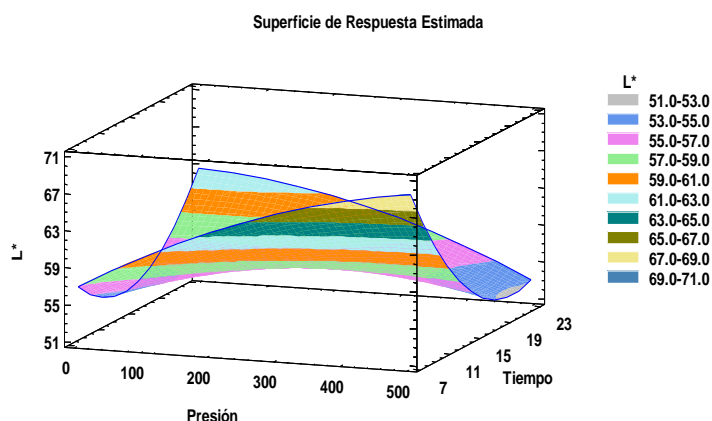
En la Figura 18 se muestra la gráfica de efectos principales para ( $L^*$ ) luminosidad en manzana.



**Figura 18. Efectos principales para ( $L^*$ ) luminosidad en manzana**

Se observa que al aplicar una presión de 150 mbar el porcentaje de ( $L^*$ ) disminuye (aproximadamente a 56%) y al aplicar una presión de 400 mbar ( $L^*$ ) aumenta (aproximadamente a 56.5%). Lo cual nos hace afirmar que si se desea un color ( $L^*$ ) óptimo se debe optar por una presión (400 mbar). En lo referente al tiempo podemos observar que al aplicar un tiempo de 10 minutos se obtiene un aumento en ( $L^*$ ) de (aproximadamente 60%) y aplicando un tiempo de 20 minutos se obtiene un disminución de ( $L^*$ ) de (aproximadamente 57%). Con lo cual se afirma que si se desea un color óptimo se debe aplicar el tiempo de (10 minutos). Se puede observar que la luminosidad aumentó significativamente ( $P > 0,05$ ) Estos resultados concuerdan con los obtenidos por (Jeon y Zhao 2005), quienes estudiaron el cambio del parámetro  $L^*$  en el tiempo al someter manzanas frescas a tratamientos de simple inmersión e impregnación a vacío.

En la Figura 19 se presenta la superficie de respuesta para ( $L^*$ ) para manzana en función del tiempo y la presión.



**Figura 19. Superficie de respuesta estimada para ( $L^*$ ) luminosidad en manzana**

Se observa el gráfico de superficie de respuesta estimada para ( $L^*$ ) luminosidad en manzana en función a la presión y el tiempo. La ecuación que describe la superficie de respuesta estimada para luminosidad ( $L^*$ ) con las variables de proceso relevantes, graficado en la Figura 19, se muestra en la siguiente ecuación:

$$L^* = 68.9215 + 0.0597812 \cdot \text{Presión} - 2.36789 \cdot \text{Tiempo} - 0.0000311998 \cdot \text{Presión}^2 - 0.002756 \cdot \text{Presión} \cdot \text{Tiempo} + 0.0913997 \cdot \text{Tiempo}^2$$

**Tabla 30. Optimización de respuesta con respecto a maximizar ( $L^*$ ) luminosidad en manzana**

Meta: maximizar  $L^*$

Valor óptimo = 66.6604

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

En la Tabla 30 se muestra la optimización de respuesta con respecto a maximizar ( $L^*$ ) en manzana con respecto a las variables de presión y tiempo. Según el método Box – Benken planteado se observa que para maximizar ( $L^*$ ). Se obtuvo el valor óptimo de 66.6604 a 451.777 mbar por 7.92893 minutos. Estos valores reflejan las cantidades exactas para obtener un máximo de ( $L^*$ ) en manzana.

**Tabla 31. Optimización de respuesta con respecto a minimizar ( $L^*$ ) luminosidad en manzana**

Meta: minimizar  $L^*$

Valor óptimo = 53.8565

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
Presión	98.2233	451.777	451.777
Tiempo	7.92893	22.0711	19.772

En la Tabla 31 se muestra la optimización de respuesta con respecto a minimizar ( $L^*$ ) en manzana con respecto a las variables de presión y tiempo. Según el método Box – Benken planteado se observa que para minimizar ( $L^*$ ). Se obtuvo el valor óptimo de 53.8565 a 451.777 mbar por 19.772 minutos. Estos valores reflejan las cantidades exactas para obtener un ( $L^*$ ) máximo en manzana.

#### **7.2.5. Determinación del efecto del proceso sobre sabor en manzana**

En la Tabla 32 se presentan se muestran los resultados obtenidos en la determinación de sabor en manzana, los valores obtenidos fueron analizados mediante un ANOVA con las variables independientes como son presión expresada en (mbar) y tiempo expresado en (minutos) con la finalidad de encontrar la significatividad en los dos factores estudiados.

**Tabla 32. ANOVA Respecto a la varianza de sabor en manzana**

<b>Análisis de varianza para sabor</b>					
<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A:Presión	0.0214466	1	0.0214466	0.05	0.0273
B:Tiempo	0.0214465	1	0.0214465	0.05	0.0273
AA	0.160717	1	0.160717	0.41	0.0100
AB	0.25	1	0.25	0.63	0.0111
BB	0.160719	1	0.160719	0.41	0.0100
Error total	1.5821	4	0.395525		
Total (corr.)	2.1	9			

R-cuadrada = 24.6618 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 0.0 por ciento

Error estándar del est. = 0.628908

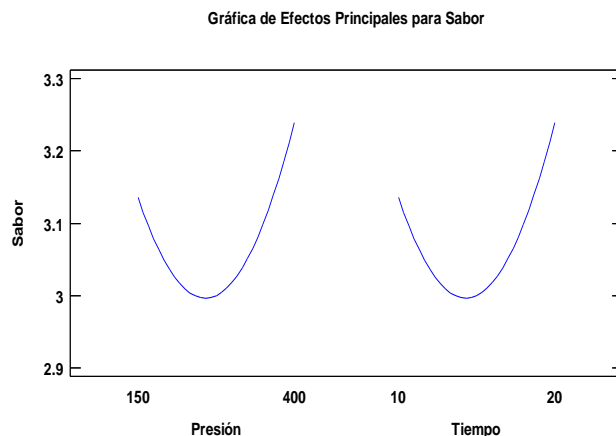
Error absoluto medio = 0.316422

Estadístico Durbin-Watson = 1.27314 (P=0.05)

Auto correlación residual de Lag 1 = 0.238432

En la Tabla 32 podemos apreciar que el valor p en todos los casos es menor que 0.05 ( $p < 0.05$ ) de lo cual podemos deducir que el azar no puede ser excluido como explicación de dicho hallazgo y rechazamos la  $H_0$  (Hipótesis nula) que afirma que ambas variables no están asociadas o correlacionadas, por lo cual podemos afirmar que la presión ( $p = 0.0273$ ) y el tiempo ( $t = 0.0273$ ) ejercen un efecto significativo en el sabor de la manzana.

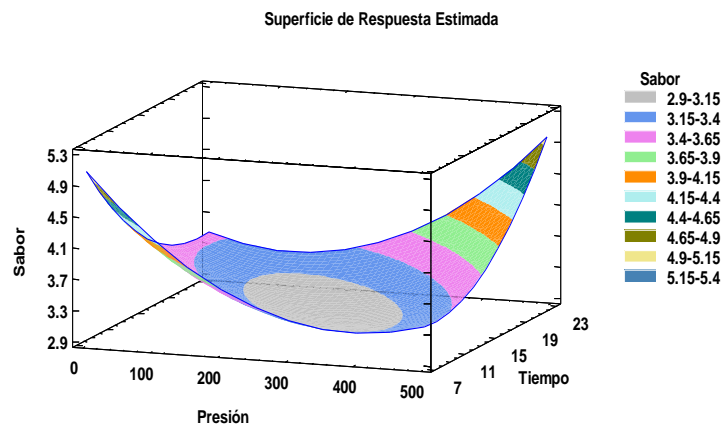
En la Figura 20 se muestra la gráfica de efectos principales para sabor en manzana.



**Figura 20. Efectos principales para sabor en manzana**

Se puede apreciar una tendencia en “U” y se observa que al aplicar una presión de 150 mbar se obtiene una disminución de sabor de (aproximadamente 3.15%) y al aplicar una presión de 400 mbar se obtiene un aumento de sabor de (aproximadamente 3.25%). Con lo cual se afirma que obtener un sabor óptimo se debe aplicar una presión de 400 mbar. En lo referente al tiempo se tiene una tendencia en “U” y se observa que al aplicar un tiempo de 10 minutos se obtiene una disminución de (aproximadamente 3.15%) y aplicando un tiempo de 20 minutos se obtiene un aumento de sabor de (aproximadamente 3.25%). Con lo cual afirmamos que para obtener un sabor óptimo se debe aplicar un tiempo de 20 minutos.

En la Figura 21 se presenta la superficie de respuesta para sabor en manzana en función del tiempo y la presión.



## Figura 21: Superficie de respuesta estimada para sabor en manzana

Se observa el gráfico de superficie de respuesta estimada para sabor en manzana en función a la presión y el tiempo. La ecuación que describe la superficie de respuesta estimada para sabor en manzana con las variables de proceso relevantes, se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Sabor} = 6.97578 - 0.0121858 * \text{Presión} - 0.324647 * \text{Tiempo} + 0.0000120001 * \text{Presión}^2 + 0.0004 * \text{Presión} * \text{Tiempo} + 0.00750007 * \text{Tiempo}^2$$

### Tabla 33. Optimización de respuesta con respecto a maximizar sabor en manzana

Meta: maximizar Sabor

Valor óptimo = 4.39646

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

En la Tabla 33 se muestra la optimización de respuesta con respecto a maximizar sabor en manzana con respecto a las variables de presión y tiempo. Según el método Box – Benken planteado se observa que para maximizar sabor se obtuvo el valor óptimo de 4.39646 a 451.777 mbar por 22.0711 minutos. Estos valores reflejan las cantidades exactas para obtener un máximo de sabor en manzana.

#### 7.2.6. Determinación del efecto del proceso sobre textura en manzana

En la Tabla 34 se muestran los resultados obtenidos en la determinación de textura en manzana, los valores obtenidos fueron analizados mediante un ANOVA con las variables independientes como son presión expresada en (mbar) y tiempo expresado en (minutos) con la finalidad de encontrar la significatividad en los dos factores estudiados.

**Tabla 34. ANOVA respecto a la varianza de textura en manzana**

<b>Análisis de varianza para textura</b>					
<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A:Presión	0.0214471	1	0.0214471	0.10	0.0000
B:Tiempo	0.728549	1	0.728549	3.33	0.0421
AA	0.446427	1	0.446427	2.04	0.0263
AB	0.25	1	0.25	1.14	0.0453
BB	0.446426	1	0.446426	2.04	0.0263
Error total	0.875003	4	0.218751		
Total (corr.)	2.5	9			

R-cuadrada = 64.9999 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 21.2497 por ciento

Error estándar del est. = 0.467708

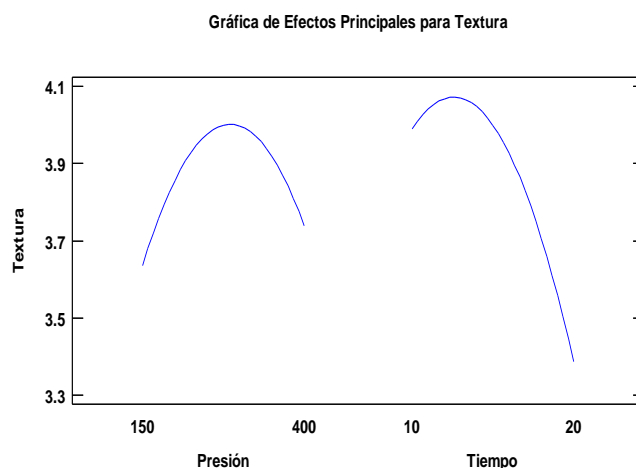
Error absoluto medio = 0.231067

Estadístico Durbin-Watson = 1.45921 (P=0.05)

Auto correlación residual de Lag 1 = 0.24641

En la Tabla 34 podemos apreciar que el valor p en todos los casos es menor que 0.05 ( $p < 0.05$ ) de lo cual podemos deducir que el azar no puede ser excluido como explicación de dicho hallazgo y rechazamos la  $H_0$  (Hipótesis nula) que afirma que ambas variables no están asociadas o correlacionadas, por lo cual podemos afirmar que la presión ( $p = 0.0000$ ) y el tiempo ( $t = 0.0421$ ) ejercen un efecto significativo en la textura de manzana.

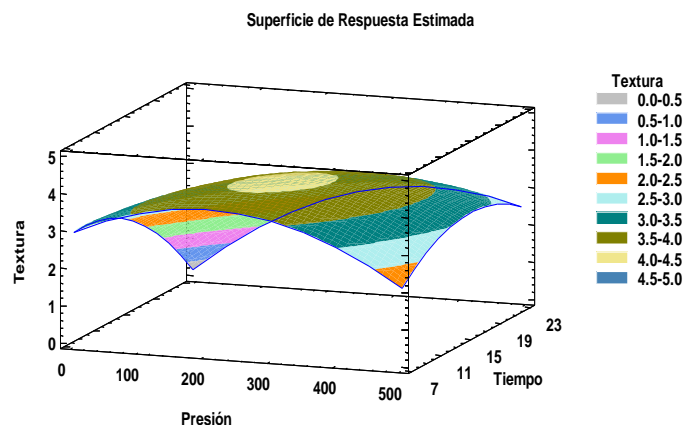
En la Figura 22 se muestra la gráfica de efectos principales para textura en manzana.



## Figura 22. Efectos principales para textura en manzana

Se puede observar que al aplicar una presión de 150 mbar se obtiene una disminución de textura de (aproximadamente 3.6%) y aplicando una presión de 400 mbar se obtiene un aumento de textura de (aproximadamente 3.8%). Con lo cual podemos afirmar que para obtener una textura optima se debe aplicar una presión de 400 mbar. En lo referente al tiempo apreciamos que al aplicar un tiempo de 10 minutos se obtiene un aumento de textura de (aproximadamente 3.99%) y aplicando un tiempo de 20 minutos se obtiene una disminución de (aproximadamente 3.4%). Con lo cual podemos afirmar que para obtener una textura optima se debe aplicar un tiempo de 10 minutos. Estos resultados concuerdan con la obtención a la textura final en vegetales producida por efectos de impregnación de solutos. Según (Anino y col 2006) explican este fenómeno considerando el hecho de que la ruptura celular ocurre, principalmente, en la superficie del tejido vegetal, lo que se traduce en una mayor rugosidad, encogimiento superficial y formación de capas; dependiendo del soluto impregnado.

En la Figura 23 se presenta la superficie de respuesta para textura en manzana en función del tiempo y la presión.



## Figura 23. Superficie de respuesta estimada para textura en manzana

Se observa el gráfico de superficie de respuesta estimada para textura en manzana en función a la presión y el tiempo. La ecuación que describe la superficie de respuesta estimada para textura en manzana con las variables de proceso relevantes se muestra en la siguiente ecuación:



$$\text{Textura} = 2.11644 + 0.00541419 \cdot \text{Presión} + 0.204643 \cdot \text{Tiempo} - 0.0000199999 \cdot \text{Presión}^2 + 0.0004 \cdot \text{Presión} \cdot \text{Tiempo} - 0.0124999 \cdot \text{Tiempo}^2$$

**Tabla 35. Optimización de respuesta con respecto a maximizar textura en manzana**

Meta: maximizar Textura

Valor óptimo = 4.07738

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Presión	98.2233	451.777	258.598
Tiempo	7.92893	22.0711	12.323

En la Tabla 35 se presenta se muestra la optimización de respuesta con respecto a maximizar textura en manzana con respecto a las variables de presión y tiempo. Según el método Box – Benken planteado se observa que para maximizar textura se obtuvo el valor óptimo de 4.07738 a 258.598 mbar por 12.323 minutos. Estos valores reflejan las cantidades exactas para obtener un máximo de textura en manzana.

### **7.2.7. Determinación del efecto del proceso sobre color en manzana**

En la Tabla 36 se muestran los resultados obtenidos en la determinación de color en manzana, los valores obtenidos fueron analizados mediante un ANOVA con las variables independientes como son presión expresada en (mbar) y tiempo expresado en (minutos) con la finalidad de encontrar la significatividad en los dos factores estudiados.

**Tabla 36. ANOVA Respecto a la varianza de color en manzana**

<b>Análisis de Varianza para Color</b>					
<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A:Presión	0.0214471	1	0.0214471	0.10	0.0000
B:Tiempo	0.728559	1	0.728559	3.33	0.0121
AA	0.446426	1	0.446426	2.04	0.0263
AB	0.25	1	0.25	1.14	0.0345
BB	0.446426	1	0.446426	2.04	0.0263
Error total	0.875004	4	0.218751		
Total (corr.)	2.5	9			

R-cuadrada = 64.9998 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 21.2497 por ciento

Error estándar del est. = 0.467708

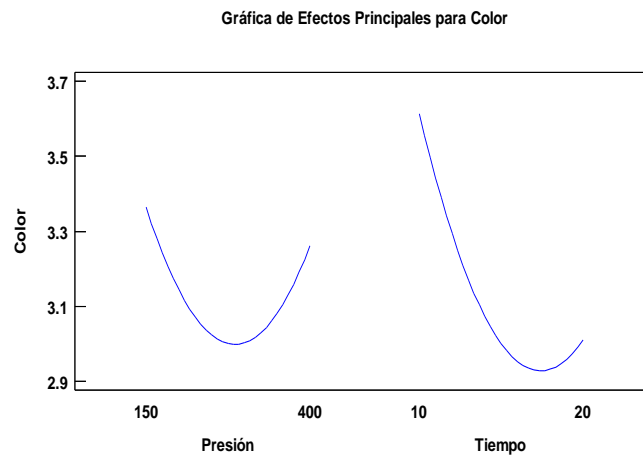
Error absoluto medio = 0.231067

Estadístico Durbin-Watson = 1.37553 (P=0.05)

Auto correlación residual de Lag 1 = 0.288252

En la Tabla 36 podemos apreciar que el valor p en todos los casos es menor que 0.05 ( $p < 0.05$ ) de lo cual podemos deducir que el azar no puede ser excluido como explicación de dicho hallazgo y rechazamos la  $H_0$  (Hipótesis nula) que afirma que ambas variables no están asociadas o correlacionadas, por lo cual podemos afirmar que la presión ( $p = 0.0000$ ) y el tiempo ( $t = 0.0121$ ) ejercen un efecto significativo en el color de la manzana.

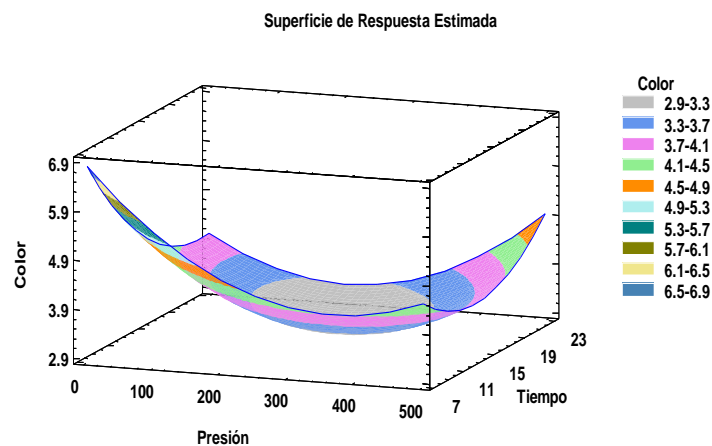
En la Figura 24 se muestra la gráfica de efectos principales para color en manzana.



**Figura 24. Efectos principales para color en manzana**

En la Figura 24 podemos apreciar una tendencia en “U” y se observa que aplicando una presión de 150 mbar el color aumenta (aproximadamente a 3.4%) y aplicando una presión de 400 mbar el color disminuye (aproximadamente a 3.3%). Con lo cual podemos afirmar que para obtener un color óptimo se debe aplicar una presión de 150 mbar. Con lo referente al tiempo podemos apreciar una tendencia en “U” y se observa que aplicando un tiempo de 10 minutos el color aumenta (aproximadamente a 3.6%) y aplicando un tiempo de 20 minutos el color disminuye (aproximadamente a 2.9%). Con lo cual podemos afirmar que para obtener un color óptimo se debe aplicar un tiempo de 10 minutos.

En la Figura 25 se presenta la superficie de respuesta para color en manzana en función del tiempo y la presión.



### Figura 25. Superficie de respuesta estimada para el color en manzana

En la Figura 25, se observa el gráfico de superficie de respuesta estimada para el color en manzana en función a la presión y el tiempo. La ecuación que describe la superficie de respuesta estimada para el color en manzana con las variables de proceso relevantes se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Color} = 9.99422 - 0.0174142 \cdot \text{Presión} - 0.545353 \cdot \text{Tiempo} + 0.0000199999 \cdot \text{Presión}^2 + 0.0004 \cdot \text{Presión} \cdot \text{Tiempo} + 0.0124999 \cdot \text{Tiempo}^2$$

### Tabla 37. Optimización de respuesta con respecto a maximizar el color en manzana

Meta: maximizar Color

Valor óptimo = 5.25

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
Presión	98.2233	451.777	98.2235
Tiempo	7.92893	22.0711	7.92893

En la Tabla 37 se presenta se muestra la optimización de respuesta con respecto a maximizar el color en manzana con respecto a las variables de presión y tiempo. Según el método Box – Benken planteado se observa que para maximizar color se obtuvieron los óptimos valores en presión 98.2235 mbar y el tiempo 7.92893 minutos. Estos valores reflejan las cantidades exactas para obtener un máximo de color en manzana impregnada.

### 7.2.8. Resultados para la aceptabilidad sensorial en manzana

En la Tabla 38 se presenta los resultados para la aceptabilidad sensorial en muestras de manzana evaluada por 20 panelistas semi entrenados. En el Anexo 2 se muestra la ficha de evaluación sensorial utilizada.

**Tabla 38. Aceptabilidad Sensorial en Manzana (Promedio del test de escala hedónica evaluado por 20 panelistas)**

CODIGO	SABOR	TEXTURA	COLOR
M1	3	4	3
M2	4	4	4
M3	3	3	3
M4	3	3	4
M5	3	3	4
M6	3	4	4
M7	4	3	3
M8	3	3	4
M9	4	4	3
M10	3	4	3

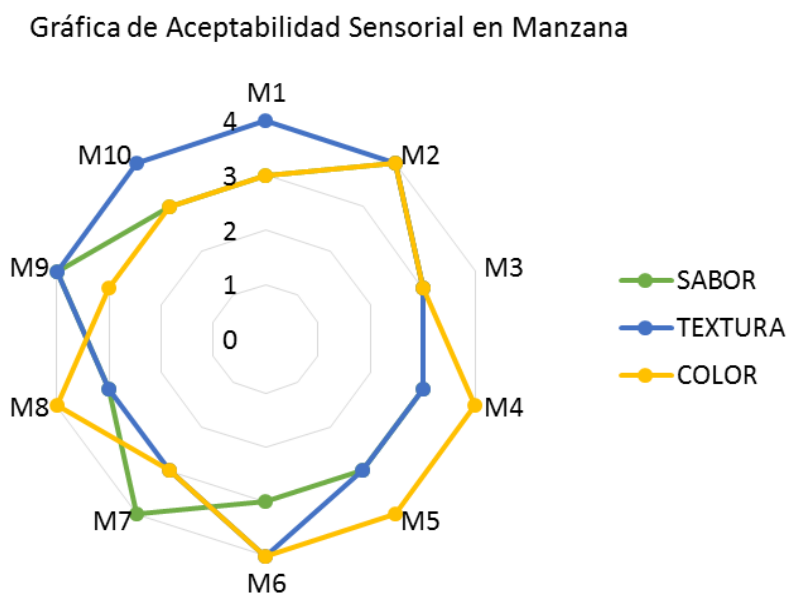
Leyenda:

Escala	Valor
Muy buena	5
Buena	4
Aceptable	3
Regular	2
Mala	1
Muy mala	0

Fuente: *Elaboración propia*

En la Tabla 38 podemos observar que la tendencia del mejor tratamiento se encontró en la muestra M2, con una puntuación de buena, a una presión de 150 mbar por un tiempo de 10 minutos, estos datos fueron obtenidos del test de aceptación sensorial de escala hedónica. En el Anexo 2 se muestra la ficha de evaluación sensorial utilizada.

En la Figura 26 se presenta la gráfica de la telaraña de aceptabilidad sensorial en manzana.



Fuente: *Elaboración propia.*

**Figura 26. Radar o telaraña para aceptabilidad sensorial en manzana (Promedio del test de escala hedónica evaluado por 20 panelistas)**

En la Figura 26 se observa el gráfico de telaraña donde podemos observar que el color y la textura fueron los parámetros sensoriales más aceptados, seguido del sabor. Siendo “M2” con una presión de 150 mbar por un tiempo de 10 minutos, la muestra de manzana con mayor aceptación general por parte de los panelistas.

Haciendo una comparación entre las muestras de yacón y manzana podemos observar que ambas tuvieron una gran aceptación sensorial por parte de los panelistas, destacando las muestras de yacón las cuales obtuvieron una máxima puntuación en la categoría de muy buena.

## VIII. CONCLUSIONES

- Se determinó que el efecto de la impregnación al vacío de penca sábila (*Aloe vera*) deshidratado en yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y manzana (*Malus doméstica*) disminuye del pardeamiento enzimático, obteniéndose una fracción volumétrica promedio de 0.0721 m<sup>3</sup> solución/m<sup>3</sup> fruta fresca; la cuantificación de la cantidad de aloe incorporado varió entre 22.5086 y 54.6339 mg/100g de muestra.
- La fracción volumétrica de impregnación muestra a la manzana como una estructura de mayor capacidad de impregnación con un valor óptimo de ( $X = 0.224705$  %) a 275.239 mbar por 22.0711 minutos, debido a la mayor porosidad disponible para el proceso de impregnación, el L\* óptimo fue (53.8565) a 451.777 mbar por 19.772 minutos, el color óptimo fue (5.25) a 98.2235 mbar por 7.92893 minutos, el sabor óptimo fue (4.39645) a 451.777 mbar por 22.0711 minutos y la textura óptima fue (4.07738) a 258.598 mbar por 12.323 minutos.
- En yacón la fracción volumétrica tuvo un valor óptimo de ( $X = 0.102549$  %), a 98.2233 mbar por 22.0711 minutos, L\* óptimo fue (39.4327) a 98.2234 mbar por 19.335 minutos, el color óptimo fue (2.95834) a 295.835 mbar por 13.333 minutos, el sabor óptimo fue (1.74998) a 98.2233 mbar por 22.0711 minutos y la textura óptima fue (3.0) a 275.0 mbar por 15.0 minutos.
- En cuanto a la evaluación sensorial se obtuvo lo siguiente:

En yacón el (valor – p) para luminosidad (L\*) fue 0.0126, para sabor fue 0.0157 y para textura fue 0.0000 y para color fue 0.0474, con lo cual se demuestra que el análisis fue significativo en todos los casos ( $p < 0.05$ ).

En manzana el (valor – p) para luminosidad (L\*) fue 0.0365, para sabor fue 0.0111, para textura fue 0.0453 y para color fue 0.0345, con lo cual se demuestra que el análisis fue significativo en todos los casos ( $p < 0.05$ ).

- La mayor aceptabilidad sensorial en yacón se obtuvo a una presión de 400 mbar y un tiempo de 20 minutos y la mayor aceptabilidad sensorial en manzana se obtuvo a una presión de 150 mbar por un tiempo de 10 minutos.
- La impregnación de penca sábila (*Áloe vera*) deshidratado en yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y manzana (*Malus doméstica*) influye positivamente incrementando la coordenada (L\*), con un tiempo de vida útil de 7 días, en almacenamiento refrigerado a una temperatura de 15°C. Se disminuye de esta forma el pardeamiento enzimático ya que su acción fortalece a las paredes y membranas celulares y como resultado de dicho fortalecimiento, se produce una menor liberación de la polifenol oxidasa o de sus substratos en las superficies cortadas de los productos estudiados.

## IX. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio comparativo con otras variedades de yacón y otras variedades de manzana, para determinar si la impregnación al vacío con *áloe vera* ejerce la misma influencia de disminuir el pardeamiento enzimático como en los resultados obtenidos en el fenotipo de yacón anaranjado y la manzana de tipo Israel de la presente investigación.
- Se recomienda utilizar el método de impregnación al vacío con (*aloe vera*) en otras variedades de frutas y tubérculos para determinar si tiene un efecto positivo en el alargamiento de la vida útil de dichos productos.



## X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Anzaldúa M. A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza España. Editorial Acribia. pp 43-45.

Anino, s. Salvatori, d. Alzamora, s. 2001. Changes in calcium level and mechanical properties of apple tissue due to impregnation with calcium salts. Food research international, 39: 154-164.

Asai, 1990. Deshidratación osmótica de papaya. Desarrollo de un producto mínimamente procesado. Tesis Doctoral, pp. 35. Universidad Politécnica de Valencia. Editorial Acribia. España. pp. 35. [En línea]

[http://www.ilsa.org/europe/documents/c2002con\\_foodspan.pdf](http://www.ilsa.org/europe/documents/c2002con_foodspan.pdf)

[Consulta: Abril 2017].

Asami, G. 1991. Sensory quality during fresh-cut processing and storage. IFTS Annual Meeting. Institute of Food Technologists. Valencia. España. pp. 25-28

Barat JM, Fito P, Chiralt A. 2001. Effect of osmotic solution concentration temperature and vacuum impregnation pre-treatment on osmotic dehydration kinetics of apple slices. Food science and technology international. pp. 5(7):451-6.

Barcroft, A. y Myskja, A. 2003. Aloe vera: nature's silent healer, BAAM Publishing. pp. 17-26.

Barcroft y Myskja, 2003. Sensory quality during fresh-cut processing and storage. IFTS Annual Meeting. Institute of Food Technologists. Valencia. España. pp. 654.

Barrera, C.; Betoret, N.; Corell, P. y Fito, P. 2009. Effect of osmotic dehydration on the stabilization of calcium –fortified apple slices (var. Granny Smith): influence of operating variables on process kinetics and compositional changes. Journal of food Engineering. Massachusetts. pp. 92, 416-424.

Bartlert Gorny, K. 2002. Sensory quality during fresh-cut processing and storage. IFTS Annual Meeting. Institute of Food Technologists. Valencia. España. pp. 654.

Baron, G. 2000. Control of minimally processed carrot *Daucus carota* surface discoloration caused by abrasion peeling. *Journal of Food Science*. Valencia. España. pp. 56, 58.

Betoret, N. 2002. Aplicación de algunas técnicas de ingeniería de alimentos en el desarrollo de alimentos naturales enriquecidos. Tesis Doctoral. Departamento de Tecnología de Alimentos. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia.

Betoret, N.; Puentes, L.; Díaz, M. J.; Pagán, M. J.; García, M. J.; Gras, M. L.; Martínez Monzó, J. y Fito, P. 2003. Development of probiotic-enriched dried fruits by vacuum impregnation. *Journal of food Engineering*. pp. 56, 273-277.

Betoret, N. 2002. Aplicación de algunas técnicas de ingeniería de alimentos en el desarrollo de alimentos naturales enriquecidos. Tesis Doctoral. Departamento de Tecnología de Alimentos. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia. pp 45-48.

Bolin, H. R. y Steele, R. J. 1997. Nonenzymatic Browning in Dried Apples during Storage. *Journal of Food Science*. pp. 52 (6): 1654-1657.

Bouchey, G. D. y Gjerstad, G. 1999. Chemical studies of aloe vera juice II: inorganic ingredients. *Pharmaceutical Biotechnology*, pp. 9, 1445-1453.

Bouchey y Gjerstad, 1999. Effect of osmodehydrofreezing on quality attributes of kiwi. Valencia. España. pp. 346, 378.

Bozzi, A.; Perrin, C.; Austin, S. y Arce Vera, F. 2007. Quality and authenticity of commercial aloe vera gel powders. *Food Chemistry*, pp. 103, 22-30.

Bozzi, H. 2007. Control of minimally processed carrot *Daucus carota* surface discoloration caused by abrasion peeling. *Journal of Food Science*. Valencia, España. pp. 56, 58.

Calvo, C. y Durán, I. 1997. Propiedades físicas ii: ópticas y color en: temas en tecnología de alimentos. Editor aguilera, J. M. Instituto Politécnico Nacional, España. pp 261-281.

Calvo, C. y Durán, I. 2006. Propiedades físicas ii: ópticas y color en temas en tecnología de alimentos. Editor aguilera, J. M. Instituto Politécnico Nacional, España. pp 261-281. [En línea] <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/TEMA25.html> [Consulta: Abril 2017].

Calvo, C. 2000. Pardeamiento enzimático. Artículo de clases de bioquímica de alimentos universidad de Zaragoza, facultad de ciencias biológicas. Zaragoza, España. pp. 54, 56,59.

Carpetano, B.; Gras, M.L. y Vidal, D. 2011. Elaboración De Productos Funcionales De Manzana (Var. Granny Smith) Enriquecida Con Aloe Vera. Universidad Politécnica de Valencia. pp 58, 60

Carpenter 2000. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. 3ªed. España, Editorial Acribia S.A. Vol. II. pp 98-99.

Castañer et al, 1996. Controlled atmosphere storage suppresses microbial growth on fresh-cut watermelon. *Proceeding of the Florida State Horticultural Society*. Valencia, España. pp. 87, 88.

Castillo et al., 2010. Pulsed electric field denaturation of alkaline phosphatase. En G.V. Barbosa-Canovas; H. Zhang (Eds) *Electric Fields in Food Processing*. Lancaster, PA: Technomic. Valencia, España. pp 78

Castillo S.; Navarro, D.; Zapata, P. J.; Guillén, F. y 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*, Valencia España. pp. 57, 183-188.

Chanes J. 1999. Pardeamiento enzimático. Artículo de clases de bioquímica de alimentos universidad de Zaragoza, facultad de ciencias biológicas. Zaragoza, España. pp. 54, 56,59.

Cheftel, J.C., Cheftel, H., Besancon, P. 1999. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. 3ªed. España, Editorial Acribia S.A. Vol. II. pp 98-99.

Chiralt A, Fito P, Andrés A, Barat J, Martínez Monzó J, Martínez Navarrete N. 1999. Vacuum impregnation: a tool in minimally processing of foods". En: *Processing of Foods: Quality Optimization and Process Assessment*. Eds: Valencia. España. pp 54.56.

Collazos, L. 1993. Aloe vera in vitro and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. *Postharvest Biology and Technology*, Valencia España. pp. 57, 183-188.

Cortés M. 2004. "Desarrollo de productos de manzana deshidratados enriquecidos con vitamina E". [Tesis doctoral]. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. pp.34.35.

Costell, E y Duran, L. 1991. El análisis sensorial en el control de la calidad de los alimentos. I. Introducción. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. Zaragoza España. pp 45, 46-58.

Costell, E. 1998. Effect of propagule weight on production of yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*; pp. 33 -143.

Dobrzański, K. 2006. Enzymic browning in apricots. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Valencia. España. pp. 87.

Dorantes-Alvarez, 1996. Color of minimally processed fruits and vegetables as affected by some chemical and biochemical changes. En Alzamora, SM; Tapia, MS; Lopez. Malo, A. (Eds): Minimally processed fruits and vegetables. Publication: Gaithersburg, Maryland. pp.111, 126. Valencia. España.

Douglas J.A.; Follet J.M.; Waller J.E. 2005. Effect of propagule weight on production of yacón (*Smallanthus sonchifolius*). New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science; pp. 33: 143 – 148.

Douglas, J. A.; Scheffer, J. C.; Sims, I. M.; Triggs, C. M. 2002. Maximizing fructose oligosaccharide production in yacón. Agronomy New Zealand (32/33): pp. 49-55.

Douglas L. 2002. Extending shelf life of fresh-cut pears. Journal of Food Science. Valencia. España. pp 73.

Douglas L. 2005. Enzymatic browning of fresh-cut apples. International journal of food science and nutrition. Valencia. España. pp. 56,165-176.

Eshun, K. y He, Q. 2004. Aloe vera: a valuable ingredient for the food, pharmaceutical and cosmetic industries. Critical Reviews Food Science and Nutrition, pp. 44, 91-96.

Eshun y He, 2004. Pathological diseases of fresh and vegetables. Journal Biochemistry. Valencia. España. pp. 36, 45.

Espinoza H. 2006. Influence of blanching-osmotic dehydration treatments on volatile fraction of strawberries. Journal of Food Science. Valencia. España. pp. 90

FAO, 2000. Procesamiento de frutas y hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Oficina regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago, Chile, pp.190.

FAO 2000 (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Enzymatic Browning in Fruits, Vegetables and Seafoods. Documentos de Ciencias de los Alimentos y Nutrición. pp110.

[En línea] <http://www.fao.org/ag/ags/agsi/ENZYMFINAL/Enzymatic%20Browning.html>

[Consulta: Abril 2017].

FAO. 2003. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Oficina regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago, Chile). Procesamiento de frutas y hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala. pp.190.

[En línea] <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4893S/Y4893S00.HTM>

[Consulta: Abril 2017].

FAO. 2003. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma). Manual para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas. Boletín N° 151 de Servicios Agrícolas de la FAO. [En línea] <http://www.fao.org/docrep/x5062S/x5062S00.HTM> [Consulta: Abril 2017].

Femenia, A., Sánchez, E., Simal, S. y Rosselló, C. 1999. Compositional features of polysaccharides from aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) plant tissues. Carbohydrate Research. Valencia. España. pp. 39, 109-117. [En línea] <http://www.recercat.net/handle/2072/4928> [Consulta: Abril 2017].

Fito, P.; Andrés, A.; Chiralt, A. y Pardo, P. 1996. Coupling of Hydrodynamic Mechanism and Deformation Relaxation Phenomena During Vacuum Treatments in Solid Porous Food-Liquid Systems. Journal of Food Engineering. pp. 27, 229-240.

Fito, P.; Chiralt, A.; Barat, J. M.; Andrés, A.; Martínez M. J. y Martínez, N. 2001. Vacuum impregnation for development of new dehydrated products. Journal of Food Engineering, 49, 297-302.

Fito, P.; Chiralt, A.; Betoret, N.; Martínez M. J. y Gras, M. L. 1999. Procedimiento de impregnación de alimentos naturales con productos nutracéuticos y dispositivo para su puesta en práctica. Patente Española P9902730, Universidad Politécnica de Valencia. pp 85-100

Fito, P. y Pastor, R. 1994. On some diffusional mechanism occurring Vacuum Osmotic Dehydration (VOD). *Journal of Food Engineering*. Valencia España. pp. 21, 513-519

Fito, P.; Chiralt, A.; Barat, J. M.; Andrés, A.; Martínez M. J. y Martínez, N. 1996. Vacuum impregnation for development of new dehydrated products. *Journal of Food Engineering*, 49, 297-302.

Fletcher, R. 1999. Yacón. The Australian new crops newsletter. Patente Española P9902730, Universidad Politécnica de Valencia. pp 12

Fletcher, R. 1999. Function of lipophilic acids as antimicrobial food additives. *Nature Valencia*. España. pp. 345, 347.

Fletcher y Lachman. 2004. Yacón. The Australian new crops newsletter. Patente Española. Universidad Politécnica de Valencia. pp 289

Frankos J. 1991. Foot Browning and its prevention: an overview. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Valencia. España. pp. 878, 900.

G. Butler G, D. Rivera 2004. «Innovations in Peeling Technology for Yacon». Project Report. (International Potato Center). Valencia. España. pp 76.

González y Aguilar 2000. Composition and common chemical quality parameters. *Journal of the science of food and agriculture*. Valencia. España. pp 80,157-165.

González, a. González, j. a. Garcia, r. j. Rivas, t. Ardanuy, r. Sánchez, j. 2001 geographical discrimination of honeys by using mineral composition and common chemical quality parameters. Journal of the science of food and agriculture. Valencia. España. pp 80,157-165.

Gorny, K. 2002. Baldiwin. E.A. Nisperos- Carriedo. M.O. Baker, R.A. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. Hort Science. Valencia. España. pp. 30, 35, 38.

Gras, M. L.; Vidal, D.; Betoret, N.; Chiralt, A. y Fito, P. 2002. The response of some vegetables to vacuum impregnation. Innovative Food Science and Emerging Technologies, Valencia. España. pp. 3, 263-269.

Gras, M. L. 2001. Aplicación de la ingeniería de matrices para la obtención de hortalizas enriquecidas en calcio. Tesis Doctoral. Departamento de Tecnología de Alimentos. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia. pp 102

Gras, M. L.; Vidal, D.; Betoret, N.; Chiralt, A. y Fito, P. 2002. The response of some vegetables to vacuum impregnation. Innovative Food Science and Emerging Technologies, pp. 3, 263-269.

Gras, M. L.; Vidal-Brotons, D.; Betoret, N.; Chiralt, A. y Fito, P. 2003. Calcium Fortification of vegetables by vacuum impregnation Interactions with cellular matrix. Journal of Food Engineering, pp. 56, 279-284.

Grau, J. Rea 1997. Yacon. (*Smallanthus sonchifolius*). En M. Hermann & J. Institute, Rome, Italy. pp. 199–242.

Guevara, A. 2002. Elaboración de zumos, pulpas y néctares de frutas. Facultad de Industrias Alimentarias. U.N.A.L.M. Lima. Perú. pp. 89

Grover, L. 2002. Effects of fruit ripeness and storage temperature on the deterioration rate of fresh-cut peach and nectarine slices. Valencia. España. pp. 82, 89.



Hall, V. 1998. Compositional diversity of the yacón storage root. In: Impact on a changing world, Program Report the International Potato Center (CIP), Lima, Perú, pp. 425-432.

He. L. 2005. Changes in the levels of catechol oxidase and la case activity in developing peaches. Journal of Food and Agriculture. Valencia. España. pp. 97, 98.

Hermann. M. 1999. Effects of high pressure on enzymes related to food quality. Trend in Food Science and Technology. Barcelona, España. pp. 93, 94

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, pp. 425-432.

Hernandez, F. 2005. Effects of fruit ripeness and storage temperature on the deterioration rate of fresh-cut peach and nectarine slices. Valencia. España. pp. 82, 89.

Herrera, G. 1992. Elaboración y almacenaje de pulpa y nectar de ciruela (spondias purpuera). Tesis Industrias Alimentarias. Lima. Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. pp. 65

Jeon, M. y Zhao, Y. 2005. "Honey in combination with vacuum impregnation to prevent enzymatic browning of fresh-cut apples". International Journal of Food Science and Nutritive. Valencia. España. pp. 165-176

Jeon, m. y Zhao, y. 2005. Honey in combination with vacuum impregnation to prevent. Valencia. España. pp 547, 567.

Krishnan, P. 2006. The scientific study of herbal wound healing therapies: Current state of play. Current Anaesthesia & Critical Care, Valencia. España. pp, 17 - 21

Labuza, F. 1990. Effects of fruit ripeness and storage temperature on the deterioration rate of fresh-cut peach and nectarine slices. Valencia. España. pp. 82, 89.

Lachman et al. 2004. Physiological and biochemical changes during fresh-cut fruit processing and storage. IFTS Annual Meeting, Institute of Food Technologists. Valencia. España. pp. 98

Lachman, J.; Havrland, B.; Fernández, E. C.; Dudjak, J. 2004. Saccharides of yacon (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson) tubers and rhizomes and factors affecting their content. *Plant, Soil and Environment* 50(9): pp. 383-390.

Lamikanra y Watson, 2001. Effects of ascorbic acid on peroxidase and polyphenol oxidase activities in fresh cut cantaloupe melon. *Journal of Food Science*. Valencia. España. pp. 66, 123,125.

Larionova, M.; Menéndez, R.; Valiente, O. y Fusté, V. 2004. Estudio químico de los polisacáridos presentes en aloe vera I. y *Aloe barborescens* Miller cultivados en cuba. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, pp. 9, 1028-4796.

Larionova et al., 2004. Relationship between enzymatic browning and internal disorders in controlled-atmosphere store pears. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Valencia. España. pp. 74, 79.

Lee, H. 2000. Osmotic deshydration: Review and future directions. En. *Proceeding of the International Symposium on Progress in Food Preservation Processes*. Valencia. España. pp 283,285.

Lee, Y. K.; Weintraub S. T.; Yu, B. P. 2000. Isolation and identify cation of a phenolic antioxidant from *Aloe barbadensis*. *Free Radical Biology & Medicine*. Martinez R. D.; Albuquerque, N.; Valverde, pp. 2(28), 261 – 265.

Lin y Col. 2000. Effects of ascorbic acid on peroxidase and polyphenol oxidase activities in fresh cut cantaloupe melon. *Journal of Food Science*. Valencia. España. pp. 66, 123,125.

López, J. 1991. *Procesamiento de Frutas y Hortalizas Mediante Métodos Artesanales y de Pequeña Escala*. Manual Técnico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago. Página 65.

MacDougall, Y. 2002. A new application of osmosis the production of shelf-stable fruts by osmosis. *Progress in Food Engineering*. Valencia. España. pp. 567.

McEvily et al., 1992. Inhibition of enzymatic browning in foods and beverages. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Valencia. España. pp. 456, 459.

McEvily et al., 1991 a y b. Permeability properties of fruit puree edible films. *Journal of Science*, Valencia. España. pp. 876.

McGuire y Kelman, 1984. Apple wraps: A novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples. *Journal of Food Science*. Valencia. España. pp. 480

Maffei, M. 1986. *Industrialización de la manzana: análisis de alternativas*. Tesis título de ingeniero agrónomo, mención frutales y viñas). Santiago, Chile. Universidad Católica de Chile, facultad de ciencias agronómicas y forestales. pp 39-60.

Manrique, A. Párraga y M. Hermann 2005. «Yacon syrup: Principles and processing». Series: *Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos*. Lima Perú. pp. 33, 34-35

Martinez-Romero et al., 2006 a y b. Mechanical and structural changes in apple due to vacuum impregnation with cryoprotectants. *Journal of Science*, pp. 786. Valencia. España. pp. 786

Martinez R. D.; Albuquerque, N.; Valverde, J. M.; Guillén, F., Castillo, S.; Valero, D. y Serrano, M. 2006 a. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment: a new edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, pp.39, 93-100.

Martínez R. D.; Guillén, F.; Valverde, J. M.; Serrano, M.; Zapata, P.; Bailén, G.; Castillo, S. y Valero, D. 2006 b. Aloe vera como recubrimiento comestible de frutas y hortalizas. *Horticultura*, pp. 42-44.

Mayor, L.; Silva, M. A.; Sereno, A. M. 2005. Microestructural changes during drying of apples slices. *Journal of Drying Technology*, pp. 23: 2261-2276.

Mayor, I. Silva, M. A. Sereno, A. M. 2005. Microstructural changes during drying of apples slices. *Journal of drying technology*, 23: 2261-2276, 2005.

Monsalve G. A.; Barbosa-Cánovas, G.; Cavalieri, R.; Mcevily, A.; Iyengar, R. 1993. Control of Browning During Storage of Apple Slices Preserved by Combined Methods. 4-Hexylresorcinol as Anti-Browning Agent. *Journal of Food Science*. pp. 58 (4): 797-800.

Molto, H. 2007. Soule infusion effects on texture of minimally processed kiwifruit. *Journal of Food Science*, Valencia. España. pp 44-47.

Monsalve-González, a. Barbosa-Cánovas, g. Cavalieri, r. Mcevily, a. Iyengar, r. 1993. Control of browning during storage of apple slices preserved by combined methods. 4-hexylresorcinol as anti-browning agent. *Journal of food science*. pp. 58, 797-800.

Montauto-Graña, M.; Fernández-Fernández, E.; Vázquez-Odériz, M.L. y Ramera-Rodríguez, M.A. 2002. Development of a sensory profile for the specific denomination "Galicia potato". *Food Quality and Preference*. pp. 13: 99-106.

Montero et al., 2001. Efecto estabilizador de tratamientos combinados de inactivación enzimática y deshidratación osmótica en fresas mínimamente procesadas. Valencia. España. pp. 43.

Ni et al. 2004. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, Valencia. España. pp 78-79.

Onyanna, F. 1990. Minimal processing preservation methods of the future an overview. Trends in Food Science and Technology. Valencia. España. pp. 56-57. [En línea] <https://www.odepa.gob.cl> [Consulta: Abril 2017].

Okamura, N.; Asai, M.; Hine, N. y Yagi, A. 1996. High-performance liquid chromatographic determination of phenolic compounds in Aloe species. Journal Chromatography A, pp. 746, 225 - 231.

Okamura et al. 1996. Minimal processing preservation methods of the future an overview. Trends in Food Science and Technology. Valencia. España. pp. 56-57.

Ordoñez, A. 1995. Validación de la evaluación sensorial en control de calidad de alimentos: El caso de un alimento en un programa nutricional. Tesis Lic. Ing. en Alimentos. Valdivia Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. pp 153.

Paez, A.; Gebre, G.; González, M. y Tschaplinski, T. 2000. Growth, soluble carbohydrates, and aloin concentration of Aloe vera plants exposed to three irradiance levels. Environmental and Experimental Botany, pp. 44, 133-139.

Panagiotakos, D. B.; Pitsavos, C.; Stefanadis, C. 2006. Dietary patterns: A Mediterranean diet score and its relation to clinical and biological markers of cardiovascular disease risk. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, pp. 16: 559-568.

Park, J. H. y Kwon, S. W. 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. pp. 69

Park, M. K.; Park, J. H.; Kim, N. Y.; Shin, Y. G.; Choi, Y. S.; Lee, J. G.; Kim, K. H. y Lee, S. K. 1998. Analysis of 13 phenolic compounds in Aloe species by high performance liquid chromatography. Photochemistry Analysis, pp. 9, 186-191.

Park y Kwon. 2006. Nonthermal inactivation of endoproteases by pulsed electric field technology. Valencia. España. pp. 90.

Park J. 1998. Influencia de las condiciones de operación sobre la calidad del mango mínimamente procesado por deshidratación osmótica. Valencia. España. pp.89.

Prat y Ribó. 2006. Polyphenol oxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. Journal of Food Science. Valencia. España. pp 76-77.

Prat, L. y Ribó, T. 2006. El gran libro del aloe vera, España, Ed RBA Integral. Valencia. España. pp. 43.

Peleg, j. 1995. Convenio de Investigación para el Mejoramiento de la Industria Panelera (CIMPA). Producción de bocadillos de guayaba elaborados con panela. Instituto Colombiano Agropecuario. Barbosa, Santander. 1992. 4 p.

Perez, J. 2007. Obtaining a filing temperature of 30-37 degree C in the final chilling of aseptically preserved guava pulp. Valencia. España. pp 64.

Poepp Endl, H. Robinson. Polyphenol oxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. Journal of Food Science. Valencia. España. pp 98-102. [En línea]

[http://docencia.izt.uam.mx/epa/quim\\_alim/material\\_adicional/Actividad%20de%20agua%20%20%20%20aw.pdf](http://docencia.izt.uam.mx/epa/quim_alim/material_adicional/Actividad%20de%20agua%20%20%20%20aw.pdf) [Consulta: Abril 2017].

Ponting, H. 1992. Polyphenol oxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. Journal of Food Science. Valencia. España. pp 76-77.

Rajasekaran, S.; Sivagnanam, K. y Subramanian, S. 2005. Mineral contents of aloe vera leaf gel and their role on streptozotocin-induced diabetic rats. Biology Trace Element Research, pp. 108, 185-196.

Rajasekaran, J. 2005. Vacuum infiltration with calcium chloride influences oxygen distribution in apple fruit fresh. Valencia. España. pp 45-56.

Rodríguez, M. y Lemma, A. 2005. Planeamiento de Experimentos y Optimización de Procesos. Una Estrategia Secuencial de Planeamientos. Edit. Casa do Pao. Brasil. pp.65.

Rodríguez y Lemma, 2005. Trends in Food Science and Technology. Valencia. España. pp.97. [En línea] [http://docencia.izt.uam.mx/smk/233208/material\\_adicional/CONSERVACIoN%20D E%20ALIMENTOS%20POR%20DESECACIoN.ppt](http://docencia.izt.uam.mx/smk/233208/material_adicional/CONSERVACIoN%20D E%20ALIMENTOS%20POR%20DESECACIoN.ppt) [Consulta: Abril 2017].

Rosen y Kader, 1999. Enzymatic browning reactions in Apple and Apple products. Valencia. España. pp 87.

Rosas-Romero, A. 2004. La autoxidación y la rancidez oxidativa. Libro: Nuevas Fuentes de Antioxidantes Naturales. Valencia. España. pp. 261-272.

Saks, Y.; y Barkai, R. 1995. Aloe vera gel activity against plant pathogenic fungi. Postharvest Biology and Technology. pp. 6, 159-165.

Sapers y Ziolkowski. 1997. Comparison of erythorbic and ascorbic acids as inhibitors of enzymatic browning in Apple. Journal of Food Science. Valencia. España. pp.173, 174. [En línea] [http://www.surfrut.cl/pdf/APPLE\\_CHIPS.pdf](http://www.surfrut.cl/pdf/APPLE_CHIPS.pdf) [Consulta: Abril 2017].

Sapers.1999. Application of browning inhibitors to cup apple and potato by vacuum and pressure infiltration. Journal of Food Science. Valencia. España. pp. 164-167

Sapers. 1994. Structural changes related to texture of pre\_ preeled potatoes. Journal of Science, Valencia. España. pp.578-590.

Sapers y Miller.1998. Browning inhibition in fresh cup pears. Journal of Food Science, Valencia. España. pp.342-346.

Sapers y Miller. 1992. Chitosan enhances control of enzymatic browning in apple and pear juice by filtration. Journal of Science.Valencia. España. pp. 575-586

Sapers y Ziolkowski. 1997. Browning of foods: Control by sulfites, antioxidants, and other means status summary. Food Technology, Valencia. España. pp. 567-569

Seminario, M. Valderrama y I. Manrique. 2003. El yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. International Potato Center, Universidad Nacional de Cajamarca, Swiss Agency for Development and Cooperation, Lima, Perú. pp. 60.

Seminario, J.; Valderrama, M.; Manrique, I. 2003. El yacón: Fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Lima: Centro Internacional de la Papa (CIP); pp.8, 20,24-40,49-50.

Serrano, M.; Valverde, J. M.; Guillén, F.; Castillo, S.; Martínez R. D. y Valero, D. 2006. Use of Aloe vera gel coating preserves the functional properties of table grapes. Journal of Agricultural and Food Chemistry. pp. 54, 3882-3886.

Serrano et al., 2006. Aplicación de la impregnación y de la deshidratación osmótica al desarrollo de productos de banana. Valencia. España. pp. 34\_45.



Sharma, G. P.; Verma, R. C.; Pathare, P. 2005. Mathematical modeling of infrared radiation thin layer drying of onion slices. *Journal of Food Engineering*, pp.71: 282-286.

Soliva-Fortuny, K. 2002. Some biological and physical principles underling modified atmosphere packaging. Valencia. España. pp. 98.

Son. 2001. Inhibitory effects of various ant browning agents on Apple slices. *Food Chemistry*. Valencia. España. pp 65.

Stone, H. y Sidel, J. 1993. *Sensory Evaluation Practices*. 2a edición. Academic Press, 338p.

Takasugi, H y Masuda, K. 1996. Sensory characteristics of five sweet potato cultivars and their changes during storage under tropical conditions. *Food Quality and Preference*. pp. 14: 673-680.

Takenaka, V. 2003. Use of Aloe vera gel coating preserves the functional properties of table grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. pp. 54, 3882-3886.

Urshell, K. 1996. *Procesamiento de Frutas y Hortalizas Mediante Métodos Artesanales y de Pequeña Escala*. Manual Técnico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago. Página 65.

Valverde. J. 2005. Caracterización cinética de la polifenoloxidasa de uva. Valencia España. pp 53-59

Valverde, J. M.; Valero, D.; Martínez 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*. pp. 53 (20), 7807 – 7813.

Van Oirschot, Q.E.A.; Rees, D. y Aked, J. 2003. Sensory characteristics of five sweet potato cultivars and their changes during storage under tropical conditions. *Food Quality and Preference*. pp. 14: 673-680.

Vega, A.; Ampuero, N.; Díaz, L. y Lemus, R. 2005. Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) como componente de alimentos funcionales. *Revista Chilena de Nutrición*, pp. 32, 208-214.

Vega, A.; Chacana, M.; Lemus, R. 2006. La Industria de los Alimentos Deshidratados y la Importancia del Control de Procesos. *Revista Chilena para la Industria de Alimentos*. *Indualimentos*, pp. 9 (42): 50-67.

Vega, A.; Tello, C.; Lemus, R. 2007. Simulación matemática del proceso de secado de la Gracilaria Chilena (*Gracilaria Chilensis*). *Revista Chilena de Ingeniería*, pp. 15 (1): 55-64.

Voss, K. 1992. Aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. *Journal of agricultural and food chemistry*. pp. 53 (20), 7807 – 7813.

Waller et al., 1998. High pressure inactivation of polyphenol oxidases. *Journal of Food Science*. Valencia. España. pp 86-90.

Waller, G. R.; Mangiafico, S. y Ritchey, C. R. 1998. A chemical investigation of *Aloe barbadensis* Miller *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science*, pp. 58, 69-76. [En línea] <http://www.encb.ipn.mx/cibia/IndTomol.pdf> [Consulta: Abril 2017].

Westland, G. 2008. Aloe-emodin induces in vitro G2/M arrest and alkaline phosphatase activation in human oral cancer KB cells. *Oral Oncology*, Valencia. España. pp.43, 905–910.

Winter, K. y Smith, J. A. C. 1996. An introduction to Crassulacean acid metabolism: biochemical principles and ecological diversity, Heidelberg, Springer. pp.1-13.

Wittig, P. 1998. Evaluación sensorial: Una metodología actual para Tecnología de Alimentos. USACH. Santiago de Chile. pp. 134.

Wittig, P. 2003. Aloe-emodin induces in vitro G2/M arrest and alkaline phosphatase activation in human oral cancer KB cells. Oral Oncology, Valencia. España. pp. 43 -56. [En línea]  
[http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias\\_quimicas\\_y\\_farmaceuticas/wittige01/index.html](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/wittige01/index.html) [Consulta: Abril 2017].

Xiao, B. X., Guo, J. M., Liu, D. H., & Zhang, S., 2007. Aloe-emodin induces in vitro G2/M arrest and alkaline phosphatase activation in human oral cancer KB cells. Oral Oncology, Valencia. España. pp.43, 905–910.

Xie, j. y Zhao, y. 2005 nutritional enrichment of fresh apple (var. royal gala) by vacuum Impregnation. International journal of food sciences and nutrition. Valencia. España. pp. 54, 387-398.

Xie, j. y Zhao, y. 2004 practical applications of vacuum impregnation in fruit and vegetable processing. Trends in food science and technology. Valencia. España. pp. 15: 434-455.

Xu, F. G., Liu, Y., Zhang, Z. J., Song, R., Dong, H. J., & Tian, Y., 2008. Rapid simultaneous quantification of five active constituents in rat plasma by high-performance liquid chromatography/ tandem mass spectrometry. Valencia. España. pp. 47,586–595

Yamaguchi et al., 1993. Inactivation of enzyme papain by pulsed electric field in a continuous system. Food Chemistry. Valencia. España. pp 98.

Yamaguchi, I.; Mega, N. y Sanada, H. 1993. Components of the gel of aloe vera. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, pp. 8, 1350-1352. [En línea]  
<http://www.npicenter.com/anm/templates/newsATemp.aspx?articleid=19613&zoneid=45> [Consulta: Abril 2017].

Yan, B. 1999. Quantification of five active constituents in rat plasma by high-performance liquid chromatography/ tandem mass spectrometry. Valencia. España. pp. 47,586

Yisell Martelo C, M.Sc, Misael Cortés R, Diego Restrepo M. 2011."Dinámica de impregnación al vacío en apio (*Apium graveolens* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.)".Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, REV.MVZ Córdoba. Valencia. España. pp 54.

Yisell Martelo C, M.Sc, Misael Cortés R, Diego Restrepo M. 2011."Dinámica de impregnación al vacío en apio (*Apium graveolens* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.)".Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, REV.MVZ Córdoba. Valencia. España. pp 54.

## TESIS CONSULTADAS:

Fernández Aedo, P. 2007. Tesis Doctoral: Estudio de la impregnación a vacío de miel y su efecto en atributos de calidad de hojuelas de manzana (*var. Granny Smith*) deshidratadas UNIVERSIDAD DE CHILE. Santiago – Chile.

Consultado el 8 de Abril del 2017. [En línea]

[http://www.repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2007/fernandez\\_p/sources/fernandez\\_p.pdf](http://www.repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2007/fernandez_p/sources/fernandez_p.pdf)

Gutiérrez, V; Vaca, S. 2011. Tesis Doctoral: Evaluación Del Uso De Recubrimientos Lipídicos, Poliméricos Y Refrigeración Para Prolongar La Vida Útil Del Yacón (*Smallantus Sonchifolius*) Universidad De La Salle. Facultad Ingeniería. Programa De Ingeniería De Alimentos. Bogotá.

Consultado el 12 de Abril del 2017. [En línea]

<http://www.repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/16038/T43%2011%20G985e.pdf>

Yisell Martelo C, 1\* M.Sc, Misael Cortés R, 1 Ph.D, Diego Restrepo M, 1 M.Sc. 2011. Tesis Doctoral. Dinámica de impregnación al vacío en apio (*Apium graveolens* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.) Vacuum impregnation dynamic on celery (*Apium graveolens* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) <sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos, Medellín, Colombia.

Consultado el 29 de Abril del 2017. [En línea]

<http://www.es.youscribe.com/.../dinamica-de-impregnacion-al-vacio-en-apio-apium-graveolens>

## REFERENCIAS DE PÁGINAS WEB:

<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/TEMA25.html>

<http://www.fao.org/ag/aqs/agasi/ENZYMFINAL/Enzymatic%20Browning.html>

<http://www.fao.org/docrep/x5062S/x5062S00.HTM>

<https://www.odepa.gob.cl>

[http://docencia.izt.uam.mx/55smk/233208/material\\_adicional/CONSERVACION%20DE%20ALIMENTOS%20POR%20DESECACION.ppt](http://docencia.izt.uam.mx/55smk/233208/material_adicional/CONSERVACION%20DE%20ALIMENTOS%20POR%20DESECACION.ppt)

<http://www.encb.ipn.mx/cibia/IndTomol.pdf>

[http://www.surfrut.cl/pdf/APPLE\\_CHIPS.pdf](http://www.surfrut.cl/pdf/APPLE_CHIPS.pdf)

## XI. ANEXOS

### ANEXO 01: "PRUEBA DE EVALUACION SENSORIAL - MANZANA"

NOMBRE: \_\_\_\_\_

PRODUCTO: MANZANA (*Malus doméstica*) IMPREGNADA AL VACIO CON PENCA SÀBILA (*Áloe vera*) DESHIDRATADO

FECHA: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Relación de escala numérica:

ESCALA	VALOR
MUY BUENA	5
BUENA	4
ACEPTABLE	3
REGULAR	2
MALA	1
MUY MALA	0

A continuación se le presentan diez muestras de MANZANA, usted debe probarla y evaluar de acuerdo a cada uno de los atributos mencionados, e indicar su nivel de agrado en la línea horizontal, marcando con (X), en la escala que mejor describa su sentir con el código de muestra. Ingiera agua después de cada evaluación y espere treinta segundos para continuar con la siguiente muestra.

CÓDIGO: .....

SABOR

0 5

TEXTURA

0 5

COLOR

0 5

¡MUCHAS GRACIAS!

## ANEXO 02: "PRUEBA DE EVALUACION SENSORIAL - YACÓN"

NOMBRE: \_\_\_\_\_

PRODUCTO: YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*) IMPREGNADO AL VACIO CON PENCA SÀBILA (*Áloe vera*) DESHIDRATADO

FECHA: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Relación de escala numérica:

ESCALA	VALOR
MUY BUENA	5
BUENA	4
ACEPTABLE	3
REGULAR	2
MALA	1
MUY MALA	0

A continuación se le presentan diez muestras de YACÓN, usted debe probarla y evaluar de acuerdo a cada uno de los atributos mencionados, e indicar su nivel de agrado en la línea horizontal, marcando con (X), en la escala que mejor describa su sentir con el código de muestra. Ingiera agua después de cada evaluación y espere treinta segundos para continuar con la siguiente muestra.

CÓDIGO: .....

SABOR

0 5

TEXTURA

0 5

COLOR

0 5

¡MUCHAS GRACIAS!



## ANEXO 3: Ficha técnica de Aloe vera en polvo Powder 200 X



## TECHNICAL BULLETIN

TERRY LABORATORIES, LLC  
7005 TECHNOLOGY DRIVE • MELBOURNE, FLORIDA 32904 • USA  
PHONE: (321) 259-1630 • FAX: (321) 242-0625 • TOLL FREE (800) 367-2563

### TERRA-PURE™ CERTIFIED SPRAY DRIED ALOE VERA POWDER 200X

(Inner Leaf)

INCI Name: Aloe Barbadensis Leaf Juice

CAS RN: 94349-62-9

EINECS N: 305-181-2

**PRODUCT CODE:**

**REGULAR  
TN001CR**

#### SPECIFICATIONS

<b>APPEARANCE:</b>	Fine Powder
<b>COLOR:</b>	Light Cream to Beige
<b>pH (1:199):</b>	3.5-5.0
<b>SPECIFIC GRAVITY (1:199):</b>	0.997 – 1.004
<b>% MOISTURE:</b>	8% Maximum
<b>MICROBIAL ASSAY</b>	
<b>TOTAL PLATE COUNT:</b>	< 10 cfu/g
<b>YEAST AND MOLD:</b>	< 10 cfu/g
	No Pathogens Present

All testing is performed at 25° C unless otherwise noted.

**PRESERVATIVES:** None

**PACKAGING:** Per customer request. One (1) lb. net weight minimum. Desiccant bag included.

- CERTIFICATIONS:**
- International Aloe Science Council (IASC)
  - Generally Recognized as Safe (GRAS) Self-Affirmed
  - 100% USDA (NOP) / EU No. 834/2007 and 889/2008  
Certified Organic by Mayacert US-BIO-670
  - Star K Kosher
  - Halal



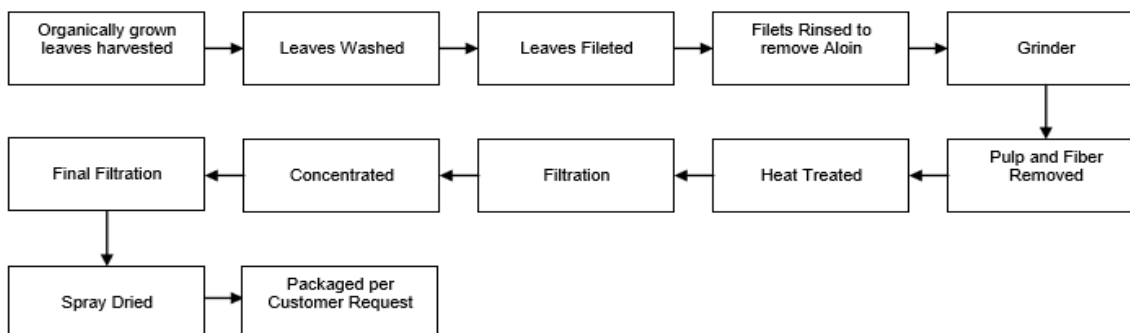
**CAUTIONS:** Store in cool, dry place. Once reconstituted, product will darken with age. Preservatives must be added after reconstitution since this powder is non-preserved. Shelf life: 3 years from date of manufacture (unopened container).

8/14

Technical information and suggestions for use, including any formulations and procedures, are believed to be correct. However this does not constitute a guarantee of accuracy of information contained herein and confirming tests in your own plant or laboratory are recommended. No statement or suggestion of use should be construed as a recommendation or inducement to violate any patent rights, and no patent liability can be assumed.

## TERRA-PURE™ CERTIFIED SPRAY DRIED ALOE VERA POWDER

### PROCESS FLOW CHART:



### TYPICAL APPLICATIONS:

#### COSMECEUTICALS/NUTRACOSMETICS

- Functional skin care/cosmetics

#### O.T.C. PHARMACEUTICALS

- Topical Analgesics/Anesthetics
- Hydrocortisone Creams
- First Aid Sprays/Creams/Gels
- Anti-Acne Preparations
- Medicated Powders/Talcs
- Toothpastes/Oral Rinses

#### FOOD AND BEVERAGE

- Health Drinks
- Juice Blends
- Health Drinks
- Sports Drinks
- Capsules/Tablets

#### SKIN AND HAIR CARE

- Glamour Cosmetics (Hydrophilic)
- Sun Care and After Sun Products
- Hand and Body Lotions/Gels
- Skin Cleansers/Moisturizers
- Bath and Body Products
- Shampoos and Conditioners
- Styling/Sculpting Gels
- Shaving/Depilatory Preparations
- Bath Powders

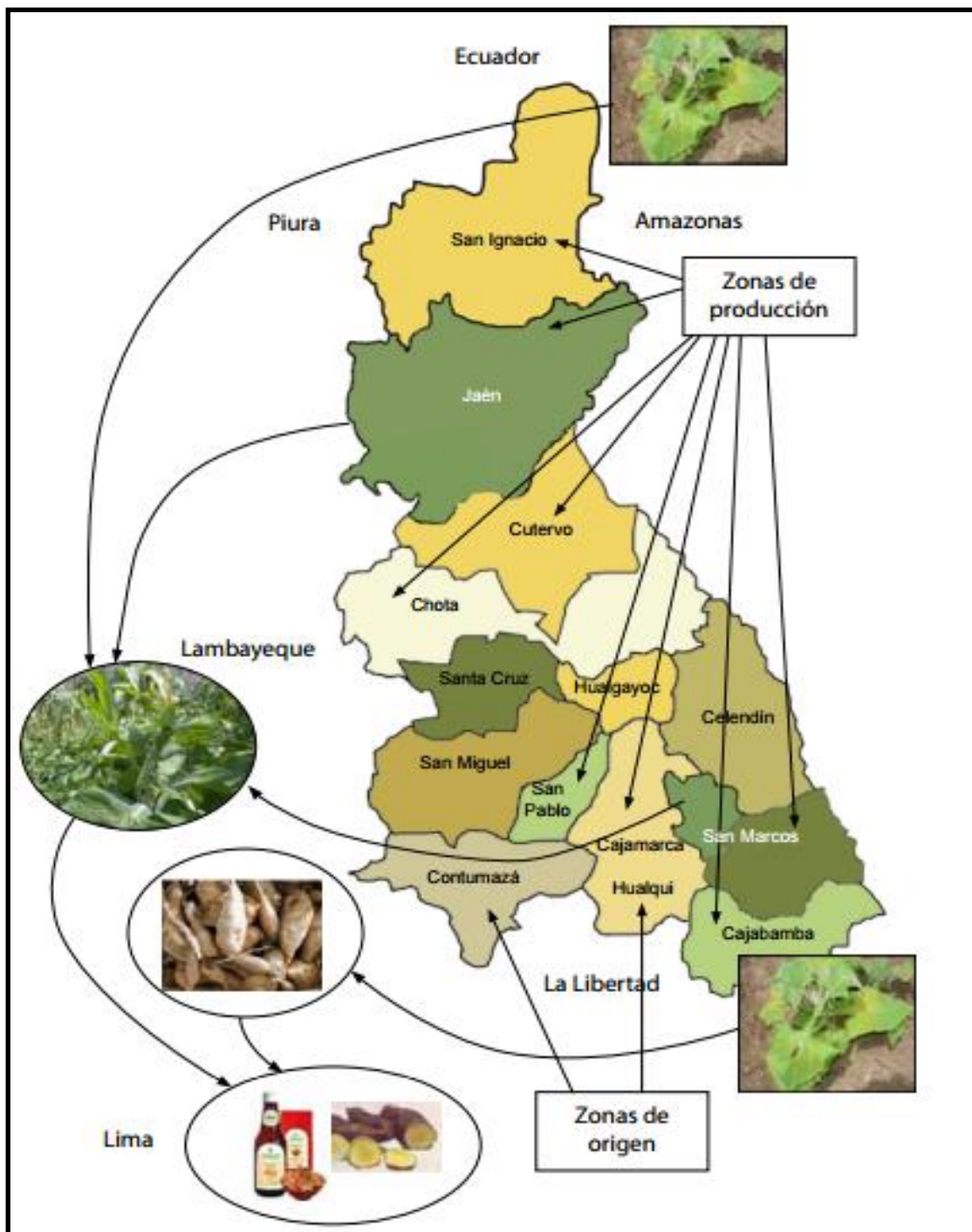
### WHAT PERCENTAGE TO USE?

- 15% Single Strength Equivalent (SSE) minimum for IASC certified finished products
- Recommend the use of 15 -100% SSE for cosmetic and beverage applications
- Two to four ounces (SSE) twice daily is the recommended beverage dose. May be added to fruit or vegetable juices to enhance flavor

### GUARANTEES

- BSE/TSE-free
- GMO-free
- Pesticide-free
- No animal testing

**ANEXO 4. Mapa de ubicación de las zonas de origen, producción y comercialización de Yacón en la región Cajamarca**



**ANEXO 5. Sembrado y cosechado de Yacón (Vista Alegre – Bambamarca)**



**ANEXO 06:**

**SESIÓN FOTOGRAFICA**





**Manzana variedad Israel**



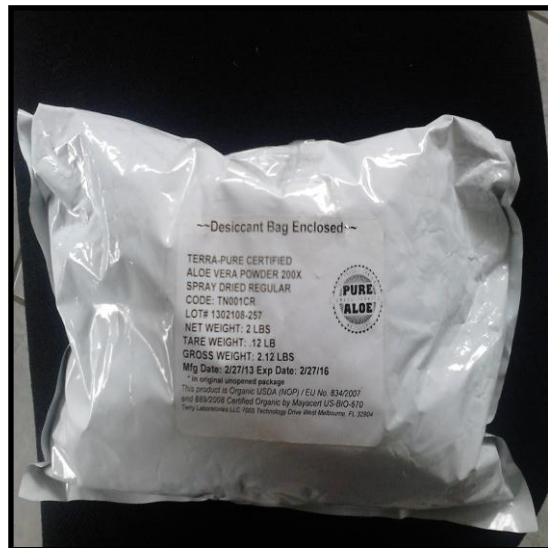
**Materiales utilizados**



**Yacón fenotipo anaranjado**



**Materiales utilizados**



**Aloe vera deshidratado en polvo**



**Máquina de vacío**



**Texturómetro Marca Brookfield**



**Balanza Marca Precisa**



**Foto colorímetro KÓNICA – MINOLTA**



**Refractómetro MARCA ATAGO**





## PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN DE ÁLOE VERA



**Medición de agua destilada**



**Pesado de Aloe vera**



**Aloe vera en agua destilada**



**Adición de limón**



**PROCEDIMIENTO DE IMPREGNACION DE ALOE VERA EN MANZANA VARIEDAD ISRAEL**



**Pelado de manzana**



**Cortado de manzana**



**Moldeado en rodajitas**



**1°er Pesado de muestra**



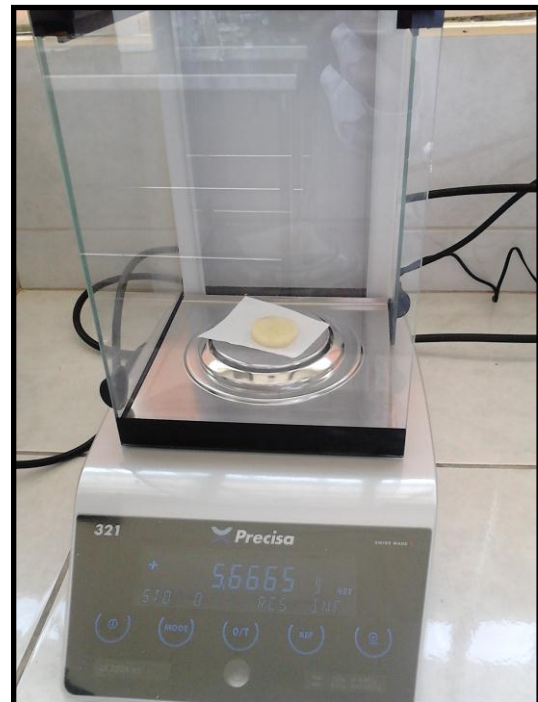
**Rodajas en solución áloe vera**



**Muestras dentro de la máquina**



**Instalación de máquina de vacío**



**2ºdo pesado de muestra**

**EVALUACIÓN DE MUESTRAS DE MANZANA CON ALOE VERA EN  
REFRIGERACION: 15°C**



**Muestras de manzana en refrigeración**



**275 mbar x 15 minutos**



**150 mbar x 10 minutos**



**150 mbar x 20 minutos**



**400 mbar x 10 minutos**



**400 mbar x 20 minutos**





**275 mbar x 7.9 minutos**



**275 mbar x 22.1 minutos**



**98.2 mbar x 15 minutos**



**451.8 mbar x 15 minutos**



**275 mbar x 15 minutos**

## EVALUACIÓN DE MUESTRAS DE MANZANA



Con Aloe en refrigeración (15°C)



Sin Aloe en refrigeración (15°C)



Sin Aloe a temperatura ambiente (20°C)

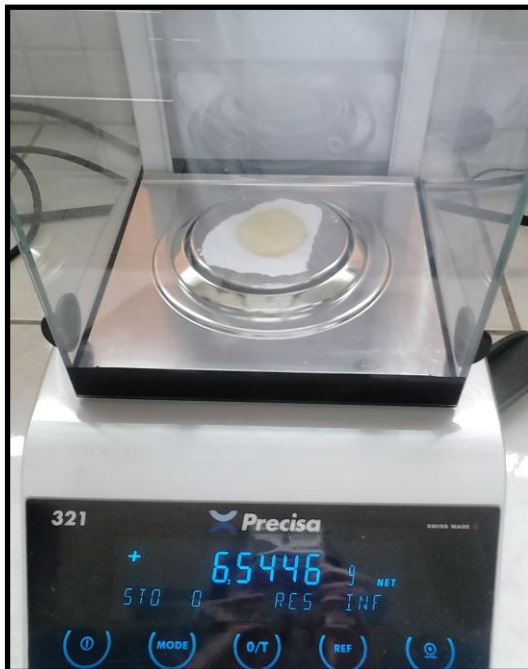
**PROCEDIMIENTO DE IMPREGNACIÓN DE ÁLOE VERA EN YACÓN FENOTIPO ANARANJADO**



**Pelado de Yacón**



**Moldeado de yacón**



**1°er Pesado de muestra**



**Rodajas en solución**





**Rodajas en la máquina**



**Instalación de máquina**



**2°do Pesado de muestras**



**Muestras de yacón en refrigeración**

**EVALUACIÓN DE MUESTRAS DE YACÓN CON ALOE VERA EN REFRIGERACION:  
TEMPERATURA: 15°C**



**275 mbar x 15 minutos**



**150 mbar x 10 minutos**



**150 mbar x 20 minutos**



**400 mbar x 10 minutos**



**400 mbar x 20 minutos**



**275 mbar x 7.9 minutos**



**EVALUACIÓN DE MUESTRAS DE YACÓN CON ALOE VERA EN REFRIGERACION:  
TEMPERATURA: 15°C**



**275 mbar x 22.1 minutos**



**98.2 mbar x 15 minutos**



**451 mbar x 15 minutos**



**275 mbar x 15 minutos**

## EVALUACIÓN DE MUESTRAS DE YACÓN



**Con Aloe en refrigeración (15°C)**



**Sin Aloe en refrigeración (15°C)**



**Sin Aloe a temperatura ambiente (20°C)**

## EVALUACIÓN SENSORIAL POR PARTE DE PANELISTAS SEMI ENTRENADOS





## EVALUACIÓN SENSORIAL POR PARTE DE PANELISTAS SEMI ENTRENADOS



# EVALUACIÓN SENSORIAL POR PARTE DE PANELISTAS SEMI ENTRENADOS





## EVALUACIÓN SENSORIAL POR PARTE DE PANELISTAS SEMI ENTRENADOS

