

**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**"ESTUDIO DEL EFECTO DE LA PRESIÓN DE VACÍO Y EL TIPO DE
PRETRATAMIENTO EN LA CONCENTRACIÓN MEDIA DE BISULFITO DE
SODIO EN PAPA (*Solanum tuberosum*) IMPREGNADA AL VACÍO"**

TESIS

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

AUTORES:

Br. Alicia Angélica Machuca Villanueva

Br. Margarita Pinedo Trigoso

ASESOR:

Ing. Wilson Manuel Castro Silupu

CHACHAPOYAS, PERÚ

2012.

**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“ESTUDIO DEL EFECTO DE LA PRESIÓN DE VACÍO Y EL TIPO DE
PRETRATAMIENTO EN LA CONCENTRACIÓN MEDIA DE BISULFITO DE
SODIO EN PAPA (*Solanum tuberosum*) IMPREGNADA AL VACÍO”**

TESIS

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

AUTORES:

Br. Alicia Angélica Machuca Villanueva

Br. Margarita Pinedo Trigoso

ASESOR:

Ing. Wilson Manuel Castro Silupu

CHACHAPOYAS - PERÚ

2012

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a Dios, a mis padres y hermanos; a Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento y por ellos que soy quien soy ahora y a mis hermanos por su apoyo incondicional.

Margarita

Dedico este trabajo de tesis a Dios, a mis padres, hermanos, amigos y a todas aquellas personas que me dieron su apoyo constante durante todo este tiempo.

Alicia

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por estar con nosotras en cada momento; en segundo lugar a cada uno de nuestros padres y hermanos; quienes siempre al brindar su fuerza y apoyo incondicional, que ayudaron en el desarrollo de este proyecto.

Un agradecimiento especial al Ing. Wilson Manuel Castro Silupu, por el asesoramiento brindado durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

De igual manera agradecemos a:

Ing. Erick Aldo Auquiñivin Silva, por brindarnos su confianza y darnos las facilidades para el uso del laboratorio de Tecnología Agroindustrial.

Ing. Armstrong Barnard Fernández Jeri, por su apoyo incondicional, durante el desarrollo de este proyecto de tesis.

Así como también a nuestros amigos que contribuyeron para que este proyecto se desarrolló satisfactoriamente.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**

**Ph. D, Dr. Hab. Vicente Marino Castañeda Chávez
Rector**

**MSc. Roberto José Nervi Chacón
Vicerrector Académico**

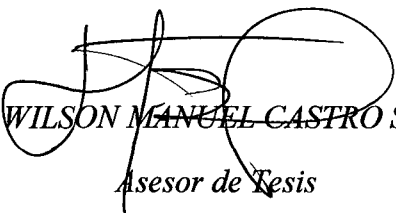
**Blga.Msc. Zoila Rosa Guevara Muñoz
Vicerrector Administrativo**

**Ing. Wilson Manuel Castro Silupu
Decano (e) Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias**

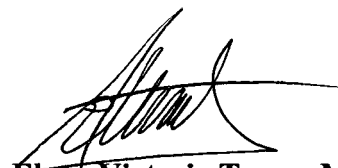
VISTO BUENO DEL ASESOR

Quien suscribe Ing. Wilson Manuel Castro Silupu, docente asociado a dedicación exclusiva de la escuela Académico profesional de Ingeniería agroindustrial, asesor del trabajo de investigación titulado “**Estudio del efecto de la presión de vacío y el tipo de pre tratamiento en la concentración media de bisulfito de sodio en papa (*solanum tuberosum*) impregnada al vacío**”, que constituye la tesis presentada por las bachilleres Alicia Angélica Machuca Villanueva y Margarita Pinedo Trigoso para optar el título de Ingeniero agroindustrial da el visto bueno del informe final de la mencionada tesis y firma el presente a fin que sea sometido a la revisión por el jurado evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones dadas por el mismo, para su posterior sustentación.

Chachapoyas, 4 de Junio del 2012


ING. WILSON MANUEL CASTRO SILUPU
Asesor de Tesis

JURADO EVALUADOR



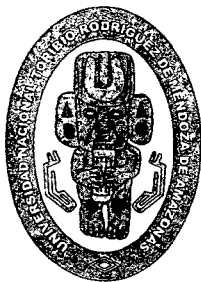
M.Sc. Elena Victoria Torres Mamani
Presidente



Ing. Erick Aldo Auquiñivin Silva
Secretario



Ms. C. Armstrong Barnard Fernandez Jeri
Vocal



UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

FACULTAD DE _____

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 21 de JUNIO del año 2012, siendo las 4:30 horas, se reunieron los integrantes del Jurado conformado por:

Presidente: Ing. Elena Victoria Torres Mamani

Secretario: Ing. Erick Aldo Aquilino Silva

Vocal: Ing. Armstrong Barnard Fernandez Jeri

para evaluar la Sustentación del Informe de Tesis presentado por el(la) bachiller, don(ña) Margarita Pinedo Trigos

titulado Estudio del efecto de la presión de vacío y el tipo de pretatamiento en la concentración media de bisulfito de sodio en papa (*Solanum tuberosum*) impregnada al vacío

Después de la sustentación respectiva, el Jurado acuerda la APROBACIÓN (X), DESAPROBACIÓN () por mayoría (), por unanimidad (X); en consecuencia, el (la) aspirante puede proseguir con el trámite subsiguiente, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la UNAT-A.

Siendo las 06:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación del Informe de Tesis.

SECRETARIO

PRESIDENTE

VOCAL

Form6- T



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

FACULTAD DE _____

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 21 de JUNIO del año 2012, siendo las 4:30 horas, se reunieron los integrantes del Jurado conformado por:

Presidente: Ing. Elena Victoria Torres Mamani

Secretario: Ing. Erick Aldo Aguirre Silva

Vocal: Ing. Armstrong Barnard Fernandez Jeri

para evaluar la Sustentación del Informe de Tesis presentado por el(la) bachiller,

don(ña) Alicia Angélica Machuca Villanueva

titulado "Estudio del efecto de la presión de vacío y el tipo de pretratamiento en la concentración media de Bisulfito de Sodio en papa (*Solanum tuberosum*) impregnada al vacío"

Después de la sustentación respectiva, el Jurado acuerda la APROBACION (X), DESAPROBACION () por mayoría (), por unanimidad (X); en consecuencia, el (la) aspirante puede proseguir con el trámite subsiguiente de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la UNAT-A.

Siendo las 06:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación del Informe de Tesis.

[Signature]
SECRETARIO

[Signature]
PRESIDENTE

[Signature]
VOCAL

Form6- T

RESUMEN

Este estudio, tuvo por finalidad evaluar la aplicación de la impregnación a vacío (VI), como pre-tratamiento, en rodajas de papa (*solanum tuberosum*) crudas y pre cocidas destinada a prolongar su tiempo de almacenamiento después del acondicionamiento. Se aplicó la técnica de impregnación a vacío en rodajas de papa crudas y pre cocidas; previamente caracterizadas fisicoquímicamente (humedad, contenido de ceniza, sólidos totales, proteína, pH); usando soluciones de bisulfito de sodio con una concentración de 0.01%. Se evaluó el efecto de la capacidad antioxidante del bisulfito de sodio a presiones de vacío. (p_1), (p_2), (p_3) sobre el color y dureza de las rodajas de papa obtenidas por una combinación del tipo de pre tratamiento; y la presión de vacío. Mediante pruebas preliminares se determinó la concentración del medio de impregnación y tiempo de impregnación. En cada proceso se evaluó el efecto de presión de vacío (p_v) 50 mbar, 150 mbar y 250 mbar el tiempo que duro cada proceso fue de 20 minutos: el experimento siguió un diseño factorial de $3A \times 2B$ con 5 repeticiones y como variables de respuesta se evaluó la concentración de sulfito en las muestras y el cambio de color de las rodajas de papa crudas y pre cocidas por un periodo de 15 días posteriores al proceso. Los resultados obtenidos indican que la mayor concentración de sulfitos impregnadas en las muestras de papa se da a una presión de vacío 250 mbar ($p_3=15.49$ mg) sin tratamiento térmico, además en la evaluación de color las muestras de papas crudas y pre cocidas tuvieron un excelente color en la (p_2) y (p_3). En la evaluación de la dureza de las rodajas de papas crudas y pre cocidas indico que la p_1 ($p_1=50$ mbar) conservo mejor las características iniciales de dureza; lo cual llevó a concluir que la impregnación al vacío (VI) de bisulfito de sodio en papas crudas y pre cocidas evita el pardeamiento enzimático; por lo que se puede aplicar como un pre tratamiento para la conservación de este producto.

ABSTRACT

This study, it had for purpose to evaluate the application of vacuum the impregnation (IV), as alike pre-treatment in slices of potato (*solanum tuberosum*) raw and pre sewn destined to extend his time of storage after his conditioning. The technique of impregnation applied to vacuum in slices of potato raw and pre sewn, previously characterized physicochemically; Using solutions of bisulfite of sodium with 0,01 % concentration: The physicochemical evaluated characteristics were humidity, contents of ash, solid totals, protein, pH. The effect of the antirust capability of the sodium bisulfite, pressures of vacuum was evaluated. (p_1), (p_2), (p_3) on the color and the texture of the slices of potato obtained by a combination of IV and the kind of pre treatment; and IV and the variation of pressure. The concentration of the midway of impregnation, time of impregnation was fixed by means of preliminary tests. The time evaluated to 250 mbar the effect of p_1 to 50 mbar, p_2 to 150 mbar and p_3 in each process the fact that I last for each process went from 20 minute; Using a design factorial of 3Ax 2B with 5 repetitions. As the concentration of sulfite in the signs evaluated variables of answer itself, besides you evaluated the raw change of color of the potato slices and pre cooked for a period of 15 later days to the process. The obtained results suggest that the bigger mass meeting of sulfites impregnated in the signs of potato devotes itself to a pressure of I empty 250 mbar ($p_3=15.49$ mbar) without heat treatment, besides the signs of raw potatoes and pre cooked had an excellent color in the p_2 and p_3 In the evaluation of the hardness of the raw- potatoes slices and pre sewn Indian in the evaluation of color than the p_1 ($p_1=50$ mbar) preserve better the initial characteristics of hardness; Which led to conclude that IV her of sodium bisulfite in raw potatoes and the enzymatic pardeamiento avoids pre cooked; What it can be applicable for like a pre treatment for the conservation of this product.

INDICE GENERAL

| | Pag. |
|--|------|
| Dedicatoria..... | i |
| Agradecimiento..... | ii |
| Autoridades universitarias..... | iii |
| Visto bueno del asesor..... | iv |
| Jurado de tesis..... | v |
| Resumen..... | vi |
| Abstract..... | vii |
| I. Introducción..... | 1 |
| 1.1. Generalidades de la papa..... | 1 |
| 1.1.1. Volumen de producción y mercado destino | 1 |
| 1.1.2. Descripción botánica | 4 |
| 1.1.3. Características macro estructurales y micro estructurales..... | 5 |
| 1.1.4. Productos derivados de la papa..... | 8 |
| 1.1.5. Métodos de conservación | 10 |
| 1.2. Proceso de impregnación | 12 |
| 1.2.1. Mecanismo hidrodinámico (HDM) | 12 |
| 1.2.2. Aplicaciones e investigaciones de la impregnación al vacío..... | 14 |
| 1.3. Bisulfito de sodio | 18 |
| 1.3.1. Los sulfitos como preservantes..... | 18 |
| 1.3.2. Impacto de los sulfitos en la salud humana | 19 |
| 1.4. Objetivos | 21 |
| II. Materiales y metodología | 22 |
| 2.1. Materiales..... | 22 |
| 2.2. Metodología | 23 |

| | | |
|----------------|---|----|
| 2.2.1. | Lugar de ejecución | 23 |
| 2.2.2. | Diseño y construcción del equipo para impregnación al vacío | 23 |
| 2.2.3. | Obtención de las muestras..... | 24 |
| a. | Análisis físico fisicoquímico de las muestras | 24 |
| 2.2.4. | Aplicación de la técnica de impregnación al vacío | 25 |
| 2.2.5. | Análisis de la concentración media de bisulfito de sodio en papas impregnadas | 26 |
| 2.2.6. | Análisis sensorial de las muestras de papa impregnadas al vacío con bisulfito de sodio..... | 26 |
| 2.2.7. | Análisis de datos..... | 28 |
| III. | Resultados..... | 29 |
| 3.1. | De la construcción del equipo de impregnación al vacío..... | 29 |
| 3.2. | De los análisis físico-químicos de la muestra de papa..... | 30 |
| 3.3. | De la determinación de sulfitos en la muestra patrón..... | 30 |
| 3.4. | Concentraciones de sulfitos en las muestras analizadas | 33 |
| 3.5. | Análisis sensorial | 37 |
| 3.6. | Análisis de datos..... | 38 |
| IV. | Discusiones..... | 40 |
| V. | Conclusiones | 43 |
| VI | Recomendaciones | 44 |
| VII. | Referencia bibliográfica..... | 45 |
| Anexo A..... | | 48 |
| 1. | Cálculos para el diseño y construcción de la cámara de impregnación al vacío..... | 48 |
| Anexo B..... | | 53 |
| | planos para de construcción del equipo | 53 |
| Anexos C | | 54 |
| I. | Descripción de los análisis fisicoquímicos utilizados en muestras de papas | 54 |
| 1. | Medición de ph..... | 54 |
| 1.1. | Materiales..... | 54 |
| 1.2. | Método | 54 |
| 2. | Determinación del contenido de humedad | 55 |

| | |
|--|----|
| 2.1. Materiales..... | 55 |
| 2.2. Método | 55 |
| 3. Determinación del contenido de proteína..... | 56 |
| 3.1. Materiales..... | 56 |
| 3.2. Reactivos..... | 56 |
| 3.3. Método | 57 |
| 4. Determinación del contenido de grasa | 58 |
| 4.1. Materiales..... | 58 |
| 4.2. Equipos..... | 58 |
| 4.3. Reactivos..... | 59 |
| 4.4. Método | 59 |
| 5. Determinación de ceniza | 60 |
| 5.1. Materiales..... | 60 |
| 5.2. Equipos..... | 60 |
| 5.3. Método | 60 |
| II. Determinación de la presencia de sulfitos en las muestras..... | 62 |
| 2.1. Reacción del verde de malaquita | 62 |
| Anexos D | 65 |
| Análisis Estadístico..... | 65 |
| Anexo E | 68 |
| Imágenes del desarrollo de la investigación | 68 |

INDICE DE TABLAS

| | Pag. |
|----------|---|
| Tabla 1 | Productos tradicionales derivados de la papa..... 09 |
| Tabla 2 | Nuevos productos derivados de la papa 10 |
| Tabla 3 | Métodos de conservación de la papa..... 11 |
| Tabla 4 | Características del equipo de impregnación al vacío..... 30 |
| Tabla 5 | Análisis físico y composición química de la papa..... 31 |
| Tabla 6 | Absorbancia de la muestra patrón..... 32 |
| Tabla 7 | Concentración de bisulfito de sodio en muestras de papas crudas IV..... 35 |
| Tabla 8 | Concentración de bisulfito de sodio en muestras de papas pre cocidas IV... 36 |
| Tabla 9 | Datos del análisis de varianza (ANVA)..... 39 |
| Tabla 10 | Proporciones geométricas para un sistema de agitación normal..... 50 |
| Tabla 11 | Análisis de datos..... 65 |
| Tabla 12 | Diseño de bloque completamente al azar (DBCA)..... 65 |
| Tabla 13 | Análisis de varianza (ANVA)..... 66 |
| Tabla 14 | Comparación de los promedios de significación..... 67 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pag. |
|--|-------------|
| Figura 1 Producción de papa desde el año 2000-2006 | 01 |
| Figura 2 Principales departamentos productores de papa en el Perú..... | 02 |
| Figura 3 Distribución de principales componentes de la papa..... | 06 |
| Figura 4 Sección transversal del tubérculo..... | 06 |
| Figura 5 Micrografía de parénquima crudo (la izquierda) y cocinado del tubérculo de papa..... | 08 |
| Figura 6. Mecanismo hidrodinámico en un poro ideal..... | 13 |
| Figura 7 Obtención de muestras de papas..... | 25 |
| Figura 8 Diseño del equipo de impregnación al vacío..... | 31 |
| Figura 9 Series patrón y curva de calibración..... | 32 |
| Figura 10 Ecuación de la línea recta obtenida de la serie de muestras patrón.... | 34 |
| Figura 11 Grafica de las concentraciones de bisulfito de sodio en muestra de papas a diferentes presiones y pre tratamientos..... | 37 |
| Figura 12 Tanque con deflectores con un agitador de turbina | 50 |
| Figura 13 Correlaciones de potencia para diversos impulsores y deflectores..... | 52 |

I. INTRODUCCIÓN

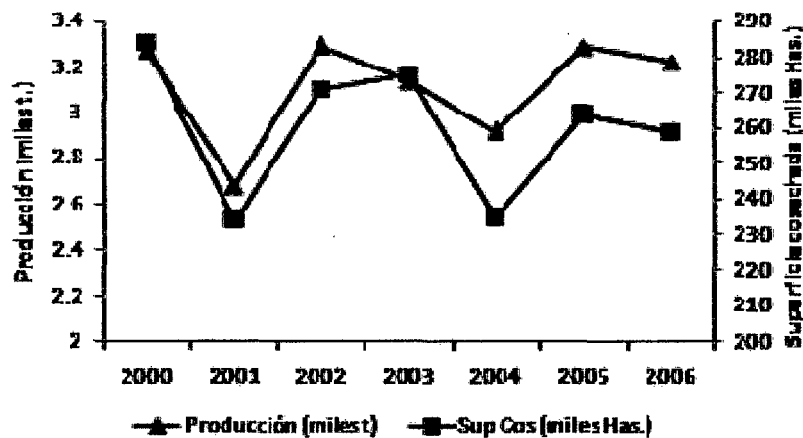
1.1. Generalidades de la papa

1.1.1. Volumen de producción y mercado destino

1.1.1.1. Producción nacional de papa

En el año 2005 la producción de papa en el Perú, represento el 1.1% de la producción mundial. En los últimos 7 años 2000 – 2006, la producción nacional de papa se mantiene en un mismo nivel 3.2 millones toneladas. Esta producción estable se explica también porque la superficie cosechada ha tenido un comportamiento casi estable en estos últimos años.

Figura 1. Producción de papa desde el año 2000-2006



Fuente: MINAG, 2010

Asimismo, los rendimientos han aumentado de 11.6 a 12.0 t/ha entre 1999 y 2003 respectivamente. Este nivel alcanzado es bajo comparado con los rendimientos de papa en Colombia (16 t/ha), Brasil (15 t/ha), Chile (15 t/ha) y México (21 t/ha) al año 2000. Existen problemas tecnológicos,1

especialmente ligados a la calidad de la semilla y la sanidad, que explican este bajo desempeño, (Minag, 2010).

La papa se produce fundamentalmente en la sierra y en la costa del Perú. El 85% de la producción se encuentra en la sierra siendo Puno, Huánuco y Junín los departamentos de mayor producción nacional, (Minag, 2010).

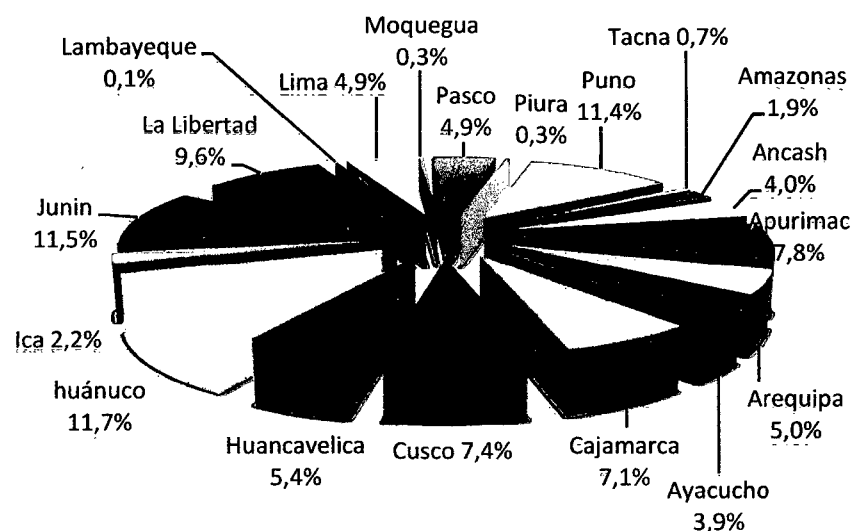


Figura 2. Principales departamentos productores de papa en el Perú.
Fuente: MINAG, 2010

1.1.1.2. Mercado destino

La exportación de la papa en los primeros cuatro meses del año, considerada como una de las contribuciones más importantes de la región andina para el mundo, ascendió a 241,342 dólares, según cifras preliminares de la Asociación de Exportadores. El gremio exportador, mencionó que el Perú exporta papa y sus derivados en un total de siete partidas, la principal es Papas cocidas en agua o vapor que al ser exportada por 110,616 dólares, representó el 46 % del total, le sigue

Papas preparadas o conservadas sin congelar (64,376 dólares) con el 27 % de representatividad. Otras partidas son las demás papas frescas o refrigeradas (39 mil 210 dólares), Fécula de papa, Harina de sémola, Papas para siembra y Papas congeladas. El principal país al que exportamos ese tubérculo es Estados Unidos, que entre enero y abril lo adquirió por 150,909 dólares, presentando un incremento de dos por ciento respecto a similar período del año pasado (147,309 dólares) y concentrando el 63 por ciento del total, le sigue Francia con 55,572 dólares, Italia, Chile, España y Brasil, entre otros. Se debe indicar que respecto a los primeros cuatro meses del año pasado, se registraron nuevos destinos, como es el caso de Francia, Brasil y Guadalupe. Asimismo, a Alemania, Suiza, Antillas Holandesas, Suecia y Aruba se enviaron muestras. En lo que se refiere a las empresas exportadoras, tenemos en primer lugar a Andino's Food con envíos por 67,760 dólares, seguido de Camposol (55,440 dólares), Import y Export Doña Isabel, entre otras. Adex destaca que en total 37 empresas exportaron papa y sus derivados. Se debe indicar que entre el 2005 y 2008 la exportación de papa iba en crecimiento, alcanzando tasas de crecimiento de hasta 62%, sin embargo, en el 2009, por la crisis financiera internacional que afectó principalmente a Estados Unidos, los envíos cayeron en siete por ciento, (Adex, 2010).

1.1.2. Descripción botánica

1.1.2.1. Taxonomía

La clasificación taxonómica de la papa se basa en caracteres florales, lo que ha permitido clasificarla así:

Familia : Solanaceae

Género : Solanum

Nombre Común : Papa

1.1.2.2. Botánica

- La Semilla

Se llama semilla al tubérculo seleccionado ó destinado para la reproducción y producción de la Papa; pero la verdadera semilla es producida en una baya en cuyo interior se encuentra la semilla.

- La Raíz

Las raíces formadas a partir de tubérculos desarrollan los primeros 20cm de profundidad y se extienden lateralmente de 30 cm a 60cm, Son fibrosas muy ramificadas, finas y largas. Las raíces tienen un débil poder de penetración y sólo adquieren un buen desarrollo en un suelo mullido.

- Tallos

Son aéreos, gruesos, fuertes y angulosos, siendo al principio erguido y con el tiempo se van extendiendo al suelo. Los tallos se originan en la yema del tubérculo siendo su alturas variable entre 0.5 y 1 metro.

- **Hojas**

Son compuestas, impar pinnadas y con folíolos primarios, secundarios e intercalares. La nerviación de las hojas es reticulada con una densidad mayor en los nervios y en los bordes del limbo.

- **Inflorescencias**

Son cimosas, se sitúan en la extremidad del tallo y sostenidas por un escapo floral. Es una planta autógama siendo su androesterilidad muy frecuente a causa del aborto de los estambres o del polen según las condiciones climáticas. Las flores tienen la corola rotácea de color blanco, rosado, violeta, etc.

- **Frutos**

En forma de baya redondeada de color verde de 1 a 3 cm de diámetro, que se toman amarillos al madurar.

- **Tubérculos**

Son los órganos comestibles de la papa. Están formados por tejido parenquimático donde se acumulan las reservas de almidón.

1.1.3. Características macro estructurales y micro estructurales.

En un corte transversal del tubérculo, se observa: la piel (epidermis y peridermis), corteza, anillo vascular y la médula (externa e interna). La médula interna es la parte más traslúcida y con un alto contenido de agua y con ramificaciones hacia los ojos. Al iniciarse la formación de un tubérculo, hay una desigual división celular entre la médula y la zona cortical del

estolón a cuya consecuencia, el tejido vascular que pasa del estolón al tubérculo, se expandiría bruscamente en círculo, situándose por tanto, muy cerca de la cáscara (fitotecnia).

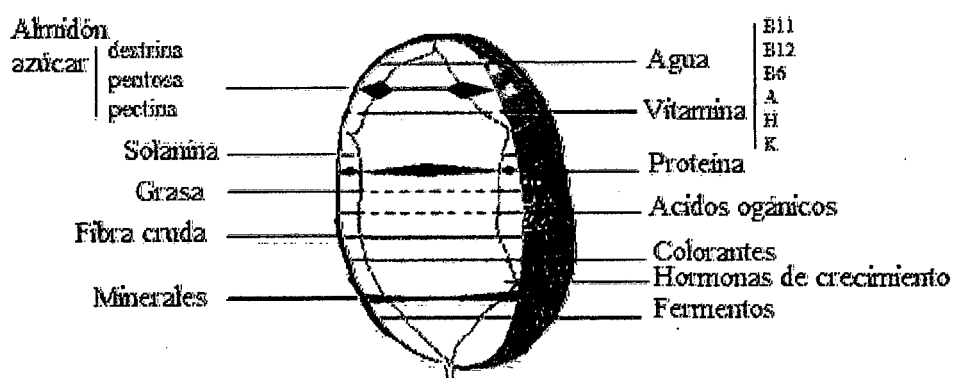


Figura 3. Distribución de principales componentes de la papa.

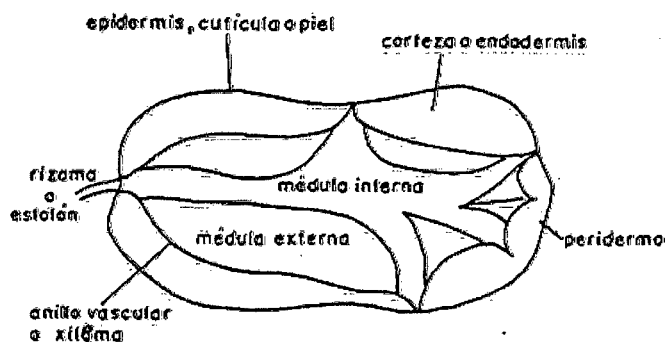


Figura 4. Sección transversal del tubérculo

Fuente de figura 3 y 4: Fitotecnia 1997.

En cuanto a la microestructura, de lo informado por Cocio (2006), la piel exterior consiste en una capa llamada peridermis de una profundidad de 10 células. Debajo de la peridermis está la corteza que es una delgada capa de tejido parenquimático, donde las células normalmente contienen numerosos granos redondos y ovalados de almidón, estas células son las más grandes en

el tubérculo con dimensiones superiores 146 x 189 μm . Sus paredes son delgadas a pesar de su tamaño o el contenido de almidón. El parénquima de almacenamiento vascular, alto en contenido de almidón descansa dentro de la cáscara de la corteza. El xilema y floema se encuentran en pequeños filamentos, que en su mayoría forman estrechos y discontinuos anillos (anillo vascular), justo dentro de la frontera entre la corteza y el área vascular. Las células del parénquima de almacenamiento adyacente al tejido vascular contienen gránulos de almidón que generalmente son pequeños y redondos. Las células localizadas sólo tres células más allá contienen granos de almidón ovalados que son al menos dos veces más grandes y forman un pequeño núcleo central llamado médula. Estas células son más pequeñas y tienen menor contenido de almidón. El anillo vascular el tubérculo es aproximadamente 2% de cáscara, 75 - 85% de parénquima vascular y 14 - 20% de médula.

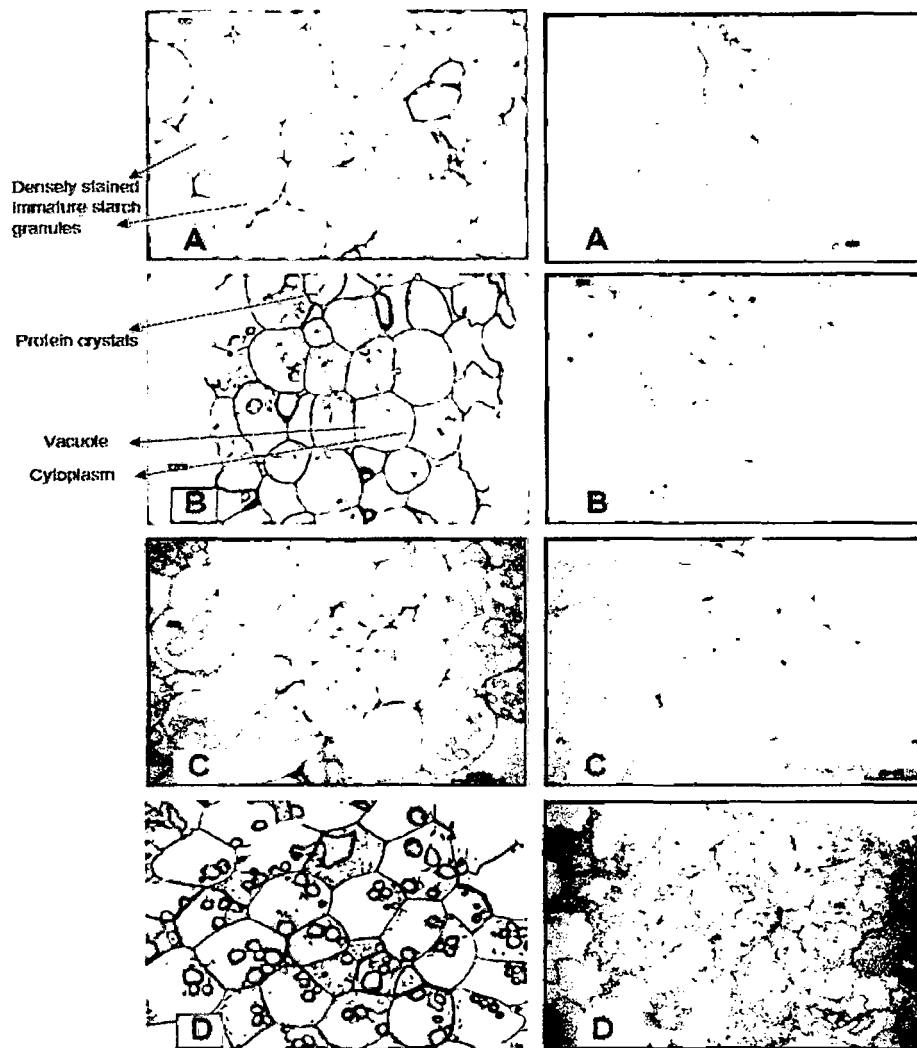


Figura 5. Micrografía de parénquima crudo (la izquierda) y cocinado del tubérculo de papa.

Fuente: Bordoloi, Kaur y Singh. 2011

1.1.4. Productos derivados de la papa

La industrialización de la papa en el Perú data de la época incaica, siendo los principales productos tradicionales a los que el tubérculo ha sido transformado descritos en la tabla 1.

Tabla 1. Productos tradicionales derivados de la papa

| PRODUCTO | Características del Producto |
|---|--|
| Chuño “chuño negro” | Se elabora por exposición de los tubérculos a periodos de congelación, deshidratación, presión mecánica y secado por efecto de la alta radiación solar diurna. |
| Moraya o Tunta (“chuño blanco”) | Se elabora exponiendo los tubérculos a congelación, remojo y secado solar. |
| Tocosh, togosh o shele | Se elabora por un proceso de fermentación y secado solar. Tiene la propiedad de ser revitalizador y antibiótico. |
| Papa Seca Papa seca amarilla Papa seca negra (menor calidad) | Se obtiene al cocinar, pelar y cortar en cubos o tiras pequeñas luego someter a secado solar. |

Fuente: MINAG, 2010

En la actualidad la oferta de productos se ha incrementado; debido en parte a los nuevos requerimientos de los consumidores, exigencias en presentación, variedades y calidad que garanticen su rápida preparación. Algunos de estos nuevos productos se describen en la siguiente tabla.

Tabla 2. Nuevos Productos Derivados de la Papa

| PRODUCTO | USO | Características del Insumo | Variedad |
|---------------------------------|---------------------------------|---|--|
| Papas frescas embolsadas | Consumo directo (supermercados) | Calibre extra o primera, con apariencia madura, sin deformaciones. | Diversas variedades |
| Hojuelas(chips) | Bocaditos (“snacks”) | Papas de calidad, redondas, blancas sin ojos, con alto contenido de materia seca (mayor de 24%) y bajo contenido de azúcar. | Capiro, Yungay, Mariva, Tomasa Condemayta, Desertica, Maria Bonita, Tacna, Primavera |
| Papas fritas en tiras | Pollerías | Papa fresca redonda, uniforme en tamaño, pelada cortada, empacada y refrigerada. Materia seca entre 22 y 24% y bajo contenido de azúcares y azucares. | Tomasa, Revolución y Yungay, Desértica María Bonita, Tacna, Primavera |
| Almidón de Papa | Cocina e Industria | Papa con alto contenido de materia seca, mas de 25% | Yungay, Mariva, |
| Precocidos-congelados | Fast food | Papas de 4 a 7 cm de diámetro, amarillas, congeladas y almacenadas | Tumbay, Peruanita, Runtush, Zapallo. |

Fuente. MINAG – 2010

1.1.5. Métodos de conservación

Considerando que la papa es un alimento perecedero y sufre reacciones enzimáticas esto ha llevado a la aplicación de diversos métodos de conservación como se puede apreciar en la tabla 3.

Tabla 3. Métodos de conservación de la papa

| Método | Descripción | Aplicación | Ventajas | Desventajas |
|-------------------|--|---|--|--|
| Irradiación | Su aplicación bloquea ciertos procesos enzimáticos reduciendo y eliminando el brote de tubérculos y raíces. | Se aplica entre 0.05-0.15 KGy dando como resultado papas sin brote durante 9 meses a temperatura ambiente. | <ul style="list-style-type: none"> - Se pueden lograr distintos efectos. - se puede aplicar dosis crecientes. - Aumenta el tiempo de conservación y almacenamiento. | <ul style="list-style-type: none"> - Tecnologías de elevados costos - Elevada seguridad en las instalaciones de irradiación. |
| Almacenamiento | Buscan reducir la temperatura del producto según su sensibilidad. | Se aplica a la mayoría de las frutas de climas templados, a papas y cebollas curadas y las hortalizas de raíces | <ul style="list-style-type: none"> - Disminuye la temperatura. - Reducen la pérdida de agua y la respiración. | Aplicado para grandes volúmenes. |
| Congelación | Se basa en el contacto inmediato con freón R12 (diclorodifluorometano). | Tiempo de contacto: Arvejas: 0,5 min Papas fritas: 1min. Judías verdes: 1 –2 m Frutillas: 2-3 min. | <ul style="list-style-type: none"> - Conservan los niveles de calidad. - Detiene los procesos bacteriológicos y enzimáticos. - Elevada eficacia en su aplicación. | <ul style="list-style-type: none"> - Adecuados para tratar con grandes volúmenes. - Formación de hielo extracelular. |
| Crio conservación | Consiste en el almacenamiento de materiales biológicos a temperaturas ultra bajas, donde los procesos metabólicos cesan y el material se encuentra en condiciones de suspensión animada. | | <ul style="list-style-type: none"> - Menor ganancia de azúcares. - Detienen los procesos metabólicos. | <ul style="list-style-type: none"> - Daños mecánicos de los tejidos. - Elevado costo de los equipos. |

Fuente: A partir de Narvaiz (2004), FAO (2010), Casp (2003) y Abdelnour (2001).

El desarrollo de alimentos estructurados, como son frutas y vegetales, ha logrado combinar con éxito el contenido de fitoquímicos, presentes en éstos, con la adición de diferentes componentes que ayudan a la conservación por medio de la técnica de IV.

1.2. Proceso de impregnación

1.2.1. Mecanismo hidrodinámico (HDM)

La operación de impregnación a vacío utiliza los poros y/o espacios intercelulares que poseen los alimentos en general y en mayor grado los vegetales que poseen estructuras altamente compartimentadas. Dichos espacios, del interior de las matrices alimentarias, pueden estar llenos de gases o de líquidos extracelulares, que pueden ser eliminados de las estructuras mediante la aplicación de presiones negativas de vacío dejando ese espacio libre. Si el alimento se encuentra sumergido en un medio líquido en el momento en que se restaura la presión atmosférica, ésta actúa como fuerza impulsora produciendo la entrada de la disolución en la matriz ocupando el espacio disponible dejado por los gases y/o líquidos removidos. Basándose en la estructura porosa de algunos alimentos y en la existencia de gas ocluido en ésta, explicaron el mecanismo que se produce en la impregnación a vacío (IV) y que denominaron Mecanismo Hidrodinámico y los fenómenos de deformaciones y relajaciones que lo acompañan cuando se producen en la estructura viscoelástica (HDM-DRP), (Sanzana, 2010)

Al someter al producto, inmerso en un líquido (A-B), a presiones sub-atmosféricas, este gas sufre en primer lugar 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, función de la presión aplicada (C), y por otra, una penetración de líquido por capilaridad una vez alcanzado el equilibrio de presiones en el sistema (D) (figura 7).

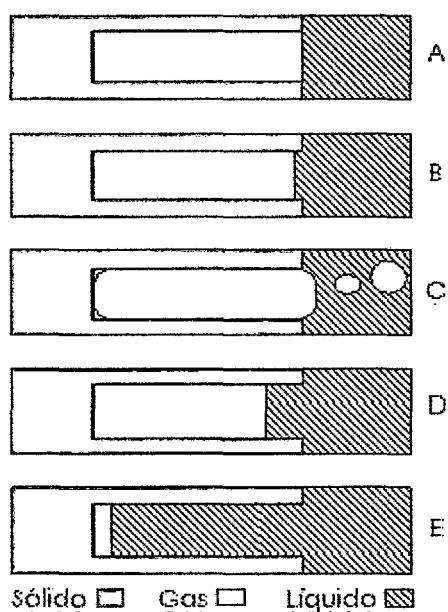


Figura 6. Mecanismo hidrodinámico en un poro ideal.

Fuente: A partir de Sanzana, 2010; Fernández, 2007; Torres, 2007 y Pérez, 2003.

En segundo lugar, la restauración de la presión atmosférica provoca un nuevo gradiente de presiones que va a actuar como fuerza impulsora y que hará que los espacios intercelulares se llenen parcialmente de líquido (E). La cantidad de líquido que impregne la estructura, dependerá del nivel de desgasificación, y por tanto de la presión de trabajo. Esta penetración de líquido, producida por gradientes de presión, que actúan como fuerzas impulsoras, es reversible y está controlada por la compresión o expansión

del gas ocluido en los espacios intercelulares. Los citados autores no sólo explican el procedimiento del mecanismo hidrodinámico (HDM), sino que proponen un modelo matemático que permite cuantificar los cambios inducidos en el alimento. En el proceso de impregnación a vacío se produce una transferencia de materia desde y hacia la matriz porosa que es sujeto de la impregnación, básicamente un intercambio de materia del alimento con el entorno y la disolución de impregnación que se ve reflejado en ganancias y pérdidas de peso, (Sanzana, 2010; Fernández, 2007; Torres, 2007; Pérez, 2003).

1.2.2. Aplicaciones e investigaciones de la impregnación al vacío

- **Efecto del tratamiento de impregnación a vacío en *brassica oleracea* variedades *itálica* y *botrytis*.**

Para este estudio han utilizado coliflor (*B. oleracea* var. *Botrytis*) y brócoli (*B. oleracea* var. *Itálica*) se presentan como matrices de interés por su estructura y composición, para determinar la factibilidad de aplicar IV por lo cual se determinaron los parámetros HDM (mecanismos hidrodinámicos) y DRP (fenómenos de deformación-relajación). Tanto en las hortalizas frescas como impregnadas se midieron las propiedades fisicoquímicas y se investigó el efecto del tratamiento de IV sobre los procesos respiratorios (tasa respiratoria y coeficiente respiratorio) a 5 y 20°C. Los resultados mostraron diferencias significativas entre las muestras en la respuesta a la IV, la impregnación con disolución externa (X2), alcanzó valores de 41% v/v para brócoli y 13% v/v para coliflor confirmando un alto nivel de impregnación. La aplicación de IV afectó

significativamente la TR en el brócoli pero no en la coliflor. La respuesta a la IV de las matrices vegetales estudiadas indicó que es posible enriquecer estas hortalizas conservando sus características naturales. (Sanzana, 2007)

- **Influencia de las condiciones de procesamiento en la calidad de la papa criolla (*solanum phureja*) pre-cocida y congelada.**

La finalidad del trabajo fue evaluar la influencia de diferentes alternativas de pre-cocción en la calidad de la papa criolla pre-cocida y congelada. Se emplearon tubérculos de papa entre un intervalo de 2.8 cm a 3 cm. Se evaluaron cuatro tipos de pre-cocción: por inmersión en agua a 80°C, inmersión en agua a 90°C, con vapor saturado y mediante fritura a 175°C. Para cada tipo de pre-cocción se determinaron los tiempos requeridos para la inactivación de la enzima peroxidasa. Para la selección del mejor tipo de pre-cocción se evaluaron las variables de color L a b y textura instrumental mediante penetración y se correlacionaron con evaluaciones sensoriales con consumidores. Se encontró que el producto con mejores propiedades físicas, sensoriales y mayor aceptabilidad fueron las papas pre-cocidas con vapor, (Agudelo, Hernández, Mendoza, Herrera).

- **Estudio de la impregnación a vacío de miel y su efecto en atributos de calidad de hojuelas de manzana (*var. Granny Smith*) deshidratadas**

Este estudio, tuvo por finalidad evaluar la aplicación de la impregnación a vacío (VI), como pre-tratamiento en rodajas de manzana (*Malus sylvestris*) destinadas a deshidratación.

Se aplicó la técnica de impregnación a vacío de rodajas de manzana, previamente caracterizadas fisicoquímicamente; usando soluciones isotónicas de mieles las que fueron tipificadas por color, humedad, conductividad eléctrica y pH; y sometidas a análisis de contenido de cenizas, capacidad antioxidante (mediante el método FRAP) y polifenoles totales.

Se evaluó el efecto de la capacidad antioxidante (A) de la miel, presión de vacío (p_1) y tiempo de restauración de la presión (t_2) sobre el color y la textura de hojuelas de manzana obtenidas por una combinación de VI y secado por aire forzado; y VI y secado por infrarrojo-aire. Mediante pruebas preliminares se fijó la concentración del medio de impregnación, tiempo de impregnación (t_1) y condiciones de secado para obtener un producto con un 9% de humedad (b.h.).

Como variables de respuesta se evaluó el cambio de color de la superficie de la hojuela (ΔE), utilizando un producto sin impregnar como control, y la fuerza máxima de ruptura.

La superficie de respuesta estimada sobre el producto deshidratado sólo por aire forzado para ΔE ($R^2=85.05$) y fuerza máxima ($R^2=92.7\%$) arrojó el óptimo; a una presión de 20" Hg de vacío, 1 minuto de t_2 y 2.31 μ moles

Eq Fe^{2+} gr de capacidad antioxidante de miel; obteniéndose un ΔE experimental y teórico de 21.39 y 22.9; respectivamente, y de fuerza máxima de 16,42 y 14,1 N; respectivamente.

Un análisis de polifenoles totales para el producto óptimo y control ($P=0.018$); llevó a concluir que la VI de miel tiene un efecto protector antioxidativo en la superficie de hojuelas de manzana; por lo que puede ser potencialmente aplicada como pre-tratamiento, con el fin de obtener un producto funcional y sensorialmente mejorado,(Fernández, 2007).

- **Viabilidad del desarrollo de alimentos funcionales frescos por incorporación de aloe vera a la matriz estructural de endibia (*Cichorium intybus L. var. foliosum*), brócoli (*Brassica oleracea var. itálica*), coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*) y zanahoria (*Daucus carota L.*) mediante la técnica de impregnación a vacío.**

El objetivo general de este trabajo fue el desarrollo de productos funcionales frescos, a partir de hortalizas, mediante técnicas de ingeniería de matrices. Se estudió y caracterizó tres matrices vegetales inéditas en este ámbito, como lo son: endibia (*Cichorium intybus L.var. foliosum*), brócoli (*B. oleracea var. itálica*) y coliflor (*B. oleracea var. botrytis*), además se usó zanahoria (*Daucus carota L.*), cuyo comportamiento ha sido estudiado con anterioridad.

Se realizó un estudio de los parámetros fisicoquímicos de las dispersiones de aloe, con el fin de obtener modelos empíricos que faciliten futuras determinaciones de sus principales características.

La concentración de aloe ingresado en las matrices vegetales fue determinada a partir de tres componentes presentes en el aloe (polisacáridos, ácido málico y Ca^{2+}), estimando un ingreso de aloe a la matriz vegetal entre 0.5 y 5 g de aloe/100g de materia seca, (Sanzana, 2010).

1.3. Bisulfito de sodio

El problema del deterioro microbiano de los alimentos tiene implicaciones económicas evidentes, tanto para los fabricantes (deterioro de materias primas y productos elaborados antes de su comercialización, pérdida de la imagen de marca, etc.) como para distribuidores y consumidores (deterioro de productos después de su adquisición y antes de su consumo y riesgo de intoxicación por consumo), de manera que se hace necesario utilizar preservantes ya que retardan la fermentación, enmohecimiento o putrefacción del alimento causado por los microorganismos, (Reartes, 2001).

1.3.1. Los sulfitos como preservantes

El término agentes sulfatantes se emplea para describir el dióxido de azufre y otros sulfitos inorgánicos que se pueden utilizar como aditivos en alimentos, bebidas y productos farmacéuticos. El dióxido de azufre es un gas no inflamable incoloro que se disuelve fácilmente en agua, se hidrata para formar ácido sulfuroso y entonces disociarse a bisulfito y sulfito. En condiciones fisiológicas a pH 7.4, el sulfito es la forma química predominante. Sin embargo, a solución el sulfito se asocia a un protón y forma bisulfito y ácido sulfuroso. El anhídrido sulfuroso y los sulfitos son

muy utilizados para la conservación de zumos de uva, mostos y vinos, así como para la de la sidra y vinagre. También se utiliza como conservante en salsas de mostaza y especialmente en los derivados de fruta (zumos, etc.) que van a utilizarse como materia prima para otras industrias. Los sulfitos actúan como antioxidantes, inhibiendo especialmente las reacciones de oscurecimiento producidas por ciertas enzimas en vegetales y crustáceos. Con este fin se autoriza su uso en conservas vegetales y aceitunas de mesa, cefalópodos congelados y crustáceos. También se utiliza como antioxidante en zumos y cervezas. Durante el cocinado o procesado industrial de los alimentos el anhídrido sulfuroso y sulfitos se pierden en parte por evaporación o por combinación con otros componentes. Los límites legales se expresan siempre en contenido de anhídrido sulfuroso, (Reartes, 2001).

1.3.2. Impacto de los sulfitos en la salud humana

El grupo de compuestos conocidos como sulfitos está constituido por compuestos tales como el bióxido de sulfuro, sulfito de sodio o de potasio, bisulfito, y meta-bisulfito, pueden encontrarse en varios alimentos, incluyendo productos horneados, té, condimentos y escabeches, mariscos y pescado procesado, mermeladas y jaleas, fruta seca, jugos de frutas, verduras enlatadas y deshidratadas, papas congeladas y deshidratadas y mezclas de sopas, en bebidas, como cerveza, vino, vinos con sabor y sidra fermentada y en nuestro medio, en embutidos tales como chorizos y longanizas sospechándose que las concentraciones pueden llegar a ser muy altas. Los sulfitos tienen gran capacidad de reacción y se combinan con numerosos compuestos biológicos, como carbohidratos, nucleótidos y

puentes disulfuro de las proteínas, provocando síntomas como opresión en el pecho, urticaria, retortijones, diarrea, disminución de la presión arterial, sensación de cabeza ligera, debilidad y aceleración del pulso y ataques repentinos en pacientes que sufren de asma ya que actúan destruyendo la tiamina y vitamina B₁. Ante los efectos nocivos que pueden producir el anhídrido sulfuroso y los sulfitos en ciertas personas, se ha planteado reiteradamente su sustitución por otros preservantes; esto es prácticamente imposible en el caso de su aplicación en la industria del vino, aunque sí en las demás, especialmente en sus aplicaciones como antioxidante. Se permite el blanqueo y preservación de los frutos secos y desecados con anhídrido sulfuroso, siempre que el contenido en anhídrido sulfuroso total residual (expresado en SO₂) no exceda de 1 g por kg del producto terminado y seco (1000 ppm), (Avila, 2007).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar el efecto de la presión de vacío y el tipo de pre tratamiento en la concentración media de bisulfito de sodio en papa (*Solannum tuberosum*) impregnadas al vacío.

1.4.2. Objetivos específicos

- Diseñar e implementar un equipo de impregnación a vacío a escala laboratorio.
- Realizar la impregnación a vacío de bisulfito de sodio (Na_3SO_2), a diferentes presiones en rodajas de papas (var. huayro)
- Determinar la concentración media de bisulfito en las muestras de papa sometidas al proceso de impregnación.

II. MATERIALES Y METODOLOGÍA

2.1. Materiales

a. Material biológico

- Papa fresca, variedad huayro, procedente de la provincia de Chachapoyas

b. Equipos

- Vernier
- Vacuómetro rango [0 -76] cmHg
- Bomba de vacío, potencia de 0.5 Hp, voltaje 230v, frecuencia 50Hz
- Cámara de vacío¹
- Congelador horizontal tipo Freezer; capacidad 477 L, temperatura de trabajo [4 a -20 C]
- Selladora térmica, modelo SF-400A, temperatura de trabajo, alimentación eléctrica de 220v, frecuencia de 69 Hz.
- Cocina eléctrica 220 v

c. Reactivos

- Agua destilada
- Bicarbonato de sodio
- Bisulfito de sodio
- Verde de malaquita

d. Otros

- Abrazaderas

¹ Diseñadas para este trabajo; véase especificaciones en el anexo B.

- Bolsas de polietileno de alta densidad
- Canastilla de plástico
- Canastilla de PP-HDP
- Cinta teflón
- Cuchillos
- frasco de vidrio
- Herramientas de mano.
- Jebe para matar pajaros
- Pernos, estoboles galvanizado de 3/16 x 1/2 pulgada.
- Pinzas metálicas
- Plancha de acero inoxidable de espesor 1/20'', 304L
- Recipientes de plástico
- Silicona gray
- Tabla de picar
- Vasos de precipitación

2.2. Metodología

2.2.1. Lugar de ejecución

El presente proyecto de investigación se desarrollo en los ambientes de los laboratorios de Tecnología Agroindustrial e Ingeniería de Operaciones de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

2.2.2. Diseño y construcción del equipo para impregnación al vacío

Para el diseño del equipo de impregnación al vacío.se realizará el cálculo de las capacidades como volumen y presión, de acuerdo a los trabajos de

Torres (2007), Contreras (2006), Sanzana (2010), estará conformado por una cámara de impregnación, una trampa y una bomba de vacío. La cámara de impregnación, construida con acero inoxidable, contará con una rejilla para mantener las muestras en el interior de la solución.

2.2.3. Obtención de las muestras

a. Análisis físico fisicoquímico de las muestras

Con la finalidad de obtener las características físico químicas de la materia prima se realizaron análisis físico-químico que se mencionaran a continuación y serán descritos detalladamente en el anexo.

- Medición de pH, empleando el método recomendado por Guerrero, I y Artega, R. (1998).
- Porcentaje de humedad. Método de secado en una balanza de humedad. (Adam Equipment, 2004).
- Porcentaje de proteína método de kjendhal.
- Porcentaje de ceniza. Método de calcinación, recomendado por castro, W y Heredia, J. (2006).

Las muestras fueron seleccionadas y refrigeradas por un periodo de 5 días para evitar el deterioro de las mismas para su posterior uso luego peladas y cortadas en tamaños uniformes de espesor 1 cm con un diámetro de 5cm respectivamente, esto se hizo con la ayuda de un vernier.

2.2.4. Aplicación de la técnica de impregnación al vacío

La metodología utilizada para la aplicación de la técnica de impregnación al vacío en muestras de papa se basa en los estudios de (Fernández, 2007), el cual se tomo como referencia para desarrollar un nuevo método el cual se describe continuación y se resume en la figura 7.

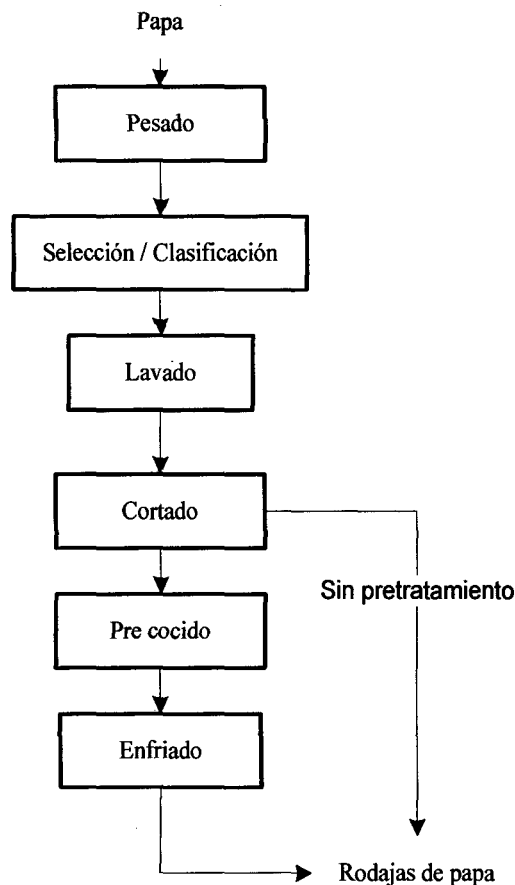


Figura 7. Obtención de muestras de papas

Como se indica a continuación.

- ✓ Pesar las papas.
- ✓ Separar las papas que presentes defectos físicos, así mismo clasificar a estas por tamaño de tal manera que estas se estandaricen.

- ✓ Lavar las papas para eliminar los restos de tierra y otros sólidos no deseados impregnados en ella.
- ✓ cortar las papas en rodajas, en diámetro y pesos uniformes, inmediatamente someter a tratamiento térmico para precocer las papas por un tiempo de 3.5 minutos a temperatura de ebullición del agua.
- ✓ Enfriar las muestras y someter a impregnación al vacío con una concentración de 0.01% de bisulfito de sodio a diferentes presiones (50 mbar, 150 mbar y 250 mbar) en un tiempo de 20 minutos.

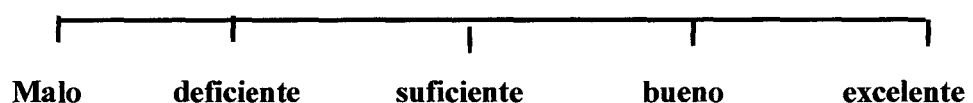
2.2.5. Análisis de la concentración media de bisulfito de sodio en papas impregnadas.

Evaluar el contenido de bisulfito de sodio, mediante el método de análisis con verde malaquita utilizado por Muñoz (2007). Ver anexo C

2.2.6. Análisis sensorial de las muestras de papa impregnadas al vacío con bisulfito de sodio.

Para la evaluación sensorial de las muestras se utilizó la metodología de análisis descriptivo, se evaluaron y se describieron las características sensoriales de la muestra como color y dureza, las muestras se evaluaron el primer día y a los 15 días de su procesamiento.

Para el color se estableció una escala hedónica como se muestra a continuación:



Donde:

1 = malo (extraño, alterado, defectuoso, marrón).

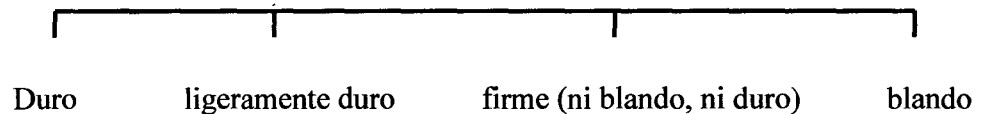
2 = deficiente (con defectos, no recuerda al color inicial, débilmente marrón).

3 = suficiente (apenas recuerda al color de la papa, débilmente amarillo, pocos defectos, de tonalidad pura y débil)

4 = bueno (armónico, parecido al color inicial de la papa, tonalidad pura acentuada).

5 = excelente (amarillo, igual a color inicial de la papa, tonalidad pura muy acentuada).

Para la dureza de las muestras se estableció la siguiente escala:



Donde:

1 = Muy duro

2 = ligeramente duro

3 = firme (ni blando, ni duro)

4 = muy blando

Fuente: elaboración propia

2.2.7. Análisis de datos

Para el análisis de datos del presente proyecto de investigación, se utilizó un diseño factorial 2A x 3B, bajo un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con 5 repeticiones, para poder evaluar la presión y tratamiento la impregnación de bisulfito de sodio en papa es mejor.

Factor A: Tipo de tratamiento

A1: sin tratamiento térmico

A2: con tratamiento térmico

Factor B: Presión aplicada

B1: 50 mbar

B2: 150 mbar

B3: 250 mbar

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \rho_i + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

μ = Parámetro, efecto medio

τ_i =Parámetro, efecto del tratamiento 1

β_j =Parámetro, efecto del bloque

ε_{ij} =Valor aleatorio, error experimental de la u.e.i.j

Y_{ij} = Observación en la unidad experimental.

III. RESULTADOS

3.1. De la construcción del equipo de impregnación al vacío

El equipo de impregnación al vacío se diseñó en base a los estudios que tuvo Fernández (2007), con dicho estudio se hizo una modificación en los cálculos para el diseño del equipo, ver anexo A. Las características de este equipo se pueden ver en la tabla 4.

Tabla 4. Características del equipo de impregnación al vacío.

| Características | unidad | Valor |
|----------------------------------|--------|-------|
| Dimensiones cámara | | |
| Altura total | cm | 22.0 |
| Diámetro interno | cm | 22.5 |
| Diámetro de la tapa | cm | 26.1 |
| Dimensiones de la canastilla | | |
| Altura total | cm | 19.0 |
| Diámetro | cm | 22.0 |
| Altura para colocar las muestras | cm | 12.0 |

Fuente: elaboración propia

En la figura 8, fotografía 01 y en los planos A-01, A-02, A-03 del anexo B se aprecia detalladamente las características del equipo de impregnación al vacío.

- El esquema base del equipo se muestra en la figura 8.

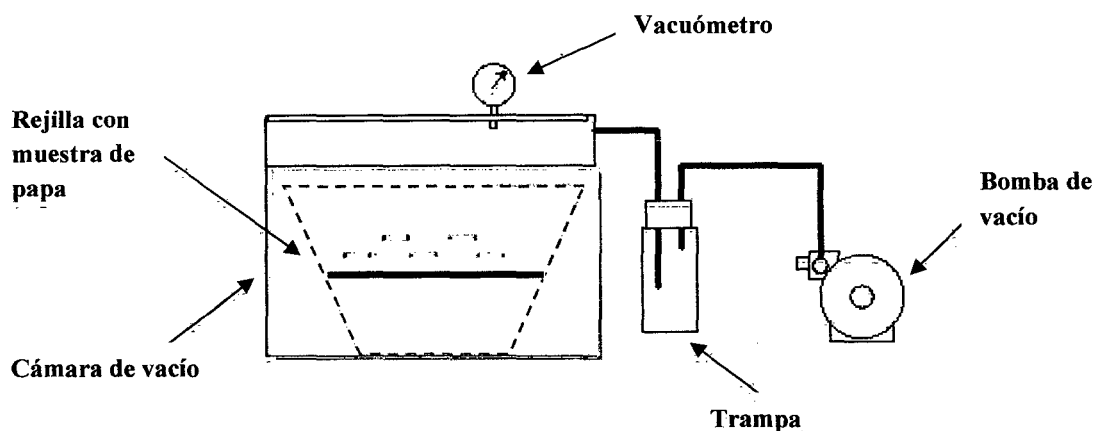


Figura 8. Diseño del equipo de impregnación al vacío

3.2. De los análisis físico-químicos de la muestra de papa.

Tabla 5. Análisis físico y composición química de la papa.

| Materia prima | Porcentaje (%) | | | pH | Sólidos totales (°Brix) |
|---------------|----------------|--------|----------|------|-------------------------|
| | Humedad | Ceniza | Proteína | | |
| papa | 70.16 | 1 | 2.385 | 6.53 | 4.4 |

Fuente: elaboración propia

3.3. De la determinación de sulfitos en la muestra patrón.

Después de haber realizado el procedimiento respectivo y de haber obtenido los resultados de absorción en las distintas longitudes de onda y haberlos graficado se determinó que la máxima absorbancia para detectar el colorante verde de malaquita es de 660 nm.

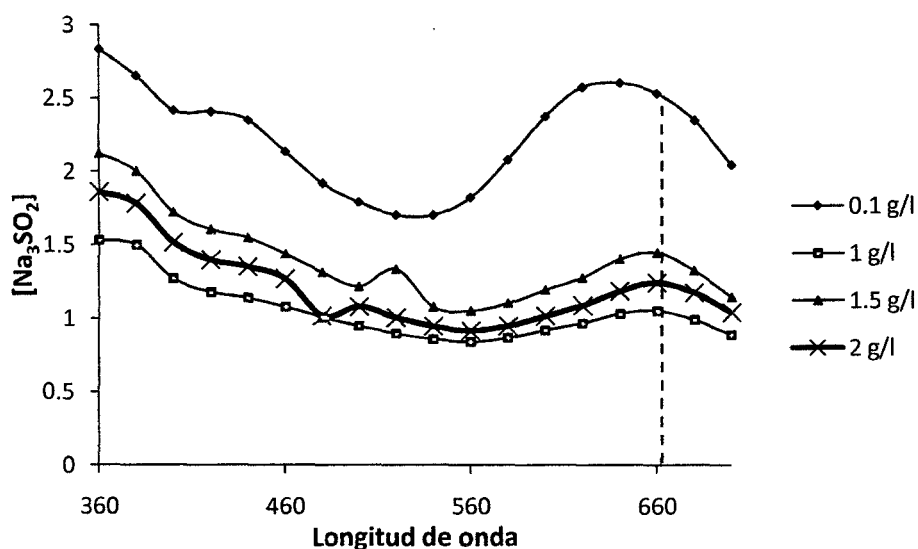


Figura 9. Series patrón y curva de calibración.

Esta fue la longitud de onda que se utilizó para analizar todas las muestras de Papis impregnadas al vacío a lo largo del estudio.

3.2.1. Series patrón y curva de calibración.

La curva de calibración se obtuvo a través de una serie de 6 muestra patrón, las concentraciones y las lecturas respectivas para cada una de las concentraciones se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6. Absorbancia de la muestra patrón.

| Concentración de las muestras patrón (variable X) | Absorbancias obtenidas (variable Y) |
|---|-------------------------------------|
| 0.1 | 1.358 |
| 0.2 | 1.511 |
| 0.4 | 1.684 |
| 0.6 | 2.672 |
| 0.8 | 2.613 |
| 1 | 2.822 |

Fuente: elaboración propia

3.2.2. Series patrón y curva de calibración.

Los datos de la tabla anterior fueron sometidos a un análisis de regresión lineal y de correlación simple.

La ecuación de la línea recta obtenida es la siguiente:

$$y = 0.185x - 0.133$$

$$R^2 = 0.992$$

El análisis de correlación mostró un índice “r” de 0.992, a través del cual se puede inferir que existe buena correlación entre las variables y que en este caso, el método de análisis espectrofotométrico se adapta de buena forma para la cuantificación de sulfitos:

Grafica de la ecuación.

Al plantear la ecuación con datos estandarizados de concentraciones el comportamiento gráfico es el siguiente:

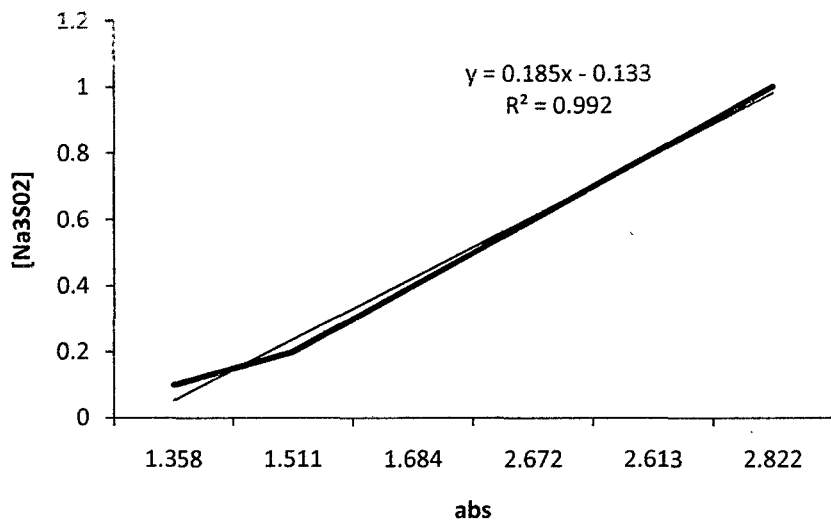


Figura 10. Ecuación de la línea recta obtenida de la serie de muestras patrón.

Con esta gráfica se ilustra de mejor manera el análisis de regresión lineal al cual fueron sometidas las soluciones patrón.

La ecuación obtenida constituyó la herramienta fundamental para la cuantificación de sulfitos en las muestras, por simple despeje de expresiones.

3.4. Concentraciones de sulfitos en las muestras analizadas

Una vez establecidos los valores de la curva de calibración, las muestras fueron procesadas de manera que se pudiera obtener de cada una de ellas una solución, las cuales previamente fueron sometidas a impregnación al vacío con bisulfito de sodio.

Cada una de las soluciones obtenidas de las muestras se sometió a la reacción del verde de malaquita y posteriormente al análisis espectrofotométrico para determinar la concentración de sulfito que fue impregnado.

Tabla 7. Concentración de bisulfito de sodio en muestras de papas crudas IV.

| Muestras de papa impregnadas al vacío con bisulfito de sodio sin aplicar tratamiento térmico | | | | |
|---|----------------|--------------------|-----------------|--|
| Tratamiento 1 | MUESTRA | ABSORBANCIA | PESO/GRS | Miligramos de sulfito por cada 30 gramos de muestra |
| 50 mbar | M1 | 2.204 | 30 | 12.632 |
| | M2 | 2.209 | 30 | 12.659 |
| | M3 | 2.27 | 30 | 12.989 |
| | M4 | 2.197 | 30 | 12.595 |
| | M5 | 2.292 | 30 | 13.108 |
| Promedio | | | | 12.797 |
| Tratamiento 2 | | | | |
| 150 mbar | M1 | 2.637 | 30 | 14.973 |
| | M2 | 2.397 | 30 | 13.676 |
| | M3 | 2.396 | 30 | 13.670 |
| | M4 | 2.412 | 30 | 13.757 |
| | M5 | 2.392 | 30 | 13.649 |
| Promedio | | | | 13.945 |
| Tratamiento 3 | M1 | 2.877 | 30 | 16.270 |
| 250 mbar | M2 | 2.453 | 30 | 15.059 |
| | M3 | 2.577 | 30 | 14.649 |
| | M4 | 2.049 | 30 | 15.578 |
| | M5 | 1.836 | 30 | 15.886 |
| Promedio | | | | 15.489 |

Fuente: elaboración propia

Tabla 8. Concentración de bisulfito de sodio en muestras de papas pre cocidas IV.

| Muestras de papa impregnadas al vacio con bisulfito de aplicando tratamiento térmico | | | | |
|---|----|-------|----|--------------|
| Tratamiento 1 | | | | |
| 50 mbar | M1 | 1.009 | 30 | 6.173 |
| | M2 | 0.69 | 30 | 4.449 |
| | M3 | 0.682 | 30 | 4.405 |
| | M4 | 1.06 | 30 | 6.449 |
| | M5 | 1.112 | 30 | 6.730 |
| Promedio | | | | 5.641 |
| Tratamiento 2 | | | | |
| 150 mbar | M1 | 1.761 | 30 | 8.616 |
| | M2 | 1.012 | 30 | 6.189 |
| | M3 | 0.927 | 30 | 6.270 |
| | M4 | 1.714 | 30 | 7.822 |
| | M5 | 1.379 | 30 | 7.092 |
| Promedio | | | | 7.198 |
| Tratamiento 3 | | | | |
| 250 mbar | M1 | 1.7 | 30 | 9.908 |
| | M2 | 1.709 | 30 | 9.957 |
| | M3 | 1.946 | 30 | 11.238 |
| | M4 | 1.509 | 30 | 8.876 |
| | M5 | 1.566 | 30 | 9.184 |
| Promedio | | | | 9.832 |

Fuente: elaboración propia

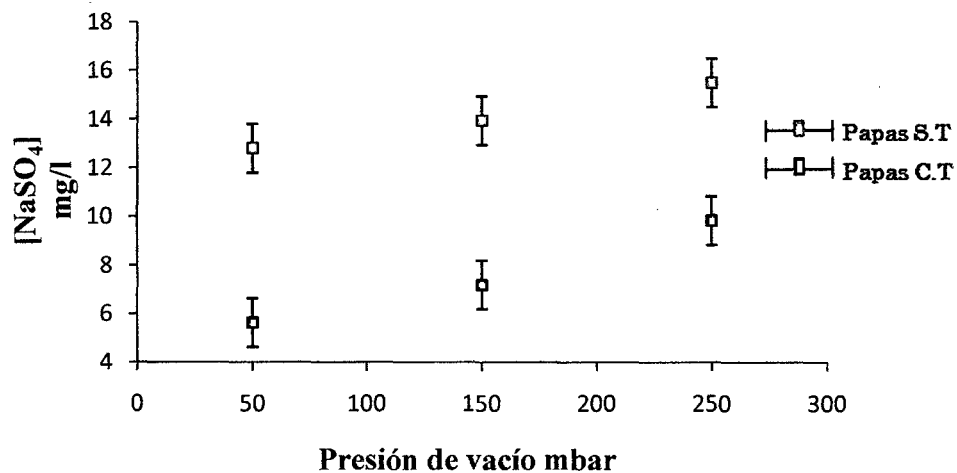


Figura 11. Grafica de las concentraciones de bisulfito de sodio en muestra de papas a diferentes presiones y pre tratamientos.

Esta concentración de sulfitos se obtiene al ser sometida cada solución de muestra a un espectrofotómetro que tiene un filtro con una longitud de onda de luz visible de 660 nm. La longitud de onda es específica para el colorante verde de malaquita, que se observa en los Becker en donde se llevó a cabo la reacción del colorante con la solución de las muestras de papas impregnadas. Este equipo lo que hace es emitir luz visible a la cuveta en donde se encuentra la muestra y esta absorbe cierta cantidad de energía y el equipo determina la cantidad de luz emitida después de haber atravesado la muestra. Las muestras que tuvieron poca concentración de sulfitos se observan coloreadas de verde oscuro, por lo tanto estas van a demostrar un comportamiento de interacción con la región visible del espectro electromagnético, de tal manera que, absorben la radiación electromagnética a medida que esta la atraviesa; por el contrario las muestras que tenían mayor concentración de sulfitos cambiaron de color y se observaron de un color verde claro o transparente, por lo tanto estas muestras no absorben la radiación de la

región visible del espectro electromagnético. Las muestras coloreadas absorbieron mayor cantidad de luz que las muestras transparentes, (Muñoz, 2007).

3.5. Análisis sensorial

3.5.1. De la materia prima

- **Color** : Amarillo, tonalidad pura muy acentuada.
- **Dureza** : Ligeramente duro.
- **Apariencia general** : Características de la papa, fresca, tamaño grande, sin ninguna clase de daños mecánicos.

3.5.2. De la muestra sometida a impregnación al vacío.

Muestras de papa impregnadas al vacío con solución de bisulfito de sodio sin tratamiento térmico a los 15 días de su proceso.

- **Color**
 - **T1(50 mbar)** :Bueno
 - **T2 (150 mbar)** : Excelente
 - **T3 (250 mbar)** : Excelente
- **Dureza**
 - **T1 (50 mbar)** : Duro
 - **T2 (150 mbar)** : Ligeramente duro
 - **T3 (250 mbar)** : Firme

Muestras de papa impregnadas al vacío con solución de bisulfito de sodio con tratamiento térmico a los 15 días de su proceso.

- **Color**
 - **T1 (50 mbar)** : Suficiente
 - **T2 (150 mbar)** : Suficiente
 - **T3 (250 mbar)** : Suficiente

- **Dureza**
 - **T1 (50 mbar)** : Duro
 - **T2 (150 mbar)** : Blando
 - **T3 (250 mbar)** : Firme

3.6. Análisis de datos.

- ✓ En la tabla 10. muestra que al 99% de confianza la presión de vacío y el tipo de pre tratamiento tienen efecto altamente significativo en la concentración media de bisulfito de sodio impregnada al vacío en papa.

Tabla 9. Cuadro ANVA

| FV | GL | SC | CM | Fc | Ft | significación |
|----------------------------------|----|-------|-------|--------|------|---------------|
| bloques(tipo de Pre tratamiento) | 1 | 63.77 | 63.77 | 318.85 | 34.1 | ** |
| tratamientos(presiones) | 2 | 12.02 | 6.01 | 30.05 | 30.8 | Ns |
| Error | 3 | 0.6 | 0.2 | | | |

- ✓ Del análisis sensorial la papa que no recibió tratamiento térmico y con una presión de 250 mbar mantuvo sus características iniciales en cuanto al color, y respecto a la dureza tanto las papas con y sin tratamiento térmico a presión de 50 mbar son la que conservaron mejor esta característica.

IV. DISCUSIONES

- ✓ El diseño, cuyos detalles se plasman en la Tabla 4 y anexo A y B, desarrollado a partir de las experiencias de Fernández (2007), Torres (2007) y Sanzana (2010) permitió un adecuado proceso de impregnación al lograr el vacío requerido y el retorno a la presión atmosférica en pocos segundos. En el caso de la experiencia de Fernández (2007) utilizó un sistema constituido por un matraz y una bomba de vacío, sin embargo, la capacidad del sistema es reducido y requería, aunque no lo mencione expresamente, el realizar las repeticiones en varios lotes, esto se solucionó con el sistema propuesto para impregnación en laboratorio de la presente tesis.
- ✓ Después de haber realizado el procedimiento respectivo, obtenido los resultados de absorción a diferentes longitudes de onda y haber graficado se determinó que la máxima absorbancia para detectar el colorante verde de malaquita es de 660 nm. como se puede apreciar en la figura 9 ésta fue la longitud de onda que se utilizó para analizar todas las muestras de papa. Esta metodología como refiere Muñoz (2007) consiste en obtener datos de absorción a diferentes longitudes de onda lo que permite determinar la máxima absorción del colorante verde de malaquita que en este estudio fue de 560 nm. Por tanto las muestras que tuvieron poca concentración de bisulfito de sodio se observa un color verde oscuro que al ser colocadas en el espectrofotómetro absorben mayor cantidad de luz, en cambio a una mayor concentración de sulfitos el colorante verde de malaquita disminuye o desaparece y con el análisis en el espectrofotómetro absorben menor cantidad de luz.

- ✓ Tal como se puede apreciar, la absorbancia de muestras de papa impregnadas con bisulfito en la tabla 7 y 8, las papas crudas presentan un comportamiento contrario a las papas pre-cocidas. Esto es debido a la gelatinización y degradación del almidón que sufre con un tratamiento térmico como refiere Pérez (2003) calentamiento de los tejidos a temperaturas de 60-70°C, provoca la ruptura de las membranas, la compartimentación de los componentes celulares y la degradación de las pectinas de la lamina media y de la pared celular, obstruyendo los espacios intercelulares por los cuales circularía la solución de impregnación.
- ✓ Asimismo, luego de impregnar se demuestra que la cantidad impregnada de bisulfito de sodio en papa cruda está entre 0.00609 a 0.000738 g y para papa pre-cocida está entre 0.000269 a 0.000468g como se puede apreciar en la figura 11, con un tratamiento térmico la estructura de la muestra cambia lo cual lleva a que el proceso de impregnación sea menor, en la investigación realizada por Sanzana (2010), logro impregnar 0.5 a 5g de cada 100g de aloe vera, indicó que el brócoli es la única hortaliza, de las estudiadas, con espacios vacíos susceptibles de impregnar. Las demás hortalizas poseen una estructura porosa vacía no significativa; por tanto los niveles de impregnación obtenidos en ellas se deberán a la sustitución de líquido nativo por disolución externa, así también, considerando la micro-estructura de la papa, en la cual los espacios intercelulares son reducidos y las células esta distribuidas en forma ordenada, se observa que la impregnación fue mayor que en brócoli, contradiciendo a lo referido por Sanzana (2010), pero coherente con lo esperado por el cambio micro-estructural, debido a la coagulación de los almidones y obstrucción de los espacios intercelulares.

- ✓ El mayor valor alcanzado en la concentración de bisulfito de sodio fue a una presión de 250 mbar, figura 11, donde en papas sin tratamiento térmico se obtuvo una concentración de 0.0015489g y en papa pre-cocida se obtuvo 0.0009832g de bisulfito por 30 gramos de muestra, se puede asociar a la investigación de Pérez (2003), la cantidad de líquido impregnado en el producto dependerá del nivel de desgasificación y, por tanto, de la presión de trabajo. Esta penetración de líquido puede ser reversible y está controlada por la compresión o expansión del gas ocluido en los poros (espacios intercelulares en los vegetales), además, debido al intercambio gas-líquido las propiedades visco elásticas, se ven generalmente afectados comportando una pérdida de la turgencia celular.
- ✓ La concentración necesaria de bisulfito de sodio para impregnar es de 0.001%, en el proceso de IV, esta solución no logra ingresar en su totalidad a las muestras, esto se puede ver en las concentraciones determinadas en la tabla 7 y 8 ya que estamos dentro de los rangos permitidos. Esto concuerda con lo reportado por Ávila (2003) quien afirma que ante los efectos nocivos que pueden producir el anhídrido sulfuroso y los sulfitos en ciertas personas, no exceda de 1 g por kg del producto terminado y seco (1000 ppm).

V. CONCLUSIONES

- El diseño y construcción de la cámara de vacío se realizó de manera satisfactoria; ya que esta cumple con todos los requerimientos para el desarrollo de la técnica de impregnación al vacío.
- La muestra que presente mayor concentración de bisulfito de sodio es en papa cruda a una presión de 250mbar ($[Na_2SO_3] = 13.467$).
- La aplicación de tratamiento térmico produce gelatinización del almidón lo que provoca que el ingreso de la solución impregnante sea menor.
- La papa con y sin tratamiento térmico impregnada al vacío con solución de bisulfito de sodio conserva sus características organolépticas por 15 días.
- Según el análisis estadístico realizado demuestra que la presión de vacío y el tipo de pre tratamiento tiene efecto altamente significativo en el tiempo de conservación del producto.
- El color de las muestras en papas sin tratamiento térmico se conservó mejor a una presión de 250 mbar y respecto a la dureza se mantuvo mejor a una presión de 50 mbar.
- El color de las muestras en papas con tratamiento térmico fue suficiente con los tres niveles de presión y respecto a la dureza se mantuvo mejor a una presión de 50 mbar.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda en investigaciones futuras trabajar con soluciones que contenga cloruro de calcio y un agente antioxidante para conservar la textura durante el almacenamiento de papa.
- Implementar un agitador en la cámara de impregnación para mantener la solución en constante movimiento logrando así una mejor impregnación.
- Hacer investigaciones en otros tipos de materiales porosos y utilizando diferentes soluciones.

VII.REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Ávila, G. (2008). Utilización del Metabisulfito de Sodio como preservante en las camaroneras. Bolivia.
- Achinta Bordoloi, Lovedeep Kaur, Jaspreet Singh, 2011. Parenchyma cell microstructure and textural characteristics of raw and cooked potatoes. Riddet Institute, Massey University, Private Bag 11 222, Palmerston North 4442, New Zealand.
- Contreras, C. (2006). Influencia del método de secado en parámetros de calidad relacionados con la estructura y el color de manzana y fresa deshidratadas. Valencia, España.
- Fernández, P. (2007). Estudio de la impregnación a vacío de miel y su efecto en atributos de calidad de hojuelas de manzana (*var.* Granny Smith) deshidratadas. Santiago, Chile.
- Geankoplis, C. 1998, Proceso de transporte y operaciones unitarias, 3era edición, editorial Continental, México
- Mujica-Paz, H., Valdez, A., López, A., Palou, E. y Welti, J. (2003) Impregnation properties of some fruits at vacuum pressure. *Journal of Food Engineering*, 56, 307-314.
- Muñoz, M. (2007). Determinación y cuantificación de sulfitos en muestras de embutidos expandidos en diferentes mercados de la ciudad de Guatemala. Guatemala.

- Navarro U., 2002. Encapsulamiento de meristemas de papa (*solanum tuberosum*) para la criopreservación y la propagación en invernadero-Cartago.
- Narvaiz, P. 2004, Seminario "Irradiación y Calidad Sanitaria de Alimentos 2004" CNEA - Instituto Panamericano de Protección de Alimentos y Zoonosis, Argentina.
- Sanzana, S. (2010). Viabilidad del desarrollo de alimentos funcionales frescos por incorporación de aloe vera a la matriz estructural de endibia (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum*), brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) y zanahoria (*Daucus carota* L.) mediante la técnica de impregnación a vacío. Valencia, España.
- Pérez, L. (2003). Aplicación de métodos combinados para el control del desarrollo del pardeamiento enzimático en pera (variedad *blanquilla*) mínimamente procesada. Valencia- España.
- Torres, J. (2007). Optimización de las condiciones de operación de tratamientos osmóticos destinados al procesado mínimo de mango (*mangifera indica* L.). Valencia, España.
- Cocio, C. (2006). Estudio de la distribución de aceite en rodajas de papa frita, Santiago, Chile.
- Ministerio de Agricultura Portal Web: www.minag.gob.pe
- FAO, 2010 Manual para el mejoramiento del manejo pos cosecha de frutas y hortalizas (PARTE II)- Portal web:
<http://www.fao.org/docrep/x5056S/x5056S00.htm>
- Fitotecnia. Cultivo de papa, composición, valor nutritivo, tubérculo

ANEXOS

Anexo A

1. Cálculos para el diseño y construcción de la cámara de impregnación al vacío.

Para determinar el volumen de la muestra

Diámetro de la muestra $D_m = 4 \text{ Cm}$

Espesor de la muestra $E_m = 1 \text{ cm}$

Volumen de la muestra $V_m = \frac{\pi E_m D_m^2}{4}$

$$V_m = \frac{3.1416 \times 1 \times 4^2}{4}$$

$$V_m = 12.5664 \text{ cm}^3$$

Numero de muestras = 5

Volumen total de las muestras $V_t = 5 \times 12.5654$

$$V_t = 62.832$$

Volumen del líquido $V_l = V_t \times 20$

$$V_l = 1256.64 \text{ cm}^3$$

Diámetro total del recipiente $D_t = 22.5$

Altura $H = D_t \times 0.75$

$$H = 17 \text{ cm}$$

Area base $A = \frac{3.1416 \times Dt^2}{4}$

$$A = 397.61$$

Altura de cabeza $h = 4 \text{ cm}$

Altura total $Ht = H + h$

$$Ht = 21$$

Volumen de cabeza $Vc = h \times A$

$$Vc = 1590.435 \text{ cm}^3$$

Volumen total $Vt = A \times Ht$

$$Vt = 8300 \text{ cm}^3$$

Potencia consumida en los recipientes de agitación

$$N_{Re} = \frac{D_a^2 N \rho}{\mu}$$

Donde:

D_a : es el diámetro del impulsor (agitador) en m

N : velocidad de rotación en rev/seg

ρ : densidad del fluido en Kg/m^3

μ : viscosidad

$$N_p = \frac{P}{\rho N^3 D a^5}$$

P: es potencia en J/s o W

Tabla 10. Proporciones geométricas para un sistema de agitación normal

| | | |
|--------------------------------|----------------|-----------------|
| $Da / Dt = 0.3 \text{ a } 0.5$ | $H / Dt = 1$ | $C / Dt = 1/3$ |
| $W/Da = Dd / 5Da = 2/3$ | $L / Da = 1/4$ | $J / Dt = 1/12$ |

Fuente: Geankoplis, 1998

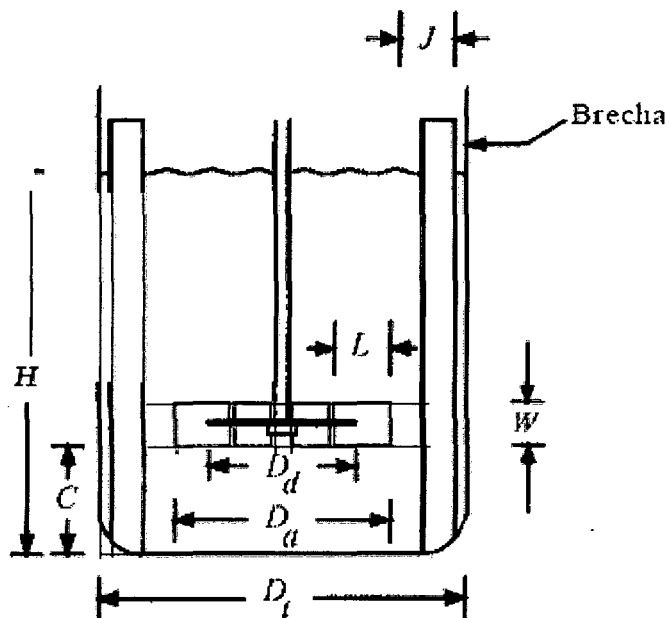


Figura 12. Tanque con deflectores con un agitador de turbina de seis aspas con dimensiones de la turbina y el tanque.

Fuente: Geankoplis, 1998

Diámetro del impulsor $Da = (0.3x Dt)/100$

$$Da = 0.0675 \text{ m}$$

Numero de revoluciones por segundo $N = 200/60 \text{ rev/seg}$

$$N = 3.33333333 \text{ rev/seg}$$

La densidad de un líquido es $\rho = 998.2 \text{ Kg/m}^3$

La viscosidad de un líquido es $\mu = 0.001002 \text{ Pa. s}$

Ancho de la turbina $W = 2 x \frac{Da}{3} \text{ m}$

$$W = 0.045 \text{ m}$$

Ancho de los deflector $J = Dt/12$

$$J = 1.875 \text{ cm}$$

Distancia de la base del recipiente a la turbina $C = Dt/3$

$$C = 7.5 \text{ cm}$$

Calculo del número de Reynolds $N_{Re} = \frac{Da^2 N \rho}{\mu}$

$$N_{Re} = 15129.9069$$

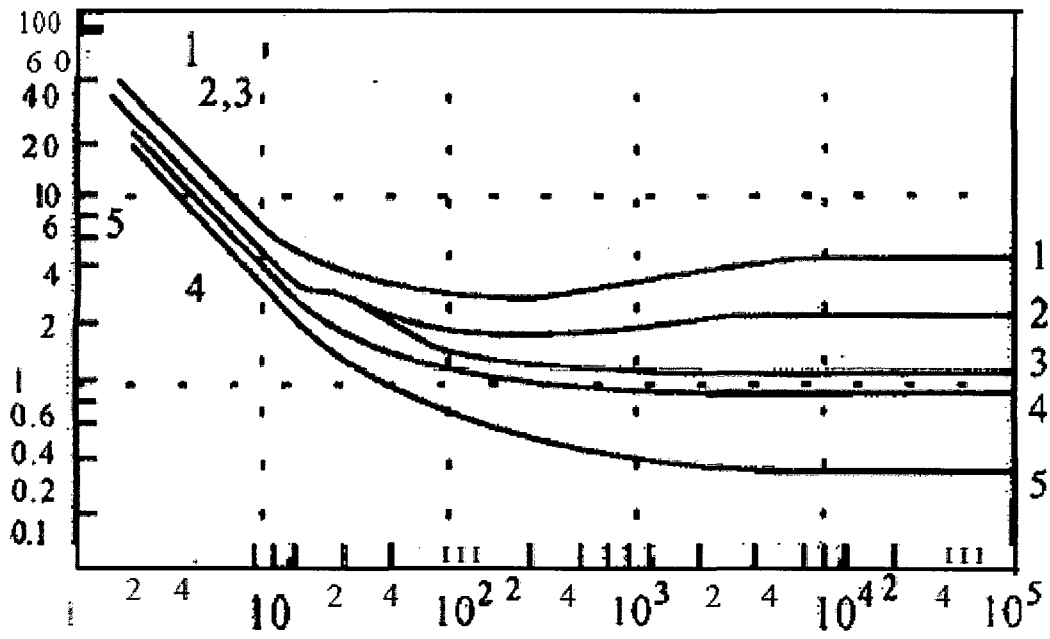


Figura 13. Correlaciones de potencia para diversos impulsores y deflectores.

Considérese la curva 1, puesto que $D_d/W = 5$ y $Dt/J = 12$, $N_p = 3.8$ para $N_{Re} = 15129$

Al despejar P en la ecuación:

$$P = N_p \rho N^3 D a^5$$

$$P = 0.2 \text{ J/s}$$

Anexo B

Planos para de construcción del equipo

1. Lamina A-01: Vistas- cortes de la cámara de impregnación al vacío
2. Lamina A-02: Especificaciones técnicas.
3. Lamina A-03: Equipo de impregnación al vacío.

Anexos C

I. Descripción de los análisis fisicoquímicos utilizados en muestras de papas

1. Medición de pH.

1.1. Materiales

- Agua destilada
- Licuadora
- pH-metro Q400LT
- Papel filtro
- Vaso de precipitación 100 ml

1.2. Método

- Se calibró el potenciómetro y pesaron 10 gr de muestra.
- Se agregaron 100 ml de agua destilada en una licuadora y se procedió a triturar la muestra.
- Se filtro la muestra de papa, con el fin de que el líquido no tenga grumos.
- Se realizo la lectura del pH y posterior se enjuago el electrodo con agua destilada.
- Se realizaron en tres muestras de papa para poder determinar el promedio exacto del pH en papa.

2. Determinación del contenido de humedad

2.1. Materiales

- Agua destilada.
- Balanza de humedad capacidad de 1mg a 50g
- Bisturi.
- Espátulas.

2.2. Método

- Se limpió el recipiente contenedor de la balanza de humedad.
- Se cortó un pedazo de la muestra de papa.
- Se taro la balanza de humedad, para que no existiese influencia de factores ajenos a la evaluación.
- Se colocó la muestra en el recipiente contenedor y se tomaron los datos de peso 1 gramo de papa.
- Se calibró la temperatura de secado a 120° C y se procedió a analizar la humedad de la muestra.
- Cuando el analizador de humedad se detuvo se tomó la lectura de humedad que tenía el producto.

3. Determinación del contenido de proteína

3.1. Materiales

- Agua destilada.
- Balanza digital, modelo ES-300^a, capacidad de 0.01g a 300g, temperatura de 10 a 40° C.
- Campana extractora de gases
- Destilador De Nitrógeno DNP-2000
- Equipo compacto de digestión MBC/02
- Equipo de titulación
- Matraz Erlenmeyer 100 ml.
- Morteros.
- Papel filtro.
- Pipetas.
- Probetas de 100ml
- Vasos de precipitación de 200, 100 y 50 ml

3.2. Reactivos

- Ácido bórico al 4%.
- Ácido clorhídrico (HCL a 0.25N)
- Catalizador: selenio(Se), sulfato de cobre(CuSO₄) y sulfato potásico(K₂SO₄)
- H₂SO₄ concentrado.
- Hidróxido de sodio (NaOH al 40%).

3.3. Método

1. Con ayuda de un mortero se trituró la muestra.
2. Se tomó 1 gramo de muestra, se hizo tres repeticiones, después se introdujo en 3 tubos de digestión.
3. Se añadió 5 gramos de catalizador y 15 mililitros de H_2SO_4 a los tubos de digestión y se agitó suavemente.
4. Se colocaron los tubos en la gradilla y colocaron frente al bloque digestor, donde se acopló al colector de humos.
5. Se abrió el grifo de vacío, para maximizar el flujo de aire.
6. Se colocaron los tubos, con toda gradilla, en el bloque calentador (previamente calentado a $420^{\circ}C$) y pusieron las tapas laterales de las gradillas con el objetivo de homogenizar la temperatura en los tubos y evitar enfriamientos por acción de corrientes de aire.
7. Se dejó digerir durante 3 a 5 minutos con el vacío máximo. Después se ajustan el vacío de tal manera que los gases estén estacionarios.
8. Una vez terminada la digestión, se dejaron enfriar los tubos fuera del digestor y después de aproximadamente 15 minutos, se añadieron 75 mL de agua destilada y se agitó con la mano.
9. Se dejó enfriar y se llevó a destilación; para lo cual se conectó el tubo al destilador y añadió 80 mL de NaOH al 40%.
10. Se puso en marcha la destilación, recogiendo el líquido destilado en un matraz Erlenmeyer que contenía 25 mL de ácido bórico.
11. Cuando el destilado alcanzó 150 mL se detuvo la destilación, para proceder a titular con HCl a 0,25N hasta que cambie de color a amarillo pálido.

12. Se anotó el volumen gastado y procedió a calcular el porcentaje de nitrógeno encontrado en la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{Nitrogeno} = \frac{\text{Volumen}_{\text{gastado}} * \text{factor}}{W_{\text{muestra}}} * 0.35$$

Donde:

W_{muestra} : peso de la muestra

$Factor$: 6.25

4. Determinación del contenido de grasa

4.1. Materiales

- Baguetas.
- Balanza digital.
- Capsula de porcelana.
- Cocina eléctrica.
- Espátulas.
- Papel filtro.
- Pinzas metálicas.
- Pisceta.
- Trozos de vidrio.

4.2. Equipos

- Campana de desecación.
- Equipo soxhlet completo, con matraz de 250 mL y refrigerante de reflujo.

- Estufa.

4.3. Reactivos

- Éter de petróleo.

4.4. Método

Se realizó bajo el procedimiento por la facultad de ciencias exactas de la UNPL, específicamente del área de análisis de alimentos.

1. Las muestras fueron sometidas a una estufa con temperatura de 90°C, con la finalidad de realizar un pre – secado que permita realizar la extracción de grasas de la muestra de manera eficiente.
2. Se desecaron los balones a emplearse en la estufa a 100°C.
3. Se pesó 10 g de muestra de papa homogenizada, previamente desecada, en un cartucho de papel filtro.
4. Se colocó la muestra envuelta con papel filtro y amarrada con hilo pavilo, en la pieza media del dispositivo de extracción soxhlet.
5. Se taró el balón del aparato y se conectó al equipo.
6. Por la parte superior del tubo extractor se agregó el solvente (éter de petróleo) hasta que descargue el sifón, agregando además alrededor de la mitad del contenido del tubo extractor.
7. Se calentó para que se produzcan al menos 7 ciclos de llenado y sifonado del tubo extractor (durante 2 horas aproximadamente).
8. Al finalizar la extracción el matraz se coloca durante una hora en una estufa a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$, con lo que se eliminan del producto los últimos restos del disolvente.

9. El se deja enfriar en un desecador luego se pesó.

10. Se calculó el porcentaje de grasa que contenían las muestras, mediante la fórmula siguiente:

$$\%GRASA_{CRUDA} = \frac{W_2 - W_1}{W} * 100$$

Donde:

W_1 = Masa en gramos, del matraz redondo de fondo plano (con trozos de vidrio)

W_2 = masa en gramos, del matraz con grasa tras el secado.

W = Peso de la muestra en gramos.

5. Determinación de ceniza

5.1. Materiales

- Balanza digital
- Campana de desecación.
- Crisoles de porcelana de fondos plano.
- Muestras de papa
- Pinzas para sacar crisoles.

5.2. Equipos

- Estufa de secado.
- Mufla eléctrica de hasta 1500°C.

5.3. Método

Se realizó bajo el método recomendado por Castro, W. , Heredia, J (2006); para lo cual se siguió el procedimiento siguiente:

1. Se lavaron los crisoles y se secaron en la estufa.
2. Cuando los crisoles se enfriaron dentro de la misma estufa, se procedió a pesar cada crisol, lo que corresponde al peso W_1 .
3. Posteriormente se depositaron una pequeña cantidad de muestra en cada crisol, con lo cual se tomo el W_2 .
4. Se procedió a colocar los crisoles con las muestras en la mufla eléctrica.
5. Se conecto la mufla eléctrica y se calibro para que la temperatura de carbonización sea 550°C .
6. Cuando las muestras se carbonizaron, con la ayuda de una pinza se sacan los crisoles y se dejan enfriar para tomar el W_3 .
7. Con los pesos tomados se aplica la siguiente fórmula.

$$\%Cenizas = \frac{W_3 - W_2}{W_2 - W_1} * 100$$

Donde:

W_1 : Peso del crisol vacío.

W_2 : Peso del crisol + la muestra.

W_3 : Peso de la muestra seca.

II. DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE SULFITOS EN LAS MUESTRAS.

2.1. Reacción del verde de malaquita

- Obtención de una unidad (unidad experimental), la cual se tritura y homogeniza con 100 ml de solución de carbonatos al 5% en un beaker.
- Extender una pequeña cantidad de la muestra problema sobre un trozo de 20 por 20 centímetros cuadrados de papel parafinado, añadiendo 0.5 ml de la solución al 25% de verde de malaquita, mezclar durante 2 a 3 minutos, y observar si hay o no coloración.
- Cuando la muestra no contiene sulfitos se torna de un color azul verde (intenso) y cuando los contiene decoloran el colorante de manera que la coloración es poco intensa o simplemente no existe.

a. Obtención de la curva de calibración en el espectrofotómetro

- Una vez obtenidas las muestras se procederá a la preparación del equipo y el instrumental de laboratorio y a la preparación de las muestras patrón (muestras con los reactivos de interés, con concentraciones conocidas y en orden ascendente de concentración), para la calibración del espectrofotómetro.
- Para obtener dicha curva lo primero que se realizara la obtención del espectro de absorción, de la siguiente manera:
- Tomar una cuveta para espectrofotometría completamente limpia, y agregar agua destilada hasta la marca de llenado (blanco para la calibración) el blanco es el punto de referencia que permite cada vez que

se inserta la celda con una muestra la calibración a un nivel 2 de absorbancia o 100 % de transmitancia, el parámetro a escoger queda siempre a criterio del investigador, para fines de esta investigación se trabajara con absorbancia.

- En el espectrofotómetro controlar la longitud de onda a la cual se harán las lecturas, desde 360 nm, este es el punto inicial de la variable dependiente.

b. Obtención de las soluciones patrón de sulfitos

- preparar 100 ml de la solución de sulfitos de la siguiente manera:
- Primero preparar 2,000 ml de una mezcla de solución de bicarbonato al 5%.
- Luego tomar balones aforados se procede a rotular con la concentración conocida y agregar 100 ml de la mezcla anterior.
- En la balanza analítica pesar las cantidades en gramos de la solución patrón, y homogenizar con la ayuda del agitador eléctrico.
- Colocar 20 ml de solución de sulfitos de concentración conocida y agregar 5 ml del reactivo de identificación (verde de malaquita al 25%), en un beacker y de esa mezcla se agregar 10 ml en una cuveta del espectrofotómetro, teniendo cuidado de no ensuciar su superficie con agua, reactivo, grasa, etc.
- La cuveta se sujeta de los lados opacos o esmerilados y se introduce dentro del compartimiento del espectrofotómetro para realizar la lectura de la absorbancia obtenida.

- Se aumenta la longitud de onda en 20nm.

El aparato se calibra con el blanco, para esto se introduce de nuevo la cuveta con la muestra y de nuevo se toma la lectura de absorbancia. Se debe repetir el mismo procedimiento aumentando en 20 nm cada vez hasta que llegue a 700

- Evaluación de la calidad del producto final durante 7 días en congelación: al finalizar este periodo de tiempo se realizara una comparación visual de pardeamiento entre cada una de las muestras de cada tratamiento.

Anexos D

Análisis estadístico

Tabla 11. Análisis de datos

| Repeticiones | T1 | | | T2 | | |
|--------------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 |
| M1 | 12.63 | 14.97 | 16.27 | 6.17 | 8.62 | 9.91 |
| M2 | 12.66 | 13.68 | 15.06 | 4.45 | 6.19 | 9.96 |
| M3 | 12.99 | 13.67 | 14.65 | 4.41 | 6.27 | 11.24 |
| M4 | 12.60 | 13.76 | 15.58 | 6.45 | 7.82 | 8.88 |
| M5 | 13.11 | 13.65 | 15.89 | 6.73 | 7.09 | 9.18 |
| Promedio | 12.80 | 13.95 | 15.49 | 5.64 | 7.20 | 9.83 |

Fuente. Elaboración propia

Tabla 12. Diseño de bloques completamente al azar

| BLOQUE | TRATAMIENTOS | | | Y _j | Promedio |
|-------------------------|--------------|--------|--------|----------------|----------------|
| | P1 | P2 | P3 | | Y _j |
| A | 12.797 | 13.945 | 15.489 | 42.231 | 14.077 |
| B | 5.641 | 7.198 | 9.832 | 22.671 | 7.557 |
| Y _i | 18.438 | 21.143 | 25.321 | | |
| Promedio Y _i | 9.219 | 10.572 | 12.661 | 64.902 | |

Fuente. Elaboración propia

A. Hipótesis

H₀: T1 = T2 = T3

H_a: T1 ≠ T2 ≠ T3

B. Cálculo del análisis de varianza

Obtención de la suma de cuadrados (S.C)

$$SC_{TOTAL} = 12.797^2 + \dots + 9.832^2 - \frac{64.902^2}{6} = 76.39$$

$$SC_{TRATAMIENTO} = \frac{18.438^2 + \dots + 25.321^2}{2} - \frac{64.902^2}{6} = 12.02$$

$$SC_{BLOQUE} = \frac{42.231^2 + \dots + 22.671^2}{3} - \frac{64.902^2}{6} = 63.77$$

$$SC_{ERROR} = SC_{TOTAL} - SC_{TRATAMIENTO} - SC_{BLOQUE} = 0.60$$

Tabla 12. Análisis de varianza (ANVA)

| FV | GL | SC | CM | Fc | Ft | significación |
|----------------------------------|----|-------|-------|--------|------|---------------|
| bloques(tipo de Pre tratamiento) | 1 | 63.77 | 63.77 | 318.85 | 34.1 | ** |
| tratamientos(presiones) | 2 | 12.02 | 6.01 | 30.05 | 30.8 | Ns |
| Error | 3 | 0.6 | 0.2 | | | |

Fuente. Elaboración propia

Entonces como $F_{calculado} > F_{Tabla}$ se rechaza H_0

Pruebas de comparaciones múltiples

Prueba Tukey

1. Con un nivel de significación de 0.01
2. el valor del $ALS_{(T)}$
3. $CME = 0.2$
4. $AES_T = 10$

$$5. ALS_T = AES_T \times \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

$$ALS_T = 0.32$$

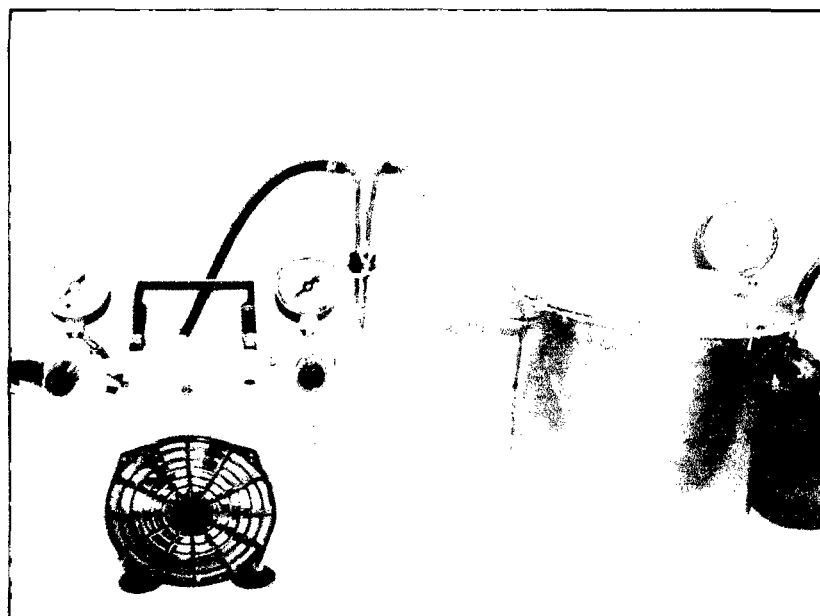
Tabla 13. Comparación de los promedios de significación.

| Diferencia | ALS(T) | decisión | Sig |
|------------|--------|----------|-----|
| 1.3525 | 0.32 | rechaza | * |
| 3.4415 | 0.32 | rechaza | * |
| 2.089 | 0.32 | rechaza | * |

Fuente. Elaboración propia

ANEXO E

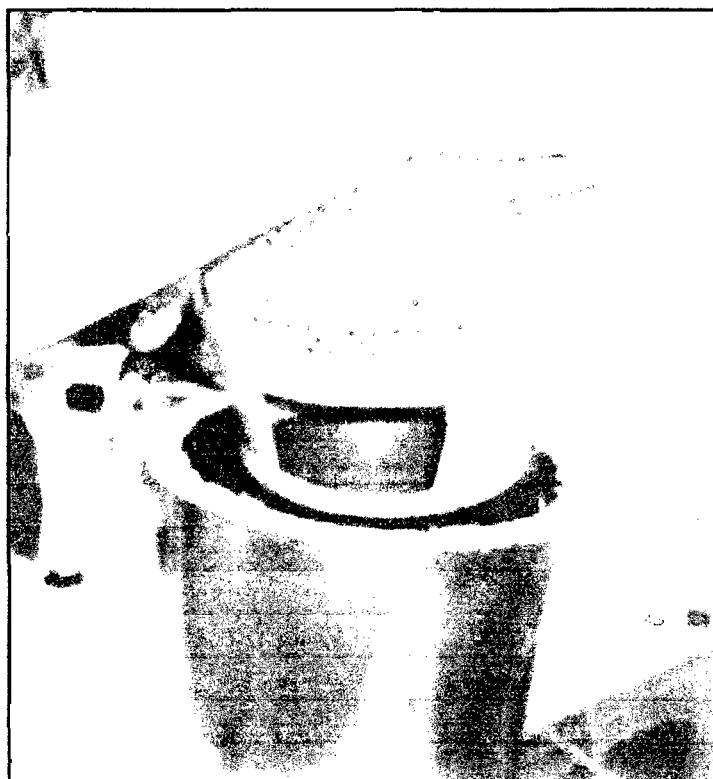
Imágenes del desarrollo de la investigación



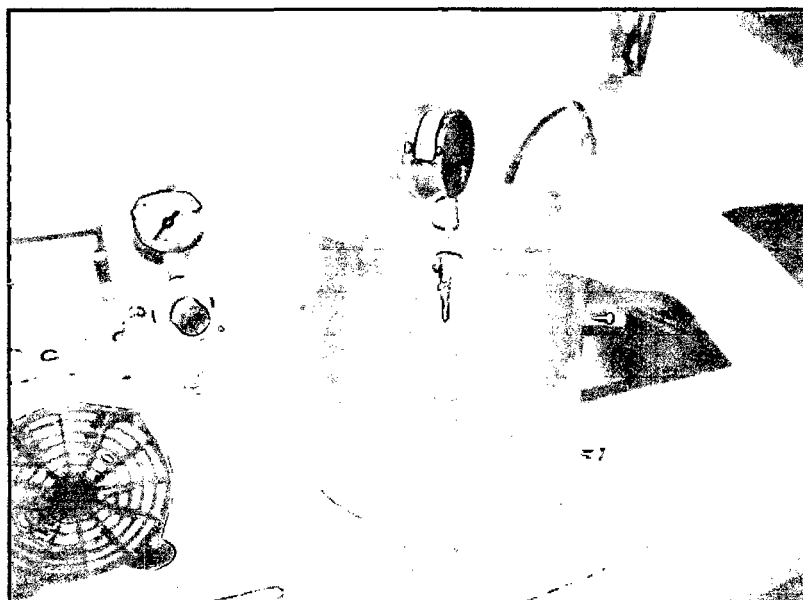
Fotografía 1. Equipo de impregnación al vacío.



Fotografía 2. Acondicionamiento de las muestras



Fotografía 3. Colocando la canastilla con las muestras en la cámara de vacío



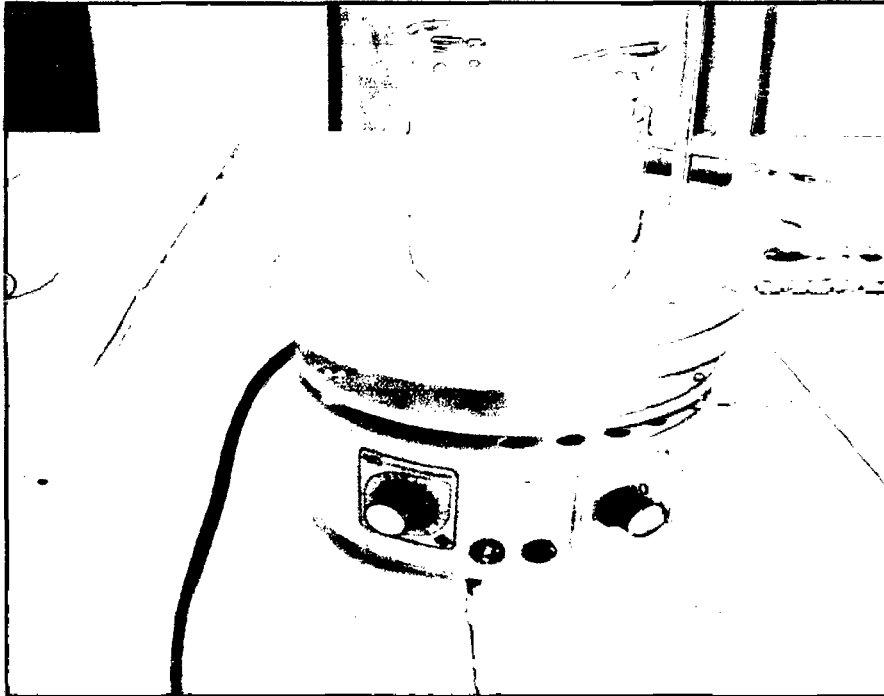
Fotografía 4. Sellando la cámara



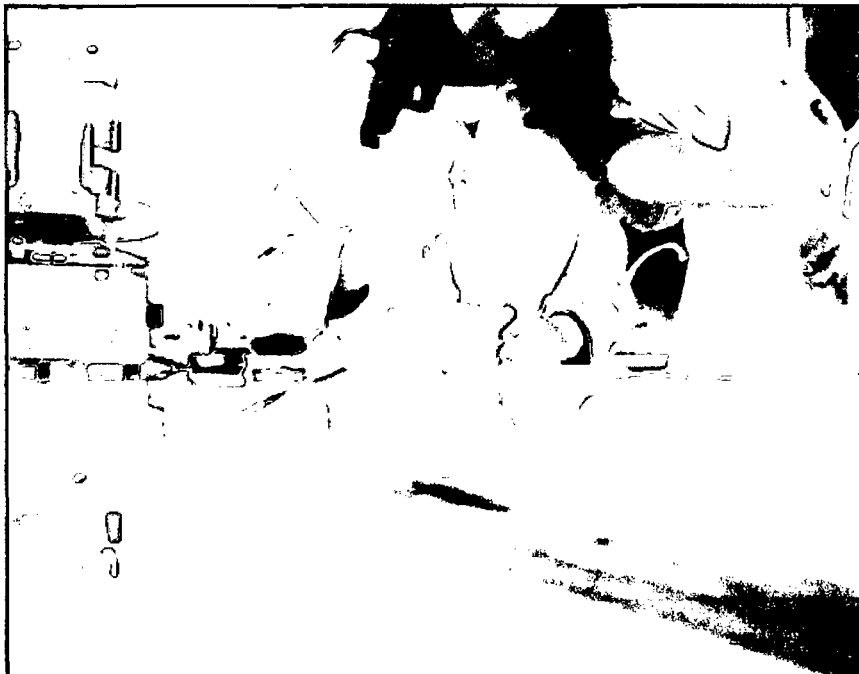
Fotografía 5. Muestras impregnadas con la solución.



Fotografía 6. Sellado de la bolsa con las muestras.



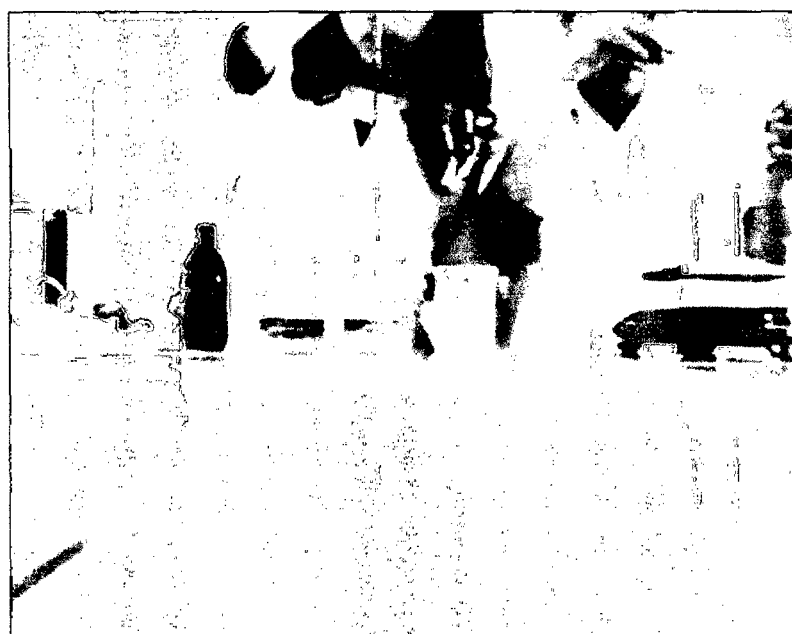
Fotografía 7. Homogenizado de solución de bicarbonato de sodio



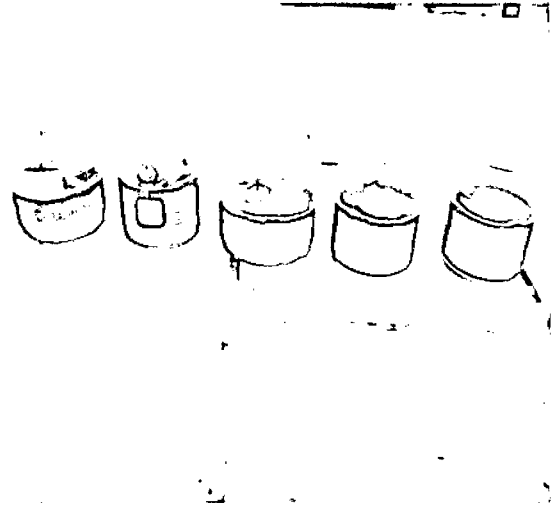
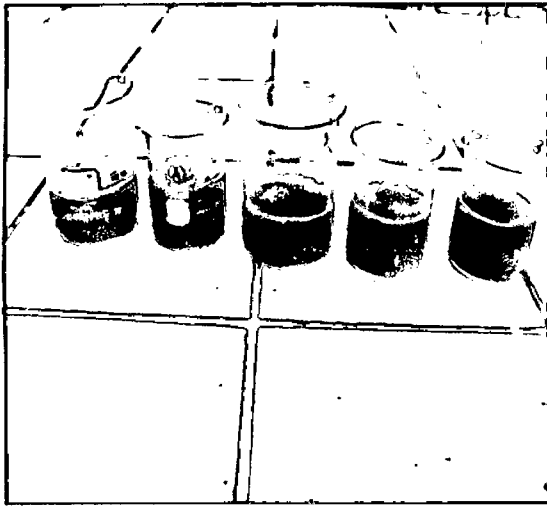
Fotografía 8. Triturando las muestras de papa.



Fotografía 8. Muestra papa triturada colocando en solución de bicarbonato



Fotografía 9. Adición de verde malaquita a la solución de bicarbonato con la muestra triturada.



Fotografía 10. Reacción de verde malaquita en papa pre cocida (Izquierda); Reacción de verde malaquita en papa cruda (Derecha).



Fotografía 11. Determinación de la absorbancia de las muestras en espectrofotómetro.