

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias

Fecha de presentación	Marzo 2012
Estación Experimental	Santa Catalina
Programa/Departamento	Nutrición y Calidad
Proyecto	Código: 2100527035 Valorización de cultivos y materias primas para respaldar las certificaciones de origen; desarrollar y aplicar procesos tecnológicos y agroindustriales a través de sistemas integrados de calidad, sanidad e inocuidad, a lo largo de la cadena agroproductiva"
Actividad	Número: 1
Título:	Estudio del efecto de la fritura al vacío sobre los atributos de calidad de chips de papa nativa
Ubicación	Provincia: Pichincha Cantón: Mejía Parroquia: Cutuglagua Lugar: Estación Experimental Santa Catalina
Autor	Egda. Paulina Untuña
Co-Autores	Ing. Elena Villacrés (DCN, INIAP) Ing. Juan Bravo (UTE) Ing. Cecilia Monteros (PNRT, papa)
Colaboradores	Programa Nacional de Raíces y Tubérculos, rubro papa.
Fecha Inicio	Marzo 2012
Fecha terminación	Diciembre 2012
Presupuesto	\$ 6365,21
Fuente de financiamiento	Proyecto fortalecimiento 2100527035 (38,58 %) Tesisista (61.41 %)

1. ANTECEDENTES

El cultivo de papa en Ecuador es tradicional de la región andina, con un alto consumo doméstico, constituyéndose como alimento básico en la dieta de los ecuatorianos. En el año 2006 se registró un consumo promedio per cápita de 31.8 kilos. El 90 % de la papa a nivel nacional se consume en estado fresco y solo el 10 % se destina a la industria. Los usos industriales son variados: como papas fritas en forma de "chips", a la francesa, congeladas, prefritas y enlatadas (OFIAGRO, citado por Devaux *et ál.*, 2010).

Las papas nativas corresponden a cultivos locales que han sido seleccionados empíricamente por los agricultores a través de los años, y por un proceso de selección natural (clima, plagas y enfermedades). Se caracterizan por poseer formas exóticas y colores llamativos, que las tipifican como productos únicos en el mundo (Monteros *et ál.*, 2006).

El Programa Nacional de Raíces y Tubérculos, rubro papa, en el año 2005 inició un esquema de evaluación y selección de genotipos con coloración de pulpa rojo – morado. Se empezó con 15 clones provenientes de autofecundaciones y cruzamientos entre papas nativas de la Colección ecuatoriana de la papa y 5 variedades nativas colectadas en Cotopaxi y Bolívar, que presentaron pulpa de colores. Con la participación de agricultores y empresas privadas se continuaron las evaluaciones por características de rendimiento y aptitud para fritura, desde el 2007 al 2010 en 10 localidades de las Provincias de Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo, sobresalieron las variedades Puca Shungo, Yana Shungo y Tushpa, por presentar colores vistosos, buen comportamiento agronómico y aptitud para procesamiento (Monteros & Reinoso, 2010; Monteros *et ál.*, 2006).

La variedad INIAP-Yana Shungo proviene de una autofecundación de la variedad nativa Chaucha (HSO 213 x HSO 213), colectada en la provincia de Azuay, localidad San Fernando (Monteros *et ál.*, 2011). Este cultivar presenta las siguientes características: textura arenosa, materia seca 25 %, proteína 11 %, potasio 1925 mg/100 g, almidón 79 %, hierro 8,6 mg/100 g, zinc 1,9 mg/100 g, tiempo de cocción 25 min. La variedad INIAP-Puca Shungo proviene de una autofecundación de la variedad nativa Chaucha camote (BOM 532 x BOM 532), colectada en la provincia de Imbabura, localidad Anaspamba alto (Monteros *et ál.*, 2011). A este cultivar le caracteriza una textura arenosa, materia seca 25,5 %, proteína 7,2 %, potasio 1905 mg/100 g, almidón 79 %, hierro 6,1 mg/100 g, zinc 1,3 mg/100 g, tiempo de cocción 25 min. Las dos variedades son aptas para la cocción, fritura y elaboración de puré (Monteros & Reinoso, 2010; Monteros *et ál.*, 2006).

Sin embargo los atractivos colores de estos materiales, cuando se procesan experimentan cierto grado de degradación y se decoloran por hidrólisis de la unión 3-glicosídica de las antocianinas (Grosch & Belitz, 1992). El pardeamiento que se produce en las superficies cortadas de las papas y de muchos tejidos de las plantas, aparece cuando la polifenoloxidasas cataliza la conversión oxidante de las sustancias fenólicas, originando productos de color oscuro o pardeos conocidos como melanoïdinas, afectando a la vez a ciertos antioxidantes tales como polifenoles y antocianinas. Estas reacciones enzimáticas de pardeamiento se consideran indeseables durante el procesamiento de las papas, frutas u hortalizas. Por eso es necesario aplicar

diferentes pre-tratamientos entre los que se incluyen: exclusión del oxígeno, inmersión del producto en agua, escaldado, inhibición de la reacción mediante NaCl, uso de antioxidantes, ácidos o tratamiento con azufre o sulfitos (Fenema, 1982).

La gran expansión en la utilización de la fritura se debe principalmente a que los alimentos, tras este proceso, adquieren características únicas de aroma y textura que no es posible conseguir con otras técnicas de proceso (Saguy & Dana, 2003). Un efecto adicional es la preservación de los alimentos, como resultado de la destrucción de los microorganismos y enzimas por efecto del calor y la reducción de la actividad de agua, sea en la superficie o dentro del alimento, cuando éste se procesa en finas rodajas (Fellows, 1998).

Sin embargo, la fritura con aceite a alta temperatura determina una considerable absorción de éste y una pérdida de vitaminas y minerales lo que ocasiona que el producto sea más difícil de digerir y sea menos nutritivo. Además en los últimos años la tendencia de los consumidores hacia alimentos con bajo contenido o bien libres de grasa ha forzado a la industria de los aperitivos (*snacks*) a producir alimentos con estas cualidades, pero que a la vez mantengan su sabor y textura característicos (Garayo & Moreira, 2002).

La fritura al vacío se destaca entre los procesos para conseguir una mejora de la calidad. En esta operación el alimento se procesa a presión sub-atmosférica en un sistema cerrado, lo que permite disminuir la temperatura de ebullición del agua y por tanto la temperatura del aceite. De esta forma el agua contenida en el alimento se elimina rápidamente cuando el aceite alcanza la temperatura de ebullición del agua (Shyu *et al.*, 2005). Otra ventaja de la fritura al vacío es que conserva mejor el color, los componentes nutricionales, funcionales y el sabor natural de los alimentos por la baja temperatura y el bajo contenido de oxígeno, lo cual beneficia también a la conservación del aceite, al prolongarse su vida útil (Liu-Ping *et al.*, 2005; Bravo *et al.*, 2007).

En un estudio realizado con chips de tomate de árbol se determinó que la fritura al vacío eleva el costo del producto final en alrededor de un 33% con respecto al producto elaborado con fritura convencional (Montero & Sañacela, 2008).

La fritura al vacío es una tecnología que no está ampliamente extendida en el mercado y actualmente se dirige a obtener productos tipo *snacks* de alimentos cuya calidad puede verse afectada por las altas temperaturas, como son frutas y vegetales exóticos (Garayo & Moreira, 2002).

2.- JUSTIFICACIÓN

La fritura es una de las técnicas más antiguas en la preparación de alimentos, en los últimos años se observa un aumento de la demanda por los alimentos fritos.

La aplicación de fritura convencional a elevadas temperaturas (160-180°C), no solo afecta a los pigmentos sino también a ciertas vitaminas y minerales, produciendo además un incremento en el contenido de grasa del producto final.

Nutricionalmente el consumo de grasas es considerado un elemento clave en el sobrepeso, enfermedades coronarias y tal vez, ciertos tipos de cáncer, siendo recomendable su reducción.

Por otra parte, algunos compuestos producidos durante el uso prolongado de aceites de fritura podrían tener efectos mutagénicos. Siendo necesario investigar otra alternativa de fritura, que favorezca la conservación de compuestos nutricionales y funcionales (antioxidantes, vitaminas y minerales), preserve el color, el sabor de los alimentos y que reduzca el contenido de grasa del producto final, contribuyendo así a una alimentación saludable.

A través de este estudio, se pretende implementar una nueva tecnología que incentive a las empresas a demostrar su compromiso con la sociedad, colaborando a través de acciones en favor de hábitos de vida saludable que permitan combatir los efectos de las enfermedades crónicas no transmisibles, identificados por la Organización Mundial de la Salud como una pandemia.

3.- OBJETIVOS

3.1. General

Determinar el efecto del pre-tratamiento y la fritura al vacío sobre los atributos de calidad de los chips de papa nativa

3.2. Específicos

- 1.- Determinar las características físicas y la composición química de la materia prima.
- 2.- Determinar el efecto del pre- tratamiento sobre la actividad de la polifenol-oxidasa.
- 3.- Establecer las condiciones de fritura al vacío para la obtención de chips
- 4.- Realizar la caracterización físico-química de los chips obtenidos y comparar con los procesados por fritura convencional
- 5.- Estimar la vida útil de los chips obtenidos mediante fritura al vacío

Hipótesis nula: El pre-tratamiento y el sistema de fritura no influyen sobre los atributos de calidad de los chips de papa

4.- MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.- Materiales e insumos

Variedades de papa nativa: Puca Shungo y Yana Shungo.

4.2.- Reactivos

Acido clorhídrico, carbonato de sodio, etanol, DNS, glucosa anhidra, alcohol n-amílico, ácido gálico, reactivo folin ciocalteus, metanol, polivinilpirrolidona, catecol, ácido clorhídrico, etanol, hexano, ácido metafosfórico, ácido L-ascórbico, aceite especial para fritura, metabisulfito de sodio, ácido cítrico.

4.3.- Equipos de Laboratorio

Baño María con agitación, espectrofotómetro de absorción atómica, estufa *Memmert*, Freidora al vacío, freidora convencional CCilware NSF, mezclador vórtex, microcentrífuga, molino de café *Cuicinart* Modelo DCG-20N Series, pHmetro, polarímetro, reflectómetro RQflex plus 10, Liofilizador *Labconco*, autoclave, paquímetro digital *Mituyo* Modelo CD8" C-B, Colorímetro. Spectro- Color ®.

Especificaciones freidoras:

Convencional

- Fabricado en acero inoxidable.
- Alimentación eléctrica: 230 v / 50-60 hz / 1~
- Capacidad: 6 Kg/h

Al vacío:

- De construcción nacional
- Fabricado en acero inoxidable.
- Alimentación eléctrica: 220 v / 240 v
- Capacidad 3 Kg/h

5.- METODOLOGÍA

Ubicación del Experimento

- Laboratorio de Nutrición y Calidad, INIAP, Estación Santa Catalina
- Planta Piloto de la Universidad Tecnológica Equinoccial.

5.1.- Determinación de las características físicas y la composición química de dos variedades de papa nativa

Factor en estudio: variedades de papa nativa

Unidad experimental

Estará constituida por 1 kg de tubérculo fresco

Cuadro 1. Tratamientos para la determinación de las características físicas y la composición química de dos variedades de papa nativa

Tratamientos	Descripción
T1	Variedad Yana Shungo
T2	Variedad Puca Shungo

Análisis Estadístico

Se calculará el estadístico "t student", a un nivel de probabilidad del 5%.

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2 + S_2^2}{n}}}$$

Donde:

\bar{X}_1 = media de una variable correspondiente a la variedad Yana Shungo

\bar{X}_2 = media de una variable correspondiente a la variedad Puca Shungo

S_1^2 = desviación estándar de una variable correspondiente a la variedad Yana Shungo

S_2^2 = desviación estándar de una variable correspondiente a la variedad Puca Shungo

Para: $n = 4$

Con: $n - 1$ Grados de libertad

Variables y métodos de evaluación

Características físicas de los tubérculos

- **Tamaño:** Se determinará mediante un Paquímetro Digital *Mituyo* Modelo CD8" C-B
- **Forma:** Se determinará mediante un Paquímetro Digital *Mituyo* Modelo CD8" C-B
- **Materia seca:** Método gravimétrico
- **Coordenadas de color de la piel y la pulpa:** Colorímetro. Spectro- Color ®

Principio:

El color superficial de las muestras es medido usando un colorímetro *Spectro color*, el medidor de diferencia de color registra los valores: L (0=negro, 100= blanco), aL (+ valores= rojo, - valores= verde), y bL (+ valores= amarillo, - valores= azul). La diferencia de color total (ΔE) es calculada previamente desde los parámetros Hunter.

Composición química

- **Azúcares reductores:** Método ácido dinitrosalísílico (James, 1999). Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad.

Principio

La muestra es tratada en fresco con alcohol etílico al 80%, se utiliza ácido dinitrosalísílico que va a reaccionar con los azúcares reductores, formando un compuesto de color intenso que es leído en el espectrofotómetro a 510 nm. El porcentaje de azúcares reductores se calcula en referencia

a una curva de calibración obtenida por la lectura de la densidad óptica de una serie de soluciones de glucosa preparadas en alcohol etílico.

- **Almidón:** Método Polarimétrico, citado por Harold *et al.*, (1988). Adaptado en el Departamento de Nutrición y Calidad.

Principio

La muestra deshidratada y finamente molida se trata con ácido clorhídrico diluido caliente. Después de clarificar y filtrar, se determina la rotación óptica por polarimetría.

- **Contenido de grasa:** Método N° 920.39C de la A.O.A.C. (1996). Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad.

Principio

El solvente utilizado se condensa continuamente extrayendo materiales solubles al pasar a través de la muestra. El extracto se recoge en un vaso que al completar el proceso se destila quedando en el vaso el extracto graso de la muestra, que se cuantifica por gravimetría.

- **Antocianinas:** Método de Giusti y Wrolstad (2001)

Principio

Se toma 0,5 gramos de la muestra se trata con metanol acidificado. Después de la centrifugación el residuo es nuevamente extraído con metanol acidificado. Se combina los sobrenadantes y se lee la absorbancia a 530 nm.

- **Polifenoles totales:** Método citado por Christelle *et al.*, (2007)

Principio

Los extractos metanólicos se mezclan con el reactivo Folin Ciocalteau's y carbonato de sodio saturado. Luego de 30 minutos de reacción, la absorbancia será leída a 765 nm.

- **Humedad:** Método 930.15., A.O.A.C. (1996).

Principio

Se basa en la determinación de la cantidad de agua existente en la muestra. La muestra será deshidratada en una estufa a 105°C por 12 horas. Al término del proceso la muestra se enfría en un desecador y se pesa. La diferencia de peso entre la muestra húmeda y la muestra seca, permite determinar el contenido de humedad.

- **Vitamina C:** Se determinará por reflectometría, según el método descrito por Klein y Perry (1982)

Principio

Se prepara una suspensión de la muestra en ácido metafosfórico y posteriormente se añade 2,6-dicloroindofenol y se lee la absorbancia a 515 nm. El resultado se expresa como mg de ácido ascórbico por 100 g de muestra.

5.2. Determinación del efecto del pre-tratamiento sobre la actividad de la polifenoloxidasas

Factores en estudio

Factor A: Variedad de papa

Cuadro 2. Variedades de papa

Código	Variedad
a ₀	Yana Shungo
a ₁	Puca Shungo

Mediante pruebas preliminares se determinó los parámetros tecnológicos que se aplicarán para el pre-tratamiento de los tubérculos.

Cuadro 3. Parámetros tecnológicos para el pre-tratamiento de los tubérculos

Proceso	Tiempo	Temperatura
Escaldado (con vapor)	3 min.	120°C
Escaldado (inmersión en agua)	1.5 min.	91°C
Escaldado químico (metabisulfito de sodio 200 ppm + 0.25% ácido cítrico + 0.8% ácido ascórbico)	60 min.	17°C
Escaldado químico (0.8% ácido ascórbico)	60 min	17°C
Congelación	2 h	-28°C

Factor B: Tipo de pre-tratamiento

Cuadro 4. Pre-tratamientos a aplicarse a la papa

Código	Pre-tratamiento
b ₀	Escaldado con vapor
b ₁	Escaldado en agua
b ₂	Escaldado químico (metabisulfito de sodio 200 ppm + 0.25% ácido cítrico + 0.8% ácido ascórbico)
b ₃	Escaldado químico (0.8% ácido ascórbico)
b ₄	Congelación

Cuadro 5. De la combinación de los factores en estudio se obtiene los tratamientos para la determinación de varios procesos sobre la actividad de Polifenoloxidasa

Tratamientos	Descripción
a ₀ b ₀	Variedad Yana Shungo, sometida a escaldado con vapor
a ₀ b ₁	Variedad Yana Shungo, sometida a escaldado en agua
a ₀ b ₂	Variedad Yana Shungo, sometida a escaldado químico (metabisulfito de sodio 200 ppm + 0.25% ácido cítrico + 0.8% ácido ascórbico)
a ₀ b ₃	Variedad Yana Shungo, sometida a escaldado químico (0.8% ácido ascórbico)
a ₀ b ₄	Variedad Yana Shungo, sometida a congelación
a ₁ b ₀	Variedad Puca Shungo, sometida a escaldado con vapor
a ₁ b ₁	Variedad Puca Shungo, sometida a escaldado en agua
a ₁ b ₂	Variedad Puca Shungo, sometida a escaldado químico (metabisulfito de sodio 200 ppm + 0.25% ácido cítrico + 0.8% ácido ascórbico)
a ₁ b ₃	Variedad Puca Shungo, sometida a escaldado químico (0.8% ácido ascórbico)
a ₁ b ₄	Variedad Puca Shungo, sometida a congelación

Unidad experimental

Estará constituida por 1 kg de cada variedad

Tipo de diseño

Se aplicará un diseño completamente al azar en arreglo factorial 2 x 5 con 3 repeticiones.

Análisis estadístico

Cuadro 6. Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	29
Factor A (Variedades de papa)	1
Factor B (pre-tratamientos)	4
A x B (variedades de papa x pre-tratamientos)	4
Error	20

Análisis funcional

Papa el factor A (variedades de papa) se utilizará la Diferencia Mínima Significativa (DMS), para los factores (A, B) e interacción que resulte significativo (variedades X pre-tratamientos) se aplicará la prueba de Tukey al 5 %. Se determinará también el coeficiente de variación.

Variables y métodos de evaluación

- **Actividad de la Polifenoloxidasa** (método de Montgomery y Sgarbieri, 2000, citado por Salcedo, 2003).

Principio:

Tomar 4 g de tubérculo, homogenizar con 0,4 g de polivinilpirrolidona y 20 ml de buffer fosfato (pH 6.5), filtrar y centrifugar a 12 000 rpm durante 20 minutos a 0°C. Mezclar 1 ml de extracto de enzima con 4 ml de catecol como sustrato y leer la absorbancia a 420 nm durante 10 minutos, cada 30 segundos.

- **Polifenoles totales:** Método citado por Christelle *et ál*, (2007)
- **Antocianinas:** Método de Giusti y Wrolstad (2001)
- **Coordenadas colorimétricas:** Mediante mediciones en el colorímetro *Spectro color*.

Principio:

El color superficial de las muestras es medido usando un colorímetro *Spectro color*, el medidor de diferencia de color registra los valores: L (0=negro, 100= blanco), aL (+ valores= rojo, - valores= verde), y bL (+ valores= amarillo, - valores= azul). La diferencia de color total (ΔE) es calculada previamente desde los parámetros Hunter.

5.3. Determinación de las condiciones de fritura al vacío para la obtención de chips

Factores en estudio

Factor A: Variedad de papa

Cuadro 7. Variedad de papa

Código	Variedad
a ₀	Yana Shungo
a ₁	Puca Shungo

Factor B: Presión de vacío

Cuadro 8. Presión de vacío en el proceso de fritura

Código	Presión de vacío *
b ₀	8 kPa
b ₁	12 kPa

* (Montero, 2008)

Factor C: Temperatura de fritura

Cuadro 9. Temperatura de fritura

Código	Temperatura de proceso (por determinarse) *
c0	X
c1	Y
c2	Z

* Dependerán de las presiones de trabajo.

Tratamientos

Los tratamientos resultaron de la combinación de los factores en estudio.

Cuadro 10. Determinación de las condiciones óptimas de fritura al vacío, en la obtención de chips.

Tratamientos	Descripción
a ₀ b ₀ c ₀	Variedad Yana Shungo, 8 kPa, X
a ₀ b ₀ c ₁	Variedad Yana Shungo, 8 kPa, Y
a ₀ b ₀ c ₂	Variedad Yana Shungo, 8 kPa, Z
a ₀ b ₁ c ₀	Variedad Yana Shungo, 12 kPa, X
a ₀ b ₁ c ₁	Variedad Yana Shungo, 12 kPa, Y
a ₀ b ₁ c ₂	Variedad Yana Shungo, 12 kPa, Z
a ₁ b ₀ c ₀	Variedad Puca Shungo, 8 kPa, X
a ₁ b ₀ c ₁	Variedad Puca Shungo, 8 kPa, Y
a ₁ b ₀ c ₂	Variedad Puca Shungo, 8 kPa, Z
a ₁ b ₁ c ₀	Variedad Puca Shungo, 12 kPa, X
a ₁ b ₁ c ₁	Variedad Puca Shungo, 12 kPa, Y
a ₁ b ₁ c ₂	Variedad Puca Shungo, 12 kPa, Z

Unidad experimental

Estará constituida por 2 kg de cada variedad.

Tipo de diseño

Se aplicará un diseño completamente al azar en arreglo factorial 2 x 2 x 3 con 3 repeticiones.

Análisis estadístico

Cuadro 11. Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	35
Factor A (Variedades)	1
Factor B (presiones)	1
Factor C (Temperaturas)	2
A x B (variedades x presiones)	1

A x C (variedades x temperaturas)	2
B x C (presiones x temperaturas)	2
A x B x C (variedades x presiones x temperaturas)	2
Error	24

Análisis funcional

Papa el factor A (variedades de papa) se utilizará la Diferencia Mínima Significativa (DMS), para los factores e interacciones que resulten significativos se aplicará la prueba de Tukey al 5 %. Se determinará también el coeficiente de variación.

Variables y métodos de evaluación

- **Crocancia:** Se evaluará sensorialmente, aplicando el método sugerido por Watts *et al.*, (1992).
- **Contenido de grasa:** Método N° 920.39C de la A.O.A.C. (1996). Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad.
- **Humedad:** Método 930.15., A.O.A.C. (1996). Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad.
- **Luminosidad, croma:** Mediante mediciones en el colorímetro *Spectro color*.

5.4. Caracterización físico-química de los chips obtenidos y comparación con los procesados por fritura convencional

Factores en estudio

Factor A: Variedad de papa

Cuadro 12. Variedad de papa

Código	Variedad
a ₀	Yana Shungo
a ₁	Puca Shungo

Factor B: Sistema de fritura

Cuadro 13. Sistema de fritura, para la obtención de chips

Código	Sistema de fritura
b ₀	Fritura al vacío
b ₁	Fritura convencional

Unidad experimental

Estará constituida por 1 kg de chips de cada variedad.

Cuadro 14. Tratamientos para la caracterización físico-química de los chips procesados por dos sistemas de fritura

Tratamientos	Descripción
a ₀ b ₀	Chips de Yana Shungo, obtenidos por fritura al vacío
a ₀ b ₁	Chips de Yana Shungo, obtenidos por fritura convencional
a ₁ b ₀	Chips de Puca Shungo, obtenidos por fritura al vacío
a ₁ b ₁	Chips de Puca Shungo, obtenidos por fritura convencional

Tipo de diseño

Se aplicará un diseño completamente al azar en arreglo factorial 2 x 2 con 3 repeticiones.

Análisis estadístico

Cuadro 15. Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	11
Factor A (Variedades)	1
Factor B (Sistema de fritura)	1
A x B (Variedades x Sistema de fritura)	1
Error	8

Análisis funcional

Para el factor A (variedades de papa) se utilizará la Diferencia Mínima Significativa (DMS), para los factores (A, B) e interacción que resulte significativo (Variedades X Sistema de fritura) se aplicará la prueba de Tukey al 5 %. Se determinará también el coeficiente de variación.

Variables y métodos de evaluación

Características físicas

- **Crocancia:** Se evaluará sensorialmente, aplicando el método sugerido por Watts et al., (1992).
- **Color:** Mediante mediciones en el colorímetro *Spectro color*
- **Actividad de agua:** Mediante mediciones en el equipo *Testo 650*

Composición química

- **Contenido de grasa:** Método N° 920.39C de la A.O.A.C. (1996). Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad.

- **Antocianinas:** Método de Giusti y Wrolstad (2001)
- **Polifenoles totales:** Método citado por Christelle *et ál.*, (2007)
- **Vitamina C:** Se determinará por reflectometría, según el método descrito por Klein y Perry (1982)
- **Minerales totales:** Método de la A.O.A.C. (1980)

Principio:

La muestra será incinerada y luego sometida a digestión ácida, se afora a un volumen determinado y se determina los diferentes minerales por espectrofotometría de absorción atómica.

5.5. Estimación de la vida útil de los chips obtenidos mediante fritura al vacío

Se realizará mediante ensayos acelerados, a 20, 35 y 45°C, aplicando la ecuación de Arrhenius, cuyo parámetro clave es la energía de activación (E_A).

$$K = K_{ref} \exp [-E_A/R (1/T - 1/T_{ref})]$$

Donde:

K= constante de velocidad de reacción a la temperatura experimental T

K_{ref}=constante de velocidad de reacción a la temperatura de referencia

E_A= Energía de activación en cal/mol

R= constante general de los gases en cal/ (mol °k) igual a 1,98

T= temperatura en °K

T_{ref} = temperatura de referencia en °k

La temperatura de referencia se elige en función del intervalo de temperatura en el que se está trabajando. Se aplicará el método de regresión lineal que implica representar el logaritmo de la constante de velocidad (K) con respecto a la inversa de la temperatura, para detener la energía de activación (Casp & Abril, 2003).

Manejo específico del experimento

Para la determinación de las características físicas y la composición química, los tubérculos cosechados serán lavados con agua potable y secados con un paño para eliminar el agua superficial. Con la ayuda de un paquímetro se determinarán las dimensiones de largo y ancho para establecer la forma y tamaño de los tubérculos. Aparte se medirán los componentes del color de la piel y la pulpa con un colorímetro. Posteriormente los tubérculos enteros se dividirán en dos porciones, en la una, los tubérculos serán rodajados y sometidos a secado para determinación de la materia seca, almidón y grasa. Mientras que la segunda porción será liofilizada para los análisis de antocianinas y polifenoles.

Para la determinación del pre-tratamiento sobre la actividad de la polifenoloxidasas los tubérculos serán clasificados, lavados, pelados y rodajados a un espesor de 3 mm. Para el escaldado en agua y químico, se empleará agua potable, manteniendo una relación 10:1. Se seleccionará el tratamiento que disminuya la actividad de la polifenoloxidasas, preserve el contenido de polifenoles totales, antocianinas, luminosidad y croma.

El tratamiento seleccionado en 5.2., será sometido a ensayos de fritura a diferentes presiones de vacío y temperatura de proceso. Se seleccionará como óptimo el tratamiento que permita obtener una mayor crocancia, luminosidad, croma, menor contenido de grasa y humedad.

Los tubérculos en rodajas serán sometidos a fritura bajo las condiciones seleccionadas en 5.3. Una vez que alcancen la crocancia adecuada para el consumo, serán retirados del aceite y sometidos a centrifugación para eliminar la grasa superficial. En el sistema de fritura convencional las rodajas serán sometidas a fritura a 170°C por 4 minutos. La muestra se dividirá en dos partes, en la primera, se determinará la humedad alcanzada y la grasa retenida, mientras que la mitad restante será preparada de acuerdo a los requerimientos específicos de cada ensayo.

Para estimar la vida útil, los chips obtenidos serán empacados en fundas aluminizadas, con una atmósfera modificada CO₂-N₂. Luego se almacenarán a 20, 35 y 45°C. Se tomarán muestras cada 5 días, durante 45 días; de cada una de las muestras se tomará tres lecturas en las cuales se evaluará el índice de peróxido y la actividad de agua.

Variables y métodos de evaluación

Índice de peróxido: Madrid *et ál.*, (1997)

Principio

Se determinan los miliequivalentes de oxígeno activo contenidos en un kilogramo de muestra ensayada, calculados a partir del yodo liberado, a partir de la reacción con yoduro de potasio

Actividad de agua: Alvarado & Aguilera, (2001)

Principio

La muestra se coloca en un contenedor metálico, se espera hasta que el equipo se estabilice en la lectura y se registra el valor que aparece en la pantalla del equipo Testo 650.

6.- CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	2012												2013			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
1.Revisión literatura			X	X												
2.Ensayos de factibilidad técnica			X	X												
3.Elaboración del perfil de investigación			X	X												
4. Determinación de características físico-químicas de los tubérculos					X	X	X									
5. Determinación del efecto del pre tratamiento sobre la actividad de la polifenoloxidasasa.							X	X	X							
6. Ensayos exploratorios para determinación de condiciones de fritura al vacio										X						
6. Ensayos de fritura de chips bajo condiciones de vacio											X	X				
7. Caracterización físico-química del producto final.													X			
8. Determinación Vida Útil														X	X	
9. Tabulación y análisis de resultados										X	X	X	X	X	X	
10. Escritura y publicación de resultados.										X	X	X	X	X	X	

7.- PRESUPUESTO

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
A. Personal	1	12 meses	\$ 323,80	3885,6
B.1 Recursos variables				
B.1 Materia prima				
Papa Yana shungo	kg	25	1.00	25
Papa Puca shungo	kg	25	1.00	25
B.2 Ingredientes				
Acido cítrico	Kg	1	8	8
metabisulfito Na	kg	1	16	16
Aceite para fritura	L	20	1,7	34
B.3 Análisis				
Tamaño	unidad	6	5	30
Forma	unidad	6	5	30
Materia seca	unidad	6	5	30
Color	unidad	42	5	210
azucars reductores	unidad	6	6,69	40,14
almidón	unidad	6	10	60
grasa	unidad	18	6,69	120,42
antocianinas	unidad	22	10	220
polifenoles	unidad	22	10	220
crocancia	unidad	12	15	150
B.4 Reactivos				
metanol	L	10	29,2	292
acido clorhidrico	L	1	48,95	48,95
carbonato de sodio	g	500	0,09	45
Polivinilpirrolidona	g	25	2,28	57
papel filtro	Unidad	0,6	200	120
B.5 Material de oficina				
Cartucho	Unidad	2	45	70
papel	hojas	1500	0,03	45
C. Alquiler equipo al vacio	horas	32	6,25	200
D. Publicación				
Tesis	ejemplar	8	10	80
SUBTOTAL				6062,11
Imprevistos 5 %				303.10
TOTAL				6365.21
Fuente de financiamiento		Organización	Porcentaje (%)	Aporte USD
		Proyecto fortalecimiento	38,58	2455,69
		Tesista	61,41	3908,87

8. - REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Alvarado, J., Aguilera, J. 2001. Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos. Editorial ACRIBIA, S. A. Zaragoza, España. p. 237

A.O.A.C. (Association of official Analytical Chemist), 1996. Métodos de la A.O.A.C. Peer Verified Methods. Manual on Polices and procedures, Arlington, Estados Unidos

A.O.A.C. (Association of official Analytical Chemist), 1980. Métodos de la A.O.A.C. Peer Verified Methods. Manual on Polices and procedures, Arlington, Estados Unidos

Bravo, J., Ruales, J., Clemente, G. San Juan, N. 2007. La fritura al vacío. En: Alimentos, Ciencia e Ingeniería. VI Congreso Iberoamericano de Ingeniería en Alimentos Vol. 16(2). Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. p 33-34

Casp A. y J Abril. 2003. Procesos de conservación de alimentos. Editorial Mundi-Prensa Libros S.A. p. 55.

Chistelle M. Andre, Marc G, Pierre B, Mouhssin O, Maria del Rosario H, Lucien H, Jean – Francois H, Van L, y Daniele E. 2007. Andean Potato Cultivars Mineral Micronutrients. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. pp 369 366-378

Devaux, A., Ordinola, M., Hibon A., Flores, R. (Eds). 2010. El sector papa en la región andina: Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú). Centro Internacional de la papa. Lima, Perú. p 198-204.

Fellows PJ. 1998. Frying. In: Fellows PJ, editor. Food processing Technology. Principles and practice. Second ed. New York: Woodhead. p 355-62.

Fenema, O. 1982. Introducción a la Ciencia de los Alimentos. Dekker, Inc., New York. p 864-865

Garayo J. y R. Moreira. 2002. Vacuum frying of potato chips. *J. Food Eng.* 55 (2): 181-91.

Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In R. E. Wrolstad, T. E. Acree, H. An, E. A. Decker, M. H. Penner, D. S. Reid, S. J. Schwartz, C. F. Shoemaker, & P. Sporns (Eds.), *Current Protocols in Food Analytic Chemistry*. New York: Wiley. p. F1.2.1-F1.2.13.

Grosch, W. & Belitz, H. Química de los alimentos. Segunda Edición, editorial ACRIBIA S.A. p.320.

Harold, E., Kirk, R., Sawyer, R. 1988. Análisis químico de alimentos de Pearson. Compañía Editorial continental, S.A. México 22, D.F. p.244-245.

James, C. 1999. Analytical Chemistry of Foods. Second Edition, ASPEN Publishers. New York. p. 10-11.

Klein, B. P., & Perry, A. K. 1982. Ascorbic acid and vitamin A activity in selected vegetables from different geographical areas of the United States. *Journal of Food Science*. p 47, 941-945, 948.

- Liu-Ping F, Min-Zhang, Mugumdar, AS. 2005. Vacuum frying of Carrot Chips. *Drying Technol.* 23: 645 -56.
- Madrid A., Cenzano I. y Madrid J. 2007. Manual de Aceites y Grasas Combustibles. Editorial Mundi-Prensa Libros S.A. p. 181-183
- Montero C.A. 2008. Optimización del proceso de elaboración de chips de tomate de árbol (*Solanum betacaum Cav.*) en la fritura a condiciones de vacío. Tesis. Ing. EPN. p. 100.
- Monteros C., Jiménez J. y Gavilánez M.I. 2006. La Magia de la Papa Nativa. Recetario Gastronómico. p 5.
- Monteros C., Reinoso I. 2010. Innovaciones Tecnológicas y Mercados Diferenciados para Productores de Papa Nativa. Reporte Técnico. INIAP. p. 44.
- Monteros C., Yumisaca F., Tello C., Pallo E., Reinoso I., Garófalo J., Carrera E., Andrade P. y Cuesta X. 2011. Boletín Técnico (INIAP Puca Shungo. Variedad para consumo en fresco y procesado).
- Monteros C., Yumisaca F., Tello C., Montesdeoca L., Reinoso I., Garófalo J., Carrera E., Andrade P. y Cuesta X. 2011. Boletín Técnico (INIAP Yana Shungo. Variedad para consumo en fresco y procesado).
- Saguy IS, Dana D. 2003. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *J. Food Eng.* 56:143-52.
- Salcedo, A. 2003. Estudio del efecto de la pre-cocción y adición de inhibidores para controlar el pardeamiento del banano durante la elaboración de harina pre-cocida. Tesis. Ing. Loja, Ecuador. UTPL. p.24.
- Shyu S-L, Hau, L-B, Hwang, L.S. 2005. Effects of processing conditions on the quality of vacuum-fried carrot chips. *Journal of the Science of the Food and Agriculture* 85:1903-8.
- Sañaicela D.L. 2008. Obtención de chips de tomate de árbol (*Solanum betacaum Cav.*) mediante métodos combinados de deshidratación osmótica y fritura convencional. Tesis. Ing. Quito Ecuador. EPN p. 107.
- Watts, B., Ylimaki, G., Jeffery, L. Elías, L. 1992. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo. Ottawa, Canadá. p. 66, 70,87.