

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias

Fecha de presentación	Agosto, 2011
Estación Experimental	Santa Catalina
Programa/Departamento	Nutrición y Calidad
Proyecto	Código: 2100527032 Titulo: “Alternativas Tecnológicas para Mejorar la Competitividad de los Granos Andinos: Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>), Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), Amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i> L.), Sangorache (<i>Amaranthus hybridus</i> L.)”
Actividad	Número: 2
Titulo:	Estudio del efecto de la deshidratación osmótica, el secado y recubrimiento en la obtención de chocho crocante
Ubicación	Provincia: Pichincha Cantón: Mejía Parroquia: Cutuglagua Lugar: Estación Experimental Santa Catalina
Autor	Egda. Gina Marcela López Espinoza
Co-Autores	Ing. Elena Villacrés (DCN, INIAP) Ing. Edwin Vera (EPN) Ing. Luis Egas (DCN, INIAP)
Colaboradores	Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos
Fecha Inicio	Septiembre, 2011
Fecha terminación	Septiembre, 2012
Presupuesto	\$ 8238,73
Fuente de financiamiento	Tesista 47% Proyecto 53%

1.- ANTECEDENTES

El chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), tiene su origen en los Andes (Gross, 1982), se estima que este constituía aproximadamente el 5% de la dieta diaria de las culturas prehispánicas. A pesar del valor cultural y alimenticio de este cultivo, hace pocos años se ha retomado el interés en su producción no solo para el mercado nacional sino también para el internacional (Caicedo *et ál.*, 2001).

En Ecuador, el cultivo de chocho se localiza en la Sierra centro, con un promedio de 3559 ha cosechadas por año. Estas se encuentran principalmente en las provincias de Cotopaxi, Chimborazo, Pichincha, Bolívar, Tungurahua, Carchi, e Imbabura. La provincia de Cotopaxi presenta la mayor superficie cosechada, con un promedio de 2121 ha por año, seguida de la provincia del Chimborazo, con un promedio de 1013 ha; estas dos provincias aportan en mayor cantidad a la producción nacional, la misma que en el año 2008 fue de 1934 TM (INEC, 2011).

El cultivo se realiza en forma tradicional, observándose plantas de chocho asociadas con maíz, papa, melloco, etc., en parcelas de pequeños agricultores o en monocultivo en fincas de agricultores con visión comercial y entre sus características agronómicas ventajosas podemos mencionar la rusticidad, capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo, adaptabilidad a medios ecológicos secos (entre 2800 y 3600 msnm), (XI Congreso Internacional de Cultivos Andinos, 2004).

Una de las variedades adoptadas en muchas comunidades desde el año 2002 es la INIAP 450 Andino. Esta constituye una variedad mejorada, cuyas características son la precocidad, adaptación a zonas secas, buen rendimiento y apropiada para procesos agroindustriales. El rendimiento promedio de la variedad INIAP Andino- 450 es de 1500 kg/ha. (Peralta *et ál.*, 2009)

El producto principal de esta leguminosa es el grano, el cual puede ser consumido después de la eliminación de alcaloides (Caicedo *et ál.*, 2000). El grano desamargado puede ser envasado en fundas de polietileno, envases de vidrio u hojalata, solo o combinado con otros ingredientes, incrementándose así su potencial agroindustrial (Peralta *et ál.*, 2007).

El grano desamargado presenta alto valor nutritivo, con un alto contenido de proteína (54%)¹, grasas no saturadas como ácidos oleico, linoleico y lenolénico (20%)¹, fibra (10%)¹ y minerales; razón por la cual el sector público y privado se ha interesado en producir y procesar chocho (Caicedo *et ál.*, 2001). Una opción innovadora y atractiva para el consumo de este grano es la producción de *snacks* crocantes, los cuales son productos de consumo masivo y permiten llegar a diferentes sectores de la población.

Un *snack* se define como un aperitivo ligero que se consume regularmente entre las comidas principales. Los *snacks* incluyen un amplio rango de productos que pueden tomar muchas formas (Sajilata *et ál.*, 2004). Para obtener un *snack* se pueden modificar las propiedades de los alimentos. Un atributo susceptible de ser modificado es la textura, la cual puede ser definida como una manifestación de las propiedades reológicas de un alimento (Grupo Latino, 2008). Estas propiedades se refieren a la deformación y el flujo de materiales causadas por la aplicación de un esfuerzo (Castro *et ál.*, 1999) y es un factor de aceptabilidad sensorial importante para la preferencia de algunos alimentos por parte del consumidor.

¹ Porcentajes en base seca

La textura de un alimento puede ser modificada mediante la aplicación de una o varias técnicas de procesamiento como la deshidratación. (Sun Maid, 2011). Esta es una de las técnicas más ampliamente utilizada para la conservación de alimentos (Nijhuis *et ál.*, 1996). Existen varias técnicas de deshidratación como: la deshidratación osmótica, el secado por conducción, convección o radiación y la deshidratación por congelamiento.

La deshidratación osmótica es una técnica que permite reducir el contenido de humedad e incrementar el contenido de sólidos solubles (Alvarado, 1996). Entre las ventajas se destacan, el mínimo daño en el color y sabor de los alimentos, la reducción del peso y volumen del alimento (Singh *et ál.*, 1998). Cuando éste es sometido a deshidratación osmótica previa al secado, es posible la reducción del tiempo del mismo, lo cual permite una disminución en los costos de producción (Barat *et ál.*, 1998).

El secado es una técnica muy antigua, la energía del sol aplicada a frutas, granos, vegetales, carnes y pescados ha sido ampliamente utilizada desde los albores de la humanidad, proporcionando al hombre una posibilidad de subsistencia en épocas de carencia de alimentos (Fito *et ál.*, 2001).

Son ampliamente conocidas las ventajas de los alimentos deshidratados ya que al reducir el contenido de humedad de ellos se previene el crecimiento de microorganismos y se minimizan las demás reacciones que los deterioran (Doymaz *et ál.*, 2003). También el secado de los alimentos reduce su volumen y peso lo que influye en una reducción importante de los costos de empaque, almacenamiento y transporte. Los productos secos además pueden ser almacenados a temperatura ambiente por largos períodos de tiempo (Jarayaman *et ál.*, 1995). Pero el secado afecta también a las propiedades organolépticas del producto y su valor nutricional (Jarayaman *et ál.*, 1995). Durante esta operación se afecta la textura, color, densidad, porosidad y características de adsorción de materiales (Krokida *et ál.*, 2001), además se puede presentar los fenómenos de endurecimiento y encogimiento (Marí, 2002).

Actualmente el aire caliente sigue siendo el método de deshidratación más usado en la industria alimentaria y química, por ser el más adaptable a procesos industriales, sin embargo el secado por microondas ofrece grandes ventajas sobre todo en la reducción del tiempo de proceso (Krokida *et ál.*, 2003).

Otra técnica utilizada para modificar la textura, son los recubrimientos que fueron ideados para mejorar el sabor, como un ejemplo tenemos los garrapiñados de almendras o maní con cobertura de azúcar y chocolate, estos tuvieron su origen en Francia en el año 1671 y no fue sino hasta el año 1945 que un inmigrante japonés en México inventó un tipo de *snack* a base de maní con cubierta amilácea. El cual registró una gran demanda, entre otras características por su textura crocante (El Gran Chef, 2007; Caffet, 2010).

En el mercado ecuatoriano se comercializa un producto a base de maní con cobertura crocante; con una importante limitación, que es la presencia de proteínas de transferencia de lípidos (PTL) en el grano, un alérgeno que puede provocar síntomas de diferente intensidad, como prurito oral o general, estornudos, lagrimeo o enrojecimiento cutáneo, hasta síntomas más intensos como urticaria, angioedema e incluso shock anafiláctico.

En Ecuador, se han desarrollado y evaluado varias tecnologías para incrementar el valor agregado del grano, incluyendo el procesamiento de chocho frito, en el marco del proyecto

“Investigación y desarrollo en granos andinos: chocho y quinua”. Este producto ha alcanzado buena aceptación entre los consumidores, especialmente por su textura y sabor, sin embargo está limitado para los consumidores preocupados por el cuidado de la salud, debido a su elevado contenido de grasa (27 %) y menor valor nutricional que el grano fresco, (Villacrés, 2009). Siendo necesario desarrollar un nuevo producto con similares características organolépticas al producto frito, pero con un mínimo contenido de lípidos.

2.- JUSTIFICACIÓN

La evolución de los hábitos alimenticios ha sido muy variable a través del tiempo, pero hoy más que antes las exigencias de los consumidores se orientan a la búsqueda de nuevos productos que contribuyan a la nutrición y a la salud. En este contexto, el desarrollo o mejora de productos es importante para la industria de alimentos, ya que puede realzar el atractivo de los productos para el consumidor, atendiendo las nuevas tendencias del mercado de alimentos.

Estudios de mercado sobre las nuevas tendencias de consumo, muestran la demanda creciente de los *snacks*. El chocho tiene un gran potencial en este ámbito, ya que no se han identificado compuestos capaces de desencadenar alergias alimentarias como en el caso del maní, por lo que se puede aprovechar esta fortaleza para elaborar un producto de textura crocante, similar a la del chocho frito.

Con las alarmantes cifras de enfermedades asociadas a la obesidad, considerada como epidemia de esta nueva época, tanto consumidores como productores y gobiernos buscan alimentos más nutritivos, saludables, balanceados y aceptables al gusto de todos los consumidores. El chocho constituye un producto apropiado para satisfacer estas demandas, especialmente por su alto contenido de proteína, fibra dietética y calidad de la grasa, sin embargo la diversificación del uso del grano aún es muy limitada. Por lo que este estudio se orienta al desarrollo de un nuevo producto, libre de grasa exógena, basado en el secado como método de conservación y modificador de la textura del grano, así como en la aplicación de un recubrimiento amiláceo como mejorador del sabor, lo que permitirá incorporar atributos de valor diferenciados al grano, competir en un mercado alternativo como el de los *snacks*, alinear la agroindustria con los requerimientos de la demanda local e incluir a este alimento ancestral como parte del atractivo turístico ecuatoriano.

3.-OBJETIVOS

3.1. General

Evaluar el efecto de la deshidratación osmótica, el secado y la aplicación de una cobertura amilácea, en la obtención de un producto crocante, orientado a diversificar la utilización y el consumo del chocho.

3.2. Específicos

1. Determinar las características físico-químicas del chocho fresco desamargado, con énfasis en la textura del grano.
2. Evaluar y seleccionar la formulación de mayor preferencia para la deshidratación osmótica del grano.

3. Evaluar el efecto de dos técnicas de secado en las características físico químicas del chocho.
4. Determinar los parámetros óptimos para la aplicación de una cobertura amilácea en el grano de chocho deshidratado.
5. Determinar las características físicas y el perfil nutricional del chocho con cobertura crocante.

Hipótesis nula: No es posible obtener un producto crocante a partir del grano fresco desamargado.

4.- MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.-Materiales e ingredientes

Grano de chocho desamargado fresco, variedad INIAP-Andino 450, sal, cebolla deshidratada, azúcar, agua, ají, harina de trigo, cerveza, ácido cítrico.

4.2.-Reactivos

Enzimas y otros reactivos.

4.3.-Equipos de Laboratorio

Balanza analítica, determinador de humedad y actividad de agua, texturómetro, estufa, colorímetro, microondas, grageador, paquímetro digital, equipo para baño María, molino, pHmetro, agitadores magnéticos, espectrofotómetro de absorción atómica.

5.- METODOLOGÍA

Características del Sitio Experimental

- Laboratorio de Nutrición y Calidad, INIAP, Estación Santa Catalina

Ubicación

Provincia	Pichincha
Cantón:	Mejía
Parroquia:	Cutuglagua
Situación Geográfica	
Altitud:	3058 m
Latitud:	00°22'S
Longitud:	78°23'O
Fuente: (Peña, 2011)	

5.1.- Determinación de las características físico-químicas del chocho desamargado fresco, con énfasis en la textura del grano

Unidad experimental

Estará constituida por 500 gramos de chocho desamargado fresco.

Características Físicas

Se evaluarán las siguientes características físicas:

- Textura: Torricela *et ál*, (1989)

Principio.- Las propiedades de textura de un alimento corresponden al grupo de características físicas que son percibidas por el sentido del tacto y están relacionadas con la deformación, desintegración y flujo del alimento bajo la aplicación de una fuerza y se miden objetivamente por funciones de fuerza, tiempo y distancia de penetración de un vástago cilíndrico, aguja, cono o bola en el alimento. Los altos valores revelan una mayor dureza es decir que la muestra ofrece resistencia a la ruptura o compresión, los valores bajos revelan una menor dureza, es decir, necesitan menor fuerza para su rotura o compresión.

- Tamaño: IPGRI, (1996)

Principio.- Con el empleo del paquímetro, se toma en cuenta tres descriptores cuantitativos (largo, ancho y espesor).

- Color: Jiménez y Gutiérrez, (2001)

Principio.- El color superficial de las muestras es medido usando un colorímetro EXPECTRO 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.

- Humedad: A.O.A.C., (2000)

Principio.- Este método de medición se realiza colocando una cantidad conocida de granos en la estufa, se determina la humedad mediante el peso antes y después del secado. El tiempo y la temperatura necesarios para el proceso dependen del tipo y la condición de grano. La muestra es calentada bajo condiciones especificadas y la pérdida de peso se usa para calcular el contenido de humedad de la muestra.

- Actividad de agua: Según el método descrito en el manual Testo 650, (2005)

Principio.- Una alta frecuencia del campo eléctrico penetra en el material que está siendo medido. Dependiendo de la humedad, un valor es mostrado en la pantalla del instrumento (no el nivel del agua). Este valor de la pantalla es diferente para cada material. El contenido de humedad se mide con "el método de secado y pesado". El valor A_w juega un papel decisivo para la calidad del producto y el crecimiento de bacterias. La temperatura de referencia es siempre dada porque la actividad de agua depende de la temperatura.

- Peso: Se determinará por gravimetría

Composición Química

Se evaluarán los siguientes componentes químicos:

- Análisis proximal

a. Humedad: A.O.A.C., (2000)

b. Proteína: A.O.A.C., (1984)

Principio.- El nitrógeno de las proteínas y otros compuestos se transforman en sulfato de amonio al ser digeridas en ácido sulfúrico en ebullición. El residuo se enfría, se diluye con agua y se le agrega hidróxido de sodio. El amonio presente se desprende y a la vez se destila y se recibe en una solución de ácido bórico, que luego se titula con ácido sulfúrico estandarizado.

c. Cenizas: AOAC, (1998)

Principio.- La muestra es incinerada en un horno o mufla a 600 °C, previa precalcinación en una placa calentadora o reverbero, para eliminar todo el material orgánico. El material inorgánico que no se destruye se denomina ceniza.

d. Cuantificación del extracto etéreo: AOAC, (1998)

Principio.- El solvente utilizado se condensa continuamente, extrayendo materiales solubles al pasar a través de la muestra. El extracto es recogido en un balón que al completar el proceso se destila y se recoge en otro recipiente. El extracto que queda en el balón se seca y se pesa.

- Minerales: Fick *et ál.*, (1979)

Principio.- Las cenizas de la muestra son sometidas a una digestión ácida, luego se aforan a un volumen determinado. Se realiza un análisis de macro y micro elementos por absorción atómica.

- Digestibilidad de la proteína: Hsu *et ál.*, (1977)

Principio.- El análisis de digestibilidad por pepsina es un ejemplo de un procedimiento que proporciona información adicional en relación al valor nutricional verdadero de las fuentes de proteína. La pepsina es una enzima digestiva que en la presencia de un medio ácido desdobla las proteínas del alimento.

Manejo específico del experimento

El grano amargo, será desamargado en la planta piloto de la EESC, mediante el proceso termo-hídrico. Para los análisis físicos el grano fresco será preparado de acuerdo a los requerimientos específicos de cada análisis, mientras que para las determinaciones químicas el grano será liofilizado, molido y almacenado en recipientes herméticos.

5.2 Evaluar y seleccionar la formulación de mayor preferencia para la deshidratación osmótica del grano

Se realizaron pruebas preliminares de intensidad de sabor para formular los tratamientos.

Factor en estudio: Formulación de la solución osmótica (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos para la deshidratación osmótica del chocho

Tratamientos	Formulación de la solución osmótica
T1	Solución salina al 7%
T2	Solución con 3% de cebolla y 4% de sal
T3	Solución con 7% de ají y 4% de sal
T4	Solución con 2% de ácido cítrico y 4% de sal

Unidad experimental

Estará constituida por 1 kg de chocho desamargado fresco por cada formulación en estudio.

Tipo de diseño

Se aplicará un diseño completamente al azar (DCA), con cinco observaciones.

Análisis estadístico

Cuadro 2. Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	11
Tratamientos	3
Error	8

Análisis funcional

La significancia estadística en los tratamientos, orientará la aplicación de la prueba de Tukey al 5 %, para identificar los tratamientos que permiten lograr una mayor pérdida de humedad y peso del grano, en el proceso de deshidratación osmótica.

Se aplicará el test de Friedman para el análisis de preferencia global y sabor del grano.

$$F = \frac{12}{Nk(k-1)} (R_1^2 - R_2^2 - \dots - R_k^2) - 3N(k-1)$$

Donde:

N: número de consumidores = 60

k: número de muestras = 4

R1...Rk: sumatorias de los ordenamientos de cada muestra

Variables y métodos de evaluación

Para la deshidratación osmótica se evaluará:

Pérdida de peso: Se realizará por gravimetría, según la técnica de Sánchez, (1987)

Principio.- Se toma el peso con la balanza antes y después del proceso de deshidratación osmótica y mediante cálculo se determina el porcentaje de pérdida de peso.

Pérdida de humedad del grano: Sánchez, (1987)

Principio.- Se mide la humedad aplicando el método de la AOAC antes y después del proceso de deshidratación osmótica y mediante cálculo se determina el porcentaje de pérdida de humedad.

Preferencia global: Hough, (2011)

Principio.- Esta prueba es adecuada para comparar la preferencia de varias muestras, también para ordenar por un atributo: por ejemplo dulzor o sabor agradables. Es sencillo y de fácil comprensión. Se realiza en cabinas de degustación y con la codificación apropiada.

Manejo específico del experimento

El grano integral (con cáscara) será sumergido en las soluciones especificadas en el Cuadro 1. El proceso se realizará a 50 °C por dos horas. Al término del cual, 200 gramos de muestra de cada tratamiento, será retirado de la solución osmótica, escurrido y pesado, para determinar la pérdida de peso y humedad. Otra porción de cada muestra (10 g), será presentada simultáneamente a 50 consumidores, quienes las ordenarán según el grado de preferencia. Aplicando el test de Friedman se seleccionará la formulación que permita realzar el sabor y la preferencia del chocho.

5.3.- Determinación del efecto del secado en las características físico-químicas del chocho

Se realizaron pruebas preliminares de secado para obtener los tratamientos que se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Tratamientos para determinar el efecto del secado, sobre las características físico-químicas del chocho

Tratamientos	Técnicas de secado
T1	Secado en microondas
T2	Secado en estufa de aire forzado a 60 °C
T3	Secado en estufa de aire forzado a 70 °C

Unidad experimental

Estará constituida por 500 g de chocho fresco.

Tipo de diseño

Se aplicará el estadístico “t student”, con 3 observaciones

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

En el caso del chocho, se tiene:

\bar{X}_1 = Media de la variable correspondiente al grano secado en microondas

\bar{X}_2 = Media de la variable correspondiente al grano secado en estufa

S_1^2 = Desviación estándar correspondiente al grano secado en microondas

S_2^2 = Desviación estándar correspondiente al grano secado en estufa

Para $n = 3$

Con: $n-1$ grados de libertad

Variables y métodos de evaluación

Características físicas:

- Textura: Torricela *et ál.*, (1989)

Principio.- Las propiedades de textura de un alimento corresponden al grupo de características físicas que son percibidas por el sentido del tacto y están relacionadas con la deformación, desintegración y flujo del alimento bajo la aplicación de una fuerza y se miden objetivamente por funciones de fuerza, tiempo y distancia de penetración de un vástago cilíndrico, aguja, cono o bola en el alimento. Los altos valores revelan una mayor dureza es decir que la muestra ofrece resistencia a la ruptura o compresión, los valores bajos revelan una menor dureza, es decir, necesitan menor fuerza para su rotura o compresión.

- Tamaño: IPGRI, (1996)

Principio.- Con el empleo del paquímetro, se toman en cuenta tres descriptores cuantitativos (largo, ancho y espesor).

- Color: Jiménez y Gutierrez, (2001)

Principio.- El color superficial de las muestras es medido usando un colorímetro EXPECTRO 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.

- Humedad: A.O.A.C., (2000)

Principio.- Este método de medición se realiza colocando una cantidad conocida de granos en la estufa, se determina la humedad mediante el peso antes y después del secado. El tiempo y la temperatura necesarios para el proceso dependen del tipo y la condición de grano. La muestra es calentada bajo condiciones especificadas y la pérdida de peso se usa para calcular el contenido de humedad de la muestra.

- Actividad de agua: Según el método descrito en el manual Testo 650, (2005)

Principio.- Una alta frecuencia del campo eléctrico penetra en el material que está siendo medido. Dependiendo de la humedad, un valor es mostrado en la pantalla del instrumento (no el nivel del agua). Este valor de la pantalla es diferente para cada material. El contenido de humedad se mide con "el método de secado y pesado". El valor A_w juega un papel decisivo para la calidad del producto y el crecimiento de bacterias. La temperatura de referencia es siempre dada porque la actividad de agua depende de la temperatura.

- Rendimiento: López, (2006)

Principio.- El rendimiento se determina a partir del balance de materiales sólidos, donde la entrada de productos debe ser igual a la salida, considerando que no existe acumulación de productos en el interior de la cámara ni hay pérdidas de producto al exterior.

Composición química:

- Biodisponibilidad de hierro, zinc, calcio y fósforo: Binaghi *et ál*, (2007)

Principio.- La dializabilidad de los minerales (D%) como un indicador de la biodisponibilidad potencial fue determinada por medio del método *in vitro* de Miller, modificado por Wolfgor. El procedimiento involucra una digestión enzimática en condiciones que simulan las fisiológicas.

- Digestibilidad de la proteína: Hsu *et ál*, (1977)

Principio.- El análisis de digestibilidad por pepsina es un ejemplo de un procedimiento que proporciona información adicional en relación al valor nutricional verdadero de las fuentes de proteína. La pepsina es una enzima digestiva que en la presencia de un medio ácido desdobla las proteínas del alimento.

Manejo específico del experimento

Al término de la deshidratación osmótica con la formulación seleccionada en 5.2, el grano será escurrido y sometido a secado en microondas y en estufa de aire forzado a 60 y 70 °C, hasta alcanzar un nivel de humedad entre 10 a 12%. Al final del proceso, el grano se enfriará en un desecador, disponiendo las muestras de acuerdo a los requerimientos específicos de cada análisis. Se elaborarán las curvas de secado para cada técnica utilizada. Se aplicará el estadístico "t student" para determinar la técnica apropiada para la deshidratación del grano.

5.4 Determinación de los parámetros apropiados para la aplicación de una cobertura amilácea en el grano de chocho deshidratado.

Se realizaron pruebas preliminares de cubierta y horneado para determinar los factores de estudio y sus niveles.

Factores en estudio: Se detallan en el Cuadro 4

Cuadro 4. Factores en estudio para la aplicación de la cobertura

Factor	Descripción	Niveles	Descripción
A	Relación grano: cobertura	a ₀	1:1,25
		a ₁	1:1,50
		a ₂	1:1,75
B	Tiempo de horneado (min.)	b ₀	30
		b ₁	35
C	Formulación del recubrimiento	c ₀	Agua (66,2 %), harina de trigo (24,73 %) sal (1,24 %), azúcar (7,83%)
		c ₁	Agua (41,22 %), Cerveza (24,98 %), harina de trigo (24,73 %), sal (1,24 %), azúcar (7,83 %).

Cuadro 5. Tratamientos para la aplicación de una cobertura en el grano de chocho deshidratado

Tratamiento	Descripción
a ₀ b ₀ c ₀	Chocho cubierto con una proporción 1:1,25 (chocho:cobertura), con 30 minutos de horneado y con la siguiente formulación de recubrimiento: Agua (66,2 %), harina de trigo (24,73 %) sal (1,24 %), azúcar (7,83%).
a ₀ b ₀ c ₁	Chocho cubierto con una proporción 1:1,25 (chocho:cobertura), con 30 minutos de horneado y con la siguiente formulación de recubrimiento: Agua (41,22 %), Cerveza (24,98 %), harina de trigo (24,73 %), sal (1,24 %), azúcar (7,83 %).
a ₁ b ₀ c ₀	Chocho cubierto con una proporción 1:1,50 (chocho:cobertura), con 30 minutos de horneado y con la siguiente formulación de recubrimiento: Agua (66,2 %), harina de trigo (24,73 %) sal (1,24 %), azúcar (7,83%).
a ₁ b ₀ c ₁	Chocho cubierto con una proporción 1:1,50 (chocho:cobertura), con 30 minutos de horneado y con la siguiente formulación de recubrimiento: Agua (41,22 %), Cerveza (24,98 %), harina de trigo (24,73 %), sal (1,24 %), azúcar (7,83 %).
a ₂ b ₀ c ₀	Chocho cubierto con una proporción 1:1,75 (chocho:cobertura), con 30 minutos de horneado y con la siguiente formulación de recubrimiento: Agua (66,2 %), harina de trigo (24,73 %) sal (1,24 %), azúcar (7,83%).
a ₂ b ₀ c ₁	Chocho cubierto con una proporción 1:1,75 (chocho:cobertura), con 30 minutos de horneado y con la siguiente formulación de recubrimiento: Agua (41,22 %), Cerveza (24,98 %), harina de trigo (24,73 %), sal (1,24 %), azúcar (7,83 %).
a ₀ b ₁ c ₀	Chocho cubierto con una proporción 1:1,25 (chocho:cobertura), con 35 minutos de horneado y con la siguiente formulación de recubrimiento: Agua (66,2 %), harina de trigo (24,73 %) sal (1,24 %), azúcar (7,83%).
a ₀ b ₁ c ₁	Chocho cubierto con una proporción 1:1,25 (chocho:cobertura), con 35 minutos de horneado y con la siguiente formulación de recubrimiento: Agua (41,22 %), Cerveza (24,98 %), harina de trigo (24,73 %), sal (1,24 %), azúcar (7,83 %).
a ₁ b ₁ c ₀	Chocho cubierto con una proporción 1:1,50 (chocho:cobertura), con 35 minutos de horneado y con la siguiente formulación de recubrimiento: Agua (66,2 %), harina de trigo (24,73 %) sal (1,24 %), azúcar (7,83%).

a ₁ b ₁ c ₁	Chocho cubierto con una proporción 1:1,50 (chocho:cobertura), con 35 minutos de horneo y con la siguiente formulación de recubrimiento: Agua (41,22 %), Cerveza (24,98 %), harina de trigo (24,73 %), sal (1,24 %), azúcar (7,83 %).
a ₂ b ₁ c ₀	Chocho cubierto con una proporción 1:1,75 (chocho:cobertura), con 35 minutos de horneo y con la siguiente formulación de recubrimiento: Agua (66,2 %), harina de trigo (24,73 %) sal (1,24 %), azúcar (7,83%).
a ₂ b ₁ c ₁	Chocho cubierto con una proporción 1:1,75 (chocho:cobertura), con 35 minutos de horneo y con la siguiente formulación de recubrimiento: Agua (41,22 %), Cerveza (24,98 %), harina de trigo (24,73 %), sal (1,24 %), azúcar (7,83 %).

Unidad experimental

Estará constituida por 6 kg de chocho.

Tipo de diseño

Se aplicará un diseño completamente al azar en arreglo factorial (3x2x2), con 3 repeticiones.

Análisis estadístico

Cuadro 6. Esquema del análisis de varianza para las pruebas de recubrimiento

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	35
Repeticiones	2
Factor A (Relación grano:cobertura)	2
Factor B (Tiempo de horneo)	1
Factor C (Formulación del recubrimiento)	1
AxB	2
AxC	2
BxC	1
AxBxC	2
Error	22

Análisis funcional

Para los factores e interacciones significativas se aplicará la prueba de Tukey al 5 %.

Variables y métodos de evaluación

Se realizará un ensayo de aceptabilidad global y descriptiva de los atributos color, olor, sabor y textura (Hough, 2011).

Principio.- Esta prueba es adecuada para medir la aceptabilidad del producto, también para evaluar por atributo: por ejemplo sabor. Se utiliza escalas ancladas en los extremos junto con la técnica de cajones que es de mayor comprensión para los consumidores. La prueba de cata consiste en presentar descriptores para que los consumidores seleccionen según su preferencia. Esto servirá para realizar posteriormente el análisis por correspondencia múltiple. Además, se construirá el espacio sensorial con análisis de correspondencia múltiple.

Manejo específico del experimento

Se prepararán dos jarabes: uno con agua-azúcar y otro con cerveza-azúcar. En un grageador rotatorio, se verterá el grano, el agua y la sal; a esta mezcla se irá incorporando simultáneamente cada uno de los jarabes con la harina de trigo, se agitará constantemente el conjunto para evitar la aglomeración del grano. Cuando los granos se desprendan fácilmente del grageador y muestren una baja tendencia a la aglomeración, se verterán en una bandeja, extendiéndoles a un espesor uniforme y se llevarán a horno, por el tiempo especificado en el Cuadro 9. El grano recubierto, será enfriado a temperatura ambiente y envasado en fundas de material flexible (BOPP metalizado 20 μ), hasta el momento del análisis sensorial.

5.5 Determinación de las características físicas y el perfil nutricional del grano con cobertura crocante.

Factores en estudio: Condición del grano

Cuadro 7. Tratamientos para determinar el efecto del proceso en las características físicas y el perfil nutricional del grano

Tratamientos	Condición del grano
T1	Grano fresco
T2	Grano con cobertura crocante

Unidad experimental

Estará constituida por 500 g de chocho fresco y con cobertura crocante.

Tipo de diseño

Se aplicará el estadístico “t student”, con 3 observaciones

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

En el caso del chocho, se tiene:

\bar{X}_1 = Media de la variable correspondiente al grano fresco

\bar{X}_2 = Media de la variable correspondiente al grano crocante

S_1^2 = Desviación estándar correspondiente al grano fresco

S_2^2 = Desviación estándar correspondiente al grano crocante

Para $n = 2$

Con: $n-1$ Grados de libertad

Variables y métodos de evaluación

Características físicas:

- Textura: Torricela *et ál.*, (1989)

Principio.- Las propiedades de textura de un alimento corresponden al grupo de características físicas que son percibidas por el sentido del tacto y están relacionadas con la deformación, desintegración y flujo del alimento bajo la aplicación de una fuerza y se miden objetivamente por funciones de fuerza, tiempo y distancia de penetración de un vástago cilíndrico, aguja, cono o bola en el alimento. Los altos valores revelan una mayor dureza es decir que la muestra ofrece resistencia a la ruptura o compresión, los valores bajos revelan una menor dureza, es decir, necesitan menor fuerza para su rotura o compresión.

- Tamaño: IPGRI, (1996)

Principio.- Con el empleo del paquímetro, se tomará en cuenta tres descriptores cuantitativos (largo, ancho y espesor).

- Color: Jiménez y Gutiérrez, (2001)

Principio.- El color superficial de las muestras es medido usando un colorímetro EXPECTRO 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.

- Humedad: A.O.A.C., (2000)
- Actividad de agua: Según el método descrito en el manual Testo 650, (2005)
- Peso: Se determinará por gravimetría

Composición química:

- Análisis proximal.
 - e. Humedad: A.O.A.C., (2000)
 - f. Proteína: A.O.A.C., (1984)
 - g. Cenizas: AOAC, (1998)
 - h. Cuantificación del extracto etéreo: AOAC, (1998)
- Minerales: Fick *et ál.*, (1979)
- Digestibilidad de la proteína: Hsu *et ál.*, (1977).
- Biodisponibilidad de minerales: Binaghi *et ál.*, (2007)

Manejo específico del experimento

Se analizará las características físico-químicas en el tratamiento seleccionado por los potenciales consumidores del producto en 5.4. En el laboratorio las muestras serán preparadas de acuerdo a los requerimientos específicos de cada análisis. Los datos del chocho fresco y el chocho crocante se compararán mediante el uso de la prueba “t student”.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	2011									2012	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Revisión bibliográfica	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Ensayos de factibilidad técnica	x	x									
Elaboración anteproyecto de tesis	x	x	x								
Determinación de las características físico-químicas del chocho fresco desamargado, con énfasis en la textura del grano.			x								
Selección de la formulación de mayor preferencia, para la deshidratación osmótica del grano.				x							
Evaluación del efecto de dos técnicas de secado en las características físico químicas del chocho.					x	x					
Determinación de los parámetros óptimos para la aplicación de una cobertura amilácea en el grano de chocho deshidratado.							x	x			
Determinación las características físicas y el perfil nutricional del chocho con cobertura crocante.									x	x	
Tabulación y análisis de resultados		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Escritura y publicación de resultados				x	x	x	x	x	x	x	x

7.-PRESUPUESTO

Presupuesto del proyecto "Efecto de la deshidratación osmótica, el secado y el recubrimiento en la obtención de chocho crocante"				
	Cantidad	Unidad	Costo unit.\$	Costo total \$
Personal				
Tesista	12	meses	323,80	3.885,60
Análisis				
Análisis Proximal	2	und.	111,00	222,00
Análisis de Humedad	150	und.	8,00	1.200,00
Análisis de Actividad de Agua	30	und.	5,00	150,00
Análisis de Minerales	6	und.	45,00	270,00
Determinación del color	30	und.	5,00	150,00
Análisis de Textura	30	und.	5,00	150,00
Determinación del Tamaño	30	und.	5,00	150,00
Análisis Sensorial	2	und.	100,00	200,00
Reactivos				
Peptidasa	30	UI	8,31	249,30
Tripsina	0,5	g	155,80	77,90
α-chymotripsina	0,4	g	164,40	65,76
Acido clorhídrico	0,1	l	48,95	4,90
Hidróxido de Sodio	170	g	0,25	42,50
α-amilasa de Bacillus licheniformis	1	KU	93,40	93,40
Pepsina	17	g	2,40	40,80
Pancreatina	25	g	2,22	55,50
Extracto de bilis	100	g	1,10	110,00
Buffer PIPES	125	g	0,95	118,75
Materia prima				
Chocho	1	quintal	160,00	160,00
Otros ingredientes			60,00	60,00
Materiales de oficina				
CD – RW	4	und.	2,50	10,00
Papel	4	resma	20,00	80,00
Publicación (Proyecto)				0,00
Tesis	8	und.	20,00	160,00
SUBTOTAL				7.846,41
Imprevistos 5%				392,32
TOTAL				8.238,73
Fuente de financiamiento	Porcentaje		Aporte	
Tesista	47%		3.885,60	
Proyecto	53%		4.353,13	

8.-BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C (Association of Official Analytical Chemist). 1984, 1998, 2000. Métodos de la A.O.A.C. Peer Verified Methods. Manual on policies and procedures. Arlington, U.S.A.
- Alvarado, J. 1996. Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos. Ambato, EC, División de Artes Gráficas. pp. 434-440.
- Barat, J.; Maupoey, P.; Graw, A. 1998. Deshidratación osmótica de alimentos. Valencia, España. Universidad Politécnica de Valencia, Dpto. de Tecnología de Alimentos. pp. 18, 53-70
- Binaghi, M.; López, L.; Ronayne de Ferrer, P.; Valencia, M. 2007. Revista chilena de nutrición. Evaluación de la Influencia de distintos componentes de la Dieta sobre la Biodisponibilidad Potencial de Minerales en Alimentos Complementarios. *Rev Chil Nutr.* Vol. 34, N°1.
- Caffet, P. 2010. La historia olvidada (en línea). Consultado 30 abr. 2011. Disponible en <http://www.zchocolat.com/z34/chocolate/chocolate/chocolate-por-paises/chocolate-belga.asp>
- Caicedo, C. y Peralta, E. 2000. Zonificación Potencial, Sistemas de Producción y Procesamiento Artesanal del Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Ecuador. Boletín técnico No. 89. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina INIAP. Quito, EC. 5 p.
- Caicedo, C.; Peralta, E.; Villacrés, E.; Rivera, M. 2001. Poscosecha y Mercado de Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Ecuador. Publicación Miscelánea No. 105. Quito, EC. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. pp. 19-24.
- Castro, G.; López, J.; Mora, M; Pino, J. 1999. Propiedades y reología de los alimentos. Tecnología de los alimentos. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Medellín. Colombia. pp. 10.
- Doymaz I. y Pala, M. 2003. The thin-layer drying characteristics of corn. *Journal of Food Engineering*: Vol 60(2). pp. 125-130
- El gran Chef. 2007. Sobre el mani japonés (en línea). Consultado 27 abr. 2011. Disponible en <http://www.elgranchef.com/2007/03/26/sobre-el-mani-japones>
- Fick, K.; McDowell, L.; Miles, P.; Wilkinson, N.; Funk, J.; Conrad, J. 1979. Manual de Métodos de Análisis de Minerales para tejidos de planta y animales. Departamento de Ciencia Animal, 2ed. EE.UU. Universidad de Florida. Adaptado en los Laboratorios del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina-INIAP. pp. 301-304.
- Fito, P.; Andrés, A.; Barat, J. y Albors, A. 2001. Introducción al secado por aire caliente. España. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. pp. 10-12
- Gross, R. 1982. El cultivo y la Utilización del Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Estudio Fao: Producción y Protección Vegetal. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. pp. 1-7
- Grupo Latino. 2008. Ciencia, tecnología e industria de alimentos. Colombia. Grupo Latino editores. pp.149-191
- Hough, G.; Contarini, A. 2011. Memorias del I Seminario Internacional de Análisis Sensorial. Quito- Ecuador.
- Hsu W.; Vavak, D.; Satterlee, L. y Miller, G. 1977. A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *Journal of Food Science*. Vol 42(5). Pp. 1269-1273
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, EC). 2011. Sistema Estadístico Agropecuario Nacional: encuesta por superficie y producción por muestreo de áreas. Quito, EC. INEC. pp. 57-58, 117
- IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute). 1996. Descriptores del café (*Coffea* spp. y *Psilanthus* spp.). Roma, IT. 36 p.

- Jarayaman, K. y Das Gupta, D. 1995. Drying of fruits and vegetables, In: Handbook of Industrial Drying, Mujumdar, New York, A.S. (eds), Marcel Dekker Inc. pp. 643-690
- Jiménez, A. y Gutiérrez, G. 2001. En Métodos para medir propiedades físicas e industriales de alimentos. 2ed. España, Acribia. Cap. 4, pp. 330-332.
- Krokida, M. K., V.T. Karathanos, Z.B. Maroulis y D. Marinos-Kouris, "Drying kinetics of some vegetables", Journal of Food Engineering: Vol 59(4), 391-403 (2003).
- Krokida, M. y Maroulis, Z. 2001. Structural properties of dehydrated products during rehydration. International Journal of Food Science and Technology: 36(5). pp. 529-538
- López, D.; Muñoz, A.; Carmona, R.; Torres L.; González, M. 2006. Influencia del uso de aditivos sobre el rendimiento del proceso de secado por aspersión de extracto acuoso de *Calendula officinalis* L (en línea). Centro de Investigación y Desarrollo de Medicamentos (CIDEM). Consultado 27 abr. 2011. Disponible en http://bvs.sld.cu/revistas/pla/vol11_1_06/pla08106.htm
- Manual Testo 400, Testo 650, Testo 950. 2005. Medición de la actividad de agua. EUA. Testo AG. pp.27-29
- Mari, M.J. 2002. Cinética de transferencia de materia durante el proceso de rehidratación de cubos de pimiento seco (*Capsicum Annuum* L.). Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Politécnica de Valencia. España. pp. 12-15
- Nijhuis, N.H.; E. Torringa, E.; Luyten, H.; René, F.; Jones, P.; Funebo T. y Ohlsson, T. 1996. Research needs and opportunities in the dry conservation of fruits and vegetables. Drying Technology: Vol 14(6). pp.1429-1457
- Peña, W. 2011. Evaluación del contenido de glicoalcaloides en el pelado, cocción y fritura de variedades de papa nativa. Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial. EPN. Quito. Ecuador. 30 p.
- Peralta, E.; Murillo, A.; Mazón, N.; Falconí, E.; Monar, C.; Pinzón J.; Rivera, M. 2007. Manual Agrícola de Fréjol y otras Leguminosas. Cultivos, variedades y costos de producción. Publicación Miscelánea No. 135. Quito, EC. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. p. 30-31
- Sajilata, M.; Rekha, S.; Singhal. 2004. Specialty starches for snack food. Carbohydrate Polymers. V.59 (Issue 2). p. 131-151
- Sánchez, C. 1987. Descomposición fúngica de la celulosa en un pastizal de la pampa deprimida. Buenos Aires. p. 2
- Singh, R.; Heldman, D. 1998. Introducción a la ingeniería de alimentos. Zaragoza, España. Editorial Acribia S.A. 455 p.
- Sun Maid. 2011. Historia de las pasas de uva y frutas secas. (en línea). Consultado 25 abr. 2011. Disponible en http://www.sun-maid.com/es/vida_sana/historia_de_las_pasas_de_uva_y_frutas_secas.html
- Torricela, R.; Zamora, E.; Pulido, H. 1989. Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de calidad en la industria alimentaria. La Habana. p. 11, 33, 95.
- Villacrés, E.; Mazón, N.; Peralta, E.; Rivera, M.; Subía, C. Investigación y desarrollo en granos andinos: Chocho y Quinoa, un aporte a la seguridad y soberanía alimentaria de comunidades del cantón Saquisilí, Cotopaxi, Ecuador. Estación Experimental Santa Catalina INIAP. 7 p.
- XI CONGRESO INTERNACIONAL DE CULTIVOS ANDINOS (2004, Cochamba, Bolivia). 2004. Los Granos Andinos: Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.), Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) y el Amaranto o Ataco (*Amaranthus spp.*), en el Ecuador, veinte años después: Memorias Congreso. Cochabamba, BOL. Ed. G. Aguirre. 28 p.