

1. Chocho -- Procesamiento -- Tesis y disertaciones académicas
2. Lupino -- análisis químico

Tesis
SB
205
°C46
P46
2011

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**EFFECTO DE DIFERENTES CONDICIONES DE HIDRATACIÓN,
HERVIDO Y LAVADO SOBRE EL CONSUMO DE AGUA Y TIEMPO
DE PROCESAMIENTO DEL CHOCHO (*Lupinus Mutabilis* Sweet)**

ANDREA ELENA PEÑAHERRERA VERGARA

Tesis de Grado presentada al Departamento de Alimentos como requisito para la obtención del
título de Ingeniería de Alimentos

99457

Quito, marzo de 2011

USFO - BIBLIOTECA

d. Astora

11-05-31

31 MAYO 2011

0 18 22

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
COLEGIO DE AGRICULTURA, ALIMENTOS Y NUTRICIÓN

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

EFFECTO DE DIFERENTES CONDICIONES DE HIDRATACIÓN, HERVIDO
Y LAVADO SOBRE EL CONSUMO DE AGUA Y TIEMPO DE
PROCESAMIENTO DEL CHOCHO (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

ANDREA ELENA PEÑAHERRERA VERGARA

Francisco Carvajal, MSc|

Director de Tesis y

Miembro del Comité de Tesis



Michael Koziol, DPhil

Decano del CAAN

Co Director de Tesis



Javier Garrido, MSc

Miembro del Comité de Tesis



Lucía de los Ángeles Ramírez, PhD

Miembro del Comité de Tesis



Bárbara Yamila Alvarez, MSc

Miembro del Comité de Tesis



Quito, marzo de 2011

© Derechos de autor
Francisco Carvajal y al proyecto TELFUN
2011

DEDICATORIA

A mi familia, por su apoyo incondicional, durante toda mi vida y formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Al cuerpo docente de la Universidad San Francisco de Quito, especialmente a los miembros del Colegio de Agricultura Alimentos y Nutrición. A mi Director de Tesis, Francisco Carvajal, quien fue mi guía y apoyo para el desarrollo de esta investigación. Al Dr. Michael Koziol, Decano del CAAN.

RESUMEN

El chocho, *Lupinus mutabilis* Sweet, es una leguminosa de alto valor nutricional y gran potencial agro y socio-económico. Sin embargo, existen limitantes que obstaculizan su consumo siendo los principales el contenido de alcaloides, el tiempo de procesamiento y el consumo de agua. En el presente trabajo se evaluaron diferentes condiciones para mejorar el método tradicional de desamargado de chocho utilizado en San Pedro de Tanicuchí, Provincia de Cotopaxi, Ecuador. El proceso puede resumirse en tres etapas que incluyen hidratación, hervido y lavado. Para ello, se determinó el contenido de alcaloides de los granos, el consumo de agua y la variación en peso durante las tres etapas. Además, en el lavado se evaluaron dos procesos de extracción de alcaloides: agitación mecánica e hidro-agitación. El estudio encontró que la hidratación por 18 horas es la etapa en donde se produce el mayor incremento en el tamaño del grano por imbibición, en una relación de 2.2:1 respecto al chocho crudo, alcanzando una humedad del 60.8%. El hervido por 1 hora del chocho hidratado contribuyó al incremento del tamaño del grano hasta alcanzar una relación de 2.4:1 respecto al chocho crudo. En las etapas de hervido y lavado la humedad se incrementó adicionalmente en un 10%. El efecto de la agitación durante el lavado disminuyó el tiempo del proceso y la cantidad de agua empleada. El proceso más eficiente de desamargado consistió en hidratar a las semillas por 18 horas, hervirlas por 1 hora y lavarlas con hidro-agitación por 7 horas/día. El proceso de lavado también incluyó 3 cambios de agua al día. Estas condiciones redujeron el tiempo de desamargado de 7.9 a 5.1 días y la cantidad de agua utilizada en un 18.9%.

Palabras claves: *Lupinus mutabilis*, chocho, desamargado, alcaloides

ABSTRACT

Context Lupine, *Lupinus mutabilis* Sweet, is a legume of high nutritional value and of agricultural and socio-economic potential. However, there are limitations that hinder its consumption such as the content of alkaloids, processing time and water consumption. In this paper, different conditions to improve the traditional method of debittering lupine were evaluated in San Pedro de Taniuchi, Province of Cotopaxi, Ecuador. The process can be summarized in three steps, namely soaking, boiling, and washing. For this purpose, the alkaloid content of the grains, water consumption and the variation in weight were evaluated during these three stages. Furthermore, during the washing stage two processes of alkaloids extraction were analyzed: mechanical agitation and hidro-agitation. The study found that soaking during 18 hours produced the largest increase in the size of the grains at a ratio of 2.2:1 compared to raw lupine, reaching a 60.8% of moisture on wet basis. Boiling the hydrated lupine for 1 hour contributed to the final increase in the size of the grains at a ratio of 2.4:1 compared to raw lupine. During boiling and washing moisture increased by 10%. The effect of agitation during the washing step decreased the process time and the amount of water used. The most efficient method for debittering lupine consisted in soaking the seeds for 18 hours, boiling for 1 hour and washing with hidro-agitation for 7 hours/day. The washing process also included 3 changes of water per day. These conditions reduced lupine debittering process from 7.9 to 5.1 days and the amount of water used by 18.9%.

Key words: *Lupinus mutabilis*, lupine, debittering, alkaloids

TABLA DE CONTENIDOS

Contenido	Página
Introducción	1
Materiales y Métodos	5
Resultados y Discusión	10
Conclusión	13
Recomendación	13
Referencias	14
Anexos	17

LISTA DE TABLAS

Tabla	Título	Página
Tabla 1	Tratamientos estudiados	17
Tabla 2	Porcentaje de humedad y materia seca del chocho después de cada tratamiento.	18
Tabla 3	Determinación de la variación del peso, agua utilizada y crecimiento del grano durante los procesos de hidratación y hervido por 100g de chocho crudo.	19
Tabla 4	Procesos de lavado de chocho vs peso final del producto, consumo de agua y tiempo utilizado.	20
Tabla 5	Contenido de alcaloides luego de los procesos de hidratación y hervido.	21
Tabla 6	Tratamientos de lavado empleados vs contenido de alcaloides (base húmeda) y días requeridos de lavado.	22
Tabla 7	Tratamientos de lavado empleados vs contenido de alcaloides (base seca) y días requeridos de lavado.	23

INTRODUCCIÓN

El chocho, *Lupinus mutabilis* Sweet, es una leguminosa conocida con varios nombres en diferentes zonas y países del mundo. Este grano ha adquirido distintas denominaciones en la región andina. El término utilizado en el lenguaje Quechua es tarwi (Enriquez 2004). En Perú, se lo conoce como tarwi, en Ecuador como chocho, y en Bolivia se lo denomina tarwi por los Quechuas o tauri por los Aymaras (Peña *et al.* 2002) (Enriquez 2004). Otros términos castellanos utilizados para este grano incluyen: lupino o altramuz. (Carrión *et al.* 2006; Jacobsen *et al.* 2006).

El género *Lupinus* pertenece a la familia de leguminosas Papilionaceae. Existen más de 300 especies en el mundo, sin embargo, solamente cuatro han sido domesticadas y cultivadas para el consumo humano y animal (Peralta 1998). Estas especies son: *L. angustifolia*, *L. albus*, *L. luteus* y *L. mutabilis* (Gross 1982). Las tres primeras son cultivadas en Europa, mientras que la última se encuentra en Sudamérica ya que está adaptada a las condiciones agroecológicas de la zona (Peralta 1998). El centro origen del *Lupinus mutabilis* se encuentra en la región andina de Ecuador, Perú y Bolivia por su mayor variabilidad genética. Sin embargo, esta leguminosa también existe en Venezuela, Colombia, Chile y Argentina (Gavilanes 2003). Su cultivo prevalece en los Andes desde los 1500 metros de altura (Jacobsen *et al.* 2006).

En Ecuador, la mayoría de agricultores se dedican a la producción del chocho por tradición más desconocen el verdadero potencial nutricional de esta leguminosa (Gavilanes 2003). El cultivo se concentra en la Sierra ecuatoriana en las provincias de Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo (Peralta 1998). La producción de Cotopaxi y Chimborazo representa el 65% de la producción nacional (Caicedo *et al.* 2001). Carchi, Tungurahua y Bolívar también tienen cultivos, sin embargo, es para el autoconsumo en estas áreas (Peralta 1998).

La demanda de chocho prevalece en la región Sierra y Oriente del Ecuador. Así, solo el 19% de la población urbana de la Costa lo consume, mientras que el 80% de la población urbana de la Sierra y el Oriente lo hacen (Caicedo *et al.* 2001). La producción

nacional de chocho solo abastece 41% de la demanda nacional, por lo tanto existe un mercado potencial para el procesamiento de esta leguminosa (Jacobsen *et al.* 2002).

Algunos mercados potenciales para comercializar el producto internacionalmente son España, Estados Unidos, Colombia, Japón y Alemania (Gavilanes 2003). En Asia y en la Unión Europea, el grano es valorado por su valor nutricional, especialmente en cuanto al contenido proteico y energético (Gavilanes 2003).

Lupinus mutabilis Sweet se desarrolla desde los 200 hasta los 4000 m de altitud (Jacobsen *et al.* 2002). Por lo general, es una planta de clima moderado. Se desarrolla en suelos marginales y es poco exigente en nutrientes (Enriquez 2004). Además, es una alternativa de rotación, ayuda a preservar la fertilidad de los suelos a través de la fijación de nitrógeno, constituye un abono para los suelos, mejora la disponibilidad de materia orgánica, aumenta la retención de humedad y la estructura de los suelos (Caicedo *et al.* 1999a; Caicedo *et al.* 1999b; Jacobsen *et al.* 2002). Tiene un efecto biocida en el control de parásitos, ayudando a prevenir el ataque de los mismos y algunas plagas e insectos sobre ciertos cultivos como la papa (Jacobsen *et al.* 2002; Enríquez 2004). Permite controlar ectoparásitos que atacan a animales como llamas, alpacas y ovejas (Gross 1982).

El chocho tiene un gran potencial para la alimentación humana (Gross *et al.* 1988). Por su valor nutritivo en proteínas y grasas y el potencial industrial que tiene, se le ha denominado la soya andina (Carrión *et al.* 2006). Esta leguminosa contiene alrededor de 50% de proteína (Carrión *et al.* 2006). Además, esta especie es rica en cisteína y lisina (Santos *et al.* 1997). El contenido de grasa es de 18 – 25% de donde del 3 a 14% son ácidos grasos esenciales (Jacobsen *et al.* 2002). Representa, en total, una valiosa fuente de calcio, magnesio, fósforo, potasio, tiamina, riboflavina y niacina para el hombre (Carrión *et al.* 2006). Sin embargo, es deficiente en metionina y contiene una pequeña proporción de compuestos antinutricionales (Gross 1982). Los factores antinutricionales presentes en el chocho son inhibidores de proteasas y hemaglutininas, sin embargo, se encuentran en cantidades tan pequeñas que no llegan a ejercer efectos negativos sobre el ser humano o animal, además son inactivados con los diferentes tratamientos a los que el chocho es sometido (Caicedo *et al.* 2000) (Gross 1982) (Schoeneberger *et al.* 1982).

adulto Otros factores antinutricionales son los alcaloides, que constituyen el principal obstáculo para la utilización directa del grano (Carrión *et al.* 2006). Los alcaloides son metabolitos secundarios de las plantas sintetizados habitualmente a partir de aminoácidos. Estos compuestos son nitrogenados y de origen natural. Son conocidos como sustancias tóxicas pero se ha comprobado que en pequeñas cantidades tienen efectos farmacológicos (Gross 1982). Además, tienen una significativa actividad biológica que puede ser aprovechada en el campo de la agricultura e industria (Carrión *et al.* 2006).

En el género *Lupinus*, los alcaloides que predominan son los quinolizidínicos. En el *Lupinus Mutabilis* se han encontrado 25 de estos alcaloides, de los cuales 19 han sido identificados (Carrión *et al.* 2006). Los que se encuentran en mayor proporción son lupanina (46%), 13-hidroxilupanina, esparteína (14%), 4hidroxilupanina (10%), isolupanina (3%) y n-metilangustifolina (3%) (Belitz 1997; Jarrín 2003). La esparteína y la lupanina son los más tóxicos (Schoeneberger *et al.* 1982). Aproximadamente, el *Lupinus mutabilis* amargo y desamargado tienen una concentración de alcaloides del 3.26 y 0.07% respectivamente, expresado como lupanina (Carrión *et al.* 2006).

El principal propósito de los alcaloides es la defensa de las plantas para protegerse de ataques de insectos, herbívoros y patógenos microbianos (Carrión *et al.* 2006). Algunos son quelantes de metales y pueden servir a las plantas en la selección de metales del suelo (Gross 1982). Estos alcaloides brindan múltiples beneficios que pueden ser aprovechados en las diferentes industrias. La lupinina, lupanina, 13- hidroesparteína y esparteína poseen actividad insecticida y ayudan a controlar ectoparásitos intestinales de los animales (Jarrín 2003; Carrión *et al.* 2006). También se considera que los alcaloides puros tienen algún grado de actividad antifúngica (Wirik 1992; Carrión *et al.* 2006; Jacobsen *et al.* 2006).

El alcaloide más estudiado es la esparteína ya que tiene un efecto estimulante sobre el sistema respiratorio, acción cardiovascular, analgésica, cardiotónica y oxitotónica si se usa en pequeñas cantidades (Gross 1982; Carrión *et al.* 2006).

La presencia de estos alcaloides ha limitado y obstaculizado el consumo y expansión de este grano tan nutritivo. La toxicidad letal en humanos está establecida en una relación de 11-25 mg/kg de peso corporal en niños y dosis de 25 a 46 mg/kg de peso corporal en

adultos. En dosis tóxicas causan un bloqueo neuromuscular y una depresión respiratoria (Gross 1982). Es por esta razón que se han desarrollado ciertos procedimientos fitotécnicos y tecnológicos que ayudan a inactivar y reducir el porcentaje y efecto de estos compuestos.

En el Ecuador, el método actual más utilizado comprende procesos de limpieza manual, hidratación por 14 a 24 horas, hervido por 1 a 2 horas y lavado en tanques de agua hasta eliminar completamente el sabor amargo (Jarrín 2003; Carrión *et al.* 2006). Mediante una prueba organoléptica se comprueba si el tarwi ha sido completamente desamargado.

La hidratación tiene la finalidad de hidratar e incrementar el tamaño del grano. En esta etapa el endospermo se hidrata existiendo así una mayor distancia para la difusión de los alcaloides. La absorción del agua depende de factores como tiempo, relación agua/grano, escarificado (Caicedo *et al.* 2000). El tiempo óptimo determinado es de 18 a 20 horas (Caicedo *et al.* 2000). En el hervido se producen los mayores cambios físico-químicos en el grano (Jarrín 2003; Carrión *et al.* 2006). Este proceso cumple con los siguientes objetivos: disminuye la solubilidad de las proteínas, elimina el poder germinativo, desactiva enzimas, destruye microorganismos, destruye sustancias antinutricionales y acelera la transferencia de los alcaloides a la fase líquida (Colquehuanca 2008a; Gross 1982). El lavado elimina casi completamente el sabor amargo del grano y a los oligosacáridos, alifalactósidos de la sacarosa, que generan flatulencia (Gross 1982).

El método actual de desamargado presenta varias desventajas, siendo una de las más importantes el tiempo de procesamiento (Caicedo *et al.* 1999b). Existen otros métodos más modernos como extracción por medio de alcohol, extracción simultánea de aceites y alcaloides y gasificación con óxido de etileno, sin embargo, son más costosos que el método actualmente utilizado en el país (Carrión *et al.* 2006).

El chocho representa una leguminosa andina con gran potencial agro socioeconómico y ambiental (Peralta 1998). En la actualidad, la demanda progresiva de chocho desamargado a nivel mundial está impulsando el procesamiento agroindustrial de este grano (Carrión *et al.* 2006). Sin embargo, existe poca investigación a nivel nacional posiblemente por el desconocimiento de su real potencial como alimento o por escasez de recursos para investigación (Peralta 1998; Gavilanes 2003). Son por estas razones que el

propósito de este trabajo es explorar alternativas tecnológicas que permitan optimizar el proceso actual mediante el uso de técnicas que disminuyan el tiempo de proceso y la cantidad de agua utilizada.

Para ello, se utilizó como base el método actual de desamargado que utilizan los procesadores de chocho en San Pedro de Tanicuchi, Provincia de Cotopaxi, Ecuador y en el que se estudiaron las variables tiempos de hidratación, tiempos de cocción, tiempos y métodos de agitación durante el lavado. Mediante un análisis cuantitativo de alcaloides se determinaron los procesos con mayor potencial para cumplir con el objetivo propuesto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de chocho: Se utilizaron semillas de chocho de la especie *Lupinus mutabilis* Sweet muestreadas de las bodegas de 10 proveedores de San Pedro de Tanicuchí, Provincia de Cotopaxi, Ecuador. El número de procesadores de chocho en la región es menor a 40 (comunicación personal de Francisco Carvajal, profesor de la Universidad San Francisco de Quito), por lo que el número muestreado garantiza que la muestra es representativa.

Lugar: Se utilizaron las instalaciones del Laboratorio de Análisis de Alimentos, la planta piloto y la cocina experimental del Colegio de Agricultura, Alimentos y Nutrición de la Universidad San Francisco de Quito (USFQ).

Análisis Químicos: Para la determinación de alcaloides se utilizó el método establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN 2 390:2004 (INEN 2004). La determinación de humedad fue realizada siguiendo el método establecido por la AOAC 925.09 (AOAC 2005).

Determinación de humedad:

Se secó un plato de aluminio a 98-100 °C hasta obtener un peso constante. Posteriormente, el plato fue enfriado en el desecador y pesado luego de alcanzar la temperatura ambiente. A continuación, se pesaron 2 g de la muestra de chocho molida en

el plato de aluminio. Se colocó la muestra en la estufa a una temperatura de 98-100 °C hasta que alcanzó un peso constante (aproximadamente 5 horas). Inmediatamente se sacó el plato de la estufa y fue transferido al desecador, para posteriormente pesarlo, una vez que haya alcanzado la temperatura ambiente. Finalmente, se reportó la pérdida de peso como humedad.

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{Peso inicial muestra (g)} - (\text{Peso final muestra (g)} - \text{Peso plato (g)})}{\text{Peso inicial muestra (g)}} \times 100$$

Las determinaciones de humedad fueron realizadas por triplicado para cada tratamiento analizado.

Determinación de alcaloides:

Se pesaron 0.2 g de muestra de chocho previamente molida y homogenizada en un mortero. Se agregó 0.6 g de óxido de aluminio básico y se mezcló bien hasta formar un polvo impalpable. En seguida, se añadió 0.2 ml de KOH al 15% y se mezcló bien hasta formar una pasta homogénea. Se transfirió la muestra a un tubo de centrifuga, se agregó 6 ml de cloroformo, se mezcló con una varilla y se centrifugó por 2 minutos a 900 x g. Se recibió la fase clorofórmica en un vaso de precipitación perfectamente limpio provisto de embudo con algodón en la base del cono y se repitieron las extracciones 10 veces. Posteriormente, se lavó el embudo por dentro y por fuera con aproximadamente 5 ml de cloroformo. Se recogió el lavado en el vaso de precipitación y se evaporó con calor suave dejando en la etapa final 1ml, que desapareció rápidamente al retirar la muestra del calor. Finalmente, se agregó 5 ml de ácido sulfúrico 0.01N, dos gotas de rojo de metilo y se tituló el exceso de ácido con NaOH 0.01N.

El contenido de alcaloides se reportó como lupanina.

$$\% \text{ alcaloides} = \frac{V (\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ gastado}) (\text{ml}) \times N (\text{H}_2\text{SO}_4) \times 24.8 \times \text{Fc. de corrección}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

Las determinaciones de alcaloides fueron realizadas por triplicado para cada tratamiento analizado.

Tratamientos en estudio.

En el experimento se analizaron los efectos de diferentes condiciones de hidratación, hervido y lavado. Para ello se evaluaron 10 tratamientos (tabla 1) y se tomaron muestras de cada uno para realizar determinaciones de humedad y alcaloides.

Los resultados de los análisis de alcaloides se utilizaron para determinar las condiciones óptimas para el proceso de desamargado del chocho. Los porcentajes de humedad obtenidos se utilizaron para evaluar el crecimiento del grano en las diferentes etapas del proceso.

Hidratación

Se estudió el efecto de hidratación del chocho a 0 y 18 horas.

Para el primer tratamiento, se pesaron 1000 g de chocho crudo en una balanza de precisión. Posteriormente, se eliminaron las impurezas, granos dañados, secos y rotos. Se determinó el porcentaje de humedad y alcaloides.

Para el tratamiento de 18 horas de hidratación, se pesaron 1000 g de chocho, se eliminaron las impurezas y granos defectuosos. A continuación, se hidrató la muestra por 18 horas, tiempo utilizado actualmente para el procesamiento de chocho en la provincia de Cotopaxi. Para ello se sumergieron los granos en agua potable a temperatura ambiente, manteniendo una relación de peso de 2.5:1 respecto al grano crudo. Finalmente, se tomó una muestra de 10 gramos del chocho hidratado y se determinó el porcentaje de humedad y alcaloides.

Hervido

Se estudió el efecto del proceso de ebullición por 1 y 3 horas, en las muestras sin y con hidratación por 18 horas.

Del chocho crudo sin hidratación, se tomaron 600 g y se transfirieron a una olla. Se añadió agua potable a temperatura ambiente en una relación de peso de 2.5:1 respecto al grano crudo. A continuación, se procedió a hervir la muestra por 1 y 3 horas. Durante este proceso se añadió agua adicional, previamente pesada, con la finalidad de lograr que todos los granos permanezcan hidratados. Se tomaron muestras a la primera y tercera hora de hervido para realizar la determinación de humedad y alcaloides.

De las muestras que fueron hidratadas por 18 horas se pesaron 600 g de chocho hidratado y se transfirieron a una olla. Se añadió agua potable en una relación de peso 2.5:1 respecto al grano crudo. Posteriormente, se realizó el hervido por 1 y 3 horas. Durante este proceso, se añadieron cantidades de agua previamente pesadas con la finalidad de lograr que todos los granos permanezcan hidratados. Se tomaron muestras a la primera y tercera hora de hervido para realizar la determinación de humedad y alcaloides.

Lavado

El estudio de lavado se realizó utilizando agitación mecánica e hidro-agitación y en dos etapas. Este procedimiento se efectuó por el tiempo necesario para reducir el porcentaje de alcaloides del chocho a niveles aceptados por la Norma INEN 2 390:2004 (INEN 2004) para el consumo directo del grano.

Etapá 1 de lavado

Primero, se estudió el proceso de lavado con agitación mecánica. Para ello, se pesaron 300g de chocho crudo los que fueron seleccionados y divididos en cuatro canastillas elaboradas de malla plástica perforada para facilitar el contacto con agua. Las muestras fueron hidratadas por 18 horas y hervidas por 1 hora (similar al proceso actual realizado en San Pedro, Cotopaxi). Posteriormente, se transfirieron las canastillas a un agitador rotatorio adaptado previamente y se sumergieron en agua en una relación de peso de 2.5:1 respecto al grano crudo. Se realizaron tres cambios de agua por día a las 8:00 am, 11:00 am y 3:00 pm (igualmente similar al tratamiento realizado en Cotopaxi). El funcionamiento de la máquina es similar a una centrífuga movida por un motor. La velocidad de rotación utilizada fue de 30 rpm. Este tratamiento se realizó durante 1 hora y

10 minutos tres veces al día, a las 8:00am, 11:00am y 3:00pm. Previo al inicio de cada agitación, se realizó un cambio de agua, manteniendo la relación de peso de 2.5:1 respecto al grano crudo. Se tomaron muestras de chocho al tercer, quinto y séptimo día de lavado para realizar la determinación de humedad y alcaloides.

Para el proceso de hidro-agitación se pesaron 9500 g de chocho crudo, los que fueron seleccionados y colocados en un saco elaborado de malla plástica perforada para facilitar el desamargado. Los granos fueron sometidos a los procesos de hidratación y hervido antes mencionados. La hidro-agitación consistió en simular un hidromasaje mediante la recirculación de agua a presión de 7 psi. Para ello se utilizó un mecanismo de recirculación y un hidromasaje montado sobre un tanque reservorio metálico. Este sistema fue diseñado por Francisco Carvajal, profesor de la USFQ, ensamblado en la planta de alimentos de la USFQ por Francisco Carvajal; Manuel Chuquimarca, supervisor de la planta de alimentos de la USFQ y Jorge Gualotuña, técnico de la planta de alimentos de la USFQ. El sistema permite recircular el agua y generar un efecto de masaje al chocho. Esta agitación se realizó por 1 hora y 10 minutos, tres veces al día, a las 8:00 am, 11:00 am y 3:00 pm (en total, 3 horas y 30 minutos por día). Previo a cada agitación, se realizó un cambio de agua, manteniendo la relación de peso de 2.5:1 respecto al grano crudo. En caso de ser necesario, y en todos los tratamientos se añadió mayor cantidad de agua, pesada previamente, con la finalidad de lograr que todos los chochos estén sumergidos en agua. Durante todo el tratamiento se utilizó agua a temperatura ambiente 15 °C, debido a que es la temperatura a la que está el agua usada por los procesadores de chocho en San Pedro de Tanicuchí, Provincia del Cotopaxi. Se tomaron muestras de chocho al primer, tercero y último día de lavado para realizar la determinación de humedad y alcaloides.

Etapá 2 de lavado

El tratamiento cuyo tiempo total de lavado fue menor (durante la etapa 1) fue estudiado nuevamente. Igual que en la etapa 1, los granos fueron pesados, seleccionados, colocados en una canastilla de malla plástica, hidratados por 18 horas y hervidos por 1 hora. Posteriormente, fueron lavados con una agitación tres veces por día (8:00 am, 11:00 am y 3:00 pm). De igual manera se mantuvieron los tres cambios de agua previo al inicio de la agitación, esta vez sin embargo, la agitación se realizó por 2.33 horas cada vez (en

total, 7 horas por día). Se buscó de esta manera evaluar el mejor tratamiento obtenido en la etapa 1 duplicando el tiempo de agitación. Se tomaron muestras de chocho al segundo, tercero y último día de lavado para realizar la determinación de humedad y alcaloides.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se muestran las humedades obtenidas en diferentes etapas de cada tratamiento. Así, en el caso del grano crudo la humedad promedio fue de 8.7%. Con la hidratación por 18 horas, el chocho alcanzó una humedad de 60.8%. En la etapa del hervido sin hidratación, los granos alcanzaron el 63.3% de humedad a las tres horas de proceso, mientras que en las muestras con hidratación por 18 horas los granos alcanzaron el 68.8% de humedad a la primera hora de hervido y el 69.8% a las tres horas de este proceso. En el lavado, la humedad se incrementó hasta 74.6 %. Durante el proceso de lavado e independientemente del tipo de agitación la humedad final del chocho supera el 70% (Tabla 2), obteniéndose porcentajes que están dentro del rango de humedad establecido por la norma INEN 2 390:2004 (INEN 2004) para el chocho desamargado. Estos resultados se corroboran con un estudio realizado en el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador en el cual se determinó que durante el proceso de desamargado, el grano absorbe alrededor del 64% de humedad, tomando en consideración que el contenido de humedad del grano amargo es de un 10% en promedio. (Caicedo *et al.* 2000).

Al comparar los porcentajes de humedad obtenidos en los diferentes tratamientos, se puede afirmar que la hidratación es la etapa donde el chocho absorbe mayor cantidad de agua y por lo tanto se produce el mayor crecimiento del grano. En esta etapa el chocho crece en una proporción de 2.2:1 respecto al grano crudo (Tabla 3), si el proceso de hidratación se realiza por 18 horas. Este resultado se corrobora con los resultados obtenidos en un estudio realizado por el Programa Nacional de Leguminosas del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agroupecuarias del Ecuador en el cual se concluyó que el tiempo de hidratación óptimo de desamargado del chocho es de 18-20 horas, logrando con este procedimiento aumentar el peso en 2.26 veces en relación al tamaño original (Colquehuanca 2008b).

En el caso de que no exista una hidratación previa al hervido, se requieren al menos tres horas de hervido para lograr el incremento de tamaño a 2.3:1, similar al 2.2 conseguido a través de la hidratación por 18 horas (Tabla 3).

En la Tabla 3 se observa, además, que independientemente del tiempo de hidratación, el peso del chocho se incrementa conforme aumenta el tiempo de hervido, sin embargo esta diferencia es mínima en el caso de chocho hidratado por 18 horas y sometido a hervido por 1 y 3 horas.

En la Tabla 4 se observa que con las diferentes combinaciones de hidratación, hervido y lavado, el incremento en peso de los granos de chocho varía en una proporción de 2.35 a 2.7:1 respecto al grano crudo. Esto se ratifica con los resultados obtenidos en un estudio realizado en la Universidad Nacional del Cusco en donde se determinó que durante el proceso de desamargado el peso de los granos se incrementó en proporciones de 2.4:1 respecto al grano crudo (Colquehuanca 2008a). En otra investigación, realizada en la planta piloto experimental de la Estación Santa Catalina del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador se concluyó que el índice de crecimiento del chocho durante todo el proceso fue de 2.3 (Caicedo 2001).

En la Tabla 4 se observa que la hidro-agitación tiene mayor efecto en el incremento en el peso del grano que la agitación mecánica. En los dos tratamientos realizados con este método los granos ganaron más peso.

La agitación durante el lavado disminuye la cantidad de agua utilizada en el proceso cuando se compara con un proceso de lavado sin agitación (Tabla 4). Con la hidro-agitación por 7 horas/día se ahorró un 18.9% de agua respecto al método sin agitación y con hidro-agitación por 3.5 horas/día se ahorró 4.5% respecto al método con ausencia de agitación. Por lo tanto, la hidro-agitación por 7 horas/día es la opción que utiliza menor cantidad de agua durante el proceso (Tabla 4).

El análisis cuantitativo de alcaloides para la etapa de hidratación (Tabla 5), muestra que luego de 18 horas de hidratación el contenido de alcaloides disminuyó a 3.3% en base seca, es decir que en esta etapa casi no hay disminución del contenido de alcaloides.

En la Tabla 5, al comparar los porcentajes de alcaloides en base seca de las muestras sometidas a distintos tiempos de hidratación y hervido, se puede ver que con una hidratación de 18 horas y 1 hora de hervido se redujo el contenido de alcaloides a 2.6% (en base seca) y a 2.3% a las tres horas de hervido. Tómese en consideración que el contenido de alcaloides en el chocho crudo es 3.4% en base seca. Luego de la primera hora de hervido, la pérdida adicional de alcaloides es apenas 0.3% (base seca) por lo tanto, sería suficiente con someter al grano a una hora de tratamiento térmico y continuar con el lavado. Los tratamientos de hervido por 3 horas podrían ser descartados ya que no presentan una reducción significativa del contenido de alcaloides respecto al hervido por 1 hora. En la Tabla 5, se observa además que si bien las fases de hidratación y hervido son importantes, será en la fase de lavado donde se eliminarán la mayor parte de los alcaloides.

En las Tablas 6 y 7 se observa que el proceso de hidro-agitación por 7 horas/día fue el mejor tratamiento ya que logró reducir a 4.3 días el lavado. Esta es una reducción importante si se toma en cuenta que el proceso de lavado sin ningún tipo de agitación tardó 7.1 días. La condición de 3.5 horas/día de hidro-agitación redujo el tiempo de lavado a 6.0 días. Finalmente, la agitación mecánica por 3.5 horas/día no produjo una reducción considerable en el tiempo de lavado respecto al proceso sin agitación. Existe un estudio realizado en el INIAP, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador, en el cual se utilizó agitación durante todo el proceso de lavado para el desamargamiento del chocho y se concluyó que la agitación es el factor más influyente en el tiempo de procesamiento. Las muestras desamargadas en agua estacionaria presentaron mayores tiempos de lavado (Colquehuanca 2008b). En esta investigación se evidencian similares resultados a los obtenidos por el INIAP.

La hidro-agitación reduce el tiempo de lavado al producir desplazamiento del agua alrededor de los granos, lo que a su vez permite disminuir el tiempo de proceso y el consumo de agua.

Al disminuir el tiempo de lavado, se reduce la cantidad de agua utilizada en el proceso, por lo tanto sería necesario hacer un análisis de costos para determinar si es

rentable invertir en hidro-agitación o si resulta más económico permanecer con más días de lavado sin agitación.

Al final de la etapa de hidro-agitación por 7 horas/día la cantidad de alcaloides presente es 0.06% en base húmeda (Tabla 6). A través, del proceso de desamargado se eliminó el 98.1% de alcaloides en base húmeda (equivalente a 94.1% en base seca) (Tabla 7). La determinación del punto final del proceso se realizó basándose en el análisis cuantitativo de alcaloides y se confirmó sensorialmente, cuando el sabor amargo del chocho fue imperceptible.

CONCLUSIÓN

Los efectos combinados de hidratación por 18 horas, hervido por 1 hora y lavado con hidro-agitación 7 horas/día con 3 cambios de agua/día permiten reducir el tiempo de proceso de siete u ocho días actualmente empleados en San Pedro, Cotopaxi, a 5.1 días (0.8 días para remojo y hervido y 4,3 para lavado). Estas condiciones también disminuyen el consumo de agua en un 18.9%.

RECOMENDACIÓN

Se sugiere continuar explorando y evaluando el tiempo de hidro-agitación y su impacto en el proceso. Sería conveniente además realizar un estudio económico que mida la factibilidad del proceso recomendado, un análisis sensorial y una investigación del valor nutricional del grano desamargado utilizando las condiciones propuestas para evaluar si existen mayores pérdidas nutricionales que en el método tradicional de desmargado.

NOTA

Este proyecto fue financiado por el proyecto TELFUN (Tailoring Food Sciences to Endogenous Patterns of Local Food Supply for Future Nutrition, Holanda) y todos los derechos del mismo corresponden al proyecto TELFUN y a Francisco Carvajal.

BIBLIOGRAFÍA

- Lane RH. 2005. Cereal Foods. In: Horwitz W, Latimer G. Official Methods of Analysis of the AOAC International. 18th ed. Gaithersburg, Maryland: Association of Official Analytical Chemists. p777.
- Caicedo C, Peralta E, Rivera M, Murillo A, Pinzón J. 1999a. Variedad de chocho para la Sierra Ecuatoriana. INIAP-450 Andino. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Programa Nacional de Leguminosas. Quito, Ecuador.
- Caicedo C, Peralta E, Rivera M, Murillo A, Pinzón J. 1999b. Variedad de chocho para la zona centro/norte de la sierra Ecuatoriana. INIAP- 450 Andino. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Programa Nacional de Leguminosas. Quito, Ecuador.
- Caicedo C, Peralta E. 2000. Diagnostico del procesamiento artesanal comercialización y consumo del chocho. Zonificación potencial, sistemas de producción y procesamiento artesanal del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Programa Nacional de Leguminosas. Quito, Ecuador.
- Caicedo C, Peralta E, Villacrés E, Rivera M. 2001. Pos cosecha y mercado de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Ecuador. Quito: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. 36p.
- Carrión MJ. 2006. Reutilización del efluente del desamargado de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). [Tesis de Ingeniería en Alimentos]. Ambato, Tungurahua: Universidad Técnica de Ambato. 134 p. Disponible en: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Quito. Mfn 6337.
- Colquehuanca CH, editor. Desamargado de tarwi en la planta piloto de la Universidad del Cusco. III Congreso Internacional de Cultivos Andinos; 1982 Febrero 8-12; La Paz: Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria; 2008a.

Colquehuanca CH, editor. Efectos del hervido y lavado, sobre el peso, volumen y contenido de alcaloides en el grano de tarwi. III Congreso Internacional de Cultivos Andinos; 1982 Febrero 8-12; La Paz: Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria; 2008b.

Enríquez R. 2004. El Potencial del tarwi. CIPCA Notas 2004. No 70. Centro de Investigación y promoción del Campesinado. La Paz.

Carvajal Francisco. Profesor del Colegio de Agricultura, Alimentos y Nutrición de la Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador. MSc en Alimentos y Nutrición, USFQ, Quito, Ecuador y MBA en Gerencia Empresarial, Universidad Politécnica Javieriana, Quito, Ecuador.

Gavilanes MK. 2003. Análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) para la planta de desamargado de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) y especificaciones de calidad del grano. [Tesis Doctoral de Bioquímica y Farmacia]. Riobamba, Chimborazo: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 143p. Disponible en: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Quito. Mfn 6053.

Belitz W, Grosch B. 1997. Química de los Alimentos. 2da ed. Zaragoza: Acribia. 1087p.

Gross R. 1982. El cultivo y la utilización del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Roma: Agencia Alemana de Cooperación Técnica de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 236p.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). 2004. Norma Técnica NTE INEN 2390:2004: Leguminosas grano desamargado de chocho requisitos. 1era ed. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización. 5 p.

Jacobsen SE, Sherwood S. 2002. Cultivo de granos andinos en Ecuador. Quito: Abya-Yala. 90 p.

Jacobsen SE, Mujica A. 2006. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

Jarrín MP. 2003. Tratamiento del agua de desamargado de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), proveniente de la planta piloto de la Estación Santa Catalina INIAP. [Tesis Doctoral de Bioquímica y Farmacia]. Riobamba, Chimborazo: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 240 p. Disponible en: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Quito. Mfn 9285.

Peña J, Villegas A, Sánchez P. 2002. Contenido de N, P, K y rendimiento de frambuesa Roja (*Rubus idaeus* L.) 'Autumn bliss' orgánico asociada con lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet.). Revista Peruana de Biología. Vol 1. No 1. Lima.

Peralta E, Caicedo C, Pinzón J, Rivera M. 1998. Diseño, construcción y evaluación de una planta procesadora de chochos. En: Peralta E, Caicedo C, Pinzón J, Rivera M, editores. Informe Técnico Anual sobre el Programa Nacional de Leguminosas. Quito: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. p 137-144.

Santos CN, Ferreira RB, Teixeira AR. 1997. Seed proteins of *Lupinus mutabilis*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 45(10):3821-5.

Shoeneberger H, Gross R, Cremer H, Elmadfa I. 1982. Composition and protein quality of *Lupinus mutabilis*. The Journal of Nutrition. 112:70-6.

Wink M. 1992. *Lupinus mutabilis*: Composition and potential applications of quinolizidine alkaloids. En: Commission of the European Communities. *Lupinus mutabilis*: its adaptation and production under European pedoclimatic conditions. Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities. p 45-62.

ANEXOS

Tabla 1. Tratamientos estudiados

Tratamientos	Condiciones
1	Tiempo hidratación (0h), tiempo hervido (0 h)
2	Tiempo hidratación (0h), tiempo hervido (1 h)
3	Tiempo hidratación (0h), tiempo hervido (3 h)
4	Tiempo hidratación (18h), tiempo hervido (0 h)
5	Tiempo hidratación (18h), tiempo hervido (1 h)
6	Tiempo hidratación (18h), tiempo hervido (3 h)
7	Tiempo hidratación (18h), tiempo hervido (1 h), lavado (sin agitación)
8	Tiempo hidratación (18h), tiempo hervido (1 h), lavado (agitación mecánica 3.5h/día)
9	Tiempo hidratación (18h), tiempo hervido (1 h), lavado (agitación hidro-agitación 3.5h/día)
10	Tiempo hidratación (18h), tiempo hervido (1 h), lavado (agitación hidro-agitación 7h/día)

Tabla 2. Porcentaje de humedad y materia seca del chocho después de cada tratamiento.

Tiempo hidratación (horas)	Tiempo de hervido (horas)	Tipo de lavado	Tiempo de lavado	* % Humedad (base húmeda)	* % Materia Seca (base húmeda)
0	0			8,7 ±0,7	91,3±0,7
0	1			51,5±0,6	48,5±0,6
0	3			63,3±0,4	36,7±0,4
18	0			60,8±0,6	39,2± 0,6
18	1			68,8±1,0	31,2±1,0
18	3			69,8±0,4	30,23±0,4
18	1	Sin agitación	Día 3	73,3±0,5	26,7±0,5
18	1	Sin agitación	Día 5	74,0±0,4	26,0±0,4
18	1	Sin agitación	Día 7	73,3±1,3	26,7±1,3
18	1	Agitación Mecánica 3.5 h/día	Día 1	73,7±0,7	26,3±0,7
18	1	Agitación Mecánica 3.5h/día	Día 3	77,0±0,5	23,0±0,5
18	1	Agitación Mecánica 3.5h/día	Día 5	74,0±0,6	26,0±0,6
18	1	Hidro-agitación 3.5h/día	Día1	74,6±0,6	25,4±0,6
18	1	Hidro-agitación 3.5h/día	Día 3	73,6±0,8	26,4±0,8
18	1	Hidro-agitación 3.5h/día	Día 5	75,3±0,2	24,7±0,2
18	1	Hidro- agitación 7h/día	Día 2	74,3±0,4	25,7±0,4
18	1	Hidro-agitación 7h/día	Día 3	73,7±1,3	26,3±1,3
18	1	Hidro- agitación 7h/día	Día 4	74,3±0,5	25,7±0,5

* Media de 3 determinaciones

Tabla 3. Determinación de la variación del peso, agua utilizada y crecimiento del grano durante los procesos de hidratación y hervido por 100g de chocho crudo.

Hidratación (h)	Peso después de la hidratación (g)	Agua utilizada en la hidratación (g)	Hervido (h)	Peso después del hervido (g)	Agua utilizada en el hervido	Relación de tamaño grano crudo: grano tratado
0	100.0±0,0	0	0	100.0±0,0	0,0±0,0	1.0 : 1.0
0	100.0 ±0,0	0	1	165,6±0,3	272.9±0,0	1.0: 1.6
0	100.0±0,0	0	3	225,3±0,4	327.5±0,0	1.0: 2.3
18	216,2±0,8	272.9±0,0	0	216,2±0,8	0.0±0,0	1.0: 2.2
18	216.2±0,8	272.9±0,0	1	236,1±1,2	272.9±0,0	1.0: 2.4
18	216,2±0,8	272.9±0,0	3	238,4±0,6	327.5±0,0	1.0: 2.4

Tabla 4. Procesos de lavado de chocho vs peso final del producto, consumo de agua y tiempo utilizado.

Tiempo de hidratación (h)	Tiempo de hervido (h)	Procesos de lavado empleados	Peso final del chocho (g) por 100g de chocho crudo	Agua total utilizada (g) por 100 g de grano crudo	Tiempo total del proceso (días*)	Relación de tamaño grano crudo: grano tratado
18	1	Sin agitación	235,7±0,3	7333±0	7.9±0,0	1:2.4
18	1	Agitación mecánica 3.5h/ día	235,6±0,3	6909±0	7.8±0,0	1:2.4
18	1	Hidro-agitación 3.5h/día	241,9±1,1	7000±0	6.8±0,0	1:2.4
18	1	Hidro-agitación 7h/día	265,8±1,9	5950±0	5.1±0,0	1:2.7

* Incluye el tiempo de hidratación, hervido y lavado

Tabla 6. Tratamientos de lavado empleados vs contenido de alcaloides (base húmeda) y días requeridos de lavado.

Condición del proceso Lavado (**)	% de alcaloides en base húmeda (*)						
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Sin agitación			1,07 ±0,20		0,34 ±0,10		0,06 ±0,00 ¹
Agitación mecánica 3.5h/día	0,44 ±0,18		0,30 ±0,06			0,08 ±0,05	0,06 ±0,00
Hidro-agitación 3.5h/día	0,37±0,00		0,22±0,06		0,14 ±0,05	0,06 ±0,00	
Hidro-agitación 7,0h/día		0,25 ±0,04	0,10 ±0,03	0,06 ±0,04 ²			

* Media de 3 determinaciones

** El proceso finalizó cuando el contenido de alcaloides fue igual a 0,06%

¹ Corresponde a 7.1 días

² Corresponde a 4.3 días

Tabla 7. Tratamientos de lavado empleados vs contenido de alcaloides (base seca) y días requeridos de lavado.

Condición del Proceso Lavado(**)	% de Alcaloides en Base Seca (*)						
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Sin agitación			4,01 ±0,75		1,31 ±0,39		0,22 ±0,00 ¹
Agitación mecánica 3.3h/día	1,67±0,70		1,30 ±0,26			0,30±0,19	0,22 ±0,00
Hidro-agitación 3.3h/día	1,46 ±0,0		0,83 ±0,22		0,57 ±0,33	0,22 ±0,00	
Hidro- agitación 7h/día		0,97±0,10	0,40±0,10	0,22 ±0,10 ²			

* Media de 3 determinaciones

** El proceso finalizó cuando el contenido de alcaloides fue igual o menor a 0,22%

¹ Corresponde a 7.1 días

² Corresponde a 4.3 días