

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**ESTUDIO DEL PROCESO DE LAVADO DE CHOCHO (*LUPINUS
MUTABILIS SWEET*) POR HIDRO-AGITACIÓN**

Cristina Armas, Ana María Rovalino

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniería de
Alimentos

Quito
Marzo 2011

© Derechos de autor

María Cristina Armas, Ana María Rovalino

2011

RESUMEN

El alto contenido nutricional de la leguminosa andina *Lupinus mutabilis* Sweet ha incentivado el estudio de procesos de extracción de alcaloides los que restringen su ingesta. El presente estudio se concentró en el proceso de lavado usando agua fría. El estudio se dividió en dos etapas. En primera instancia se analizó el efecto de nueve combinaciones de tiempos de hidro-agitación y cantidad de cambios de agua sobre las variables: gasto energético, tiempo de proceso, consumo de agua, cantidad de alcaloides removidos, sólidos remanentes y peso final del producto. Mediante el uso de herramientas estadísticas se seleccionó los tratamientos con mejor desempeño de las variables estudiadas desde la perspectiva del productor: 3 cambios de agua, 0 horas de hidro-agitación; 6 cambios de agua, 0 horas de hidro-agitación; 9 cambios de agua, 0 horas de hidro-agitación y 6 cambios de agua 22 horas de hidro-agitación. Posteriormente estos tratamientos fueron sometidos a una nueva comparación, esta vez las variables medidas fueron: composición nutricional, calidad microbiológica y sensorial. El estudio encontró dos tratamientos con el mayor puntaje los cuales son: 3 cambios de agua, 0 horas de hidro-agitación y 6 cambios de agua, 0 horas de hidro-agitación. Se diseñaron procesos que pueden ser realizados en sólo tres días (9 cambios de agua, 11 horas de hidro-agitación, 6 cambios de agua, 22 horas de hidro-agitación y 9 cambios, 22 horas de hidro-agitación), otros que ahorran hasta un 42.5% de agua respecto al proceso actual (3 cambios de agua, 22 horas de hidro-agitación) y aquellos con el más alto contenido nutricional (3 cambios de agua, 0 horas de hidro-agitación y 6 cambios de agua, 0 horas de hidro-agitación).

Palabras claves: *Lupinus mutabilis sweet*, alcaloides, lavado.

SUMMARY

The high nutritional content of the Andean legume *Lupinus mutabilis* Sweet has promoted the study of many alkaloids extraction processes, which limit lupine consumption. The present study was focused on the washing process using cold water. The study was divided in two stages. First, it was analyzed the effect of nine combinations of hydro-agitation times and number of water changes on the variables: energy expense, processing time, water expense, amount of removed alkaloids, remaining solids and product weight.

Treatments showing the best performance were selected by using statistic tools and considering the convenience of processor. These treatments were: 3 changes of water, 0 hours of hydro-agitation; 6 changes of water, 0 hours of hydro-agitation; 9 changes of water, 0 hours of hydro-agitation and 6 changes of water, 22 hours of hydro-agitation.

Then these treatments were compared again. This time the measured variables were: nutritional composition, microbiological and sensorial quality. Two treatments reached the highest score: 3 changes of water, 0 hours of hydro-agitation and 6 changes of water, 0 hours of hydro-agitation.

There are processes that can be completed in only three days (9 changes of water, 11 hours of hydro-agitation; 6 changes of water, 22 hours of hydro-agitation and 9 changes of water, 22 hours of hydro-agitation), other (3 changes of water, 22 hours of hydro-agitation) can save up to 42.5% of water in comparison to the current process and the ones with the highest nutritional content (3 changes of water, 0 hours of hydro-agitation and 6 changes of water, 0 hours of hydro-agitation).

Key words: *Lupinus mutabilis* sweet, alkaloids, debittering.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	2
MATERIALES Y MÉTODOS	6
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
CONCLUSIÓN	15
RECOMENDACIONES	16
BIBLIOGRAFÍA	17

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Procesos de lavado de chocho vs peso final del producto, consumo de agua, tiempo utilizado y consumo de energía.	20
Tabla 2. Porcentaje de humedad, materia seca y alcaloides del chocho al final del proceso de lavado	21
Tabla 3. Análisis de Varianza (ANOVA) del consumo de agua, energía peso final, sólidos retenidos y tiempo en la etapa de lavado.	22
Tabla 4. Tiempo de lavado necesario para alcanzar un contenido de alcaloides menor o igual a 0.06% (base húmeda)	22
Tabla 5. Peso final del chocho por 100g de chocho crudo.	23
Tabla 6. Tiempo de lavado por 100g de chocho crudo.	23
Tabla 7. Consumo de energía por 100g de chocho crudo en la etapa de lavado.	24
Tabla 8. Consumo de agua por 100g de chocho crudo en la etapa de lavado.	24
Tabla 9. Sólidos retenidos al final de los diferentes procesos por 100g de chocho crudo.	25

Tabla 10. Calificación ponderada de los tratamientos.	25
Tabla 11. Análisis físico-químicos de los tratamientos escogidos (base seca).	25
Tabla 12. Resumen de Análisis de Varianza (ANOVA) del contenido de humedad, grasa, proteína, ceniza y carbohidratos (CHO) de los tratamientos escogidos (base seca).	26
Tabla 13. Composición química proximal del chocho desamargado según la norma INEN. NTE INEN 2 390:2004	26
Tabla 14. Contenido de proteína final del chocho en los tratamientos escogidos.	26
Tabla 15. Contenido de carbohidratos final del chocho en los tratamientos escogidos.	27
Tabla 16. Contenido de ceniza final del chocho en los tratamientos escogidos.	27
Tabla 17. Ensayos microbiológicos de los tratamientos escogidos.	27
Tabla 18. Requisitos microbiológicos del chocho desamargado según norma INEN. NTE INEN 2 390:2004	28
Tabla 19. Calificación ponderada del análisis físico-químico de los tratamientos escogidos.	28

Tabla 20. Calificación ponderada del análisis microbiológico de los 28
tratamientos escogidos.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Tiempo de lavado (días) vs contenido de alcaloides para el tratamiento 3C0H. 29
- Figura 2. Tiempo de lavado (días) vs contenido de alcaloides para el tratamiento 6C0H 29
- Figura 3. Tiempo de lavado (días) vs contenido de alcaloides para el tratamiento 9C0H. 30
- Figura 4. Tiempo de lavado (días) vs contenido de alcaloides para el tratamiento 3C11H. 30
- Figura 5. Tiempo de lavado (días) vs contenido de alcaloides para el tratamiento 6C11H. 31
- Figura 6. Tiempo de lavado (días) vs contenido de alcaloides para el tratamiento 9C11H. 31
- Figura 7. Tiempo de lavado (días) vs contenido de alcaloides para el tratamiento 3C22H. 32
- Figura 8. Tiempo de lavado (días) vs contenido de alcaloides para el tratamiento 6C22H. 32
- Figura 9. Tiempo de lavado (días) vs contenido de alcaloides para el tratamiento 9C22H. 33

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 34

ANEXO 2 35

INTRODUCCIÓN

Lupinus mutabilis Sweet, también llamado tarwi o chocho (Jacobsen y Mujica 2006) es una especie leguminosa que se cultiva en los países andinos de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina (Jacobsen y Mujica 2006). Sus semillas se usan para el consumo y para la alimentación animal de rumiantes, cerdos y aves (Jacobsen y Mujica 2006). El chocho es apreciado como alimento gracias a su sabor tenue, en comparación a otras leguminosas como la soya. La semilla tiene potencial como materia prima en la fabricación de diversos productos alimenticios como brotes de semilla de chocho, alimentos fermentados (miso, *tempeh*, carne vegetal de chocho, salsas), tofu, leche de chocho (Villacrés *et al.* 2006), suplementos de fibra, aislados de proteína, harina, *grits* y *snacks* (Pettersen y Crosbie 1989).

Además de su agradable sabor la semilla desamargada en base seca está constituida por: humedad 73,63%, materia seca 26,37%; estando esta última compuesta por: proteína bruta 51,05 %, extracto etéreo 20,37%, fibra bruta 7,47%, cenizas 2,31% y carbohidratos 18,80% (Caicedo y Peralta 2000). Las concentraciones mayoritarias de minerales en el chocho son Ca 0.42%, P 0.44%, Fe 120 ppm, Cu 10ppm y Zn 50ppm (Caicedo y Peralta 2000).

Debido a su composición el chocho es llamado “la soya de los Andes”, teniendo este un contenido de proteína alto e incluso algunas veces superior al de la soya (Papavergou *et al.* 1999). Los granos de soya contienen 34% de proteína pero dependiendo de su procesamiento pueden alcanzar hasta un 50% (de los sólidos totales); mientras que los granos de chocho contienen de 27-44% de proteína y pueden alcanzar 60% de proteína en ciertas preparaciones (Ruales *et al.* 1988). Adicionalmente su contenido de grasa es de alta calidad, aproximadamente el 3-14% de su contenido total corresponde a ácidos grasos esenciales (Jacobsen y Mujica 2006). El ácido graso predominante en la leguminosa en estudio es el oleico, seguido por el ácido graso esencial linoleico y en menor grado por el linolénico (Jacobsen y Mujica 2006).

Otro beneficio de este grano son sus bajas concentraciones de factores anti nutricionales que le otorgan ventajas sobre la soya. Tiene bajos contenidos de ácido fítico (0,44 g/100g) (Pettersen y Crosbie 1989), el mismo que se une a minerales como calcio y zinc en la dieta reduciendo su biodisponibilidad. Los inhibidores de tripsina que

interfieren con procesos digestivos son otros factores anti nutricionales presentes en bajas cantidades en el grano de chocho (0,18mg/g) (Petterson y Crosbie 1989).

Sin embargo, a pesar de ser esta semilla de gran potencial nutricional para que sea apta para el consumo humano y animal es necesario someterla a un proceso de desamargado que reduzca la concentración de alcaloides quinolizidínicos hasta un nivel seguro para su consumo. Para rumiantes y aves el contenido de alcaloides en base húmeda debe ser reducido hasta 0,4 o 0,6% y para seres humanos y cerdos la concentración de los mismos no debe ser superior a 0,05% en base húmeda (Villacrés *et al.* 2000). Los alcaloides son compuestos derivados de la lisina, que al ser ingeridos tienen efectos hepatóxicos, neurotóxicos y teratógenos. La concentración de alcaloides en *L. mutabilis* Sweet crudo puede variar entre 2,6 a 4,2% (Villacrés *et al.* 2000).

Es importante mencionar que los alcaloides en la planta cumplen funciones de preservación y participación del crecimiento vegetal debido a su capacidad de formar quelatos o de intervenir en fenómenos de óxido-reducción. También forman parte del sistema de defensa ante amenazas externas (Haro 2008). Adicionalmente, los restos de la planta de chocho que se utilizan como abono tienen gran utilidad debido a la presencia de alcaloides residuales que mejoran la retención de agua e incrementan la calidad de la materia orgánica del suelo (Haro 2008).

Ha sido reportado que los seres humanos tienen la capacidad de identificar una concentración de alcaloides de hasta 0,1% basados en la percepción de su sabor amargo. Esta característica aparentemente evitaría una posible intoxicación por la ingesta del mismo. Adicionalmente, las cantidades remanentes del alcaloide luego de un correcto proceso de desamargado son eliminadas por las heces y orina (Bacigalupo y Tapia 2000).

Los alcaloides del chocho pueden ser eliminados por varios mecanismos tales como: extracción simultánea de aceites y alcaloides, extracción por medio de alcohol y extracción acuosa.

El proceso de extracción simultánea de alcaloides y aceites se realiza triturando las semillas y extrayendo los componentes con agua. A continuación se realiza una centrifugación con el objetivo de separar el aceite, los sólidos y una mezcla acuosa restante que contiene proteína y sustancias solubles en agua. Este proceso es útil ya

que permite eliminar gran parte del contenido de alcaloides que presenta el chocho además de extraer el aceite y los alcaloides en un mismo paso; sin embargo, para realizar la extracción se debe triturar el grano por lo cual el consumo de esta leguminosa entera se ve restringida (Aguilera *et al.* 1983).

En el caso de la extracción por medio de alcohol se utiliza etanol, metanol e isopropanol para eliminar los alcaloides, sin embargo este proceso se ha realizado únicamente a escala de laboratorio (Bacigalupo y Tapia 2000).

En la extracción acuosa tradicional, los campesinos de los Andes utilizaban un método de desamargado del chocho que consistía en hervir el grano por un período de una hora aproximadamente. Luego los granos eran introducidos en bolsas permeables de yute las que eran colocadas en agua de río o acequias por un lapso de hasta 10 días. En la extracción acuosa tradicional existe una pérdida de aproximadamente 45% de materia seca, lo que incluye alto porcentaje de proteína, hidratos de carbono y aceite (Bacigalupo y Tapia 2000). Además, con este método, el control de calidad y la sanidad del chocho eran muy deficientes, por lo que desde entonces se ha intentado desarrollar nuevas tecnologías que permitan la obtención de un producto de mejor calidad y al mismo tiempo usando menor cantidad de agua y tiempo.

Artesanalmente, el proceso de extracción de estas sustancias se lleva a cabo de la siguiente manera (Villacrés *et al.* 2000). Después de la recolección de los granos se procede a una limpieza y selección manual de los mismos eliminándose desperdicios tales como piedras y otros materiales orgánicos. El siguiente paso es el remojo cuya finalidad es la absorción de agua y su duración es de 14 a 20 horas. Posteriormente, el agua de remojo es eliminada y a continuación se realiza una cocción que dura de 30 minutos a 2 horas (Caicedo y Peralta 2000), su finalidad es la disminución de la dureza del grano. El agua empleada para la realización de este proceso es utilizada algunas veces para bañar al ganado afectado por ectoparásitos o de lo contrario es desechada. A continuación se procede al lavado de la semilla con agua a temperatura ambiente por seis o siete días. Este proceso se realiza en siete u ocho días en total (Caicedo y Peralta 2000).

Entre las ventajas que brinda este proceso de desamargado se encuentra la destrucción a través de la cocción de enzimas como las lipasas, compuestos antinutricionales como los inhibidores de proteasas, hemaglutininas y ácido prúsico,

además de la eliminación de oligosacáridos durante el lavado (Caicedo y Peralta 2000). Sin embargo, este proceso presenta como desventajas el tiempo de procesamiento prolongado, lo que implica la reducción del contenido de alcaloides, pero también la pérdida de nutrientes, falta de control de calidad y uso de agua en altos volúmenes.

Peñaherrera *et al.* (2011) realizaron un estudio preliminar sobre la optimización del proceso de desamargado acuoso del chocho y encontraron que el tiempo de procesamiento podría ser reducido a cinco días usando para ello un proceso de remojo por 18 horas a temperatura ambiente (14-15°C), cocción por una hora y lavado a temperatura ambiente (14-15°C) usando 7 horas de hidro-agitación por día. Este proceso también reduciría el uso del agua en un 30%. En este estudio Peñaherrera *et al.* (2011) observaron que el peso del producto cambia de acuerdo a las condiciones de hidro-agitación. En este trabajo sin embargo, concluyeron que el proceso aún es susceptible de mejoramiento, especialmente en la etapa de lavado por hidro-agitación, pues es aquí donde se eliminan alrededor del 75% de los alcaloides. Este valor es similar al 69,7% reportado por Villacreses *et al.* (2011). El proceso de hidro-agitación consiste en simular un hidromasaje mediante la recirculación de agua a presión de 7 PSI (Peñaherrera *et al.* 2011). El sistema de recirculación se montó sobre un tanque metálico, fue diseñado por Francisco Carvajal y ensamblado en la planta piloto de alimentos de la Universidad San Francisco de Quito por Francisco Carvajal, Manuel Chuquimarca y Jorge Gualotuña. Debido a que el proceso de hidro-agitación consume energía se considera importante el estudio de esta variable.

Esta investigación se realizó con el objetivo de analizar desde la perspectiva del productor el efecto de hidro-agitación (0, 11 y 22 h) día combinado con cambios de agua (3, 6 y 9) sobre las variables: contenido residual de alcaloides, tiempo de lavado, consumo de agua y energía, sólidos retenidos y peso final. En base a estos resultados determinar cuáles son los mejores tratamientos. Adicionalmente se evaluará la calidad microbiológica, el análisis físico- químico y el nivel de agrado de los mejores tratamientos y una muestra comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de chocho

Se utilizaron semillas de tarwi (200 kg) de la especie *Lupinus mutabilis* Sweet recolectadas de procesadores de San Pedro de Tanicuchi, Provincia de Cotopaxi, Ecuador. La muestra fue mantenida en sacos de yute a temperatura de 14-16 °C y 80% de humedad relativa.

Laboratorios de Experimentación

Se utilizaron las instalaciones del Laboratorio de Análisis de Alimentos, Laboratorio de Biotecnología de Alimentos, planta piloto del Colegio de Agricultura, Alimentos y Nutrición y Laboratorio de Microbiología del Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales de la Universidad San Francisco de Quito.

Reactivos

Todos los reactivos usados fueron grado reactivo.

Método de desamargado de chocho

Las etapas de selección y pesado, hidratación y hervido se realizaron en base a los resultados obtenidos en el estudio de Peñaherrera *et al.* (2011).

- *Selección y pesado:*

Se realizó una selección manual del chocho con el objeto de eliminar los granos defectuosos (rotos, verdes, chupados, secos) así como las impurezas (piedras, palos, etc.). A continuación se pesó el chocho crudo y se colocó en sacos de malla plástica.

- *Hidratación:*

Se realizó una hidratación con agua potable de los granos de chocho previamente seleccionados, pesados y colocados en malla plástica. Este proceso fue llevado a cabo por 18h manteniendo una relación de peso de agua con respecto al grano crudo de 3:1. Los granos de chocho se sumergieron completamente en el agua para obtener una hidratación uniforme. Una vez concluido el tiempo de hidratación los sacos fueron sacados, escurridos y pesados.

- *Hervido:*

El chocho fue hervido por 1 hora contado a partir del momento en el que se produjo la ebullición del agua. La relación del peso del agua usada con respecto al

chocho crudo fue también de 3:1. Una vez concluido el tiempo de hervido los sacos de malla plástica conteniendo la semilla fueron sacados, escurridos y pesados.

- *Lavado:*

El estudio se enfocó en la etapa de lavado para desamargar chocho. El objetivo fue determinar el mejor tratamiento combinando distintos tiempos de agitación y cambios de agua, además de medir la interacción de ambos factores. Para ampliar el estudio de Peñaherrera *et al.* en el área de lavado se diseñaron 9 tratamientos:

- 3 cambios de agua con 0 horas de hidro-agitación por día (3C0H)
- 3 cambios de agua con 11 horas de hidro-agitación por día (3C11H)
- 3 cambios de agua con 22 horas de hidro-agitación por día (3C22H)
- 6 cambios de agua con 0 horas de hidro-agitación por día (6C0H)
- 6 cambios de agua con 11 horas de hidro-agitación por día (6C11H)
- 6 cambios de agua con 22 horas de hidro-agitación por día (6C22H)
- 9 cambios de agua con 0 horas de hidro-agitación por día (9C0H)
- 9 cambios de agua con 11 horas de hidro-agitación por día (9C11H)
- 9 cambios de agua con 22 horas de hidro-agitación por día (9C22H)

Para los tratamientos sin hidro-agitación se pesaron 212g de chocho crudo, el mismo que fue seleccionado, pesado, hidratado y hervido, utilizando el procedimiento antes mencionado. Luego se transfirió al saco de malla plástica conteniendo el chocho a un recipiente plástico de 5 litros de capacidad y se sumergió en agua a temperatura ambiente (14 -16° C). El agua se añadió manteniendo una relación de peso de 3.3:1 respecto al grano crudo. Los cambios de agua se distribuyeron equitativamente dentro de las 24 horas del día. Tomando como ejemplo el tratamiento de 3COH, si el hervido terminó a las 09:30, el primer cambio de agua se realizó a las 10:00, el segundo a las 18:00 y el tercero a las 02:00.

Este procedimiento se aplicó a todos los tratamientos sin hidro-agitación modificándose únicamente el número de cambios de agua al día, así como el horario de los cambios. Se realizaron 2 repeticiones de cada tratamiento.

En el caso de los tratamientos con hidro-agitación se pesaron 4200g de chocho crudo previamente seleccionados, pesados, hidratados y hervidos. A continuación se colocó las mallas de plástico conteniendo la semilla en el tanque de hidro-agitación y se adicionó agua a temperatura ambiente (14-16° C). La relación de agua con respecto al

chocho crudo fue de 3.6:1. En las pruebas de hidroagitación los cambios de agua y el tiempo de agitación también se distribuyeron equitativamente dentro de las 24 horas del día.

Tomando como ejemplo el tratamiento 3C11H, si el hervido terminó a las 09:30, el primer cambio de agua se realizó a las 10:00, a continuación se prendió la bomba iniciando la hidro-agitación. Luego de 3 horas y 40 minutos se apagó la bomba, manteniendo el chocho sumergido en agua pero sin hidro-agitación. El segundo cambio de agua se realizó a las 18:00 y se prendió la bomba también por un lapso de 3 horas y 40 minutos. El tercer cambio de agua fue a las 2:00 en el que se volvió a prender la bomba por 3 horas y 40 minutos, dando como resultado un tiempo total de hidro-agitación de 11 horas por día. Sin embargo la semilla siempre estuvo en contacto con agua.

Este procedimiento se aplicó a todos los tratamientos con hidro-agitación modificándose únicamente el tiempo de agitación y el número de cambios de agua dependiendo del tratamiento. Se realizaron 2 repeticiones de cada tratamiento.

Todos los procesos de lavado se mantuvieron por el número de días necesarios, hasta que en el producto no se percibió ningún rastro de sabor amargo. Adicional a ello, el contenido de alcaloides al final de cada tratamiento fue determinado experimentalmente en el laboratorio.

Diseño experimental

Estudio del tiempo de hidro-agitación y cambios de agua en el lavado

Se usó el diseño completamente al azar con arreglo factorial 3^2 . Los factores fueron tiempo de hidro-agitación (H) y número de cambios de agua (C). Los niveles de estos factores fueron: 0, 11 y 22 horas de hidroagitación; 3, 6 y 9 cambios de agua. Como resultado se obtuvieron 9 tratamientos: 3C0H, 6C0H, 9C0H, 3C11H, 6C11H, 9C11H, 3C22H, 6C22H y 9C22H.

Las variables medidas en las unidades experimentales para evaluar el efecto de los tratamientos fueron: gasto energético (kw), tiempo empleado (h), consumo de agua (g), peso final (g) en base húmeda (Tabla 1), contenido de sólidos retenidos (g/100g) en base seca y contenido de alcaloides (g/100g) en base húmeda (Tabla 2). Los resultados

obtenidos se expresaron con respecto a 100g de chocho crudo para facilitar la comparación y análisis.

Los resultados de este experimento se compararon entre sí a través del test ANOVA (Tabla 3). Posteriormente se realizó la prueba de separación de medias de TUKEY utilizando un nivel de significancia del 5% (Sánchez 2007).

Análisis de regresión

Se analizó tiempo de proceso vs porcentaje de alcaloides de las muestras de chocho de cada tratamiento y se estudió su comportamiento matemático a fin de encontrar el mejor modelo que se ajuste a los datos experimentales. Usando los modelos matemáticos y el valor de alcaloides determinado experimentalmente se estimó el tiempo de lavado necesario para alcanzar un contenido de alcaloides menor o igual a 0.06% (base húmeda) para todos los tratamientos (Tabla 4). Con este análisis se eliminó el error que se podría haber generado al estimar la finalización del tiempo de lavado empleando únicamente el sentido del gusto.

Cuadro de ponderación

Se diseñó un cuadro de ponderación con el objeto de escoger los mejores tratamientos tomando en cuenta las 6 variables del diseño experimental. Para esto primeramente se determinó el orden de importancia de las variables tomando en cuenta el punto de vista del productor; empezando por alcaloides (6 puntos) como la más importante, seguida por peso final (5 puntos), tiempo (4 puntos), consumo de energía (3 puntos), consumo de agua (2 puntos) y sólidos retenidos (1 punto). Se estableció como la más importante a la variable alcaloides, ya que si este contenido no estuviese dentro del rango establecido por la norma NTE INEN 2 390:2004 (0.02- 0.07%) sería una razón suficiente para el rechazo del tratamiento. La importancia de la variable peso final se debe a que en esto radica la ganancia directa e inmediata del productor, es decir, mientras más peso ganado mayor ingreso económico. La variable tiempo es importante ya que mientras menos tiempo tome la etapa de lavado es posible aumentar el volumen de producción y con ello aumentar las ganancias probables. La variable consumo de energía es la siguiente en la ponderación debido a que esta representa una disminución de las ganancias directas para el productor. El agua ocupa el quinto lugar en la escala de ponderación ya que el productor cuenta con disponibilidad de este recurso por lo que no lo afecta en gran medida y su importancia radica más en la disminución del impacto

ambiental. Los sólidos retenidos son un parámetro que si bien es importante, se le dio el valor de 1 punto debido a que no representan una ganancia directa para el productor.

Se le otorgó el puntaje respectivo a los tratamientos que mejor cumplieron con cada variable según los resultados de la prueba de Tukey al 5%, tomando en cuenta que las medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí.

Evaluación físico-química, microbiológica y sensorial de los mejores tratamientos y de una muestra comercial

De acuerdo a los resultados del cuadro de ponderación se escogieron los mejores tratamientos. Posteriormente en una segunda selección, para determinar el mejor tratamiento entre los escogidos previamente se decidió analizar otras variables que afectan la calidad del producto. Las características consideradas en la segunda selección fueron: análisis físico-químico de la semilla, calidad microbiológica y sensorial. El diseño experimental empleado para esta evaluación fue un diseño completamente al azar. Siendo las variables estudiadas para la característica composición nutricional: contenido de proteína, grasa, materia seca, ceniza y carbohidratos todas expresadas en g/100g en base seca; mientras que para estimar la calidad microbiológicas se evaluó el recuento de aerobios, coliformes y *E. coli*.

Para la evaluación sensorial se utilizó un diseño completamente al azar aplicado a través de la prueba afectiva conocida como método de escala hedónica de 9 puntos (Chambers y Baker 2005), la misma que va desde me gusta extremadamente, con una calificación de 9 puntos, hasta me disgusta extremadamente, con una calificación de 1 punto (Anexo 1). Esta prueba de nivel de agrado se realizó a 100 consumidores (Chambers y Baker 2005) con edades comprendidas entre 12 y 65 años. Previo a la realización de esta evaluación se hizo una preselección de los consumidores con una encuesta en la que se les preguntó si consumían o no chocho (Anexo 2).

Los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos se analizaron por medio del test ANOVA y la prueba de separación de medias de TUKEY al 5% de significación. Los resultados del estudio sensorial se evaluaron por medio del test ANOVA de dos vías tomando en cuenta los factores muestras y consumidores. La prueba de significación que se realizó en este caso fue la de DUNCAN al 5% de significancia.

Se incluyó en estas evaluaciones una muestra comercial para compararla con los tratamientos escogidos. La muestra de chocho comercial fue adquirida en el Supermercado Santa María. Las características de este producto eran similares al chocho de los tratamientos escogidos, es decir, sin sal y de venta a granel. Se conoció que este producto fue procesado en San Pedro, Cotopaxi y que su tratamiento consistió en: hidratación por 18h, cocción por 1h y lavado con 3 cambios de agua por día.

Cuadros de ponderación de los tratamientos escogidos

Se diseñó un cuadro de ponderación tomando en cuenta las variables de los diseños experimentales. Se realizaron cuadros independientes que corresponden a la valoración de los resultados nutricionales (análisis físico-químico), microbiológico y sensorial.

El resultado del análisis microbiológico permitió seleccionar a aquellos tratamientos que cumplieron con los requisitos establecidos en la norma NTE INEN 2 390:2004 para recuento aerobios totales, recuento coliformes totales y *E. coli*. En caso de que un tratamiento no cumpla con uno de estos requisitos no será tomado en cuenta para el análisis sensorial.

En el caso del análisis físico-químico el orden de las variables se determinó según la importancia de estas en el valor nutricional del chocho, siendo la principal el contenido de proteína (5 puntos), seguido por contenido de grasa (4 puntos), contenido de carbohidratos (3 puntos), contenido de ceniza (2 puntos) y contenido de materia seca (1 punto). Para calificar a cada tratamiento se compararon los resultados nutricionales con los parámetros de la norma NTE INEN 2 390:2004. En caso de que los tratamientos no cumplan las regulaciones de la norma la calificación asignada fue cero; mientras que los que sí cumplieron con la norma fueron calificados de acuerdo al puntaje otorgado a cada variable antes mencionada. Finalmente, se realizó la sumatoria de los puntajes de las variables para cada tratamiento.

La ponderación de la evaluación sensorial se hizo en base a los resultados de la prueba de Duncan al 5%. El objetivo de la misma era encontrar la mayor aceptación del consumidor.

Evaluación de la calidad nutricional

La calidad nutricional fue evaluada a través de los siguientes análisis físico-químicos:

1. Ceniza (AOAC 1990a)
2. Humedad (AOAC 1990b)
3. Grasa por extracción directa: Método de Soxhlet. (Matissek *et al.* 2006)
4. Nitrógeno en proteína: Método Kjeldahl. (Matissek *et al.* 2006)

El contenido de alcaloides fue evaluado a través de la norma (NTE INEN 2 390:2004 Leguminosas. Grano desamargado de chocho. Requisitos)

Análisis Microbiológico

1. Recuento de aerobios (Recuento total en placa o mesófilos aerobios):
Método de placas Petrifilm (AOAC 2000).
2. Recuento de *E. coli* / Coliformes: Método de placas Petrifilm (AOAC 2002).

Evaluación sensorial

A 100 jueces no entrenados, seleccionados mediante una encuesta (Anexo 2) se realizó una prueba afectiva, cuyo objetivo era estimar el nivel de agrado del chocho entre los tratamientos escogidos y el comercial (Chambers y Baker 2005). Se usó la escala Hedónica de 9 puntos (Anexo 1). Todas las muestras sometidas a evaluación sensorial tuvieron la misma cantidad de chocho (5 unidades), valor que se estimó era el suficiente para la degustación. Este valor fue determinado considerando la posibilidad de que el juez quisiera volver a probar el producto para reevaluarlo sin necesidad de que la cantidad fuese excesiva, generando saturación. Las muestras no contuvieron sal y se sirvieron en vasos plásticos de 30 cm³ de capacidad. El orden de presentación de las muestras entre los consumidores fue arreglado de forma aleatoria.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las variables peso final, tiempo de lavado, consumo de agua y consumo de energía de los nueve tratamientos estudiados en la etapa de lavado se presentan en la Tabla 1. Tanto el factor de cambios de agua como el de tiempo de hidroturbación analizados por separado mostraron diferencias significativas para todas las variables.

Comparando los resultados experimentales del contenido de alcaloides al final del proceso de lavado con lo especificado por la norma NTE INEN 2 390:2004 se puede observar en los modelos de regresión (Figuras 1-9) que todos los tratamientos en estudio están dentro del rango permitido por la misma (0,02-0,07 g/100g). Los resultados obtenidos en base a las regresiones se resumen en la Tabla 4. El tiempo de lavado de mayor duración fue de 6,6 días que corresponde al tratamiento 3C0H, mientras que el de menor duración fue realizado en sólo 2,2 días que corresponde a los tratamientos 6C22H y 9C22H (Tabla 4).

En relación a la variable peso final (Tabla 5), el tratamiento que presentó el mayor incremento de peso fue 6C0H (293,2 g); llegando a ser este casi 3 veces el peso inicial del chocho crudo (100g). Este incremento es deseable en la industria ya que muestra un mejor desempeño económico. Estadísticamente los tratamientos con mejores resultados respecto al peso ganado fueron: 6C0H (293,2 g), 9C0H (286,9 g), 3C0H (279,0 g) y 6C22H (267,5g).

El tiempo de lavado (Tabla 6) influye en el volumen de producción y en la vida útil del producto. El proceso artesanal de desamargado de chocho demora 6 o 7 días. De este tiempo la mayor parte se ocupa en el proceso de lavado, por lo que una reducción del tiempo empleado en esta etapa significaría una ventaja para el productor, el mismo que estaría en capacidad de aumentar su volumen de producción. Los tratamientos con el menor tiempo de lavado fueron: 6C22H, 9C11H, 9C22H y 3C22H. De los tres primeros el tiempo total de lavado duró 2,2 días y en total el tiempo del proceso de desamargado fue de 3 días; lo que significaría una reducción del 50% del tiempo respecto al empleado en el proceso tradicional. Dicho de otra manera, usando estos tratamientos el procesador de chocho podría desamargar en el mismo tiempo, el doble de la cantidad que actualmente se encuentra realizando.

Respecto al consumo de energía (Tabla 7), los tratamientos sin agitación no presentaron consumo como era de esperarse. En el caso de los tratamientos con hidro-agitación el de menor consumo fue 9C11H (0,2 kw).

La variable consumo de agua (Tabla 8) se evaluó con la prueba de Tukey ya que se encontraron diferencias significativas entre sus medias al ser analizadas utilizando la prueba ANOVA. Los tratamientos con menor consumo de agua por 100g de chocho crudo fueron 3C22H (4201,4 g), 3C11H (4915,1g) y 6C22H (5720,0 g). La reducción del consumo de agua es importante porque permite un ahorro del recurso y la disminución del impacto ambiental.

El último parámetro de comparación de los tratamientos es el contenido de sólidos retenidos (Tabla 9). Los tratamientos que mostraron mayor retención de sólidos fueron 6C0H (93,2 g/100g) y 9C0H (89,7 g/100g). Esta retención significa mayor contenido nutricional.

Los resultados de la ponderación de todas las variables se presentan en la Tabla 10. Los tratamientos de mayor puntuación fueron: 6C22H (17 puntos), 6C0H (15 puntos), 9C0H (15 puntos) y 3C0H (14 puntos).

De los tratamientos preseleccionados se evaluó ahora su análisis físico-químico y microbiológico al final de la etapa de lavado. Esta comparación se realizó tanto entre los tratamientos escogidos previamente y una muestra comercial.

En la Tabla 11 se encuentran los resultados de la composición nutricional (%grasa, % proteína, % ceniza, % materia seca y % carbohidratos) de las muestras finalistas, expresados en base seca. El test ANOVA (Tabla 12) mostró que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en el caso de contenido de materia seca y grasa. Para estos dos parámetros todos los tratamientos cumplieron con la especificación de la norma NTE INEN 2 390:2004 (Tabla 13).

La prueba de separación de medias de Tukey para proteína (Tabla 14) mostró que no existió diferencia significativa entre la muestra comercial y los tratamientos de 6C0H, 3C0H y 9C0H. Los tratamientos 9C0H y 6C22H no cumplieron con la norma NTE INEN 2 390:2004 para el contenido de proteína (50g/100g). Por lo que únicamente se seleccionaron como las mejores a las muestras: comercial (54,7g/100g), 6C0H (53,8g/100g) y 3C0H (50,4g/100g).

Referente al contenido de carbohidratos (Tabla 15) los tratamientos que retuvieron en mayor cantidad este nutriente fueron: 6C22H (32,7 g/100g), 9C0H (27,3 g/100g) y el comercial (24,0g/100g). El contenido de carbohidratos en el chocho permite que este sea considerado un alimento de alto valor calórico y apto para la elaboración de productos fermentados (Pettersson y Crosbie 1989). Todos los tratamientos cumplieron con la norma NTE INEN 2 390:2004 en este aspecto.

Respecto al contenido de cenizas (Tabla 16), se observó que ninguno de los tratamientos en estudio cumplió con el mínimo establecido por la norma NTE INEN 2 390:2004 (1,9g/100g). Debido a que son hidrosolubles, la mayor parte de sus pérdidas se producen por lixiviación en cualquier etapa en la que exista un contacto del alimento con el agua (Badui 2006).

Con respecto a las pruebas microbiológicas (Tabla 17) los resultados muestran que a pesar de que se utilizó agua potable en todo el proceso de desamargado, el recuento total de aerobios y coliformes excedieron a los valores máximos establecidos por la norma NTE INEN 2 390:2004 (Tabla 18). Esto se debe al tiempo de permanencia en agua durante la etapa de lavado, la misma que favorece la proliferación bacteriana. La prueba de *E coli* por su parte resultó negativa en todos los tratamientos, lo cual permite señalar que no existió contaminación fecal. Estos resultados indican que el proceso de desamargado de chocho no sólo necesita agua potable durante su procesamiento; sino que además este requeriría un proceso adicional que asegure su conservación.

Considerando que ninguno de los tratamientos cumplieron con los parámetros microbiológicos de la norma NTE INEN 2 390:2004 se decidió no realizar la evaluación sensorial ya que el producto no cumplía con los parámetros de inocuidad.

CONCLUSIÓN

El estudio muestra que de las nueve combinaciones estudiadas existen cuatro (3C0H, 6C0H, 9C0H y 6C22H) que son las que mejor reúnen los requisitos necesarios para satisfacer las necesidades del productor. En la ponderación para elegir los tratamientos finalistas el puntaje más alto lo obtuvo el tratamiento de 6C22H. Así mismo, el estudio muestra que existen diferentes resultados dependiendo de la combinación de hidro-agitación y cambios de agua que se emplee en la etapa de lavado.

Así, se diseñaron procesos que pueden ser realizados en solo tres días (9C11H, 6C22H y 9C22H), otros que generan un alto peso del producto final (6C0H, 9C0H, 3C0H y 6C22H) unos que no consumen energía (3C0H, 6C0H y 9C0H) y otros que reducen el uso del agua en 42,5% respecto al proceso actual (3C22H). Tanto los tratamientos finalistas como la muestra comercial no cumplieron con los requerimientos microbiológicos de recuento total de aerobios y coliformes totales de la norma NTE INEN 2 390: 2004, motivo por el cual no se pudo realizar la evaluación sensorial. Los resultados (Tablas 19-20) muestran que hay tres tratamientos con el puntaje más alto en la ponderación de acuerdo al análisis físico-químico: 3C0H (13,0), 6C0H (13,0) y Comercial (13,0). Los tratamientos 3C0H y 6C0H tuvieron los mismos resultados que el comercial en cuanto al análisis físico-químico.

RECOMENDACIONES

Para futuros trabajos se sugiere continuar con el estudio de optimización del proceso de desamargado de chocho estimando el impacto económico que cada uno de los tratamientos analizados presenta. Adicionalmente sería conveniente buscar alternativas para mejorar la calidad microbiológica del chocho que aseguren su inocuidad e incrementen su vida útil. Existen estudios que sugieren que concentraciones de 7 ppm de cloro activo en el agua de lavado mejoran los resultados microbiológicos al final del proceso de desamargado; sin embargo esta no parece ser una buena alternativa debido al sabor desagradable que imparte al producto final (Villacrés *et al.* 2009). Otra alternativa podría ser el uso de ozono en el agua para disminuir la carga microbiana durante el lavado. Adicionalmente estudios realizados por el INIAP mencionan como una opción el hervido, posterior al lavado por un período de 10 minutos. Se recomienda además realizar un estudio sensorial y nutricional al producto obtenido con el proceso que asegure inocuidad microbiológica.

NOTA

Este estudio 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

Aguilera JM, Gerngross MF, Lusas EW. 1983. Aqueous processing of lupin seed. *Journal of Food Technology*. 18:327-333.

AOAC. 1990a. Ash of flour. Direct method 923.03. *Journal of Official Methods of Analysis* 2:777.

AOAC. 1990b. Solids (Total) and moisture in flour. Air oven method 925.10. *Journal of Official Methods of Analysis* 2:777.

AOAC. 2000. Recuento de aerobios en alimentos, método del film seco re-hidratable (Petrifilm count plate) 990.12. *Journal of Official Methods of Analysis* 83:11-12.

AOAC. 2002. Recuento de Coliformes y *Escherichia coli* en alimentos, método del film seco re-hidratable (Petrifilm count plate) 991.14. *Journal of Official Methods of Analysis* 85:56.

Bacigalupo A, Tapia ME. 2000. Capítulo V. Agroindustria. En: Tapia ME. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. 2da ed. Santiago de Chile: FAO. Disponible en: <http://rlc.fao.org>.

Badui S. 2006. Química de los alimentos. 4ta ed. Naucalpan de Juárez: Pearson. 716 p.

Caicedo C, Peralta E. 2000. Zonificación potencial para el cultivo de chocho. En: Caicedo C, Peralta E. Zonificación potencial, sistemas de producción y procesamiento artesanal del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Ecuador. Quito: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. p 8-11.

Chambers E, Baker M. 2005. Sensory testing methods. 2da ed. Lancaster: ASTM. 115p.

Haro CP. 2008. Implementación de una técnica para el aprovechamiento de los alcaloides de chocho y posterior complejión de metales pesados. [Tesis de Ingeniería en

Biotecnología Ambiental]. Riobamba, Chimborazo: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 112p. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec>.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). 2004. Norma Técnica NTE INEN 2 390:2004: Leguminosas grano desamargado de chocho requisitos. 1era ed. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización. 5 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.

Matissek R, Schnepel FM, Steiner G. 1998. Análisis de los alimentos. Fundamentos, métodos, aplicaciones. 2da ed. Zaragoza: Acribia. 416 p.

Papavergou EJ, Bloukas JG, Doxastakis G. 1999. Effect of lupin seed proteins on quality characteristics of fermented sausages. Meat Science. 52:421-427.

Peñaherrera AX, Carvajal-Larenas FE, Koziol MJ. 2011. Efecto de diferentes condiciones de remojo, cocción y lavado sobre el consumo de agua y el tiempo de procesamiento del chocho (*Lupinus mutabilis* sweet). Proyecto TELFUN. [Tesis de Ingeniería en Alimentos]. Quito, Pichincha: Universidad San Francisco de Quito 11 p. Disponible en: Aún no publicado.

Petterson DS, Crosbie GB. 1990. Potential for lupins as food for humans. Food Australia. 42(5): 266-268.

Ruales J, Pólit P, Nair BM. 1988. Nutritional quality of blended foods of rice, soy and lupins, processed by extrusion. Food Chemistry. 29:309-321.

Sánchez-Otero J. 2007. Introducción al diseño experimental. Sin edición. Quito. 232 p.

Villacrés E, Rubio A, Egas L, Segovia G. 2006. Usos alternativos del chocho. Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.) alimento andino redescubierto. Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria, Ecuador.

Villacrés E, Gavilanes K, Díaz Y, Peralta E. 2009. Desarrollo del sistema HACCP para una planta de desamargado de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) y especificaciones de calidad del grano. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Disponible en: <http://iniap-ecuador.gov.ec>. Fecha de acceso: 2009 Mayo 12.

Villacrés E, Caicedo C, Peralta E. 2000. Diagnóstico del procesamiento artesanal, comercialización y consumo de chocho. En: Caicedo C, Peralta E. Zonificación potencial, sistemas de producción y procesamiento artesanal del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Ecuador. Quito: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. p 26-42.

Villacreses NR, Carvajal-Larenas FE, Koziol MJ.2011. Efecto del procesamiento artesanal del chocho (*Lupinus mutabilis* sweet) sobre el consumo de agua, tiempo empleado y la calidad nutricional y microbiológica. Proyecto TELFUN. [Tesis de Ingeniería en Alimentos]. Quito, Pichincha: Universidad San Francisco de Quito 17 p. Disponible en: Aún no publicado.

TABLAS

Tabla 1. Procesos de lavado de chocho vs peso final del producto, consumo de agua, tiempo utilizado y consumo de energía.

Procesos de lavado	Peso final del chocho (g) por 100g de chocho crudo	Agua total utilizada (g) por 100 g de grano crudo	Tiempo de lavado (días)	Tiempo total del proceso (días*)	Energía total utilizada (kw)
3C0H	279,0 ± 0,0	6648,6 ± 0,1	6,6 ± 0,1	7,4 ± 0,1	0,0
6C0H	293,2 ± 0,0	8564,8 ± 0,1	4,1 ± 0,2	4,9 ± 0,2	0,0
9C0H	286,9 ± 0,0	11126,3 ± 0,1	3,6 ± 0,2	4,4 ± 0,2	0,0
3C11H	259,4 ± 0,1	4915,1 ± 0,0	4,3 ± 0,2	5,1 ± 0,2	0,4 ± 0,0
6C11H	254,3 ± 0,0	7993,3 ± 0,0	3,6 ± 0,2	4,4 ± 0,2	0,3 ± 0,0
9C11H	251,3 ± 0,0	7784,3 ± 0,1	2,2 ± 0,1	3,0 ± 0,1	0,2 ± 0,0
3C22H	252,4 ± 0,0	4201,4 ± 0,2	3,1 ± 0,0	3,9 ± 0,0	0,6 ± 0,0
6C22H	267,5 ± 0,0	5720,0 ± 0,1	2,2 ± 0,2	3,0 ± 0,2	0,4 ± 0,0
9C22H	238,0 ± 0,0	7829,5 ± 0,0	2,2 ± 0,0	3,0 ± 0,0	0,4 ± 0,0

* Incluye tiempo de remojo, cocción y lavado. Los análisis se hicieron por duplicado.

Tabla 2. Porcentaje de humedad, materia seca y alcaloides del chocho al final del proceso de lavado

Proceso de lavado	% Humedad Promedio (base húmeda)	% Materia Seca Promedio (base húmeda)	%Sólidos retenidos	% Alcaloides (base húmeda)
Chocho crudo	7,0 ± 0,0	93,0 ± 0,0	100,0 ± 0,0	3,1 ± 0,3
3C0H	71,7 ± 0,0	28,3 ± 0,0	85,0 ± 0,0	0,06 ± 0,0
6C0H	70,7 ± 0,0	29,3 ± 0,0	93,2 ± 0,0	0,06 ± 0,0
9C0H	70,9 ± 0,0	29,1 ± 0,0	89,7 ± 0,0	0,06 ± 0,0
3C11H	72,0 ± 0,0	28,0 ± 0,0	78,0 ± 0,1	0,06 ± 0,0
6C11H	72,6 ± 0,0	27,4 ± 0,0	74,8 ± 0,0	0,06 ± 0,0
9C11H	72,1 ± 0,0	27,9 ± 0,0	70,0 ± 0,0	0,06 ± 0,0
3C22H	72,2 ± 0,0	27,8 ± 0,0	75,4 ± 0,0	0,06 ± 0,0
6C22H	72,4 ± 0,0	27,6 ± 0,0	78,4 ± 0,0	0,06 ± 0,0
9C22H	72,2 ± 0,0	27,8 ± 0,0	71,2 ± 0,0	0,06 ± 0,0

Los análisis se hicieron por duplicado.

Tabla 3. Análisis de Varianza (ANOVA) del consumo de agua, energía peso final, sólidos retenidos y tiempo en la etapa de lavado.

Fuentes de Variación	Consumo de agua		Consumo de energía		Peso final		Sólidos retenidos		Tiempo	
	Fo	Fc 0,05	Fo	Fc 0,05	Fo	Fc 0,05	Fo	Fc 0,05	Fo	Fc 0,05
Horas de agitación (A)	63,1	4,3*	389,5	4,3*	46,1	4,3*	114,1	4,3*	54,1	4,3*
Número de cambios de agua (B)	100,9	4,3*	26,0	4,3*	5,5	4,3*	10,6	4,3*	43,2	4,3*
Interacción AB	5,8	3,6*	9,2	3,6*	3,4	3,6	7,0	3,6*	5,9	3,6*
TRATAMIENTOS	43,9	3,2*	108,5	3,2*	14,6	3,2*	34,7	3,2*	27,3	3,2*

* Significativo al 5% de probabilidad por la prueba F.

Tabla 4. Tiempo de lavado necesario para alcanzar un contenido de alcaloides menor o igual a 0.06% (base húmeda)

Tratamientos	Tiempo (días)
3C0H	6,6
6COH	4,1
9C0H	3,6
3C11H	4,3
6C11H	3,6
9C11H	2,2
3C22H	3,1
6C22H	2,2
9C22H	2,2

*Para el cálculo del tiempo se usaron las ecuaciones de las figuras de las regresiones (Figuras 1-9).

Tabla 5. Peso final del chocho por 100g de chocho crudo.

Tratamientos	Peso final (g)	
6C0H	293,2	a
9C0H	286,9	a
3C0H	279,0	ab
6C22H	267,5	abc
3C11H	259,4	bcd
6C11H	254,3	bcd
3C22H	252,4	bcd
9C11H	251,3	cd
9C22H	238,0	d

Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la Prueba de Tukey.

Tabla 6. Tiempo de lavado por 100g de chocho crudo.

Tratamientos	Tiempo de lavado (días)	
6C22H	2,2	a
9C11H	2,2	a
9C22H	2,2	a
3C22H	3,1	ab
9COH	3,6	b
6C11H	3,6	b
6C0H	4,1	b
3C11H	4,3	b
3C0H	6,6	c

Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la Prueba de Tukey.

Tabla 7. Consumo de energía por 100g de chocho crudo en la etapa de lavado.

Tratamientos	Consumo de energía (kw)	
3C0H	0,0	a
6C0H	0,0	a
9C0H	0,0	a
9C11H	0,2	b
6C11H	0,3	c
3C11H	0,4	c
9C22H	0,4	c
6C22H	0,4	c
3C22H	0,6	d

Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la Prueba de Tukey.

Tabla 8. Consumo de agua por 100g de chocho crudo en la etapa de lavado.

Tratamientos	Consumo de agua (g)	
3C22H	4201,4	a
3C11H	4915,1	ab
6C22H	5720,0	ab
3C0H	6648,6	bc
9C11H	7784,3	cd
9C22H	7829,5	cd
6C11H	7993,3	cd
6C0H	8564,8	d
9C0H	11126,3	e

Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la Prueba de Tukey.

Tabla 9. Sólidos retenidos al final de los diferentes procesos por 100g de chocho crudo.

Tratamientos	% Sólidos retenidos	
6C0H	93,2	a
9C0H	89,7	ab
3C0H	85,0	bc
6C22H	78,4	cd
3C11H	78,0	cd
3C22H	75,4	de
6C11H	74,8	de
9C22H	71,2	de
9C11H	70,0	e

Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la Prueba de Tukey.

Tabla 10. Calificación ponderada de los tratamientos.

	3C0H	6C0H	9C0H	3C11H	6C11H	9C11H	3C22H	6C22H	9C22H
ALCALOIDES	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
PESO	5,0	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0
TIEMPO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0	4,0	4,0
ENERGÍA	3,0	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AGUA	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0
SOLIDOS	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	14,0	15,0	15,0	8,0	6,0	10,0	12,0	17,0	10,0

Tabla 11. Análisis físico-químicos de los tratamientos escogidos (base seca).

Tratamientos	Grasa (g/100g)	Proteína (g/100g)	Ceniza (g/100g)	Materia seca (g/100g)	Carbohidratos (g/100g)
3C0H	26,2±0,3	50,4±0,1	1,3±0,0	26,7±0,0	22,1±0,1
6C0H	22,5±0,0	53,8±0,0	1,6±0,0	27,2±0,0	22,1±0,1
9C0H	23,4±0,0	47,6±0,0	1,7±0,1	27,8±0,0	27,3±0,1
6C22H	22,5±0,0	43,3±0,0	1,5±0,0	29,3±0,0	32,7±0,0
COMERCIAL	19,7±0,0	54,7±0,1	1,6±0,0	27,6±0,0	24,0±0,3

*Media de dos repeticiones.

Tabla 12. Resumen de Análisis de Varianza (ANOVA) del contenido de humedad, grasa, proteína, ceniza y carbohidratos (CHO) de los tratamientos escogidos (base seca).

Fuentes de Variación	Materia seca (g/100g)		Grasa (g/100g)		Proteína (g/100g)		Ceniza (g/100g)		CHO (g/100g)	
	Fo	Fc	Fo	Fc	Fo	Fc	Fo	Fc	Fo	Fc
		0,05		0,05		0,05		0,05		0,05
TRATAMIENTOS	0,0	5,2	1,8	5,2	6,6	5,2*	31,9	5,2*	6,4	5,2*

*Significativo al 5% de probabilidad por la Prueba F.

Tabla 13. Composición química proximal del chocho desamargado según la norma INEN. NTE INEN 2 390:2004

%	%	%	%	%	%
Humedad	Materia seca	Grasa	Proteína	Ceniza	Carbohidratos
72,0-75,0	25,0-28,0	19,0-24,0	50,0-52,0	1,9-3,0	12,0-22,0

Tabla 14. Contenido de proteína final del chocho en los tratamientos escogidos.

Tratamientos	Proteína (g/100g)	
COMERCIAL	54,7	a
6C0H	53,8	a
3C0H	50,4	ab
9C0H	47,6	ab
6C22H	43,3	b

Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la Prueba de Tukey.

Tabla 15. Contenido de carbohidratos final del chocho en los tratamientos escogidos.

Tratamientos	Carbohidratos (g/100g)	
6C22H	32,7	a
9C0H	27,3	ab
COMERCIAL	24,0	ab
3C0H	22,1	b
6C0H	22,1	b

Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la Prueba de Tukey.

Tabla 16. Contenido de ceniza final del chocho en los tratamientos escogidos.

Tratamientos	Ceniza (g/100g)	
9C0H	1,7	a
COMERCIAL	1,6	b
6C0H	1,6	b
6C22H	1,5	c
3C0H	1,3	d

Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la Prueba de Tukey.

Tabla 17. Ensayos microbiológicos de los tratamientos escogidos.

TRATAMIENTOS	RECUENTO TOTAL*	RECUENTO COLIFORMES*	E. COLI*
3C0H	6,0E+07	1,5E+07	Ausencia
6C0H	1,3E+07	5,1E+06	Ausencia
9C0H	5,1E+07	1,4E+06	Ausencia
6C22H	5,2E+07	1,5E+06	Ausencia
COMERCIAL	6,2E+07	3,3E+06	Ausencia

*Media de dos repeticiones.

Tabla 18. Requisitos microbiológicos del chocho desamargado según norma INEN. NTE INEN 2 390:2004

Requisitos	UNIDAD	VALOR
Recuento aerobios totales	UFC/g	18,0 E+02-1,0 E+03
Recuento coliformes totales	NMP/g	10,0- 1,0 E+02
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia/ Presencia	Ausencia

NMP es el número más probable y UFC corresponde a las unidades formadoras de colonias.

Tabla 19. Calificación ponderada del análisis físico-químico de los tratamientos escogidos.

	3C0H	6C0H	9C0H	6C22H	COMERCIAL
Proteína	5,0	5,0	0,0	0,0	5,0
Grasa	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Carbohidratos	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Ceniza	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Materia seca	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Sumatoria	13,0	13,0	8,0	8,0	13,0

Tabla 20. Calificación ponderada del análisis microbiológico de los tratamientos escogidos.

	9C0H	3C0H	6C22H	COMERCIAL	6C0H
Recuento aerobios totales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. coli</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Recuento coliformes totales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

FIGURAS

Figura 1. Tiempo de lavado (días) vs contenido de alcaloides para el tratamiento 3C0H.

Días	% Alcaloides
0,00	0,80
1,92	0,51
3,92	0,15
6,25	0,07
X	0,06

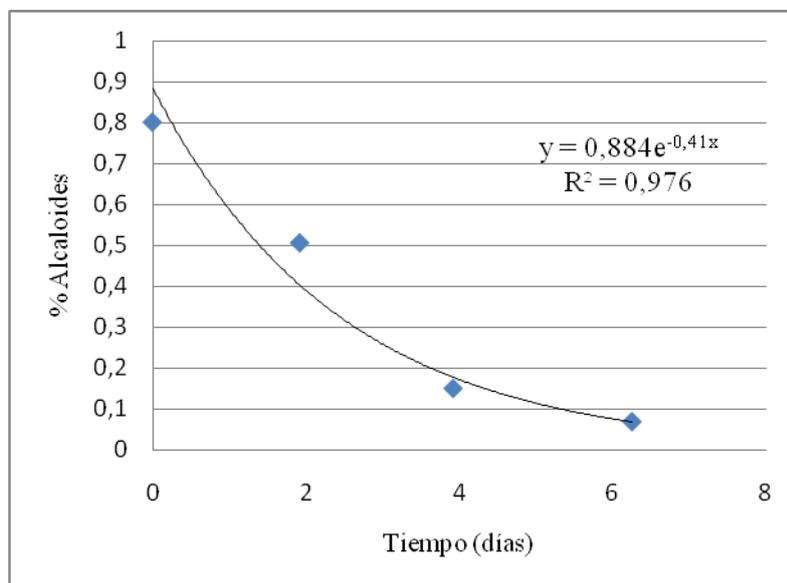


Figura 2. Tiempo de lavado (días) vs contenido de alcaloides para el tratamiento 6C0H.

Días	% Alcaloides
0,00	0,80
1,97	0,27
3,97	0,07
4,47	0,05
X	0,06

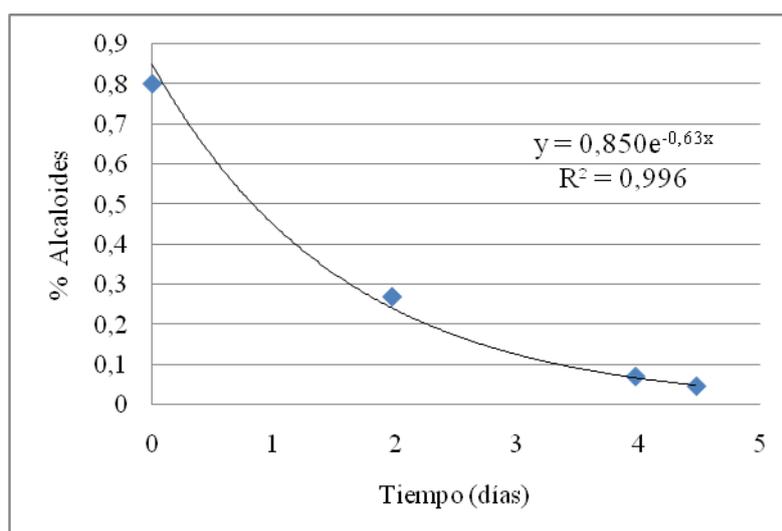


Figura 3. Tiempo de lavado (días) vs contenido de alcaloides para el tratamiento 9C0H.

Días	%Alcaloides
0,00	0,80
1,95	0,13
2,95	0,07
3,95	0,07
X	0,06

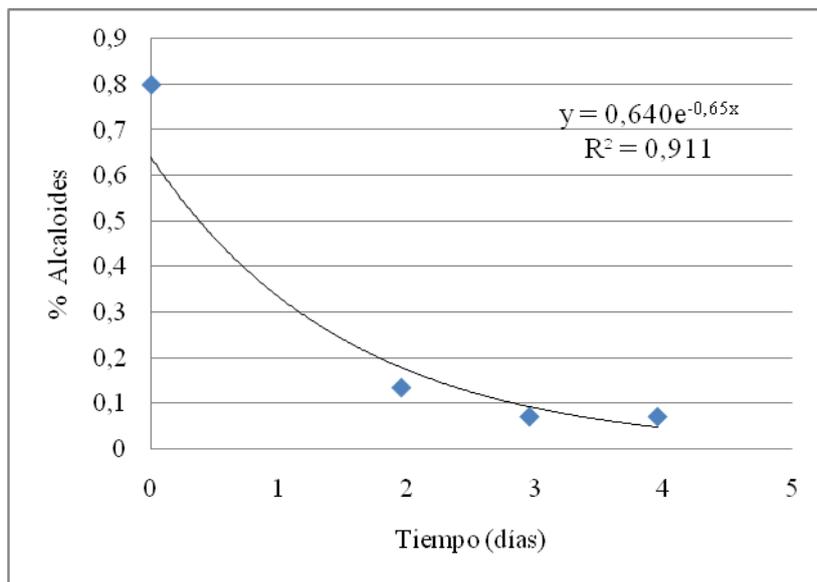


Figura 4. Tiempo de lavado (días) vs contenido de alcaloides para el tratamiento 3C11H.

Días	%Alcaloides
0,00	0,80
0,96	0,15
2,96	0,15
3,96	0,07
X	0,06

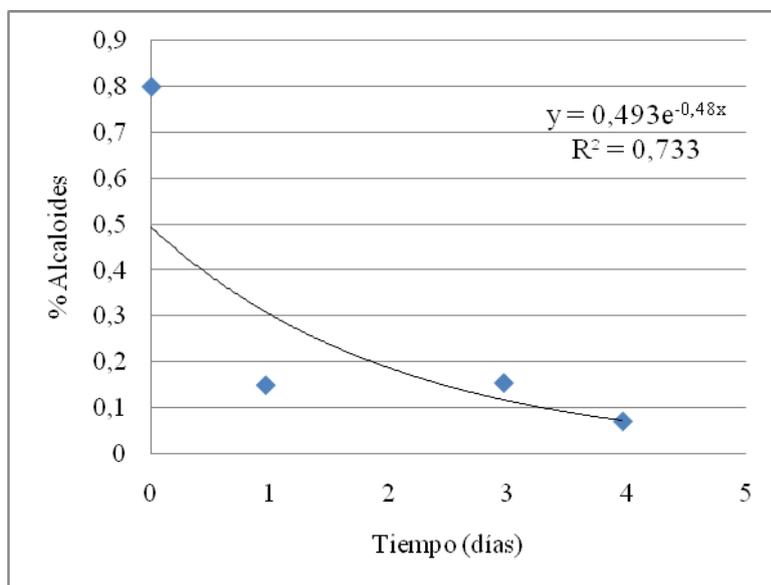


Figura 5. Tiempo de lavado (días) vs contenido de alcaloides para el tratamiento 6C11H.

Días	%Alcaloides
0,00	0,80
0,97	0,24
1,97	0,22
3,30	0,07
X	0,06

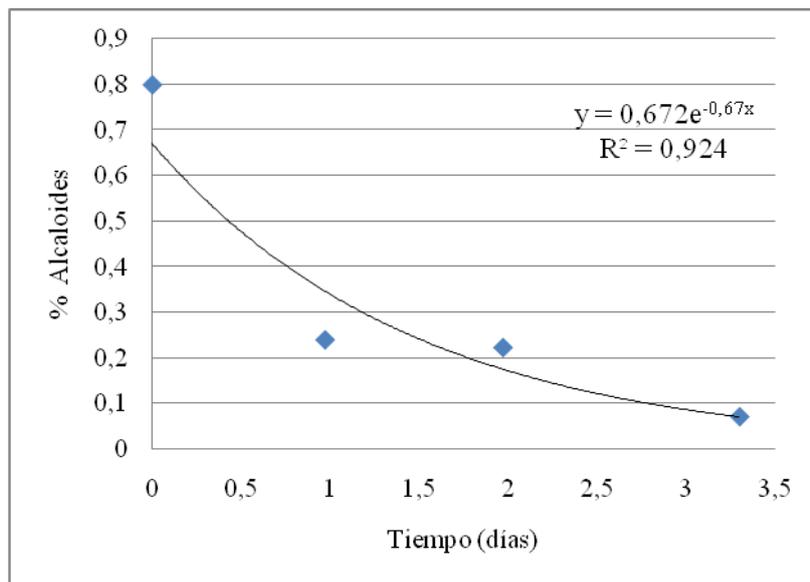


Figura 6. Tiempo de lavado (días) vs contenido de alcaloides para el tratamiento 9C11H.

Días	%Alcaloides
0,00	0,80
0,95	0,19
1,95	0,07
2,29	0,07
X	0,06

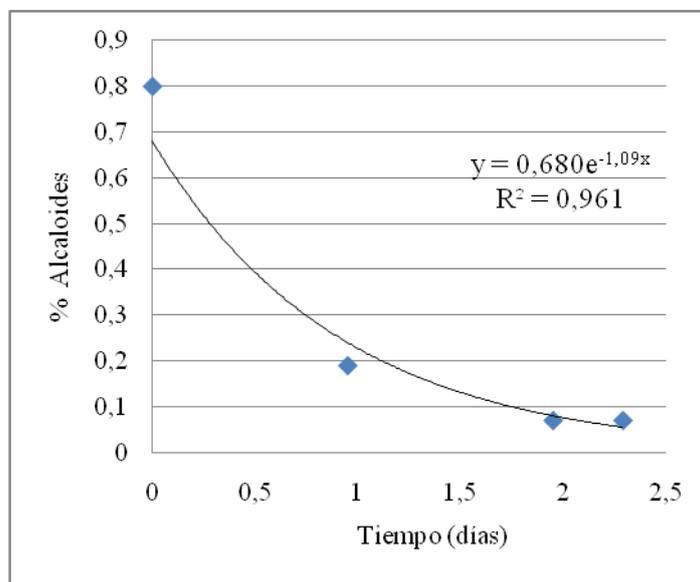


Figura 7. Tiempo de lavado (días) vs contenido de alcaloides para el tratamiento 3C22H.

Días	%Alcaloides
0,00	0,80
0,95	0,24
2,29	0,07
3,40	0,07
X	0,06

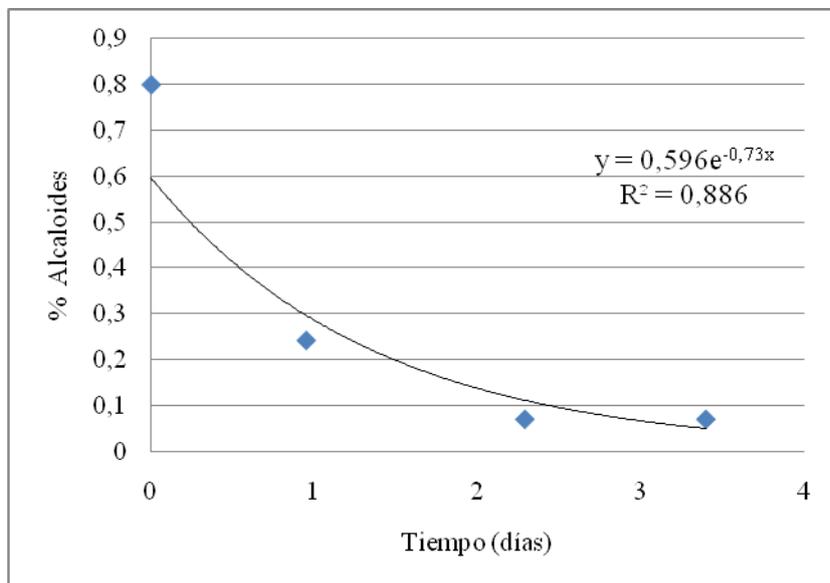


Figura 8. Tiempo de lavado (días) vs contenido de alcaloides para el tratamiento 6C22H.

Días	%Alcaloides
0,00	0,80
0,94	0,11
1,94	0,07
2,44	0,07
X	0,06

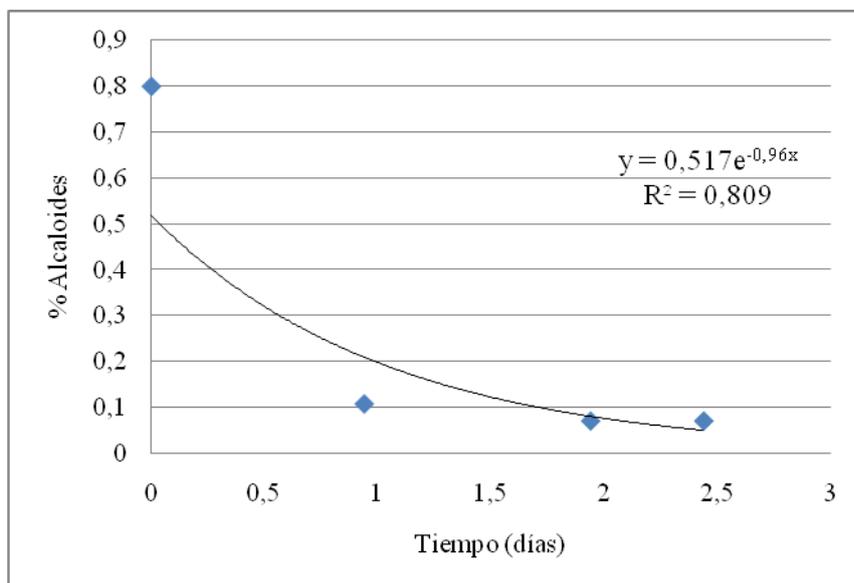
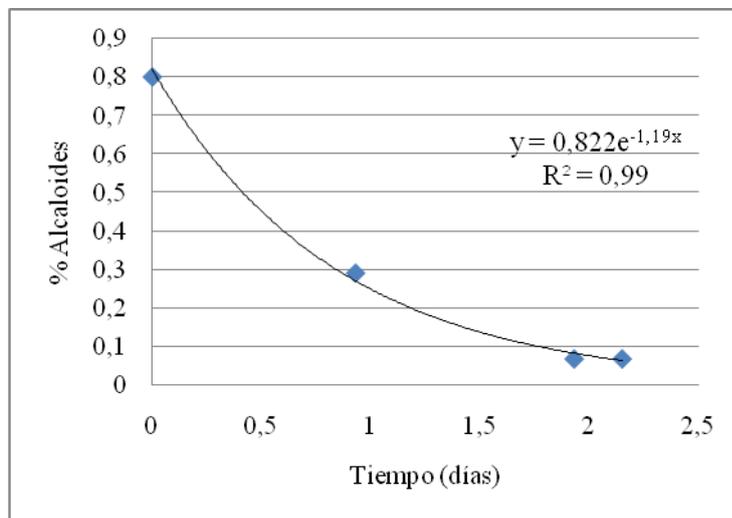


Figura 9. Tiempo de lavado (días) vs contenido de alcaloides para el tratamiento 9C22H.

Días	%Alcaloides
0,00	0,80
0,93	0,29
1,93	0,07
2,15	0,07
X	0,06



ANEXO 1

EDAD _____ SEXO _____

INSTRUCCIONES: Pruebe las muestras de izquierda a derecha. Haga una pausa entre muestra y muestra tomando un poco de agua y ponga una x junto al enunciado que mejor se adapte a su gusto.

	534	250	872
ME GUSTA EXTREMADAMENTE	_____	_____	_____
ME GUSTA MUCHO	_____	_____	_____
ME GUSTA MODERADAMENTE	_____	_____	_____
ME GUSTA UN POCO	_____	_____	_____
NO ME GUSTA NI ME DISGUSTA	_____	_____	_____
ME DISGUSTA UN POCO	_____	_____	_____
ME DISGUSTA MODERADAMENTE	_____	_____	_____
ME DISGUSTA MUCHO	_____	_____	_____
ME DISGUSTA EXTREMADAMENTE	_____	_____	_____

ANEXO 2**INSTRUCCIONES:**

Favor señale si consume o no los siguientes alimentos.

	SI	NO
• Soya	_____	_____
• Chocho	_____	_____
• Amaranto	_____	_____
• Quinoa	_____	_____