

Evaluación de alternativas de pelado Industrial de yuca

PEDRO FERNANDO MARTÍN GÓMEZ ⁽¹⁾, JAIRO ORLANDO MONTOYA GÓMEZ ⁽²⁾,
JOSÉ LUIS RUBIANO FERNÁNDEZ ⁽³⁾

(1) pmartin@unisalle.edu.co

(2) jamontoya@unisalle.edu.co

(3) jorubiano@unisalle.edu.co

Ingeniería en Automatización
Universidad de La Salle
Bogotá, Colombia

Evaluación de Alternativas de Pelado Industrial de Yuca

RESUMEN

Palabras clave:
Metodologías de diseño;
procesos agroindustriales;
pelado de yuca

La yuca, uno de los principales alimentos por su consumo en el mundo, no es objeto de gran comercio en estado fresco a nivel mundial, debido a su rápido deterioro. Una alternativa para su comercialización es el pelado y congelado. En este trabajo se desarrolla una metodología para determinar aquellas opciones de pelado más adecuadas a nivel industrial, debido al espesor del parénquima cortical de la yuca, con respecto a otros tubérculos. La metodología seguida consistió en determinar métodos de pelado de yuca aplicables a nivel industrial, análisis de las características de cada método de pelado, definición y valoración de criterios de evaluación, aplicación de los criterios a los métodos de pelado para definir los más adecuados. Finalmente, se realizaron ensayos con prototipos construidos para corroborar la validez de las alternativas seleccionadas. Se encontró que los métodos mecánicos como pelado por abrasión, con cuchillas y disco con canastilla, son los que mejor se adecuan a los requerimientos por parte de los consumidores industriales, por no afectar las propiedades físicas del producto.

I. INTRODUCCION

La yuca es un componente básico en la dieta de más de mil millones de personas [1]. La gran aceptación de la yuca como alimento básico en la alimentación, y la gran cantidad de toneladas, en aumento, ya que en el año 2007 se produjeron 212 millones de toneladas [2] y en el 2013 se produjeron 276.7 millones de toneladas en el mundo [1], han atraído la atención de algunas industrias alimenticias, para procesar la yuca y venderla empacada y congelada; con el fin de prolongar la durabilidad durante el almacenamiento, y facilitar el consumo en las zonas urbanas. El procesamiento involucra: lavado, pelado, cortado, empacado y almacenado [3], [4].

La etapa de pelado es indispensable, debido a la poca digestibilidad de la corteza por el ser humano y los altos contenidos de cianuro de esta [5]. En [6] se evaluó el desempeño de pelado de yuca de las máquinas mecánicas de referencia: FUTA, A&H y FATAROY, encontrando porcentajes de pérdida de materia prima entre 5.7 y 11 % en la medida que variaban la velocidad de pelado. El pelado cáustico se emplea para eliminar el parénquima cortical de productos como: cidra, ñame, papa, pimentón y manzanas, [7]. En [8] estudiaron el efecto del pelado cáustico en la zanahoria, hallando que este método es muy adecuado para el pelado industrial, con las ventajas de menor costo y no alteración de las propiedades de la zanahoria en sí.

La yuca es una raíz tuberosa compuesta por algunos tejidos, entre los cuales se encuentran: la corteza y la pulpa (parte comestible) [2]. Al tener una forma cilíndrica irregular terminando en punta en los extremos, la diferencia en tamaños, peso, cambios en el espesor de la cáscara, textura y fuerza de adhesión a la pulpa, se dificulta su pelado a nivel industrial. Es por esto, que el diseño de una máquina para pelar yuca a nivel industrial, técnica y económicamente rentable, es un reto para la ingeniería [9].

Con base en lo anterior, se planteó como objetivo evaluar diferentes alternativas de pelado, a partir de las cuales se pueda llegar a diseñar una máquina o proceso, que permita pelar yuca a nivel industrial con reducida pérdida de pulpa (materia prima), sin

afectar sus propiedades como color, olor, sabor y textura, [10], [11], [12].

II. METODOLOGÍA

Las alternativas de pelado que mejor se ajustaron al pelado industrial de yuca, se encontraron empleando la siguiente metodología: búsqueda de alternativas de pelado de yuca, determinación de ventajas y desventajas, determinación de criterios de evaluación, evaluación y comparación de cada uno de los métodos de pelado, a partir de prototipos probados empleando yuca Manihot esculenta crantz [13], [14] y [15].

A. Pelado Manual con Cuchillo

Este método consiste en el empleo de un cuchillo manipulado directamente por un operario. Debido a la flexibilidad de la mano y con un buen entrenamiento del operario, es posible un pelado eficiente de yuca con muy pocas pérdidas de producto. Sus ventajas y desventajas se muestran en la tabla 1.

TABLA I. CARACTERÍSTICAS DEL PELADO MANUAL CON CUCHILLO

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Pérdida de materia prima (20-30%) Baja inversión en equipos (inferior a \$1.000.000). Bajo consumo de agua Personal no especializado para pelado. Personal no especializado para mantenimiento. No afecta propiedades físicas. Maniobrabilidad del equipo.	Gran cantidad de mano de obra para alta producción. Procesado en lotes de unidad. Riesgos laborales al personal. Costo de operación del equipo (alto).

B. Pelado al vapor

Este método consiste en introducir la yuca en un recipiente que gira a baja velocidad para facilitar el desprendimiento entre la corteza y el parénquima interior debido a la introducción de vapor a alta presión (1500 KPa), con una temperatura mínima de 200°C, [2]. Después de un tiempo (rápido calentamiento de la corteza y bajo calentamiento del alimento), se remueve rápidamente la presión, lo que promueve la fácil separación de la cáscara del ali-

mento, debido a la rápida expansión del vapor, que penetra hasta la zona de contacto entre la corteza y el alimento. Sus ventajas y desventajas se muestran en la tabla 2.

TABLA II. CARACTERÍSTICAS DEL PELADO AL VAPOR

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<p>Procesado en lotes de muchas unidades.</p> <p>Mano de obra requerida (baja)</p>	<p>Pérdida de materia prima (30-40%). Costo de operación del equipo (alto) Inversión en equipos: Caldera, tuberías, válvulas y otros. Mayor a \$50.000.000 Elevado consumo de agua.</p> <p>Estrictas normas de seguridad para manipulación de los equipos.</p> <p>Personal especializado para mantenimiento y operación.</p> <p>Afecta propiedades físicas. Maniobrabilidad del equipo.</p>

C. Pelado con Cuchilla

Esta opción presenta dos alternativas. La primera consiste en colocar la yuca entre 3 rodillos para hacerla girar, posteriormente se acerca radialmente una cuchilla a la corteza, la cual es arrancada por el filo de corte. La segunda consiste en sujetar la yuca por sus extremos haciéndola girar y desplazando sobre la misma una cuchilla a lo largo del eje de rotación y sobre la superficie del alimento para arrancar la corteza. Sus ventajas y desventajas se muestran en la tabla 3.

TABLA III. CARACTERÍSTICAS DEL PELADO CON CUCHILLA

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<p>Pérdida de materia prima (20-30%). No afecta propiedades físicas. Mano de obra requerida.</p> <p>Costo de operación (medio). Inversión en equipos. Menor a \$50.000.000</p> <p>Bajo consumo de agua.</p>	<p>Personal especializado para mantenimiento.</p> <p>Costos de operación. Pérdidas de tiempo entre afilada e instalación de las cuchillas de corte, equipo para afilado de cuchillas.</p> <p>Procesado en lotes de unidades. Maniobrabilidad del equipo. Riesgos laborales.</p>

D. Pelado por Abrasión

Este método consiste en pelar el alimento empleando un tambor rotatorio, cuya superficie interior se cubre con un material abrasivo. Este método

remueve la cáscara por contacto entre el producto y la superficie abrasiva en rotación. Debido a la adherencia de desperdicios diluidos al material abrasivo, es necesario el empleo de grandes cantidades de agua a presión para su eliminación. Sus ventajas y desventajas se muestran en la tabla 4.

TABLA IV. CARACTERÍSTICAS DEL PELADO POR ABRASIÓN

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<p>Procesado en lotes de muchas unidades.</p> <p>Inversión en equipos. Menor a \$50.000.000</p> <p>Pérdida de materia prima (10-20%). Mano de obra requerida.</p> <p>Personal no especializado para mantenimiento.</p> <p>No afecta propiedades físicas. Maniobrabilidad del equipo. Riesgos laborales.</p>	<p>Gran consumo de agua.</p> <p>Costo de operación. Desperdicios diluidos que disminuyen productividad por su adherencia al material abrasivo y cambio frecuente del abrasivo (medio)</p>

E. Pelado Cáustico (NaOH o Lejía)

En este proceso, se sumerge el alimento en una solución cáustica a temperatura de ebullición para pelar, remover o ablandar la cáscara de esta. Sus ventajas y desventajas se muestran en la tabla 5.

TABLA V. CARACTERÍSTICAS DEL PELADO CÁUSTICO

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<p>Procesado en lotes de muchas unidades.</p>	<p>Pérdida de materia prima (30-40%).</p> <p>Costos de operación. Requiere consumo de energía para calentamiento de la solución (90 – 100 °C) (alto).</p> <p>Elevada consumo de agua.</p> <p>Inversión en equipos. Menor a \$50.000.000</p> <p>Maniobrabilidad del equipo. Manipulación de productos químicos corrosivos. Impacto ambiental negativo.</p> <p>Personal especializado para mantenimiento. Afecta propiedades físicas.</p> <p>Riesgos laborales.</p>

F. Pelado con Llama

Una banda transportadora conduce el producto a un horno a aproximadamente 1000°C, para carbonizar la corteza. Al salir del horno esta es removida por chorros de agua a alta presión. Sus ventajas y desventajas se muestran en la tabla 6.

TABLA VI. CARACTERÍSTICAS DEL PELADO CON LLAMA

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Procesado en lotes de muchas unidades. Pérdida de materia prima (10-20%). Mano de obra requerida. Maniobrabilidad del equipo.	Afecta propiedades físicas. Costo de operación. Consumo de energía para la generación de calor, (alto) Consumo de agua para el lavado y enfriado del producto. Inversión en equipos. Se requiere horno, banda transportadora, quemador. Mayor a \$50.000.000 Personal especializado. Riesgos laborales.

G. Pelado por Perdigones

A través de una boquilla, un rotor con paletas impulsa una serie de esferas de acero que golpean la corteza a alta velocidad, desprendiéndola. Sus ventajas y desventajas se muestran en la tabla 7.

TABLA VII. CARACTERÍSTICAS DEL PELADO POR PERDIGONES

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Inversión en equipos. Menor a \$50.000.000 Mano de obra requerida. No afecta propiedades físicas.	Procesado en lotes de unidad. Pérdida de materia prima (30-40%). Costos de operación. Requiere equipos y elementos especiales (medio). Inversión en equipos. Requiere granalladora y perdigones desechables. Personal especializado para mantenimiento. Elevado consumo de agua. Estrictas normas de seguridad para manipulación de los equipos. Procesado en lotes de unidad. Maniobrabilidad del equipo.

H. Pelado por Disco con Muelas y Canastilla

En una canastilla semi-cónica, se ubica la yuca a pelar. Al otro lado de la canastilla, se encuentra un disco giratorio con muelas abrasivas que se encargan de arrancar la corteza y hacer girar el producto. Sus ventajas y desventajas se muestran en la tabla 8.

TABLA VIII. CARACTERÍSTICAS DEL PELADO POR DISCO CON MUELAS Y CANASTILLA

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Mano de obra requerida. Reducida inversión en equipos. Mediana productividad. Costo de operación del equipo (medio). Inversión en equipos. Canasta metálica, disco y motor. Menor a \$1.000.000 Riesgo laboral. No requiere personal especializado para mantenimiento. Maniobrabilidad del equipo. No afecta las propiedades físicas.	Pérdida de materia prima (35- 50%). Alto requerimiento de mano de obra. Elevado consumo de agua. Adherencia de desechos al disco pelador. Procesado en lotes de unidad.

I. Pelado por Cilindro con Agujeros

Consiste en un cilindro rotatorio de eje vertical. La superficie del cilindro tiene agujeros rectangulares u ovalados encargados del pelado de la yuca. Sus ventajas y desventajas se muestran en la tabla 9.

TABLA IX. CARACTERÍSTICAS DEL PELADO POR CILINDRO CON AGUJEROS

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Procesado en lotes de muchas unidades. Pérdida de materia prima (15-30%). Mano de obra requerida. Costos de operación. Energía eléctrica para motores (baja). No afecta las propiedades físicas. Maniobrabilidad del equipo. Riesgos laborales.	Inversión en equipos. Motores de alta potencia y cilindro de gran tamaño en acero inoxidable. Menor a \$50.000.000 Elevado consumo de agua. Personal especializado para mantenimiento.

J. Cuantificación de los Criterios de Selección

Con el fin de seleccionar la solución o soluciones que más se adecuen a las necesidades de producción, se establecen los siguientes criterios:

- Lotes de producción.
- Pérdida de materia prima.
- Mano de obra requerida.
- Costos de operación.

- Afectación de las propiedades físicas.
- Maniobrabilidad del equipo.
- Riesgos laborales.
- Inversión en equipos.
- Consumo de agua.
- Personal especializado para mantenimiento y operación.

TABLA X. CUANTIFICACIÓN DE CRITERIOS

Criterio	Calificación	Cuantificación (puntos)
Lotes de producción	Baja Media Alta	1 3 5
Pérdida de materia prima. Mano de obra requerida. Costos de operación. Afectación de las propiedades físicas. Maniobrabilidad del equipo. Riesgos laborales. Inversión en equipos. Consumo de agua. Personal especializado para mantenimiento	Baja Media Alta	5 3 1

En la tabla 10, con el fin de hacer una selección más objetiva, se califican los criterios asignando valores subjetivos de baja, media y alta, para después asignar un valor específico entre 1 y 5, donde 1 indica el mínimo cumplimiento del requerimiento, 3 indica que el requerimiento se cumple de forma regular y 5 indica pleno cumplimiento del requerimiento. Se debe tener en cuenta el tipo de criterio a evaluar, por ejemplo, si se analiza el criterio lotes de producción, asociado a la cantidad de lotes que se producen en una unidad de tiempo, 1 significaría muy baja productividad, 3 significaría una productividad media, y 5 una alta productividad; Así mismo, si se evalúa afectación de las propiedades físicas, asociado al efecto que tiene el proceso sobre el producto a pelar, 1 significa una alta afectación, 3 una afectación media y 5 una baja afectación. Por lo anterior se

debe tener mucho cuidado con la asignación de valores para la calificación de los criterios al momento de hacer la evaluación de las alternativas.

III. RESULTADOS

Recopiladas las distintas alternativas de solución, ver tabla 11, se procede a calificar cada una, teniendo en cuenta la tabla 10. Posteriormente si cada criterio de evaluación tiene el mismo peso en el diseño, se procede a sumar los valores asignados, para obtener el valor de la calificación de cada alternativa; pero si el diseñador desea considerar dar mayor peso a un criterio en particular, puede emplear la ecuación 1, en donde los coeficientes corresponden al peso que le desea dar a cada criterio de evaluación dentro del diseño.

TABLA XI. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	CRITERIOS DE EVALUACIÓN									
	Lotes producción	Pérdida material	Mano de obra	Costos de operación	Afectación propiedades	Maniobrabilidad	Riesgos laborales	Inversión equipos	Consumo de agua	Personal de mto.
Pelado manual con cuchillo	1	5	1	1	5	5	1	5	3	5
Pelado al vapor	5	1	5	1	3	1	3	1	1	1
Pelado con cuchilla	3	5	3	3	5	3	3	3	3	3
Pelado por abrasión	5	5	3	3	5	5	5	3	3	5
Pelado cáustico	5	1	3	3	1	1	1	3	1	1
Pelado con llamas	5	5	3	3	1	3	3	3	3	3
Pelado por perdigones	1	1	3	3	5	3	5	3	5	3
Pelado por disco con muelas y canastilla	1	1	3	3	5	5	3	5	5	5
Pelado por cilindro con agujeros	5	5	3	5	5	5	5	3	1	3

$$t = \sum_{i=1}^n a_i X_i \quad (1)$$

Donde t es el total obtenido, teniendo en cuenta el peso asignado a cada criterio, a_i es el coeficiente de peso asignado a cada criterio, el cual corresponde a un valor porcentual en función de la cantidad de criterios y la suma de todos estos coeficientes debe ser 1 y X_i es la cuantificación de cada criterio, según la tabla 10.

Para el caso de pelado por abrasión, si se desea un peso igual para cada criterio, a_i es igual a 0.1 (10%). Aplicando este concepto, la suma total para la alternativa seleccionada es de 4.2. Ahora si se desea dar mayor importancia a alguno o algunos criterios en particular, el diseñador lo puede hacer según los criterios que considere pertinentes; por ejemplo, si desea dar mayor importancia a lotes de producción, podría hacer que el coeficiente a_1 igual 0.5 (50%), afectación de propiedades 0.3 (30%) y costos de operación 0.2 (20 %), con lo cual los demás coeficientes se hacen 0 y el puntaje obtenido sería, teniendo en cuenta los valores de la tabla 10 y la ecuación 1:

$$t = 0.5*5+0.2*3+0.3*5$$

$$t = 4.6$$

Bajo este planteamiento, se obtienen los siguientes resultados, ver tabla 12.

En la opción 1 cada a_i igual a 0.1.

TABLA XII. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	Opción 1	Opción 2
Pelado manual con cuchillo	3.2	2.2
Pelado al vapor	2.2	3.6
Pelado con cuchilla	3.4	3.6
Pelado por abrasión	4.2	4.6
Pelado cáustico	2.0	3.4
Pelado con llamas	3.2	3.4
Pelado por perdigones	3.2	3.6
Pelado por disco con muelas y canastilla	3.6	2.6
Pelado por cilindro con agujeros	4.0	5.0

En la opción 2, cada a_1 igual a 0.5 (lotes de producción), a_4 igual a 0.2 (costos de operación) y a_5 igual a 0.3 (afectación propiedades); los demás a_i igual a 0.

De acuerdo con el análisis usando la opción 1, la alternativa más adecuada es la del pelado con abrasión. Usando la opción 2, la opción más adecuada es el pelado por cilindro con agujeros.

Con el fin de evaluar las diferentes alternativas, tanto con opción de ser elegidas como sin opción de selección, se construyeron prototipos para determinar las características de pelado. Por ejemplo en la figura 1, se aplicó el procedimiento de pelado con llama directa. Se puede observar que la corteza no se incineró a pesar de la alta temperatura, sino que se deshidrató, se volvió más elástica y fue más difícil separarla del parénquima interior. Adicionalmente, se alcanzó a percibir un cambio de color en el parénquima interior debido al calor transferido a través de la corteza de la yuca.

Fig. 1. Pelado con llama directa.



En la figura 2, se observa el resultado de pelado de una yuca con solución cáustica. El efecto de este procedimiento fue de una disolución parcial de la corteza, pero así mismo, penetración de solución cáustica en el parénquima interior, trayendo como consecuencias una transformación química superficial formándose un gel y afectando sus propiedades físicas como textura, color y olor.

La figura 3 muestra el pelado de una yuca empleando un elemento abrasivo. En este procedimiento se empleó un tambor giratorio recubierto internamente con un abrasivo de grano grueso (lija 36).

Es de notar que este procedimiento no logró un gran desprendimiento de corteza, debido a la adherencia en la lija a pesar de su grano grueso. Adicionalmente, se puede observar como en las zonas alejadas del contacto con la lija no se logró quitar la corteza.

Fig. 2. Pelado cáustico.



Fig. 3. Pelado con abarativo.



La figura 4 muestra el resultado de pelado de una yuca, empleando cuchillas. En este caso la yuca se hace pasar por unas cuchillas giratorias, lográndose retirar satisfactoriamente gran parte de la corteza, a pesar de la forma irregular cilíndrica de la yuca. Este procedimiento no afectó las características físicas de la yuca.

Fig. 4. Pelado con cuchillas.



La figura 5 muestra el resultado del pelado manual con cuchillo. Este procedimiento logra el pelado del total de la yuca, sin importar su grado de irregularidad. No se afectan las propiedades físicas.

Fig. 5. Pelado manual con cuchillo.



IV. CONCLUSIONES

La metodología desarrollada, para llevar a cabo las pruebas de pelado sobre prototipos preliminares a partir de criterios significativos identificados, mostró que puede ser una técnica válida para exploración experimental básica de sistemas funcionales, aplicable en el pelado industrial de alimentos.

Se ensayaron diferentes alternativas de pelado incluyendo procesos térmicos, químicos y mecánicos que afectaron de diferente forma el producto final, encontrándose que los procesos mecánicos fueron los únicos que no afectaron las características físicas de la yuca pelada.

Las alternativas mecánicas, diseñando el mecanismo adecuado de pelado, permiten el pelado total de la yuca sin importar las irregularidades en su forma. Algunos de estos métodos son más eficientes en el sentido de pelar la yuca sin generar grandes pérdidas de materia prima.

Esta metodología es una guía para definir un camino de diseño seleccionando aquellas alternativas que pueden ser las más adecuadas de acuerdo con unos criterios de selección, de tal forma que se convierte en una herramienta de selección más objetiva

de soluciones de diseño, que mejor se ajusten a los requerimientos de un problema de ingeniería.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a Vicerrectoría de Investigación y Transferencia de la Universidad de La Salle, por su apoyo en la construcción de los prototipos de pelado de yuca para su evaluación.

REFERENCIAS

- [1] Fao. Food and agriculture organization of the united nations, statistics division. <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>. Consulta: 16 de julio de 2015.
- [2] Florián L. A. (2009). Pelado cáustico de yuca (Tesis de Maestría). Recuperado en abril de 2012 de: <http://search.proquest.com/docview/305228593>
- [3] Garbatti, T. Mantilla J. y Fuenmayor F. (enero – diciembre, 2007). Economía, desarrollo y sociología rural. 10, 37-41. Recuperado de http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/inia_divulga/numer_o%2010/10garbatti_t.pdf
- [4] Barrera, V. Et al (2004). Raíces y tubérculos: alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador, capítulo 4. Pp. 91 – 116. Recuperado en marzo de 2015 de: https://books.google.com.co/books?id=wu-b2_m8WVYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- [5] Luna, W. y Mera, J. (2006). Producción de dextrinas de yuca a partir de almidón nativo en la rallandería todayuca en el corregimiento Pescador (Municipio de Caldon, Departamento del Cauca). Recuperado de http://www.clayuca.org/PDF/tesis_rallanderias.pdf
- [6] Olukunle, O. Ogunlowo A y Sanni, L. (2010) The search for an effective cassava peeler. The West Indian Journal of Engineering: Vol.32, N05.I&2, January 2010, pp.42-47.
- [7] Walter Jr, W. M. y Schadel W. E. (1982), Effect of lye peeling conditions on sweet potato tissue. Journal of food science. Recuperado de: <http://www.ncsu.edu/foodscience/USDAARS/Acrobatpubs/S31-60/S56.pdf>
- [8] Özlem A, Levent B y Nevzat A. (2009). Effect of peeling methods on quality of carrots. Ankara University, Department of Food Engineering, Ankara, Turkey
- [9] Aдетan D.A. Adekoya L.O, y Aluko O.B. (2006), Theory of a mechanical method of peeling cassava tubers with knives. Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria. Recuperado en mayo de 2014 de: http://www.international-agrophysics.org/artykuly/international_agrophysics/IntAgr_2006_20_4_269.pdf
- [10] Roudot, Alain-Claude. (2004), Reología y análisis de la textura de los alimentos, traducido por Dr. Angel Ignacio Noguera Suberviola. Zaragoza: Acribia.
- [11] Norton, I. Spyropoulos, F. Cox, P. (2011) Practical Food Rheology: An Interpretive Approach. New Delhi: Wiley-BlackwellH.
- [12] Barreiro J. y Sandoval A. (2006). Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas, pp. 104 – 106. Recuperado en marzo de 2015 de: <https://books.google.com.co/books?id=r7y3XuFAB8UC&pg=PA104&lpg=PA104&dq=efectos+del+pelado+qu%C3%ADmico+en+tub%C3%A9rculos&source=bl&ots=VOPHvnwZmt&sig=etgov7LGOLkbfZWOaHmXKnm2cy8&hl=es&sa=X&ei=fo0lVenUJ8O1sQTo7IHw&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&q=efectos%20del%20pelado%20qu%C3%ADmico%20en%20tub%C3%A9rculos&f=false>
- [13] Congelagro S.A. (2008). Especificación de materia prima yuca en fresco. Versión 07.
- [14] Comisión del Codex Alimentarius. (2003). Norma del Codex para la yuca (Mandioca) dulce. Recuperado de: www.codexalimentarius.net/web/index_es.jsp
- [15] Comisión del Codex Alimentarius. (1989). Norma del Codex para la harina de yuca comestible. Recuperado de: www.codexalimentarius.net/web/index_es.jsp