



**Pregelatinización hidrotérmica del grano de Amaranto**  
*Amaranthus caudatus L.*

**Autora:**

**Andrea Estefanía Puente Cuyago**

Universidad Técnica del Norte Ibarra Ecuador [tefa\\_pacha@hotmail.com](mailto:tefa_pacha@hotmail.com)

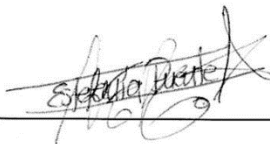
**PUENTE CUYAGO, ANDREA ESTEFANÍA.**

PREGELATINIZACIÓN HIDROTÉRMICA DEL GRANO DE AMARANTO *Amaranthus caudatus* L. TRABAJO DE GRADO. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agroindustrial. Ibarra 13 de Junio del 2016

**DIRECTOR: Vacas Palacios, Marcelo**

La pregelatinización hidrotérmica del grano de amaranto *Amaranthus caudatus* L., es un aporte a mejorar el procesamiento térmico del grano de amaranto. Esta investigación constó de dos etapas, las cuales fueron: experimentación con la humedad del grano y proceso hidrotérmico, controlando en cada una de ellas los parámetros adecuados los cuales fueron necesarios para llevar a cabo con total satisfacción el proceso propuesto lo que condujo a la obtención del producto final deseado.

**Ibarra, 13 de Junio de 2016**



**Andrea Estefanía Puente Cuyago**

**AUTORA**



**Ing. Marcelo Vacas, MSc**

**DIRECTOR DE TESIS**

**RESUMEN.** Esta investigación se llevó a cabo en los laboratorios de la FICAYA de la Universidad Técnica del Norte, ubicados en la ciudad de Ibarra-Ecuador. El objetivo fue desarrollar un método de pregelatinización para el amaranto (*Amaranthus Caudatus L.*), buscando obtener un alimento de consumo inmediato (precocido). Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (D.C.A.) con arreglo factorial A x B x C con tres repeticiones, obteniéndose así 12 tratamientos y 36 unidades experimentales con un peso de 300 gramos cada una. Como análisis funcional se empleó la prueba de Tukey al 5% para tratamientos, DMS al 5% para factores y los respectivos gráficos de interacción.

Se tomó en cuenta tres factores de estudio con sus respectivos niveles: humedad de acondicionamiento (30% y 40%), temperatura de autoclavado (80 °C, 100 °C y 120 °C) y tiempo de Autoclavado (4 min y 8 min). Las variables cuantitativas evaluadas fueron: peso, densidad aparente, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, poder de hinchamiento, rendimiento y azúcares reductores. Las variables cualitativas evaluadas fueron: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad.

Designados los mejores tratamientos, se les realizó un análisis nutricional y

microbiológico con la finalidad de evaluar los efectos del proceso aplicado. Finalizados los respectivos ensayos se obtuvo un producto precocido de buenas características nutricionales; determinándose que este método influye en el contenido nutricional del grano, dando como tratamientos sobresalientes en pregelatinización el T12 (humedad 40%, temperatura de autoclave 120 °C y tiempo de proceso 8 minutos, así como el T11 (humedad 30%, temperatura de autoclave 120 °C y tiempo de proceso de 8 minutos) aunque como efecto adverso la biodisponibilidad de la proteína disminuyó.

**Palabras Clave.** Temperatura, Humedad, Tiempo, almidón, precocción digestibilidad.

**ABSTRACT.** This research was carried out in the laboratories of the Technical University FICAYA North, located in the city of Ibarra, Ecuador. The aim was to develop a method for pregelatinization amaranth (*Amaranthus caudatus L.*), seeking to obtain a food for immediate consumption (precooked). Design applied completely randomized (CRD) factorial arrangement A x B x C with three repetitions, thus obtaining 12 treatments and 36 experimental units weighing 300 grams each. Functional analysis as Tukey's

test was used at 5% for treatment, DMS 5% for the respective factors and interaction graphs.

He took into account three factors study their level humidity conditioning (30% and 40%), autoclaving temperature (80 oC, 100 oC to 120 oC) and autoclaving time (4 min and 8 min). Quantitative variables were: weight, bulk density, water absorption index, water solubility index, swelling power, performance, reducing sugars and protein digestibility. The qualitative variables were evaluated: color, odor, flavor, texture and acceptability. Completion of the respective trials a pre-cooked product was obtained regular nutritional characteristics; Determining that this method adversely affects the nutritional content of the grain, resulting in pregelatinisation as outstanding treatments T12 (40% humidity, temperature of 120 oC and autoclave processing time 8 minutes, and the T11 (30% humidity, temperature autoclave 120 oC and processing time of 8 minutes) but as counteracting their nutritional loss was evident.

## 1. INTRODUCCIÓN.

En la actualidad el cultivo de amaranto se caracteriza por su alta aceptación en el mercado internacional debido a sus bondades nutricionales. El Ecuador se encuentra en proceso de reinserción del

amaranto, el cual se ha perdido con el pasar del tiempo, limitando el acceso a información sobre dicho cereal. A nivel nacional es utilizado principalmente como grano, el cual se destina para cultivo y obtención de grano reventado. Artesanalmente se han elaborado productos de poco valor agregado como amaranto reventado, granolas y harinas.

La importancia de este alimento radica en su rico contenido nutricional en cuanto a un elevado contenido proteico, alto contenido de almidón, vitaminas, aminoácidos esenciales, fibra, etc. Según Tavitas et al. (2011), el grano de amaranto es una fuente para el desarrollo de materias primas con actividad biológica llamadas nutraceuticos, a partir del almidón, proteínas, grasas y fibra; estos componentes pueden utilizarse como nutrimento y como ingrediente funcional para su incorporación en fórmulas alimentarias.

Uno de los principales motivos para desarrollar esta investigación es incitar al sector productor, enfocar una alternativa de aprovechamiento, comercialización, conservación e industrialización de este cereal, para crear nuevos productos alimenticios y así contribuir con la nutrición de los consumidores del país.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS.

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial AxBxC con tres repeticiones.

Materia prima	Insumos
Amaranto	Agua

Materiales	Equipos de laboratorio
Gavetas	Baño maría con control automático de temperatura
Cucharas	Estufa 220 <sup>00</sup> C – 50l
Guantes	Balanza gramera
Mandil	Balanza analítica 0,1mg
Mascarillas	Centrifuga 3000rpm
Libretas	Autoclave 50l
Balones aforados	Refrigerador
Papel filtro	Vortex
Fundas zipper	Digestor de proteína capacidad 6 tubos 100ml
Frascos de vidrio	Soxtest capacidad 6 conos de 50ml
Mesa de trabajo	Espectrofotómetro de absorción atómica A Analust 400
Vasos de precipitación	Mufla 1100 <sup>0</sup> C
Matraz Erlenmeyer	Fiberest capacidad 6 conos 50ml
Probetas	Desecador diámetro de 20cm y 30cm
Buretas	Incubadora semiautomática
Cajas Petri	Balanza infrarroja capacidad una muestra
Virios reloj	Destilador de agua 18l
Crisoles	Potenciómetro
Pinzas	Microscopio óptico
Cronómetro	
Termómetro	
Mechero Bunsen	
Gradillas	
Soporte universal	
Pinzas	
Recipientes	

## PROCESO.

**Búsqueda de humedad.** Previo a la pregelatinización se realizó una experimentación con el grano, sometiéndolo a 15 horas de remojo, tiempo durante el cual se tomó muestras en intervalos de una hora para realizarles análisis de humedad, esto con la finalidad de encontrar el tiempo de remojo adecuado para llegar a las humedades de 30% y 40% requeridas para el proceso.

**Recepción.** Se receipta la materia prima del proveedor, tomando en cuenta los parámetros de calidad requeridos (tamaño, humedad, contenido de impurezas, etc.).

**Limpieza.** Se extendió el amaranto sobre una bandeja, manualmente se removió la materia prima de un lado a otro en busca de basuritas, piedras, tierra, panoja, etc., con la finalidad de retirar la mayor cantidad posible de impurezas.

**Lavado.** Se realizó un lavado de la materia prima seleccionada con la finalidad de remover y eliminar suciedad, restos de tierra o cualquier contaminante físico que pueda influir de forma negativa en la carga microbiana y en la apariencia del producto. En un recipiente se procedió a colocar al grano de amaranto, se llevó el recipiente justo debajo de un chorro de agua corriente de la llave. Se revolvió varias veces y se

escurrió de inmediato, posteriormente se realizó un segundo lavado con agua la cual contenía 200ppm de hipoclorito de sodio y luego nuevamente se escurrió el exceso de agua.

**Pesaje 1.** Una vez el grano limpio, Se procedió a pesar la cantidad necesaria (300gramos de grano húmedo) de amaranto húmedo para cada unidad experimental a utilizar en el proceso de pregelatinización hidrotérmica, esto se lo realizó en una balanza gramera.

**Hidratado.** En un recipiente se recogió agua a temperatura ambiente (18 °C) y se dejó reposar por un momento, posteriormente se procedió a colocar el grano de amaranto. Se prolongó el tiempo de hidratación el primero a 2 horas y el segundo a 4, hasta obtener las dos humedades necesarias (30% y 40%) para la pregelatinización.

**Escurredo.** Con la finalidad de eliminar casi en su totalidad el exceso de agua que rodea al grano de amaranto, se procedió a escurrir su excedente con la ayuda de tamices. El procedimiento se lo realizó con mucho cuidado y se repitió 2 veces para asegurar el completo despojo de agua excedente.

**Pesaje 2.** Se procedió a pesar nuevamente la cantidad necesaria para cada unidad

experimental, la cual incrementó debido al proceso de hidratación, cantidad que se depositó en frascos de vidrio sin tapa debidamente etiquetados con el nombre del tratamiento.

**Autoclavado.** El tratamiento en autoclave junto con la hidratación son los pasos principales de este proceso hidrotérmico de pregelatinización, debido a que mediante un tratamiento térmico en exceso de agua se obtiene la precocción del grano. Una vez el amaranto se depositó en los frascos, se procedió a acomodarlos en las canastillas de la autoclave para sufrir un proceso de pregelatinización con vapor a 14,7 psi y tres diferentes temperaturas (80 °C, 100 °C y 120 °C) durante dos períodos de tiempo: 4 y 8 minutos. Finalizado cada tratamiento térmico el grano fue extraído de la autoclave y se dejó reposar por un par de minutos para disminuir su temperatura.

**Empaquetado.** El amaranto pregelatinizado se empacó en bolsas con cierre (zipper) para conseguir aislarlos de agentes contaminantes y poder conservarlos.

**Pesaje 3.** Una vez el grano pregelatinizado fue depositado en los empaques, cada tratamiento fue pesado en una balanza gramera para poder registrar los efectos de

la pregelatinización en el grano de amaranto.

**Almacenado.** El grano pregelatinizado se almacenó en un refrigerador a una temperatura de 4 °C con la finalidad de conservar el producto.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Análisis Cuantitativo: Las variables evaluadas fueron:

**Peso:** El peso en el producto terminado dio como resultado un promedio de 405,88 g, peso que resultó en primer lugar del incremento de la cantidad inicial, la cual fue de 300 gramos de amaranto húmedo; durante el proceso de pregelatinización hidrotérmica, y en segundo lugar por la evaporación del agua contenida en la estructura interna del grano luego de finalizado el proceso. Esto quiere decir que el peso registró la variabilidad del peso en el al ser sometido a pregelatinización y finalizado el mismo, indicando una precocción tras la pequeña pérdida de agua una vez finalizado el tratamiento térmico.

**IAA, ISA y PH:** La evaluación de estas variables ayuda a tener una medida indirecta del grado de gelatinización del almidón, por lo que denotó que tan severo fue el proceso de precocción propuesto que

se llevó a cabo en esta investigación. Los valores registrados para el índice de absorción de agua como para el de solubilidad en agua y poder de hinchamiento difieren significativamente de un tratamiento a otro, así pues, estos a comparación con valores registrados en otros almidones tratados térmicamente, son bajos por lo que se presume que la severidad del tratamiento fue moderada, consiguiendo una gelatinización parcial del almidón, mas no se consiguió degradar drásticamente la cadena de almidón del grano de amaranto.

Esto debido a que en otros procesos como el de extrusión o nixtamalización en los que el tratamiento es más severo por el empleo de fuerza de corte al grano o interacción del almidón del cereal con químicos como la Cal, el efecto en su estructura interna y externa es mucho más eficaz, sin embargo estos procesos son utilizados para obtener productos con fines distintos a los esperados de esta investigación.

Una baja solubilidad puede deberse al tamaño del granulo y la organización supra molecular de los componentes del almidón (Granados et al. 2014). En su investigación Manrique (2006) menciona que en almidones pregelatinizados donde no se aplica una fuerza de corte a los gránulos hinchados, ocurre apenas una lixiviación parcial de la

amilosa, llevando a cabo una absorción de agua y una limitada solubilidad.

Un incremento significativo del ISA refleja la alteración de la estructura cristalina del almidón, provocada por el incremento de la temperatura, como lo señala Ruiz (2013). Enunciado que nos ayuda a comprender que los bajos valores de IAA, ISA Y PH se deben a la alteración moderada de la cadena del almidón tras el proceso propuesto.

Los valores de densidad aparente obtenidos al igual que los de rendimiento del grano indicaron un efecto moderado del tratamiento en el almidón del grano tras la pregelatinización. Demostrando también la incidencia del proceso en la apariencia más apetitosa del producto.

**Azúcares Reductores:** tras realizar el análisis de azúcares reductores a cada tratamiento y constatar que no hubo presencia cuantitativa de los mismos en ninguno de los tratamientos, se puede concluir que los factores del proceso hidrotérmico no tienen niveles drásticos como para degradar lo suficiente la cadena de este almidón en sus componentes más simples (monosacáridos).

A través de la prueba de aceptabilidad realizada a un grupo de 15 panelistas, se determinó que en el color no existe diferencia alguna, en cuanto al olor, sabor,

textura y aceptabilidad, se identificó diferencias significativas entre los tratamientos, existiendo una preferencia hacia los tratamientos en los cuales el tratamiento fue más drástico.

#### 4. CONCLUSIONES

- Se llevó a cabo una humidificación del grano en un lapso de 15 horas, en la cual se pudo constatar tres etapas presentes en este proceso con el que el grano fue hidratado. Fueron necesarias 2 y 4 horas de humectación para alcanzar humedades de 30% y 40% en el grano de amaranto, acondicionamiento que es necesario previo a la pregelatinización
- Tras llevar a cabo el proceso de pregelatinización hidrotérmica propuesto, el grano de amaranto tuvo leves pérdidas por cocción (1-2 g c/u) lo que disminuyó su peso después de proceso, concluyéndose así que esta disminución se presentó a causa de la leve evaporación de agua una vez finalizada la precocción.



- Se obtuvieron valores bajos de IAA, ISA Y PH (2,03, 8,66% y 2,18 respectivamente) lo que indica la severidad media del tratamiento hidrotérmico de pregelatinización efectuado en esta investigación, ya que estas variables al ser una medida indirecta del grado de gelatinización, nos indican que la cadena de almidón del grano de amaranto gelatinizó parcialmente,
- Tras los resultados obtenidos en el análisis de la variable azúcares reductores; los cuales no registraron valores cuantificables, se puede evidenciar que el almidón del grano de amaranto no sufrió una hidrólisis completa al ser procesado por este método de pregelatinización hidrotérmica propuesto, debido a que la cadena de almidón no se degradó a sus componentes más simples (monosacáridos).
- Se confirma la hipótesis alternativa debido a que el proceso de pregelatinización hidrotérmica del grano de amaranto incidió en las características físicas y nutricionales del grano. Esta incidencia fue positiva en comparación al efecto causado en el grano de amaranto tras una cocción

convencional en inmersión directa en agua, debido a que el contenido nutricional se conservó de mejor manera en el grano tras ser procesado.

## 5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una investigación de pregelatinización hidrotérmica del grano de amaranto reestableciendo los parámetros estudiados además de utilizar la inmersión directa en agua al someter al grano a la precocción en autoclave para obtener nuevos resultados a los obtenidos en esta investigación.
- Es importante que al adquirir la materia prima (amaranto) se evalúe sus características fisicoquímicas basándose en la norma NTE INEN 2646:2012, para con ello seleccionar la más apropiada; evitando así elaborar productos con materia prima de baja calidad.
- Se recomienda buscar otros métodos de precocción aplicables al grano de amaranto, para poder ser consumido como tal. Éste es un alimento que brinda muchos beneficios al consumidor por lo que es importante no ocasionar pérdidas

nutricionales en el producto tras su procesamiento.

## 6. REFERENCIAS

1. Bello, M. (2009). Procesamiento hidrotérmico de arroz cáscara. Efecto de las condiciones de hidratación y cocción en el rendimiento, textura y propiedades térmicas del grano elaborado. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
2. Benítez, R., & Ramírez, F. (1984). Elaboración de harinas pregelatinizadas de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench. Características y Usos. México: Universidad Autónoma de Chapingo. Industrias Agrícolas.
3. Bressani, R. (2006). Estudio Sobre la Industrialización Del Grano De Amaranto, Caracterización Química y Nutricional de Productos Intermedios y Finales del Procesamiento. Guatemala: PROYECTO FODECYT No 23-2002.
4. Peralta, E. (2012). Amaranto y Ataco: preguntas y respuestas. Programa nacional de leguminosas y granos andinos INIAP Santa Catalina, 2-7.
5. Peralta, E., Murillo, A., Mazón, N., Villacrés, E., & Rivera, M. (2012). Catálogo de variedades mejoradas de granos andinos: chocho, quinua y amaranto,

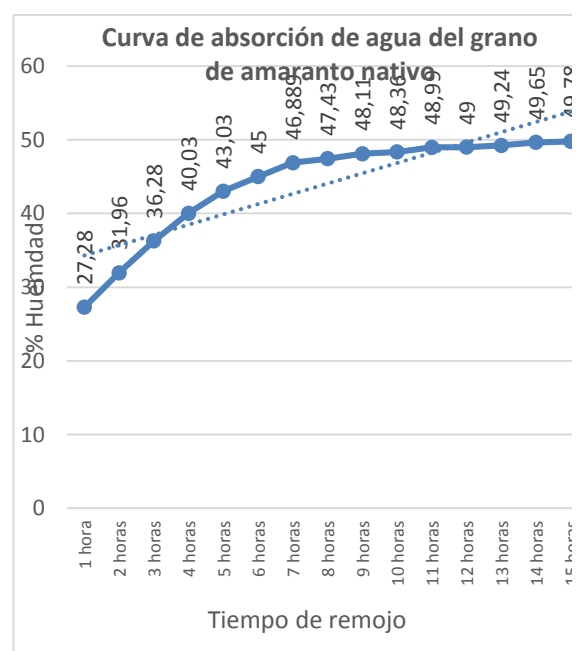
para la sierra del Ecuador. Quito-Ecuador: Puublicación miscelánea numero151

6. Pineda, D., Coral, M., & Arciniegas, A. R. (2010). Papel del agua en la gelatinización del almidón de maíz: estudio por calorimetría de barrido. Artículo Científico. Ingeniería y Ciencia, ISSN 1794–9165., Volúmen 6.
7. Quevedo, I., & Manrique, N. (2006). Produccion de alimentos pregelatinizados a partir de mezclas de almidones de fuentes no convencionales utilizando extrusor de doble tornillo. Instituto Politecnico Nacional, Centro de desarrollo de productos bioticos.

## 4. CUADROS Y GRAFICOS

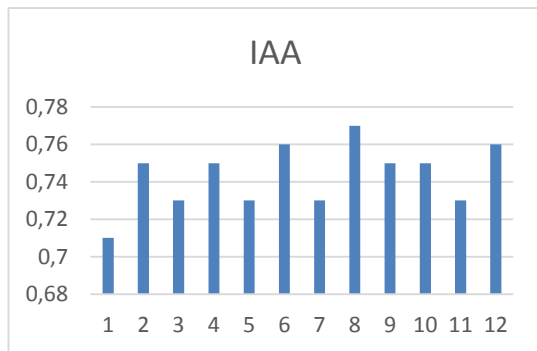
### Grafico 1.

#### Curva de absorción



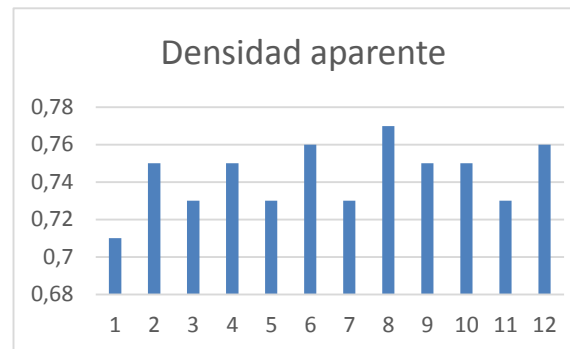
**Gráfico 2.**

**IAA**



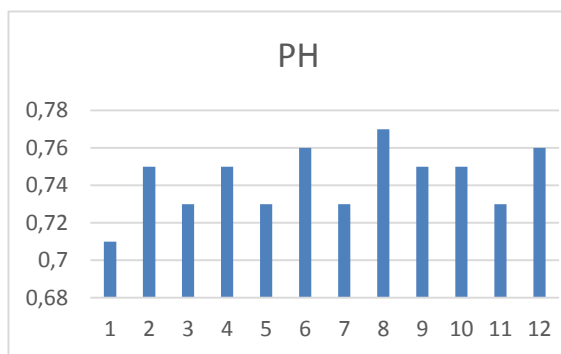
**Gráfico 4**

**Densidad aparente**



**Gráfico 3.**

**Poder de hinchamiento**



## 5. RESUMEN CURRICULAR

Nacida en la ciudad de Sangolquí Provincia de Pichincha país Ecuador el 2 de Junio de 1991, actualmente estudiante de decimo semestre de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica del Norte, al momento me encuentro finalizando la tesis mencionada para optar por el título profesional de Ingeniera Agroindustrial.

**Gráfico 3.**

**ISA**

