

Diseño de un equipo eléctrico para reventar grano de amaranto mediante la metodología de ingeniería concurrente

MERINO-Victor*†, DE LA LLAVE-María y CECEÑA-Ivan

Universidad Tecnológica de Huejotzingo, Camino Real a San Mateo S/N Santa Ana Xalmimilulco, Huejotzingo, Puebla, México. CP 74169

Recibido Julio 22, 2015; Aceptado Septiembre 11, 2015

Resumen

El objetivo de este proyecto es desarrollar un equipo que aumente la eficiencia del proceso de reventado del grano de amaranto y no lo contamine con los gases generados por la combustión de leña o gas natural que se utilizan para este proceso. El reventador de amaranto a diseñar debe reducir el tiempo de proceso y aumentar el volumen de producción, eliminando la contaminación del medio ambiente, del producto y la afectación negativa en la salud del usuario, también debe ser un equipo compacto que esté al alcance del pequeño productor de amaranto y sus derivados, de la región de Huejotzingo. Se utilizará Ingeniería concurrente, la cual permitirá desarrollar a partir de equipos ya generados, uno nuevo que utilice energía alternativa y limpia como lo es la energía eléctrica, señalando que a futuro se prevé utilizar energía solar. El diseño de este equipo eléctrico permitirá eliminar la utilización de leña y gas para el proceso de reventado, reducir la contaminación de CO² y evitar enfermedades respiratorias del usuario.

Reventador-eléctrico, amaranto, Ingeniería concurrente, energía limpia.

Abstract

The objective of this Project is to develop an equipment that increase the efficiency of the process of exploding amaranth grains without polluting it with the generation of gases for the combustion of firewood or the natural gases that are used in this process. The exploder of amaranth that will be designed, must reduce the time of the process and increase the volume of production, eliminating environmental pollution, product contamination and negative effects on the health of the user. This must also be a compact device available for small producers of amaranth and its derivatives in Huejotzingo area. Concurrent engineering will be used, which will develop from equipments already generated a new one that uses alternative and clean energy such as the electric power, noting that in a near future solar energy will be used.

Electrical Exploder, Amaranth, Concurrent engineering, Clean Energy.

Citación: MERINO-Victor, DE LA LLAVE-María y CECEÑA-Ivan. Diseño de un equipo eléctrico para reventar grano de amaranto mediante la metodología de ingeniería concurrente. Revista de Aplicación Científica y Técnica 2015, 1-2: 113-120

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico victormerimuth@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El principal objetivo del proyecto es desarrollar y diseñar un equipo eléctrico eficiente que aumente la producción de grano de amaranto reventado, mismo que es utilizado como materia prima de diversos productos (cereales, granolas y dulces típicos entre otros) que son manufacturados y comercializados por pequeños comerciantes de la región de Huejotzingo, Pue., además de generar un mayor volumen de amaranto reventado, se busca no exponer a las personas a que respiren gases producto de la combustión del proceso artesanal, que provoca enfermedades respiratorias, contaminación al medio ambiente y contaminación del propio producto ya que se expone al contacto con los gases de la combustión.

El reventador de amaranto a diseñar está dirigido a las microempresas familiares que producen dulces típicos en la región de Huejotzingo como su principal fuente de ingresos; estos pequeños productores aún utilizan métodos artesanales con leña como combustible para la generación del calor que revienta el amaranto o compran el amaranto procesado en grandes equipos semi industriales que utilizan gas natural para procesarlo; en ambos casos el producto se contamina al contacto de los gases. El diseño propuesto deberá cumplir con las características siguientes, ser compacto, aumentar el volumen de producción, ser de bajo costo, no contaminar el medio ambiente y no exponer al usuario a enfermedades respiratorias por contaminantes derivados del proceso de combustión.

En la etapa inicial del estudio se analizan los diferentes tipos de proceso empleados para reventar el amaranto, tomando en consideración el tipo de combustible utilizado, el tiempo de reventamiento de la semilla, el volumen de producción por hora y los efectos secundarios que produce al medio ambiente y al usuario; llegando a la conclusión de que es necesario cambiar la forma de procesamiento del cereal a uno que utilice energía limpia y sea más rentable, por lo que se propone el uso de una nueva tecnología alimentada por energía eléctrica.

Las etapas siguientes del estudio corresponden al diseño y construcción del prototipo, la prueba de funcionamiento y la medición de resultados, mismas que no son reportadas en este trabajo por encontrarse pendientes o en ejecución.

Es necesario señalar que este proyecto se refiere únicamente a la construcción de un reventador de amaranto eléctrico y las ventajas que éste representa sobre los métodos tradicionales y/o con combustibles fósiles.

Materiales y métodos

El proyecto se realizó en la carrera de Procesos Industriales de la Universidad Tecnológica de Huejotzingo, donde se llevó a cabo de acuerdo al diseño de investigación de Ingeniería Recurrente (también llamada Ingeniería inversa e Ingeniería concurrente), dividido en las etapas principales referidas a continuación:

- Investigación del contexto (procesos actualmente utilizados y producción de amaranto en Puebla, región Huejotzingo) y justificación del proyecto.

- Diseño y producción de reventador eléctrico de amaranto (prototipo) a partir del estudio de modelos actuales y aplicando mejoras sustanciales en el diseño.

Investigación del contexto y justificación del proyecto

Producción de amaranto en Puebla. El amaranto es un grano con un alto contenido de proteínas de calidad inusual debido a la alta cantidad del aminoácido llamado lisina; el cultivo del amaranto en México se realiza en el Distrito Federal, el Estado de México, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro y Tlaxcala; de acuerdo con el Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2008, Puebla es considerado uno de los mayores productores de éste cereal, sembrando más del 50% del total nacional. Las principales regiones productoras se encuentran en el Popocatepetl conlindando con Morelos, el Ixtazíhuatl, en la Mixteca poblana y en Tehuacán (Pérez-Torres *et al*, 2011).

De acuerdo con Amaranum, Asociación Mexicana de Amaranto *“Puebla es el mayor productor de amaranto en México con el 51 por ciento de la producción total nacional”* (<http://www.amaranto.com.mx/vertical/faq/faq.htm>, 2013).

Dentro de la zona de influencia directa de la Universidad Tecnológica de Huejotzingo (UTH) se contactó a 121 productores que realizan productos con base de amaranto reventado, y una vez identificado el grupo de beneficiarios potenciales, se procede al análisis de los procesos que actualmente utilizan (artesanal con leña y con gas y semi-industrial con gas natural) para reventar el grano de amaranto, se consideran las variables de tiempo y volumen de producción y efectos de los combustibles utilizados, con la intención de proponer una forma más efectiva y eficiente para reventar el grano del amaranto.

Proceso artesanal de reventado de amaranto. En el proceso se utiliza leña o gas como combustible para generar energía calorífica con la que se calientan comales de barro o metálicos (figura 1) sobre los cuales se coloca el grano, que revienta¹ al estar en contacto con la superficie caliente como ocurre con las rosetas de maíz, en este caso es necesario que el operador mueva el grano con una pala o cuchara para evitar que el grano reventado se queme. Una vez que el grano ha reventado se saca del comal y se almacena.

La utilización de leña o gas para este proceso genera gases con un alto contenido de dióxido de carbono (CO₂) y bióxido de nitrógeno (NO₂) que se impregnan al amaranto reventado, contaminando el producto aún en baja proporción; como segundo inconveniente derivado de la quema de leña se tiene que la emisión de gases nocivos va al medio ambiente y al sistema respiratorio del operador, de acuerdo con Smith, K.R., Rogers, J. y Cowlin S.C. respirar humo de combustibles sólidos en el hogar puede disminuir la esperanza de vida sana de una persona entre el dos y el tres por ciento (2005). En cuanto al nivel de producción se tiene que se alcanzan volúmenes de entre tres y cinco kilogramos de grano reventado por hora. La producción generada por este método es de aproximadamente de 30 a 40 kg por jornada.



Figura 1 Tostado del amaranto

¹ El grano o semilla de amaranto revienta a temperaturas de entre 175 y 195°C.

Proceso semi-industrial de reventado de amaranto con uso de gas natural

Para este proceso de reventado, el grano se hace pasar a una cámara donde se insufla aire a altas temperaturas, el aire es calentado a través de un quemador que utiliza como combustible gas natural, al reventar el grano de amaranto cambia su densidad, y por acción de la ráfaga de aire es llevado hacia arriba a través de un conducto por el que sale y cae a un sistema de separación o cribado donde se separa del grano sin reventar. El grano reventado es recolectado al final del ducto y almacenado.

La principal desventaja de reventadores de este tipo es que requieren de un suministro de energía eléctrica para las turbinas que generan la ráfaga de aire además del consumo de gas natural para generar calor. Otra desventaja es que el uso del gas sigue generando contaminación del amaranto cuando entra en contacto con el grano (reventado o sin reventar) y la emisión de contaminantes por la combustión del gas son liberados al medio ambiente.

El volumen de producción en este tipo de proceso depende de la capacidad del reventador, en el caso de un proceso semi-industrial va de 35 a 40 kg por hora, lo que significa una ventaja para el productor.

Diseño y producción de reventador eléctrico de amaranto (prototipo).

Propuesta de reventador eléctrico compacto de amaranto.

Debido a las desventajas que presentan los procesos y sistemas actualmente utilizados para reventar el amaranto, se decide desarrollar una tercera opción que consiste en un reventador de amaranto cuyo calentamiento sea generado por energía eléctrica y enfocado a futuro hacia el uso de energía solar. Al inicio del proyecto y en las pruebas se utilizará energía eléctrica de red.

Utilizando la información técnica del manejo de alimentación de aire del reventador de amaranto por flujo de aire calentado por combustión de gas, se propone utilizar un sistema de calentamiento por resistencia eléctrica de 500 watts para alcanzar una temperatura de 280°C. Con esta forma de generación de calor se obtienen los siguientes resultados:

- Consumo de energía eléctrica: 500 watts /hr equivalente a 0.5 kWh.
- No existen emisiones contaminantes que se adhieran al producto.
- No existen gases nocivos para el productor.

Determinación de propiedades Físicas-Mecánicas del grano de amaranto como objeto de reventado. La obtención de los datos es fundamental como información de entrada para el diseño del reventador de amaranto.

Se realizaron ensayos para determinar propiedades del grano tales como la geometría, su densidad antes de reventar y después de reventado, las características aerodinámicas antes y después de reventado y la humedad, además de determinar coeficiente de fricción entre granos y grano y el coeficiente de fricción entre lamina inoxidable y grano.

Características utilizadas para el diseño de flujo de aire. Entre las características técnicas calculadas del equipo que se requieren para el diseño se tienen que el sistema de alimentación de aire contiene un motor de $\frac{3}{4}$ hp con el que se genera una velocidad de aire en la descarga de 8.60 m/s (1692.91 pies /min), con un caudal de 0.15197 m³/seg (322.0064 pies³/min).

$$Q = V * A \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (1)$$

Donde:

V: velocidad del aire = 8.60 m/s.

A: Área de descarga del ventilador = $0,0176\text{m}^2$.

Q: caudal de aire = $0,15197\text{ m}^3/\text{s}$.

Materiales de fabricación de la máquina. Para su fabricación se utilizará lámina (chapa) de acero inoxidable austenítico tipo 304 acabado P3 (que contiene básicamente 18% de cromo y 8% de níquel, con un tenor de carbono limitado a un máximo de 0,08%) y soldadura de alambre del mismo tipo de material.

Fabricación. Se utilizarán procesos de manufactura de soldadura, doblez de lámina, cortes de lámina, ensamblado con unión de tornillos y remaches.

Tolva alimentadora de grano. La tolva en forma de cono tendrá un volumen aproximado de 0.25 m^3 , colocado y conectada en la parte superior del depósito donde se reventará el amaranto, hecha de acero inoxidable austenítico tipo 304 acabado P3.

Sistema de Aire. Se requiere un ventilador centrífugo con un motor de $\frac{3}{4}$ de CP monofásico de 127 volts, para generar la velocidad del aire y el caudal requerido para el buen funcionamiento del equipo.

Sistema de aplicación de calor. El equipo tendrá un juego de resistencias eléctricas que permitan calentar el aire al paso de este, donde se irá directamente hacia el inicio de la cámara de reventado, con el flujo y turbulencia generado por el mismo aire, el grano de amaranto girará constantemente dentro de la cámara hasta reventarse y por diferencia de densidad, subirá por un ducto al final de la cámara del reventador.

Diseño del equipo reventador de amaranto.

A partir de los datos obtenidos se realizó el diseño del equipo de reventador de amaranto, para esto se utilizaron programas de diseño que permitieron optimizar el tiempo de modelado piezas y conjuntos y extraer de los modelos, tanto los planos de ingeniería como otro tipo de información necesaria para la producción.

Los programas utilizados tienen un enfoque paramétrico basado en funciones para crear modelos y ensamblajes, es decir, se pueden establecer restricciones en función de la geometría ya diseñada; los programas utilizados para el diseño fueron Solid Works y CATIA.

En el desarrollo se pudo realizar análisis de acoplamiento entre piezas, simulación de elementos móviles del equipo para reventado de amaranto, así como la visualización de tolerancias de ensamblaje entre dichos componentes.

Resultados

De la Investigación del contexto (procesos actualmente utilizados y producción de amaranto en Puebla, región Huejotzingo).

Los resultados generados fueron relevantes, ya que permitieron saber la demanda que se tiene en el uso del amaranto en la región, Se determinó que el 78% de los comerciantes que utilizan el amaranto para producir sus diversos productos al ser pequeñas familias, generan el proceso de reventado de amaranto de una forma muy tradicional y artesanal donde se usan comales de barro o lámina y usando como combustible la leña o gas natural, generando un estimado de 3.5 kg.

De amaranto reventado por hora; también se pudo detectar que las personas que realizan el reventado por este método se encuentran en un rango 35 a 48 años de edad, y que han trabajado en este tipo de proceso tradicional por más de 9 años, durante los cuales han respirado los gases nocivos producto de la combustión; por otro lado se ha incrementado la contaminación ambiental.

Con el objeto de minimizar estos efectos negativos, se desea aplicar el uso de reventadores de amaranto eléctricos, de esta manera se eliminan las desventajas asociadas al uso de combustibles sólidos y a la emisión de contaminantes a la atmósfera. La tabla 1 muestra una comparación de los procesos actuales y el proceso propuesto.

Tipo	Combustible	Prod. / hr.	Desventajas
Artesanal	Leña o gas natural	5 – 6 kg	Emisión de CO ₂ Contaminación del amaranto por CO ₂ Afectación a sistema respiratorio del quien procesa este producto Tala de árboles.
Semi-industrial	Gas natural	35 – 50 kg.	Emisión de gases nocivos al medio ambiente (CO ₂ , y el NO ₂) Incremento mensual del costo del gas.
Reventador eléctrico	Energía eléctrica	35 – 50 kg. Con posibilidad de incremento	Costo de la energía eléctrica (eliminable si se utiliza un sistema de energía solar)

Tabla 1 Comparativos de procesos de reventado de amaranto, Investigación de la región de Huejotzingo.

Las ventajas en el uso del equipo de reventador de amaranto eléctrico, son principalmente la eliminación de emisiones de gases contaminantes al medio ambiente y la no exposición a CO₂ y NO₂ tanto del producto como de las personas que trabajan con este proceso.

El prototipo de reventador eléctrico que se encuentra actualmente en proceso de construcción deberá duplicar el volumen de producción de los equipos semi-industriales que funcionan con gas, aumentando las ventajas competitivas para el productor de amaranto.

Durante el proceso de diseño y producción de reventador eléctrico de amaranto se generaron datos que fueron relevantes para tener parámetros en el diseño del equipo mostrados en las tablas 2,3 y 4:

Humedad del grano	
Sin reventar	Reventado
7.99%	1.87%

Tabla 2 Humedad de grano de amaranto, resultados de ensayos

Dimensiones del grano (Diámetro)	
Sin reventar	Reventado
Promedio 1.3 mm	Muy variado 1.1- 1.8 mm

Tabla 3 Dimensión del grano de amaranto, resultados de ensayos.

Coeficiente de Fricción	
Entre grano y grano sin reventar	X= 0.5258
Entre grano y grano reventado	X= 0.7992
Entre grano sin reventar y acero inoxidable	X= 0.3002
Entre grano reventar y acero inoxidable	X= 0.5921

Tabla 4 Coeficiente de fricción del grano de amaranto, resultados de ensayos.

Diseño

Con el apoyo de los programas de diseño se generó el reventador de amaranto eléctrico, se realizaron los planos del equipo para la etapa de fabricación, se hicieron las simulaciones que permitieron un visualizar de acoplamiento adecuado de los componentes que constituyen al equipo.

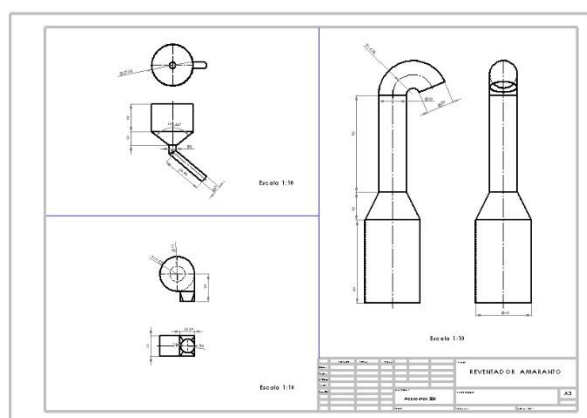


Figura 3 Planos del Reventador de amaranto, elaborado con programa de Solid Works. Del autor, 2015.

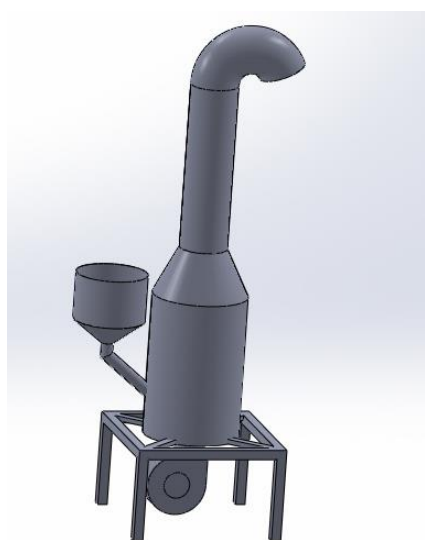


Figura 4 Reventador de amaranto 3D, elaborado con programa de CATIA. Del autor, 2015.

El prototipo se encuentra actualmente en el proceso de fabricación, una vez construido se procederá a realizar pruebas de funcionalidad con productores de amaranto, así como el volumen de obtención por unidad de tiempo, y determinar si el diámetro y calidad del amaranto reventado es al menos como la de los procesos actuales.

Agradecimiento

Los autores de este proyecto agradecen a la Universidad Tecnológica de Huejotzingo por la confianza y el respaldo como Institución durante el desarrollo de este trabajo; especialmente el agradecimiento al grupo de elaboradores de dulce típicos y productores de amaranto de la zona de Huejotzingo, Puebla, por su apoyo al proporcionar información sobre sus procesos de elaboración.

Conclusiones

Con el desarrollo de este equipo, se apoyará a un gran número de personas dedicadas a esta actividad de productiva, de manera que dejen de comprar el producto sin que sepan el grado de salubridad de su obtención y tampoco producirán amaranto contaminado por el contacto directo de los gases de la combustión de la leña o gas.

Al sustituir los combustibles tradicionales por energía eléctrica, utilizarán menos recursos naturales que se agotan día a día, no estarán expuestos a gases nocivos y aumentarán el volumen de producción, mejorando el obtenido de forma artesanal.

Es necesario que las Instituciones de Educación Superior y los grupos de investigadores que en éstas se desempeñen, dirijan parte de sus esfuerzos en lo que a transferencia tecnológica e investigación aplicada refiere, a los sectores económicos y sociales más vulnerables en sus respectivas zonas de influencia.

En el caso particular de las Universidades Tecnológicas, el generar tecnología que ayude al desarrollo económico de la región de donde están establecidas dichas instituciones, permitirá mejores posibilidades de vida para la gente tanto económicas, como sociales y de salud, apoyando significativamente al desarrollo de la sociedad Mexicana.

Referencias

Amarantum, Asociación Mexicana de Amaranto. 2013. Preguntas frecuentes. <http://www.amaranto.com.mx/>.

Imeri, Ana; Flores, Rafael; Elías, Luiz G; Bressani, Ricardo. Efecto del procesamiento y de la suplementación con aminoácidos sobre la calidad proteínica del amaranto (*Amaranthus caudatus*) / Effect of processing and amino acids supplementation on the protein quality of amaranth (*Amaranthus caudatus*). Arch. latinoam. nutr;37(1):160-73, mar. 1987. ilus, tab.

Pérez Torres, Betzabeth Cecilia; Aragón García, Agustín; Pérez Avilés, Ricardo; Ricardo Hernández, Luis; López Olguín, Jesús Francisco. Estudio entomofaunístico del cultivo de amaranto (*amaranthus hypochondriacus* l.) en Puebla, México*. Entomofaunistic study in of the cultivation of amaranth (*amaranthus hypochondriacus* l.) in Puebla, Mexico. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.2 Núm.3 1 de mayo - 30 de junio, 2011 p. 359-371

Smith, K.R., Rogers, J. y Cowlin, S.C. 2005. Household fuels and ill-health in developing countries: what improvements can be brought by LP gas (LPG)? París, Francia, World LP Gas Association & Intermediate Technology Development Group.