

DRYING TECHNIQUES AND PHYSICAL QUALITY OF RICE GRAIN (*Oriza sativa* L.)
FOR HUMAN
CONSUMPTION.

TÉCNICAS DE SECADO Y CALIDAD FÍSICA DEL GRANO DE ARROZ (*Oriza sativa* L.)
PARA EL CONSUMO HUMANO.

AUTORES:

Mera Zambrano Erick Manuel

UNIVERSIDAD TECNICA DE MANABI

Correo: erickmera@utm.edu.ec

ORCID DEL AUTOR <https://orcid.org/0000-0002-3111-3193>

Ing. Fredy Alciviades Santana Parrales Mg. Eds.

UNIVERSIDAD TECNICA DE MANABI

Correo: Fredy.santana@utm.edu.ec

ORCID DEL AUTOR <https://orcid.org/0000-0003-3067-0980>

Ing. Roberto Bravo Zamora Mg. Sc.

UNIVERSIDAD TECNICA DE MANABI

Correo: Roberto.bravo@utm.ec

ORCID DEL AUTOR <https://orcid.org/0000-0002-9299-6110>

Fechas de:

Recepción: 06- nov-2021 Aceptación:19 nov -2021 Publicación: 15-dic-2021

ORCID DE LA REVISTA <https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://www.mqrinvestigar.com/>

Resumen

El arroz es la base de la alimentación tanto a nivel del Ecuador como a nivel mundial por los beneficios nutricionales que tiene este grano y sobretodo porque puede ser utilizado de varias formas y para la alimentación humana es fundamental, al ser la base de la alimentación en nuestro país, se vuelve necesario reconocer las técnicas de secado y calidad física del grano de arroz (*Oriza sativa* L.) para el consumo humano, para ello fue necesaria la aplicación de una metodología fundamentada en la revisión bibliográfica de varios autores y artículos de revistas especializadas, que permitieron reconocer a modo de conclusión que los granos de tamaño mediano producen un mayor rendimiento de arroz espigado que los más largos. No se observaron diferencias significativas para el rendimiento del arroz de cabeza del secado solar indirecto y de modo mixto; en cuanto a la alimentación, es fundamental para el desarrollo social y económico del país, ya que gracias a la producción del arroz millones de familias se alimentan y viven del trabajo de la producción del mismo.

Palabras clave: Arroz; calidad física; consumo humano; técnicas; secado.

Abstract

Rice is the base of food both in Ecuador and worldwide due to the nutritional benefits that this grain has and above all because it can be used in various ways and for human nutrition it is essential, as it is the basis of food in In our country, it becomes necessary to recognize the drying techniques and physical quality of the rice grain (*Oriza sativa* L.) for human consumption, for this it was necessary to apply a methodology based on the bibliographic review of several authors and journal articles specialized, which allowed us to conclude that medium-sized grains produce a higher yield of spiky rice than longer ones. No significant differences were observed for the overhead rice yield from indirect solar drying and mixed mode; As for food, it is fundamental for the social and economic development of the country, since thanks to the production of rice millions of families feed themselves and live from the work of its production.

Keywords: Rice; physical quality; human consumption; techniques; drying.

Introducción

En la cadena de producción de alimentos, el secado es un proceso de gran importancia debido al contenido de humedad que presentan los granos, sin duda, es una de las características más importantes para determinar si durante el almacenamiento, el grano corre el riesgo de deteriorarse (FAO, 1993). Existen variados recursos agrícolas que no únicamente representan importancia en la ingesta alimenticia de las personas, sino que además contribuyen al desarrollo agroindustrial y a la economía de los países, uno de esos recursos es el arroz (*Oriza sativa*) (Mendoza et al., 2019). De acuerdo a Rathna et al. (2019) el arroz presenta importancia alimenticia en la mayoría de los países en desarrollo, a pesar de existir aproximadamente 40.000 variedades de arroz, solo unas pocas variedades son cultivadas de forma extensiva, se muelen y se pulen.

Como afirma Aguerre (1994) el arroz es una de las plantas alimenticias cuyo cultivo se practica desde la antigüedad y desde sus primeros cultivos se posiciono como la base de la alimentación en diversas culturas.

El arroz blanco crudo de grano largo tiene fuente importante de carbohidratos, calcio, hierro, tiamina, ácido pantoténico, ácido fólico y vitamina En comparación con otras gramíneas como el maíz, el trigo y las papas, en el caso del arroz integral conserva su capa de salvado (la misma presenta vitaminas, minerales y fibra), ya que este no se ha pulido más para producir arroz blanco (Juliano, 1993).

Por otro lado, se conoce que la humedad y la temperatura son las variables que más afectan la actividad de los granos y la de los organismos que viven en el granel. A mayor temperatura y humedad, mayor actividad microbiana. “El manejo del grano húmedo es un aspecto que frecuentemente constituye un problema a la hora de cosechar, y ese problema puede ser tanto económico como logístico” (Chulze, 2010).

En el caso de la humedad es un factor que incide directamente en el rendimiento industrial de algunos granos, por ello los granos deben ser almacenados secos (13,5 % de humedad de recibo) y no tener daño mecánico, con lo cual el riesgo de deterioro es mínimo. Para ello, se

debe considerar el acondicionamiento, el almacenamiento y el control de calidad de los granos durante esta etapa (Nuss y Tanumihardjo, 2010).

El arroz, al ser la gramínea de mayor importancia alimenticia y económica en el mundo (Behera y Sutar, 2018), como lo afirman (Mehdi y Mohammad, 2015) “el proceso de secado es una de las técnicas principales y necesarias, debido al efecto crítico que tiene en la calidad del producto final, el arroz debe secarse hasta un contenido de humedad de aproximadamente 13% para almacenamiento prolongado”

El proceso de secado del grano de arroz inicia en el campo, posterior a la madurez fisiológica, por ello el mantener la calidad del grano requiere secar a niveles seguros del contenido de humedad posteriormente de la cosecha; con el secado y almacenamiento del grano se permite controlar la temperatura y la humedad del aire alrededor del grano para reducir la cantidad y las pérdidas de valor de mercado mientras se retiene el grano para obtener mejores oportunidades.

Existen dos tipos de secado en la gramínea, el secado natural que es el que expone los granos húmedos al sol y al viento, y el secado artificial emplea alta temperatura directa o indirectamente en sistemas de convección natural y forzada. Los secadores mecánicos se han utilizado ampliamente en países desarrollados y se están desarrollando nuevos sistemas con la mayor demanda en su aplicación en sistemas agrícolas y de manejo de granos (Muthukumarappan y Singha, 2016).

Un sistema de secado debe permitir eliminar la humedad excesiva de los granos a corto plazo y asegurar su conservación. Por otra parte, el poder contar con un método de conservación que logre asegurar y mantener la calidad de los granos es de gran importancia, pues garantiza satisfacer los abastecimientos de alimentos a la población y los animales por periodos prolongados, lo cual se ha visto amenazado por el incremento de la población humana que se observa en los últimos años. Por estas razones, es necesario el desarrollo de tecnologías modernas que permitan almacenar grandes volúmenes de granos y mayor innovación del potencial productivo (Hidalgo, 2011). El objetivo del trabajo es conocer las técnicas de secado y calidad del grano de arroz (*Oryza sativa* L.) para el consumo humano.

Materiales y métodos

En el presente trabajo de investigación fue necesaria la aplicación de una investigación profunda y análisis bibliográfico referente a las técnicas de secado y calidad física del grano de arroz (*Oriza sativa L.*) para el consumo humano, se utilizó información publicada desde 20 años atrás hasta la actualidad, para conocer los inicios de las técnicas de secado del grano de arroz y su desarrollo hoy en día.

Para realizar este artículo académico, se procedió a buscar información en diferentes bases de datos (Internet: Latindex, Dialnet, Doaj, Scopus, Wed of Science), libros, revistas, entre otras), los mismos que tuvieron relación con el tema, sobre todo con el secado, calidad física de grano de arroz y consumo humano. Este artículo de revisión se estructuró de la siguiente forma:

- ❖ Introducción
- ❖ Importancia del arroz en la dieta alimentaria
- ❖ Consumo humano a nivel nacional y mundial
- ❖ Calidad física del arroz
- ❖ Actividades en la postcosecha del arroz
- ❖ Generalidades para un secado técnico de granos
- ❖ Temperatura y humedad relativa
- ❖ Secado de arroz
- ❖ Cuidados en el secamiento
- ❖ Almacenamiento de arroz
- ❖ Problemas en granos almacenados

Resultados

El arroz es uno de los cereales más importantes en la nutrición humana, consumido por aproximadamente el 75% de la población mundial, como lo afirma (Muthayya et al., 2014). “es un alimento básico para casi la mitad de la población mundial. proporciona el 60% de la ingesta alimentaria, entre los cereales, el arroz comparte la misma importancia como fuente principal de alimentos para la humanidad”

Los pequeños granos de arroz son más vulnerables a romperse durante el proceso de molienda en comparación a los granos grandes. El valor económico del arroz fuertemente depende del rendimiento de arroz elaborado y su calidad (Hung et al., 2019).

Saeed y Mohammad (2013) observaron que la calidad del arroz elaborado se ve afectada por el contenido de humedad de los granos durante la cosecha, secado, molienda y almacenamiento.

“Los granos de arroz ásperos deben secarse por debajo del 14% para un almacenamiento seguro, mientras que el ideal de un arrozal para moler esta entre 13% y 14% de humedad” (IRRI, 2013).

El objetivo principal del secado es reducir la humedad de cosecha de granos y semillas hasta la humedad de almacenamiento seguro, para lograr una adecuada conservación. Adicionalmente, el secado permite reducir la humedad de cosecha de los granos de arroz hasta el nivel establecido en las normas de comercialización. En la actualidad, existen diferentes sistemas de secado de granos que se clasifican como sistemas de secado de baja, media y alta temperatura, en función de la temperatura a la que llega el grano durante el proceso de secado (Bernadette y Bartosik, 2013).

El proceso de secado de granos y de cualquier sólido higroscópico, consiste en forzar la migración del agua desde el seno del material hacia el ambiente el mismo puede tener lugar de forma natural o de forma artificial, debiéndose prestar especial atención a la temperatura que el grano adquiere durante el proceso de secado ya que es fundamental para determinar si el mismo mantiene su calidad inicial. Todos los métodos utilizados para secar granos emplean la propiedad del aire de absorber humedad de cuerpos que contienen agua (Fernández et al., 2019).

Al realizar el proceso de forma natural se expone el material al aire atmosférico por un tiempo suficientemente prolongado, como para conseguir los niveles de humedad pretendidos,

mientras que de forma artificial es someter la masa de granos a la transición de aire caliente a aire en condiciones normales. Una condición primordial para el secado de granos es la relación entre el contenido de humedad del producto y la humedad relativa del aire (Fernández et al., 2019).

Por otro lado, el secado a alta temperatura y muy rápido produce un grano de baja calidad muy susceptible a la rotura, gran porcentaje de granos cuarteados, baja calidad de molienda, baja calidad para su uso final. La solución es no exceder la temperatura máxima que cada grano posee para un determinado uso y no exceder la extracción de agua máxima por hora de acuerdo al grano de que se trate (Rodríguez y Bartosik, 2006; Brumovsky, 2011).

Manipulación del arroz durante el proceso de secado

Secar y almacenar arroz en la finca puede ser una excelente estrategia de marketing. La forma en que se manipule el arroz durante el proceso de secado y almacenamiento determinará su calidad en el punto de venta, lo que influirá en su valor. El arroz debe secarse rápidamente a un nivel de humedad de aproximadamente el 12% para su almacenamiento, especialmente si se va a almacenar durante varios meses. La reducción de la humedad del grano se realiza pasando cantidades relativamente grandes de aire seco sobre el arroz después de colocarlo en depósito (Gardisser y Saichuk, 2012).

La calidad y cantidad de este aire en el secamiento determina el contenido de humedad final del grano de arroz. La calidad del aire se denomina típicamente contenido de humedad de equilibrio. Es la combinación de temperatura y humedad relativa a la que el arroz no gana ni pierde humedad del aire. Si el aire tiene una humedad del 12%, la humedad del grano eventualmente alcanzará el mismo porcentaje. (Gardisser y Saichuk, 2012).

Volumen de aire

Un volumen dado de aire tiene la capacidad de contener una determinada cantidad de humedad. Esa cantidad dependerá sobre la calidad. Una forma de aumentar el potencial de secado o hacer que el grano alcance el equilibrio con el aire antes es pasar grandes cantidades de aire sobre el grano. Habitualmente, duplicar el flujo de aire reduce el tiempo de secado aproximadamente a la mitad. Las tasas de flujo de aire para el secado varían de un mínimo de 1 pie cúbico por minuto por quintal hasta un máximo de 100 o más. Los índices de flujo

de aire mínimos recomendados para diferentes contenidos de humedad son: 13 a 15% (Gardisser y Saichuk, 2012).

Principales causas de pérdida de calidad del arroz en el secado:

- Daños mecánicos
- Choque térmico
- Secado desigual
- Exceso de temperatura de secado
- Secado con humedad final muy baja (Allebrandt, 2011).

Métodos de secado

El secado al sol del arroz después de la cosecha sigue siendo la práctica más común en Camboya y muchos otros países en desarrollo, ya que la radiación solar es conveniente, simple y muy económica. Por lo tanto, es muy importante comprender los diferentes parámetros que pueden controlar los productores sobre el rendimiento del secado y la calidad final de la calidad del grano de arroz seco, ya que puede optimizar el proceso de secado y maximizar la calidad y, por lo tanto, el valor del grano (Meas et al., 2011).

Generalmente, el arroz en bruto se cosecha en los EE. UU. Con contenidos de humedad que oscilan entre el 14% y el 24% y posteriormente se seca entre el 12 y 13% para un almacenamiento seguro. El secado de flujo cruzado a alta temperatura es el método más común utilizado en los EE. UU para secar arroz en bruto (Schluterman y Siebenmorgen, 2004). Sin embargo, en los últimos años, se ha prestado mayor atención al secado con aire natural en contenedores del arroz en cáscara, en parte porque es un proceso de secado a baja temperatura y relativamente lento que es generalmente conocido por prevenir la fisuración del grano y mantener un alto rendimiento de molienda de arroz. El rendimiento de la molienda del arroz, en gran parte, se cuantifica por el rendimiento del arroz de cabeza (USDA, 2010).

El rendimiento del arroz espigado comprende granos de arroz molidos que son al menos tres cuartos de la longitud original del grano; representa el porcentaje de masa de un lote de arroz

en bruto que permanece como arroz cabeza después de la molienda. La prevención de la reducción, durante el secado es fundamental y tiene una importancia económica significativa en la industria del arroz (Cnossen y Siebenmorgen, 2000). El secado con aire natural utiliza aire ambiental no acondicionado para secar el grano.

Hay muchos métodos de secado diferentes que se utilizan para secar el arroz. Implican varias tecnologías de secado de diferente escala y complejidad. No existe un secador ideal para secar arroz, ya que cada método de secado tiene su propia ventaja y desventaja inherentes.

Secado o apilado en campo

En muchos sistemas de cosecha tradicionales, los agricultores dejan el arroz cosechado en el campo durante un tiempo prolongado porque están esperando la trilladora o porque quieren secar previamente el arroz (Postharvest, 2013).

En esta práctica, a menudo denominada secado en el campo, las plantas de arroz se apilan en montículos con las panículas adentro para protegerlas de la lluvia, los pájaros y los roedores, una práctica que puede provocar una acumulación masiva de calor dentro de los granos almacenados. Como resultado, los mohos crecen rápidamente e infestan los granos y la decoloración, generalmente se desarrolla dentro del primer día de secado en el campo. Otro efecto no deseado es que los granos relativamente secos a menudo absorben agua de la paja más húmeda, lo que provoca la fisuración de los granos secos y, por lo tanto, reduce la posible recuperación del arroz espigado (Postharvest, 2013).

Secado al sol

El secado al sol es el método tradicional de secado y todavía se prefiere en Asia debido a su bajo costo en comparación con el secado mecánico. Requiere poca inversión y es el CO₂ neutral ya que utiliza el sol como fuente de calor. El secado al sol tiene algunas limitaciones:

- No es posible durante la lluvia y por la noche.
- Cualquier retraso conduce a una respiración excesiva y al crecimiento de hongos provocando pérdidas y coloración amarillenta.
- Requiere mucha mano de obra y tiene una capacidad limitada.

- El control de la temperatura es difícil. El sobrecalentamiento o el rehumedecimiento de los granos puede resultar en una baja calidad de molienda como resultado del desarrollo de grietas en los granos (Postharvest, 2013).

Secado a baja temperatura

El secado de granos con aire natural o baja temperatura es un sistema de secado que prioriza la calidad final del grano por sobre el rendimiento del proceso. La baja temperatura del aire de secado garantiza que la calidad del grano no se vea afectada por estrés térmico ni por una elevada tasa de extracción de humedad. Por lo tanto, es utilizado principalmente para granos especiales de alto valor y semillas. Además, este sistema de secado permite homogenizar en mayor medida la humedad de la masa de granos, reduciendo la dispersión en el contenido de humedad de los granos individuales (Gardisser y Saichuk, 2012).

El secado con aire natural o baja temperatura se realiza en silos, utilizando aire ambiente o calentado sólo entre 3 y 8°C por encima de la temperatura ambiente, con Caudales Específicos de entre 1 y 3 m³ /min.ton. Dado que toma entre 20 y 30 días completar el secado, se recomienda que el contenido de humedad inicial del grano no supere el 20% para evitar pérdidas de calidad durante el proceso (Bernadette y Bartosik, 2013).

Velocidad de secado

Cada grano tiene una velocidad de extracción de agua por hora para no sufrir deterioro. Si se sobrepasa ese valor cuando lo secamos artificialmente, no podremos mantener su calidad. La siguiente tabla muestra los valores de extracción de agua máxima por hora (en porcentaje) para los distintos granos (Rodríguez y Bartosik, 2006).

Tabla 1. Porcentajes máximos de extracción de agua por hora, para los rangos de humedad comunes a cada cereal

Grano	% de extracción por hora
Maíz- Sorgo- Girasol	Menos de 5%

Trigo	Menos de 4%
Soja	Menos de 3%
Arroz	Menos de 1%

FUENTE: (Rodríguez y Bartosik, 2006).

Importancia del arroz en la dieta alimentaria

El arroz es de los alimentos más importantes dentro de las dietas de la mayoría de las personas en varias culturas, esto debido a su gran contenido nutricional, ya que es altamente digerible y posee un nivel bajo en grasas, rico en carbohidratos, vitamina B, calcio, fósforo, hierro, sodio y potasio (Mastera, 2018).

Es elemental incluir el arroz dentro de nuestra dieta diaria ya que como lo afirma Risicoltore (2000) tiene repercusiones positivas dentro del intestino e incluso en investigaciones realizadas en Europa se ha demostrado que tiene un efecto importante en el tratamiento del mal del Parkinson, dentro de los aspectos más importantes de su consumo es el equilibrio que da al funcionamiento del aparato digestivo, ya que regula la flora intestinal e incrementa el número de bacterias beneficiarias para disminuir la colonización intestinal.

Consumo humano a nivel nacional y mundial

En el Ecuador particularmente como lo afirma Cardenas (2018) el arroz es el elemento esencial en la comida de los habitantes, ha tenido un consumo per cápita de 71,94 kg por persona al año y un PIB agrícola del 9% siendo uno de los alimentos con mayor relevancia en la industria alimentaria, no solo por su gran contenido nutricional y accesibilidad para los ciudadanos ecuatorianos, sino también porque ha servido como fuente de ingresos para pequeños y medianos productores en el país.

A nivel mundial como lo mencionaba Orus (2021) el arroz es consumido enormemente, en el caso de China es el mayor consumidor en todo el mundo, con aproximadamente 150 millones de toneladas consumidas, dentro de los principales consumidores a nivel mundial se encuentran otros países asiáticos, en el caso de América Latina, Brasil, es el mayor

consumidor y este cereal es utilizado en la mayoría de sus platillos por su gran sabor y contenido nutricional.

Dicho cereal en el continente europeo se ha extendido principalmente en los países ubicados en la zona sur, principalmente Italia y España en donde se encuentra el 80% de la producción del cereal.

Calidad del grano

La calidad molinera y su rendimiento se evalúan basados en la proporción del grano que permanece entero o en tres cuartos de su tamaño después de ser beneficiado. Esto se debe a que el valor comercial del grano partido se reduce hasta un 50% del valor del grano entero. Teniendo en cuenta que es la misma materia prima y los elevados volúmenes de producción (contados en millones de kilos mensualmente), cuando se realiza el proceso de molinería lo mejor es manejar métodos que arrojen un buen índice de pilado (alta masa de granos enteros) donde el estándar industrial obtiene índices con valores entre 53 y 57% de granos enteros (Cubillos y Barrero, 2010).

La calidad final del grano puede verse afectada por múltiples parámetros del proceso: temperatura excesiva del grano dentro de la secadora, tiempo de exposición demasiado prolongado a la alta temperatura, elevada tasa de secado y/o elevada tasa de enfriamiento (enfriado rápido). El tipo de daño a la calidad dependerá del grano y de uso final (Bernadette y Bartosik, 2013).

Calidad del grano de arroz

La calidad del grano de arroz, a excepción del rendimiento del grano, es el factor más crucial para determinar el precio de comercialización de las ventas de arroz. Es un rasgo complejo que incluye la calidad de la molienda o procesamiento, la calidad del aspecto físico, la calidad de la comida y la cocción, y la calidad nutricional y saludable, y está influenciada genética y ambientalmente (Wang et al., 2008; Amagliani et al., 2016).

Calidad física del arroz

Cuando hablamos de la calidad física del arroz nos referimos a la existencia o ausencia de un contaminante ajeno a la semilla, dichos contaminantes pueden ser desde semillas de malezas

comunes y nocivas, algún material inerte, semillas de otros cultivos, insectos vivos o muertos, quistes de nematodos, terrones, piedras, trozos de tallos, hojas, etc.

Como establece Urbina (2018) dicha calidad física del arroz se puede considerar como una herramienta para poder mitigar la diseminación de malezas e insectos, dentro de los factores que componen la calidad física del arroz se puede considerar uniformidad del color y tamaño de la semilla, y daños diversos visibles (semillas mal llenadas, fracturadas, quebradas, manchadas, etc).

Actividades de pos cosecha del arroz

Como supo expresar Ramírez (2013) todo el proceso por el que pasa el arroz es fundamental y define su calidad, pero en cuanto a la cosecha del cultivo de arroz es preciso que se realice de forma precisa, puesto que es durante este proceso que se deben cuidar y mantener las características ideales del arroz, incluso se dice que es el proceso más crítico durante la producción de dicho cereal.

Posterior a la cosecha es necesario contar con una organización y planeación en la que se evite que los granos pasen más de un día en las tolvas o camiones, puesto que pueden alterar su calidad, luego deben pasar por una máquina de pre limpieza para eliminar las impurezas que puedan encontrarse para posterior ser cargados a los silos pulmones.

A partir de lo anterior se debe dejar que reciban aireación para esperar al momento del secado, para esta etapa es fundamental mantener una temperatura ideal que oscila entre los 35° a 40° de temperatura. Luego los granos pasan al almacenamiento, donde la humedad de almacenaje tiene que estar alrededor del 12 y 13%, para evitar la proliferación de hongos e insectos.

Generalidades para un secado técnico de granos

En términos generales el secado es muy relevante dentro de la producción de alimentos, ya que este logra reducir el nivel de humedad en el grano para evitar su deterioro en el momento de ser almacenado, básicamente durante este proceso de secado se inhibe la germinación y de esta forma no crecen hongos o no existe deterioro.

Como lo afirma la FAO (2018) básicamente se traduce como un proceso universal en el que se acondiciona a los granos a través de la reducción del agua en un grano, logrando que se equilibre con el ambiente y así mantenga su aspecto, características calidad nutritiva y la viabilidad de la semilla.

Es tan importante la fase del secado que en la actualidad existen dos técnicas conocidas mundialmente y son adaptables según a las condiciones de cada país y la aplicación de dichas técnicas se dan en función del nivel de instrucción de los productores, los costos de la tecnología de secado importada, el volumen de producción y la disponibilidad de energía eléctrica.

Temperatura y humedad relativa

Blanco, Durañona y Acosta (2016) coinciden en que las variables de humedad y temperatura son las que más influyen en el desarrollo de los granos, a partir de la relación de dependencia que existe entre las mismas es decir, mientras mayor sea la temperatura mayor es la humedad y ante ello mayor será la actividad microbiana.

En regiones tropicales húmedas, con predominio de alta temperatura y de humedad relativa, la conservación de granos representa un gran desafío. Bajo estas condiciones ecológicas se favorece el desarrollo de los principales factores que ocasionan las pérdidas en granos y semillas; por lo que garantizar su almacenamiento después de la cosecha, ha sido de gran preocupación (Blanco et al., 2016).

La temperatura del aire de secado está limitada por varios factores por ser el grano un ser vivo, sobre todo en el caso de las semillas, para las cuales una temperatura elevada puede influir negativamente en su germinación (Rodríguez y Bartosik, 2006).

Como afirma estudios de Agriculture and Food Security (2015) la humedad corresponde al factor de mayor influencia en la conservación de granos y semillas durante el almacenamiento, se encuentran relacionadas con factores biológicos que causan daño y en los que afectan el valor nutricional y económico (calidad y peso) de las cosechas. Las plagas que atacan el grano son menos atraídas al grano seco, por el contrario el deterioro de grano húmedo es muy rápido y puede llegar a niveles de 100% de pérdidas.

Por su parte la humedad relativa corresponde al nivel de aire en función de la cantidad de humedad que dicho aire puede tener a una temperatura determinada, si el contenido de la humedad del aire permanece igual y su temperatura aumenta, la humedad relativa decrece (Security, 2015).

Cuidados en el secamiento

Para que el proceso de secamiento sea exitoso hay que tener ciertas consideraciones, como es reconocido por Topolanski (1975) en cuanto al tiempo que pasa entre la cosecha y el secado no debe superar las 12 horas, puesto que de lo contrario se corre el riesgo de que el aceite contenido en el grano se enrancie, lo cual produce cambios indeseables en el color y el sabor de este material.

Así mismo debe tenerse precaución en cuanto a las enfermedades que pueden ser producidas por hongos o bacterias, ya que a través de estos patógenos se transmiten por las semillas de manera interna y externa (se alojan en la testa de la semilla), para prevenir dicha situación es fundamental que se siembren semillas libre de enfermedades y en lotes que no tengan ningún tipo de antecedentes de enfermedades que hayan sido transmitidas a través de las semillas.

A partir de lo anterior también se puede considerar semillas de variedades tolerantes a las enfermedades producidas por este tipo de bacterias y hongos, implementar el uso de productos químicos al manifestarse las primeras plantas con síntomas de la enfermedad y cuando en el ambiente se presenten condiciones favorables para el desarrollo de las enfermedades (humedad relativa alta, temperaturas extremas, presencia de vectores, etc.) (Urbina, 2018)

Discusión

Con temperaturas de 35 a 37 °C en el grano de arroz durante el proceso de secado se obtienen valores superiores en el rendimiento de enteros, lo cual permite a la empresa alcanzar mayor desempeño económico al comercializar sus producciones entre el 4 y el 10%, que son las mejores calidades con precios más elevados. El incremento en el índice de consumo de combustible para el secado de arroz en la variante A se justifica con los resultados de la comercialización de productos con mayor calidad. La variante A logra una Eficiencia Industrial del proceso de secado superior al 94 % (Ipsán et al., 2013).

El arroz con cáscara se secó al sol en Camboya en 2004 utilizando una variedad de métodos practicados por los cultivadores de arroz locales. Para cada tratamiento en el experimento, se secó al sol una muestra de grano con aproximadamente 22% de humedad (contenido típico de humedad de la cosecha) entre las 8 a.m. y las 4 p.m. Durante los experimentos, se midió el contenido de humedad del grano a intervalos regulares. Las variedades de grano utilizadas, la profundidad del lecho, la agitación del grano, el templado a granel después del secado y las almohadillas de secado tuvieron efectos significativos en el tiempo de secado. El secado fue más rápido cuando se redujo la profundidad del lecho, se agitó regularmente, pero sin sombra ni se cubrió y cuando el secado se llevó a cabo sobre una almohadilla porosa. El daño al grano seco se redujo cuando el lecho era delgado, agitado y sombreado y cuando el secado fue lento en almohadillas con menos circulación de aire (Meas et al., 2011).

En este trabajo, se investigó el efecto del secador de lecho fluidizado bajo diferentes regímenes de fluidización y temperatura sobre el tiempo de secado y las propiedades de calidad del arroz. Para predecir los resultados, se creó un perceptron multicapa de retroalimentación y un diseño compuesto central. La red neuronal artificial final elegida (2-8-7-5) se comparó con la metodología de superficie de respuesta por sus habilidades de modelado y predicción. La captura del comportamiento no lineal del sistema y la predicción simultánea del rendimiento demuestran la superioridad de una metodología de superficie de respuesta. Los experimentos demostraron que el secador de lecho fluidizado con ventilación aumentó significativamente el rendimiento del arroz de cabeza (del 30 al 50%) y el índice de blancura (del 2 al 17%) en comparación con el secador de lecho fluidizado sin ventilación. Después de eso, optimizamos las condiciones de secado mediante la metodología de superficie de respuesta. Las mejores condiciones óptimas están relacionadas con el menor tiempo de secado y los parámetros de mayor calidad. Las condiciones óptimas de secado son las siguientes: temperatura de entrada de 52 ° C, velocidad de fluidización de entrada de 3,1 m / s (régimen de fluidización de burbujas) y secador de lecho fluidizado con ventilación. En esta condición óptima (Nanvakenari et al., 2021).

Las condiciones de aire incontroladas durante el secado al aire natural a menudo dan como resultado un arroz demasiado seco, especialmente en las capas inferiores de los contenedores. Para reducir dicho secado excesivo y las pérdidas económicas asociadas para los agricultores, se necesita cierto control de la temperatura del aire de entrada y la humedad relativa. En este

estudio, se utilizó un programa de software, Post-Harvest Aeration Simulation Tool (PHAST), basado en el modelo de contenido de humedad de equilibrio de Thompson, para simular el NAD del arroz en cuatro lugares representativos de cultivo de arroz en Arkansas (Jonesboro, West Memphis, Stuttgart y Monticello). Los datos meteorológicos por hora, incluida la temperatura del aire ambiente y la humedad relativa, se descargaron del Centro Nacional de Datos Climáticos sitio web para cada ubicación. Se simularon diferentes combinaciones de estrategias NAD controladas y no controladas usando tres niveles de contenido de humedad inicial del arroz (16%, 18% y 20%), cuatro tasas de flujo de aire (0.6, 1.1, 1.7 y 2.2 m³ min⁻¹ t⁻¹), cuatro diámetros de tolva (7,3 m (24 pies), 9,1 m (30 pies), 11,0 (36 pies) y 12,8 m (42 pies)), tres variedades de arroz (Jupiter, Wells y CL XL 730), y tres fechas de cosecha (15 de agosto, 15 de septiembre y 15 de octubre). Se encontró que la estrategia de secado, la tasa de flujo de aire, la fecha de cosecha y el contenido de humedad inicial del grano tuvieron efectos significativos sobre el NAD del arroz. Una tasa de flujo de aire de 1,1 m³ min⁻¹ t⁻¹ (1.0 cfm bu⁻¹) resultó ser óptimo en términos de minimizar el costo de secado, que incluía costos de secado excesivo y pérdida de materia seca. Se encontró que la estrategia de secado controlado era superior en términos de costos de secado y operación del ventilador (Lawrence et al., 2015).

En este estudio, se diseñó, fabricó y probó un secador de lecho móvil aireado lateralmente (LAMB) a escala comercial en un molino de arroz local. Esta nueva tecnología consta de un buque de Cordero de 4,7 m de altura que contiene un tubo interior perforado y una capa de malla, un calentador de aire eléctrico y sistemas de transporte para la carga y extracción de los arrozales.

El secador tenía una capacidad de 2 tn de arroz por lote. Se realizó la prueba de rendimiento a temperatura ambiente de aireación. Los resultados mostraron que el arrozal se podía secar al contenido de humedad deseado usando aire ambiente (30-35 ° C), a un caudal de aire fijo de (530 m³ / h), 5 h de soplado de aire y 1 h de tiempo de templado. El contenido de humedad se redujo del 17,87 al 13,04% en 5 h, y se redujo adicionalmente al 12,04% después de someterse a un revenido durante 1 h. El análisis de uniformidad de secado mostró que la desviación estándar porcentual para el análisis de secado vertical es 16,94%, mientras que el análisis de secado horizontal registró solo 2,93%. El tiempo de secado fue más corto que el tiempo que tardan los secadores de lecho inclinado típicos. La uniformidad de secado del

Cordero fue relativamente más alta en comparación con la uniformidad recomendada, que es menos del 1%. Esto probablemente se debió a la baja temperatura de calentamiento utilizada, lo que hizo que el gradiente de temperatura a lo largo de la altura fuera insignificante. Más experimentos son actualmente se está llevando a cabo para lograr una alta uniformidad de secado vertical y horizontalmente (Kamin y Janaun, 2017).

En el presente estudio, dos cultivares locales de arroz (tamaño de grano medio y largo) se secaron en capa fina mediante tres métodos diferentes, incluido el secador solar activo indirecto, el secador solar activo de modo mixto y el secador continuo, a tres niveles de temperatura de 35, 45, y 55. Además, el arroz se secó mediante varios métodos como el método tradicional y de uso común (tratamiento de control). Se determinó prácticamente el consumo de energía para diferentes partes de los secadores antes mencionados. Se calculó la energía total de secado por kilogramo de masa seca de arroz de cabeza (consumo específico de energía). Los resultados indicaron que los granos de tamaño mediano producen un mayor rendimiento de arroz espigado que los más largos. No se observaron diferencias significativas para el rendimiento del arroz de cabeza del secado solar indirecto y de modo mixto. La temperatura de secado influyó significativamente en el rendimiento del arroz espigado y el consumo específico de energía, por lo que la proporción más baja se obtuvo a 35 °C. Teniendo en cuenta el bajo consumo de energía específico y la duración del tiempo de secado, el secador continuo actuó de manera más eficiente que otros (Mehdi y Mohammad, 2015).

Conclusión

A partir de lo anteriormente investigado podemos determinar las siguientes conclusiones: Gracias al correcto uso de técnicas secado del arroz como controlar la temperatura y alcanzar el nivel de humedad óptimo, se asegura una calidad física óptima del grano de arroz, lo que favorece a la conservación de sus nutrientes en la etapa de almacenamiento, el arroz es fundamental en la alimentación de los ecuatorianos, ya que favorece tanto a nivel intestinal y por su accesibilidad, todos los ecuatorianos tienen una alimentación balanceada y altamente nutricional gracias a este grano.

Finalmente consideramos que es necesario que se apliquen estas técnicas de secado para que de esta forma se logren eliminar la presencia de hongos y bacterias que pueden dañar la estructura y composición del grano de arroz.

Referencias bibliográficas

- Allebrandt, F. (2011). Secado y almacenaje de arroz. Doi: <https://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/Jornadas-2011/3%20-%20Kepler%20Weber%20-%20Secado%20y%20almacenaje%20de%20arroz.pdf>
- Aguerre, R. (1994). Secado de arroz: Estudio de la cinética y de las variables que afectan la calidad del grano en la deshidratación. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Bernadette, A., Bartosik, R. (2013). Manual de buenas prácticas en poscosecha de granos: hacia el agregado de M31 valor en origen. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2013. https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Bartosik/publication/282878383_Manual_de_Buenas_Practicas_en_Poscosecha_de_Granos/links/5621474808ae93a5c927dda3/Manual-de-Buenas-Practicas-en-Poscosecha-de-Granos.pdf
- Blanco, Y., Durañona, H., Acosta, R. (2016). Efecto de la temperatura y la humedad en la conservación de granos de maíz en silos metálicos refrigerados. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 105-114. <https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.13900.21127>
- Cardenas, R. (2018). Analisis de oferta y demanda del arroz en la provincia del Oro y Ecuador en los ultimos ocho años. Machala: Universidad Tecnica de Machala.
- Chulze, S. N. (2010). “Strategies to reduce mycotoxin levels in maize during storage: a review”. *Food Additives & Contaminants: Part A*, vol. 27, no. 5, pp. 651-657, ISSN 1944-0049, DOI 10.1080/19440040903573032.
- Cnossen, A. G., & Siebenmorgen, T. J. (2000). The glass transition temperature concept in rice drying and tempering: Effect on milling quality. *Trans. ASAE*, 43(6), 1661-1667. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.3066>.

- Cubillos Varela, Alfonso; Barrero Mendoza, Oscar Diseño e implementación de una estrategia de control predictivo para el secado de arroz paddy Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, núm. 56, diciembre, (2010), pp. 78-86 Universidad de Antioquia Medellín, Colombia Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43019938009>
- FAO. (1993). Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. Doi: <http://www.fao.org/3/x5027s/x5027S00.htm#Contents>
- FAO. (2018). Secado de granos. Obtenido de [http://www.fao.org/3/x5027s/x5027s05.htm#:~:text=El%20secado%20se%20realiz,a%20para,de%20deterioraci%C3%B3n%20\(figura%201\).](http://www.fao.org/3/x5027s/x5027s05.htm#:~:text=El%20secado%20se%20realiz,a%20para,de%20deterioraci%C3%B3n%20(figura%201).)
- Fernández, T., Díaz, D., Morejón, Y., Domínguez, G. (2019). Technological Evaluation of the Industrial Drying Process of Rice on Ramón López Peña Grain Drier. Vol (9). Doi. <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1140/1808>
- Gardisser, D., Saichuk, J. (2012). Rice Drying on the Farm. <https://www.lsuagcenter.com/~media/system/9/0/e/9/90e93160aba5daccea90c6d955299f74/10---chapter-8-rice-drying.pdf>
- Hidalgo, T. T. M. (2011). *Caracterización de la calidad físico-química de los granos de maíz almacenados en los silos metálicos refrigerados de la Empresa Productora de Piensos Balanceados de Cienfuegos*. Tesis de Maestría, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba, 75 p.
- Hung, N. V., Tuan, T. V., Meas, P., Tado, C. J. M., Kyaw, M. A., Gummert, M. (2019). Best practices for paddy drying: case studies in Vietnam, Cambodia, Philippines, and Myanmar. *Plant Prod. Sci.*, 22, 1, 107–118. <https://doi.org/10.1080/1343943X.2018.1543547>
- Ipsán, D., Díaz, S., Morejón, R., Ipsán, N. (2013). Influencia de la temperatura del grano, durante el proceso de secado, en la calidad del arroz blanco. *Revista Avances* Vol. 15 (4). Doi: <file:///C:/Users/user/Downloads/Dialnet-InfluenciaDeLaTemperaturaDelGranoDuranteElProcesoD-5350898.pdf>

- Juliano BO (1993). Rice in human nutrition. FAO Food and Nutrition Series No. 21, Rome, Italy. pp 162
- IRRI (2013). Trends in global rice consumption: Rice today. Manila, Philippines: International Rice Research Institute
- Kamin, N. H., Janaun, J. (2017). Drying of paddy in a laterally aerated moving bed dryer at ambient temperature. Chem. Eng. Trans., 56, 877–882. <http://dx.doi.org/10.3303/CET1756147>
- Lawrence, J., Atungulu, G., Siebenmorgen, J. (2015). MODELING IN-BIN RICE DRYING USING NATURAL AIR AND CONTROLLED AIR DRYING STRATEGIES .Vol. 58(4): 1103-1111. Doi: <https://agcomm.uark.edu/uarpp/Lawrence%20et%20al%202015%20Transactions%20of%20the%20ASABE.pdf>
- Meas, Pyseth; Paterson, Anthony H. J.; Cleland, Donald J.; Bronlund, John E.; Mawson, A. John; Hardacre, Allan; and Rickman, Joseph F. (2011) "Effects of Different Solar Drying Methods on Drying Time and Rice Grain Quality," International Journal of Food Engineering: Vol. 7: Iss. 5, Article 11. DOI: 10.2202/1556-3758.2378
- Mehdi, S., Mohammad, S. (2015). Energy Use Efficiency of Different Drying Methods for Two Rough Rice Cultivars. Food Science and Technology 3(2): 23-28, 2015 <http://www.hrpub.org> DOI: 10.13189/fst.2015.030201
- Mendoza, H., Loor, C., Vilema, S. (2019). El arroz y su importancia en los emprendimientos rurales de la agroindustria como mecanismo de desarrollo local de samborondón. Revista Universidad y Sociedad, 11(1), 324-330. Epub 02 de marzo de 2019. Recuperado en 21 de agosto de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202019000100324&lng=es&tlng=es.
- Mastera, W. (2018). Agrichem. Obtenido de Agrichem: <https://agrichem.mx/la-importancia-del-arroz/>

- Muthayya S, Sugimoto J D, Montgomery S, Maberly G F (2014) An overview of global rice production, supply, trade, and consumption. *Annals of the new york Academy of Sciences* 1324: 7-14.
- Muthukumarappan, K., Singha, P. (2016). Grain Drying Systems. n book: *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering* (pp.3) Edition: Second. Doi: https://www.researchgate.net/publication/304325783_Grain_Drying_Systems
- Nanvakenari, S., Movagharnejad, K., Latifi, A. (2021). Evaluating the fluidized-bed drying of rice using response surface methodology and artificial neural network, *LWT*, Volume 147, ISSN 0023-6438, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111589>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643821007428>)
- Nuss, E. T. y Tanumihardjo, S. A. “Maize: A Paramount Staple Crop in the Context of Global Nutrition”. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 9, no. 4, (2010), pp. 417-436, ISSN 1541-4337, DOI 10.1111/j.1541-4337.2010.00117.x.
- Orus, A. (2021). Países consumidores de arroz a nivel mundial . *Statista*.
- Postharvest Unit. (2013). Paddy Drying. Version 2. <http://www.knowledgebank.irri.org/images/docs/training-manual-paddy-drying.pdf>
- Rathna, S., Ann, E., Kavitha, R., Usha, A. (2019). Nutritional and functional properties of coloured rice varieties of South India: a review. Doi: <https://journalofethnicfoods.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s42779-019-0017-3.pdf>
- Ramirez, H. (2013). *Arroz en Paraguay : Manejo de cosecha y poscosecha*. Buenos Aires: AgroMeat.
- Risicoltore, I. (2000). El Arroz presta Gran Utilidad contra el Mal de Parkinson. *Revista Arroz del Uruguay*, 20-25.
- Rodríguez, J. C. y Bartosik, R. 2006. Secado de granos. Proyecto eficiencia de cosecha y poscosecha. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Actualización Técnica PRECOP, (16), 4 p.

- Rodriguez, J., Bartosik, R. (2006). Secado de granos. Argentina. Boletín técnico. Doi: <https://mecanizacionagricolafca.files.wordpress.com/2013/07/folletosecadogranos.pdf>
- Saeed, F., Mohammad, R. A. (2013). An investigation of the effects of harvesting time and milling moisture content of paddy on the quality of milled rice. *Int. J. Biosci.*, 3, 10, 133–138
- Security, A. a. (2015). Postcosecha.net. Obtenido de Postcosecha.net: https://www.shareweb.ch/site/Agriculture-and-Food-Security/focusareas/Documents/phm_postcosecha_factores_fisicos.pdf
- Topolanski, E. (1975). *El arroz: su cultivo y producción*. Editorial Hemisferio sur.
- Urbina, R. (2018). Control de Calidad en la Producción “Tradicional” y “No convencional” de Semilla de Arroz (*Oryza sativa* L.). *Harvest Plus*.
- USDA. (2010). *United States Standards for Rice*. Washington, D.C.: USDA Grain Inspection, Packers and Stockyards Administration.
- Wang, F., F.G. Cheng, and G.P. Zhang. 2008. Impact of cultivar variation in grain density of rice panicle on grain weight and quality. *J. Sci. Food Agric.* 88:897–903. doi:10.1002/jsfa.3167