



Garantía de calidad de arroz & arroz paddy con el sistema GRANIFRIGOR™ conservación en frío.

de Ralph E. Kolb & Dr. Claus M. Braunbeck

frigortec.com



© FrigorTec GmbH

1 silo

Garantía de calidad de arroz & arroz paddy con el sistema GRANIFRIGOR™ conservación en frío

Se supone que el arroz proviene de la zona del Himalaya. Desde China, el cultivo de arroz se extendió a los demás países asiáticos. Los norteafricanos trajeron el arroz sobre el año 100 a. C a Europa. Con Colón llegó el arroz en 1493 a América Central y del Sur.

Botánicamente, el arroz pertenece a la categoría de las gramíneas, al género *Oryza Sativa*. Se conocen unas 8000 variedades de arroz, de las cuales se cultivan muchas. En la molienda de arroz se distingue entre tres tipos principales:

- Arroz de grano largo
- Arroz de grano medio
- Arroz de grano corto

Para un crecimiento adecuado, el arroz necesita calor y mucha agua. La temperatura debería ser, según la variedad, de entre 20 y 35°C y cada kilogramo de arroz necesita para su crecimiento entre 3000 y 10000 l de agua aproximadamente.

Almacenamiento de arroz

El arroz paddy se produce durante la recogida en gran cantidad en un pequeño periodo y se almacena inmediatamente tras el secado. Según las condiciones climáticas y la cantidad de agua disponible, es posible que haya varias cosechas al año. Durante el almacenamiento es importante mantener la calidad del

arroz. Para ello, cada almacén necesita unos requisitos básicos. Además, un almacén para arroz debe ser de fácil acceso, seco y estar protegido de las inclemencias del tiempo. También debe evitarse que roedores, pájaros, perros y gatos accedan al almacén. Los materiales empleados deben ser adecuados para el almacenamiento de arroz. A continuación se describen los tipos de almacenamiento más importantes desde el punto de vista del mantenimiento de la calidad.

Silos

Un silo de cereal tiene la ventaja de estar bien cerrado (figura 1). Así no pueden entrar pájaros, roedores, gatos ni perros. Un silo no es hermético. La

entrada y salida se realiza conforme a normativas claras y puede automatizarse con facilidad. Hoy en día, los silos se fabrican sobre todo de chapa de acero galvanizada, aunque las plantas muy grandes se realizan de hormigón armado.

Almacén en plano

Cuando hay disponible una propiedad, se suele seleccionar un almacén en plano e integrado (figura 2). La ventaja principal de un almacén en plano es que también puede emplearse temporalmente para otros usos. El uso como almacén de máquinas no es aceptable por motivos de higiene. El mayor problema de los almacenes en plano es la salida de los granos. Normalmente, los granos se sacan con una pala cargadora. Así se puede perjudicar la distribución de aire. La forma ideal de introducir el grano dentro del almacén es desde arriba, por ejemplo con cintas transportadoras fijas y móviles. La entrada puede automatizarse con facilidad.

Aporte de aire al almacén

La distribución de aire se debe medir según el diámetro y la altura de un silo. En una planta con varios silos, a menudo las conexiones de entrada de aire de cada silo están conectadas a una tubería de aire central. Para cada silo hay un

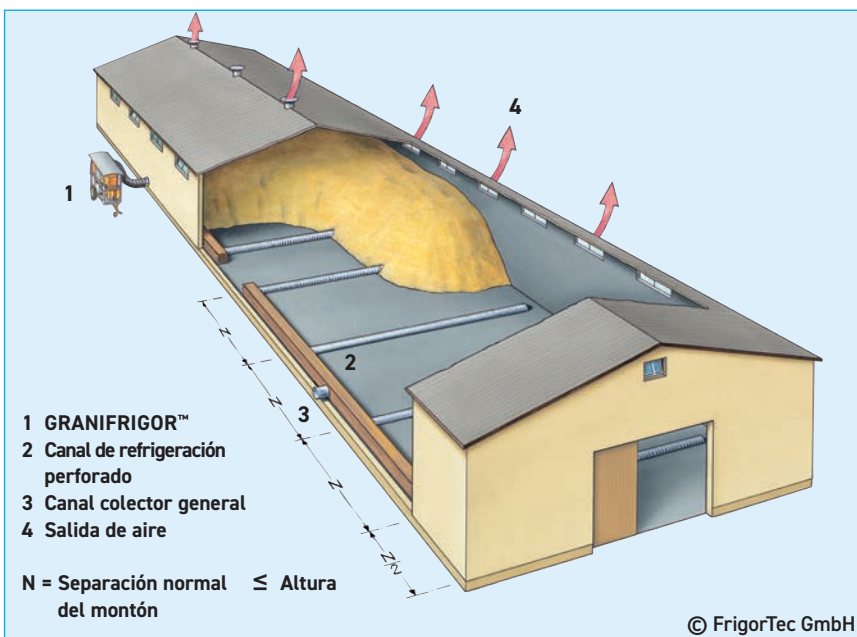


2 Almacén en plano con sistema central de distribución de aire para GRANIFRIGOR™ conservación en frío.

dispositivo de corte adicional. Normalmente se usan para ello compuertas o válvulas de aislamiento. Las piezas de unión, como arcos, deben facilitar el paso del aire. Se deben evitar codos de 90° en la medida de lo posible. Los ramales y los codos deben ser de 30° o 45°.

El diámetro de la tubería principal debe ser suficiente. La velocidad del aire en el canal debería ser baja para minimizar la pérdida de presión. Deben evitarse bolsas de agua en las que pueda acumu-

larse condensación. La tubería principal no debería ser demasiado larga para evitar la pérdida de energía. Por la tubería circula aire frío, por lo que es conveniente que el canal principal esté aislado. Para la distribución de aire se instalan colectores cuadrangulares de refrigeración de enfriamiento en silos con suelo perforado/tolva de suelo perforado. A menudo se usan canales subterráneos en el suelo del silo. En ese caso debe procurarse que haya una superficie de salida lo suficientemente grande.



3 Principio de distribución de aire en un almacén plano

En un silo en plano que se carga y descarga con pala cargadora existe el problema de la maniobrabilidad. Para la distribución de aire se emplean canales subterráneos o tubos semicirculares en superficie (figura 3). Últimamente también se usan tubos telescópicos que se meten dentro de sí mismos antes de la salida del grano y pueden sacarse del almacén. Se desaconseja el uso de mangueras de desagüe.

Ventilación de la planta

Tanto como la distribución de aire a menudo se subestima la ventilación de plantas. La parte de salida de aire es tan importante como la distribución del mismo. Es una buena medida disponer de buena distribución y aberturas lo suficientemente grandes para ventilación. El aire seco y

frío que entra en el almacén, toma del arroz energía y humedad que se deben sacar del almacén a través de las aberturas para ventilación. Las aberturas para ventilación se deben instalar en todo el perímetro. Por supuesto, la aberturas deben estar provistas de protección contra la lluvia y una rejilla contra pájaros.

Para una ventilación eficaz del almacén también se emplean ventiladores. Los ventiladores de extracción de aire deben tener capacidad de 1,5 ó 2 veces más flujo volumétrico que el caudal de aire máximo permitido en el almacén. Los ventiladores de extracción no deben producir gran presión y por ello son relativamente económicos. Deben conseguir sacar el volumen de aire que está sobre el material ensilado, la llamada cámara de aire. En plantas de almacenamiento no muy largas, los ventiladores de extracción se montan en las paredes frontales, por debajo del lomo. En almacenes grandes los ventiladores están montados en el techo.

Gestión de almacén

Los granos deben limpiarse e inspeccionarse antes del almacenamiento. Los granos rugosos y el cascabillo suelen tener más fusarias. En cuerpos extraños y polvo hay muchos microbios y hongos que pueden producir la formación de depósitos de agua. El almacén debe limpiarse bien y secarse antes de meter la cosecha [1]. En este proceso, también se debe incluir la distribución de aire. Todos los canales deben estar secos y libres de polvo y suciedad. Los restos antiguos y las cosechas nuevas deben almacenarse por separado [2]. Todos los elementos extraños e impurezas deben evitarse.

Al rellenar se deben evitar conos de apilado. Por ello, el arroz debe estar técnicamente bien distribuido o igualarlo manualmente. Los almacenes con superficies grandes deben equiparse con dispositivos de nivelación (deflectores, discos giratorios, etc) para conseguir una buena distribución con la mínima mezcla.

Técnica de medición

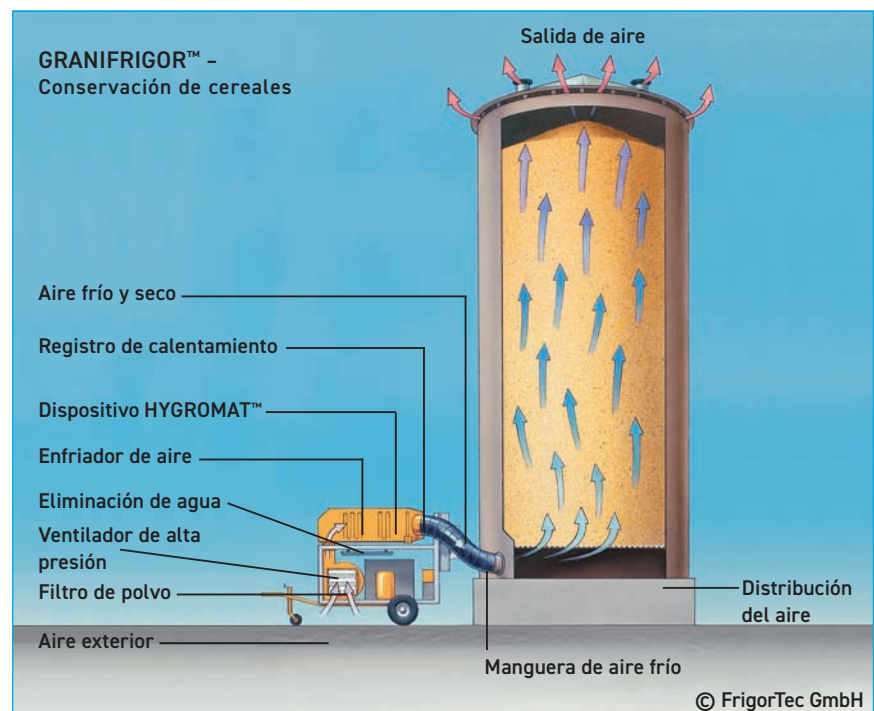
Por lo general, en un almacén de grano debe haber tecnología para monitorización de la temperatura del grano almacenado. En almacenes planos se usa normalmente un termómetro de pinchar para medir la temperatura, en silos se usan dispositivos de medición colgantes de cables de acero. Lo ideal es que la temperatura del almacén se mida y registre constantemente.

Un solo punto de medición no es representativo para un montón de cereal. Por eso se usan varios sensores de medición o se mide en varios puntos consecutivamente. La medición de temperatura es un control importante del estado del cereal almacenado. Si en un punto la temperatura es excesiva, debe solucionarse.

El procedimiento de la conservación en frío

El ventilador del enfriador de granos GRANIFRIGOR™ aspira aire del ambiente (figura 4). En el ventilador se calienta el aire por la fricción. El aumento de temperatura depende de la contrapresión del almacén de grano, del flujo

volumétrico de aire y del nivel de eficiencia del ventilador. Un enfriador de aire - el evaporador - enfría el aire a la temperatura deseada, al tiempo que le extrae la humedad. En condiciones de aire extremadamente seco no se realizaría deshumidificación. En la deshumidificación se elimina agua (condensación). La humedad relativa del aire aumenta, aunque el contenido de agua es menor, ya que el aire frío puede absorber menos agua que el aire caliente. Este aire frío alcanza finalmente la higrotermia. La unidad HYGROTHERM™ que viene después calienta el aire frío y húmedo. De esta forma se reduce la humedad relativa y el aire se seca [3]. El aire ahora frío y seco se introduce en el almacén. Ya que la unidad HYGROTHERM™ toma del aire enfriado la energía que precisa para el calentamiento, no se generan más gastos por consumo de energía. El aire seco y frío pasa por una manguera a la distribución de aire del silo y es impulsado a través del arroz. El procedimiento se puede emplear tanto en un almacenamiento plano como en un silo de torre. El aire de salida escapa al exterior a través de aberturas, disipando al ambiente el calor y la humedad absorbidos por los granos.



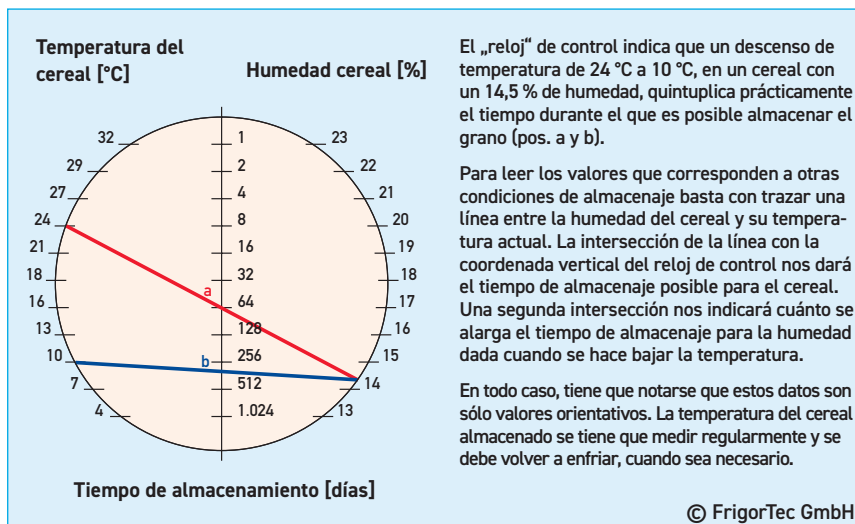
4 Principio del proceso de conservación en frío de GRANIFRIGOR™

Los enfriadores de grano modernos cambian automáticamente a modo de ventilación cuando la temperatura exterior es baja. Si sube la temperatura ambiente, el compresor se apaga de nuevo automáticamente. Esto aumenta la rentabilidad del proceso.

El GRANIFRIGOR™ trabaja independientemente de las condiciones climáticas. El aparato también puede emplearse con lluvia, niebla o en condiciones de humedad tropicales.

Tras el comienzo del enfriamiento, el cereal se enfría en la zona baja. Arriba aumenta la temperatura. El aire toma energía y humedad de los granos antes de salir del almacén cargado de humedad y caliente. En cuanto el aire frío sale de arriba, el arroz se "enfria". El proceso de enfriamiento nunca debe finalizarse antes de tiempo. Esto podría causar graves problemas en la zona superior, en el cereal. El enfriamiento puede finalizarse cuando 20 cm por debajo de la superficie del cereal, la temperatura del arroz es de 2 a 4 K mayor que la temperatura del aire de enfriamiento al entrar en el material almacenado. En compartimentos de silos no es posible, tampoco tras mucho tiempo, alcanzar arriba la temperatura de la parte inferior de la cosecha debido a la resistencia del aire. Por ello, la temperatura será mayor arriba que abajo. Un procedimiento de enfriamiento solo debe interrumpirse para enfriar por la noche con una energía eléctrica más barata o bien para priorizar una parte en peligro. Tras reiniciar el proceso de enfriamiento interrumpido, el enfriamiento continua a las temperaturas configuradas. Una interrupción debería limitarse a un corto periodo de tiempo. Tras finalizar el proceso de enfriamiento se deben cerrar todas las aberturas y conexiones. Esto protege contra la formación de condensación por la entrada de aire caliente y de la entrada de animales.

El "reloj" de control de la figura 5 indica que un descenso de temperatura de 24 °C



5 „Reloj“ de control de almacenamiento para cereal

Enfriamiento a [K]	20 (por ejemplo de 35°C hasta 15°C)
Región	Asia
Zona climática	Tropical
Consumo de corriente en [kWh/t]	6-8

La tabla 1: Muestra un valor empírico para la energía requerida cuando el arroz en bruto se refrigera una única vez.

a 10 °C, en un cereal con un 14,5 % de humedad, quintuplica prácticamente el tiempo durante el que es posible almacenar el grano (pos. a y b). Para leer los valores que corresponden a otras condiciones de almacenaje basta con trazar una línea entre la humedad del cereal y su temperatura actual. La intersección de la línea con la coordenada vertical del reloj de control nos dará el tiempo de almacenaje posible para el cereal. Una segunda intersección nos indicará cuánto se alarga el tiempo de almacenaje para la humedad dada cuando se hace bajar la temperatura.

En todo caso, tiene que notarse que estos datos son sólo valores orientativos. La temperatura del cereal almacenado se tiene que medir regularmente. A temperaturas demasiado altas es necesario un enfriamiento adicional.

Consumo de energía en la conservación en frío

En cualquier caso, las numerosas ventajas de la conservación en frío implican a su vez ciertos costes. A la inversión

efectuado para la compra de un equipo refrigerador se suma la corriente eléctrica que consume el grupo motriz. El consumo de energía dependerá de la temperatura exterior, la humedad del aire exterior, la humedad del arroz y su temperatura.

Efecto de secado mediante enfriamiento

Un procedimiento de enfriamiento produce un efecto de secado con el que se debe contar. El efecto de secado se produce en arroz y en un proceso de enfriamiento aprox. del 0,75%. El efecto de secado depende de la temperatura del arroz y su humedad y de la temperatura y humedad del aire de enfriamiento introducido. Ya que el aire de enfriamiento se calienta con los granos y el aire más cálido puede absorber más humedad, las condiciones del proceso se modifican constantemente. Si la humedad relativa del aire de enfriamiento está claramente por debajo de la humedad ideal, el efecto de secado es mayor. El poscalentamiento con HYGROTHERM™ para ajustar la humedad relativa es importante para ello. El

poscalentamiento no debería ser demasiado extenso para no usar energía innecesaria. Lo normal es un poscalentamiento de 3 a 7 K. La extracción de humedad es mayor en arroces con más humedad [4]. En arroces con humedad > 19 %, el arroz debería secarse en una secadora antes del enfriamiento.

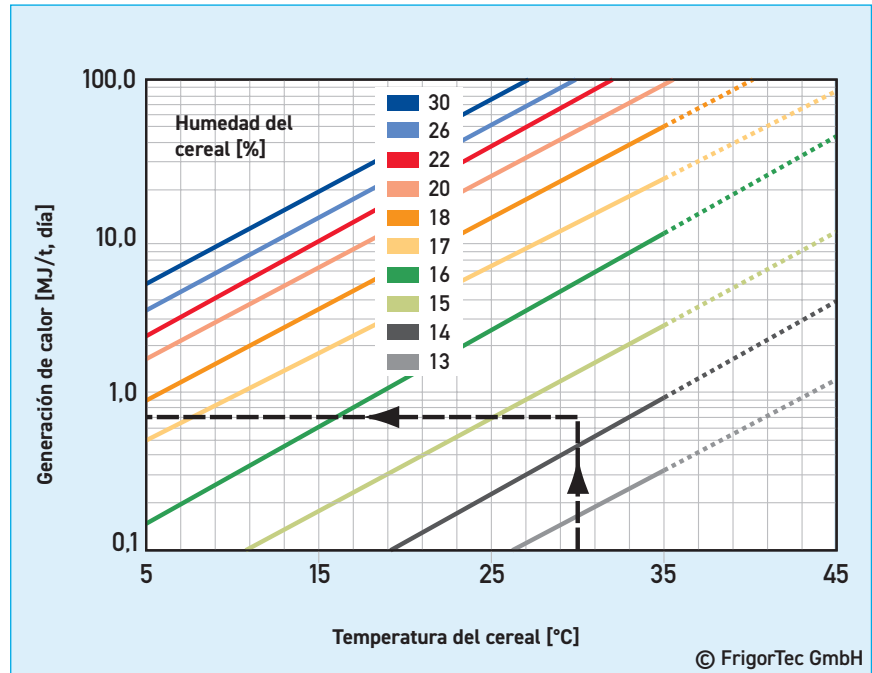
Enfriamiento con lluvia y niebla

El GRANIFRIGOR™ puede funcionar con lluvia y niebla sin limitaciones. Con el poscalentamiento del aire frío tras el evaporador, la humedad relativa del aire cae. Con lluvia y / o niebla la condensación de agua será mayor. Saldrá más agua por la manguera de condensación.

Influencia de la conservación en frío sobre la estabilidad en el almacenamiento del arroz

Respiración

El arroz sigue vivo tras la siega y la trilla. El arroz es muy higroscópico, absorbe y emite humedad. La causa principal de que se eche a perder el arroz recién cosechado reside en el auto-calentamiento a raíz de su respiración propia. Tal proceso depende de la humedad y de la temperatura del arroz. Al aumentar la temperatura y la humedad del arroz, la respiración se hace más intensiva. El auto-calentamiento hace que se pierda sustancia y favorece la proliferación de insectos y hongos. En las zonas de clima templado se sabe que durante la época fría del año se producen menos pérdidas en el material almacenado que durante los meses estivales. Con la conservación en



6 Generación de calor durante el almacenamiento de cereal, modificado según Jouin [6]

frío GRANIFRIGOR™ se reproducen las condiciones climáticas invernales tras la cosecha. En las húmedas zonas tropicales el riesgo de pérdida es especialmente alto debido a la humedad y al calor reinantes en estos climas.

Al respirar el cereal, la absorción de oxígeno hace que los hidratos de carbono se transformen en dióxido de carbono y agua, generándose calor. La consecuencia es la pérdida de sustancia. Por cada kilogramo de masa seca de cereal respirada se liberan unos 16,48 MJ de calor, 0,58 kg de agua y 1,54 kg de dióxido de carbono. La energía calienta el cereal a granel y el agua empapa los granos y favorece la aparición de hongos.

La figura 6 ilustra la generación de calor en el cereal en función de la humedad y la temperatura del cereal. Con su ayuda

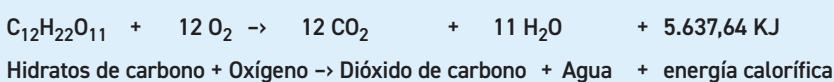
pueden determinarse en la práctica las pérdidas de masa del cereal almacenado.

Higroscopicidad

La higroscopicidad es la capacidad de un material de reaccionar a la cantidad de humedad del aire circundante con absorción o emisión de vapor de agua. La absorción de vapor de agua se denomina absorción y la emisión, desorción [7]. Las isoterms de sorción muestran la higroscopicidad de un material [8]. Por encima de la isoterma de sorción se produce una desorción, por debajo una absorción. Las isoterms de sorción muestran el estado del balance. Las isoterms de sorción dependen de la temperatura. Normalmente se muestran las isoterms de sorción a 20 °C.

En la figura 7 se muestran las isoterms de sorción del arroz para diferentes temperaturas del grano. A un 14,5% de humedad y 20°C, la actividad acuosa de los granos es de aprox. a_w 0,64. Esto corresponde a una humedad equilibrada del 64% de humedad relativa del aire. Si en esta situación entrara aire con grado de humedad relativa mayor del 64% en contacto con el arroz, ello provocaría humidificación. Esto haría que el grano almacenado se pudriese.

Fórmula elemental del proceso químico de la respiración del grano [5]:

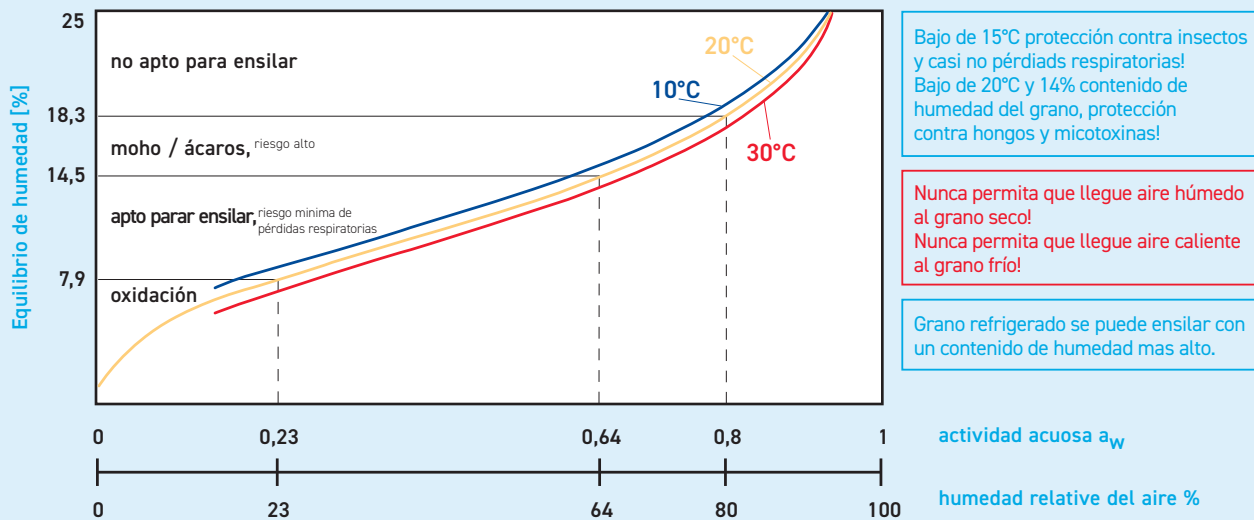


En 1 kg de cereal, los resultados son:

$$1.000 \text{ g} + 1.122,81 \text{ g} = 1.543,86 \text{ g} + 578,95 \text{ g} + 16,48 \text{ MJ de calor}$$

Isotermas de sorción de paddy

La isoterma de sorción muestra el equilibrio de humedad entre el grano y el aire. En estado de equilibrio no se transfiere agua del aire al cereal, ni viceversa (no se absorbe ni se expede humedad).



www.frigortec.com

© FrigoTec GmbH

7 Isotermas de sorción del arroz

Por tanto: **¡Nunca permita que llegue aire húmedo al cereal seco! ¡Nunca permita que llegue aire caliente al cereal frío!**

Valor a_w de actividad acuosa

La actividad acuosa es la medida para la parte de agua libre no combinada en la cantidad total de agua contenida en los granos [9]. Descrito de manera teórica, el valor a_w es la relación de la presión parcial del vapor de agua de un grano con la presión de saturación del agua (PG/PW). Una de las partes fundamentales del arroz es agua. Puede estar asociada o firmemente combinada. Una alta actividad acuosa ($>0,64$) favorece la aparición de hongos, y en un valor superior a 0,8, incluso de bacterias.

Caudal de aire natural en el almacén de grano

En el interior del silo se produce una circulación propia notable, especialmente en condiciones de aire exterior frío. En la zona exterior del silo pasa una corriente hacia abajo que vuelve a subir en el núcleo [10]. Así se transporta la humedad a la zona superior del material ensilado. Mediante la propia

respiración, el arroz no enfriado se calienta. Del aire caliente y húmedo ascendente se condensa humedad bajo el tejado frío del silo y se forman gotas que caen sobre el cereal. El resultado es el llamado "campo verde".

No en pocas ocasiones se observa que hasta un metro de profundidad, el material superior se ha echado a perder. A menudo se origina un problema adicional muy importante: al sacar el material del silo, los grumos formados pueden obstruir el equipo de extracción, por lo que se necesita especial cuidado. En cuanto se usa una carretilla elevadora, la estática del silo puede dañarse. El enfriamiento puede ser de ayuda, ya que en el material enfriado se producen muy pocas corrientes interiores.

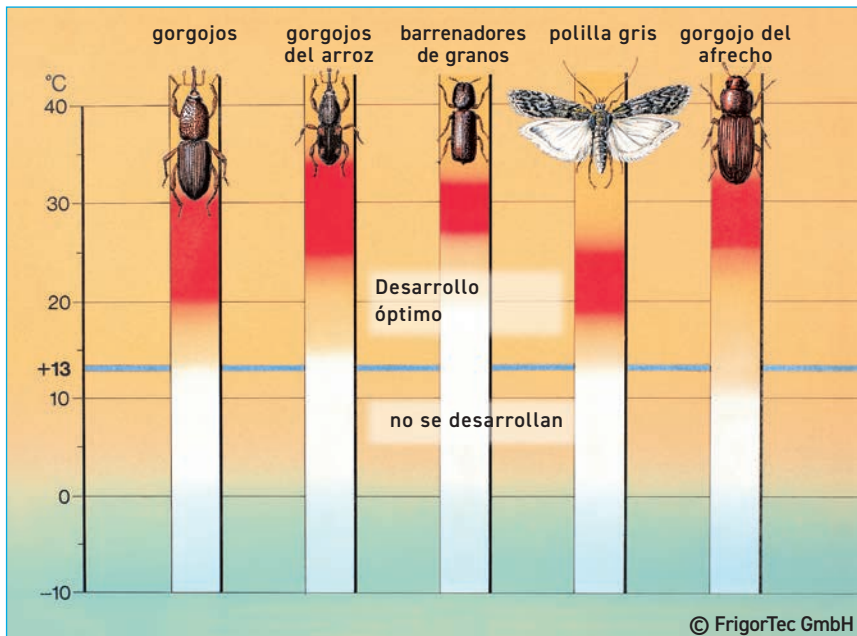
Distribución del calor

El cereal es un mal conductor de calor. La conductividad térmica del arroz con un contenido en humedad de entre el 10 y el 20% es de entre 0,09 y 0,12 W/Km. Como contrapunto funciona el acero, por ejemplo una pared del silo, con aprox. 45,3 W/Km. El calor de la

cosecha y el calor producido por la propia respiración son difíciles de sacar. Este problema puede agravarse, ya que las bolsas de aire entre los



8 Cámaras de aire y puntos de contacto en cereal ensilado



9 Desarrollo de especies relevantes de insectos en función de la temperatura

granos aíslan muy bien. Los vacíos en cereal ensilado suponen aprox. el 40% del volumen. Además, los granos se tocan entre sí solo en puntos, de modo que para la conducción térmica sólo hay disponible una pequeña superficie (figura 8). Por eso un montón de arroz cálido permanece cálido mucho tiempo y uno frío permanece frío.

Temperatura y humedad

La meta es mantener la calidad del arroz almacenado. Para ello, deben conseguirse las condiciones adecuadas. Los parámetros habituales son la humedad y la temperatura del grano almacenado. Para que los microbios no puedan provocar daños, se debería almacenar el cereal a un valor a_w de 0,64, por ejemplo [11]. Para proteger el cereal también contra insectos, se debe enfriar a menos de 15 °C.

En arroz con humedad del 14,5% y más, así como en baja contrapresión (almacén plano), se puede conseguir el enfriamiento del arroz hasta cerca de la temperatura del aire de enfriamiento. En arroz seco, las temperaturas alcanzables de cereal son de unos 2 a 8 K mayores que el aire de enfriamiento introducido. La causa es la evaporación en cereal húmedo, que tiene un efecto enfriador adicional.

Animales en la planta

Según la Food and Agriculture Organization de las Naciones Unidas (FAO), aprox. el 15% de las cosechas mundiales se echa a perder [12]. Eso son unos 270 millones de toneladas de cereal que cada año se echan a perder sobre todo durante el almacenamiento.

Según la FAO, las causas principales de esta pérdida son las siguientes:

- 80% por insectos
- 10% por roedores y pájaros
- 10% por hongos

Insectos y ácaros

En un almacén de arroz pueden entrar distintos insectos. Lo que todos tienen en común es que su nivel de actividad depende de la temperatura. En países húmedos tropicales son activos sobre todo los gorgojos del arroz y los gorgojos del afrecho.

Los insectos y ácaros se reproducen de manera explosiva en las condiciones favorables. Un insecto puede tener varios miles de crías en un año. Los puntos calientes aumentan la respiración del arroz y se producen depósitos de agua. Además está la actividad metabólica de los parásitos, con lo que aumenta más la formación de calor y humedad. Esto procura de nuevo condiciones favorables de vida para hongos y, con valores de humedad muy altos, también para el crecimiento de las bacterias. La mayoría de insectos son activos por la noche y prefieren espacios cálidos con polvo. Si los insectos encuentran condiciones óptimas de humedad y temperatura, se producen





grandes pérdidas debido al grano devorado y a los excrementos.

La figura 9 muestra algunas especies de los insectos dañinos más corrientes en zonas húmedas tropicales, junto a las condiciones óptimas para su desarrollo y ciclo vital. Las pérdidas causadas por los insectos se pueden evitar de forma eficaz refrigerando el cereal por debajo de los 15 °C, ya que se vuelven inactivos.

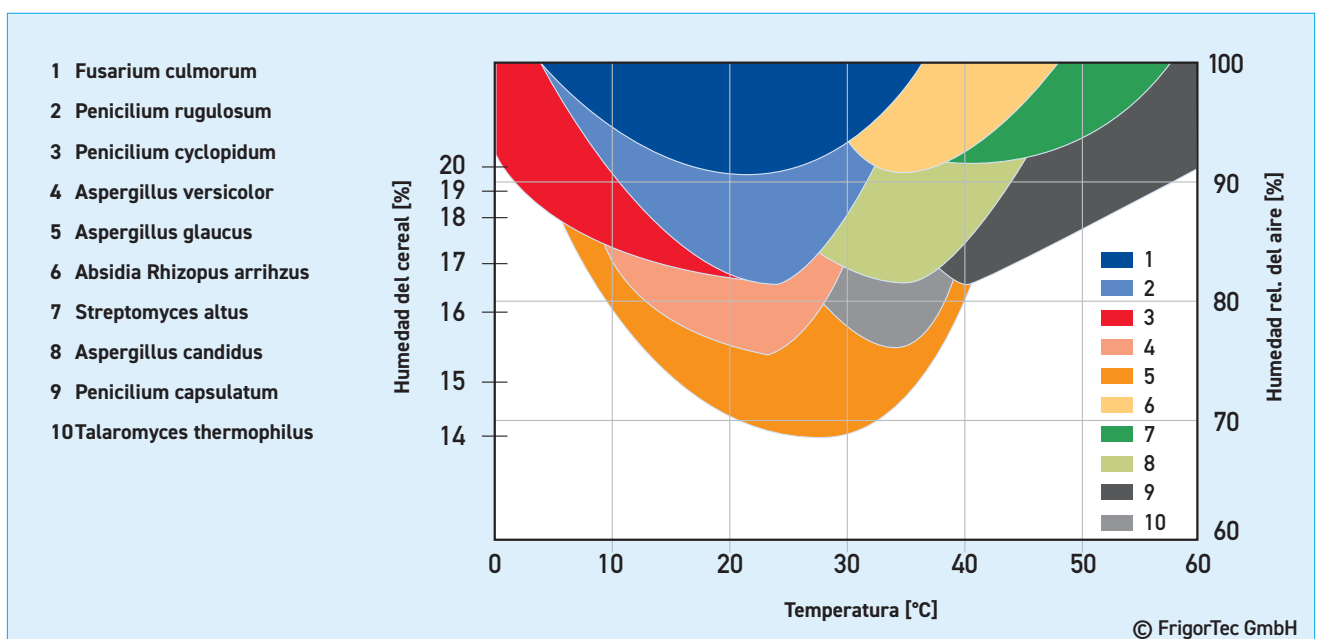
Micotoxinas de hongos

Los microorganismos como hongos y

bacterias se pegan a la superficie de los granos de cereal [13]. En el campo predomina una flora primaria higrófila, que requiere una actividad acuosa de $> 0,9$. En el almacén aparece entonces una flora secundaria osmófila que se reproduce a una actividad acuosa de $> 0,7$.

La formación de hongos depende de la temperatura y la humedad (figura 10). Secando y enfriando los granos de arroz se evita esta formación en el almacén. Con la cosecha llegan hongos, que ya aparecieron en el campo

de cultivo, al almacén de arroz. Así aparecen más hongos en el almacén. Los hongos pueden producir micotoxinas. Las micotoxinas son venenosas para los seres humanos y los animales. La mayoría de las micotoxinas son estables al calor y muy resistentes. En el procesamiento del arroz, normalmente no se pueden disociar químicamente ni hacerlas inofensivas de otro modo. Por eso debe evitarse la formación de la toxina luchando contra los hongos que la producen [15].



10 Desarrollo de diversos microorganismos en función de la humedad y la temperatura [14]

Ventajas de la conservación en frío GRANIFRIGOR™

Las ventajas del enfriamiento de cereal para el procesamiento de arroz y arroz paddy se pueden deducir en parte de lo anteriormente dicho y van encaminadas directamente a evitar pérdidas de almacenamiento y tras las cosecha. Además se conserva la cantidad y la calidad o, para algunos procedimientos en el arroz, surgen nuevas ventajas. A continuación se resumen estas ventajas para mostrar un claro panorama sobre el sentido y la utilidad de la conservación en frío del arroz y el arroz paddy.

Asegurar el arroz

En primer lugar, la respiración del arroz durante el almacenamiento supone una pérdida, determinada por la temperatura del almacén y la humedad del arroz. Un ejemplo de cálculo lo aclarará ahora, se orienta a la mayoría de condiciones de almacenamiento en los trópicos y subtrópicos (Ejemplo de cálculo 1).

Anotaciones sobre el ejemplo de cálculo: Nadie dejaría arroz a 30°C en un almacén. Cualquier gerente de un silo intentaría disminuir la temperatura del cereal "permitiendo libre circulación" o ventilando con aire exterior. Se aceptaría una humidificación potencial. Para calcular la pérdida de masa seca en el tiempo de almacenamiento, la pérdida debería calcularse durante ese tiempo en varios pasos según los valores individuales correspondientes. Para el cálculo de la pérdida real de todo el almacén también son necesarios varios pasos según la fórmula indicada arriba. Los resultados se suman.

Del ejemplo se deduce que la pérdida de paddy puede ser considerable, con lo que las consecuencias económicas para el usuario serán negativas. Empleando el refrigerador de grano GRANIFRIGOR™, las pérdidas pueden minimizarse, ya que la actividad respiratoria se reduce al mínimo disminuyendo la temperatura

Ejemplo de cálculo 1:

Pérdidas por respiración – Pérdida de masa seca			
Supongamos:			
Humedad del arroz	14,5%		
Temperatura del arroz	30 °C *		
Precio del arroz	300 EUR/t		
Tiempo de almacenamiento	8 meses		
Cantidad almacenada	10.000 t		
Fórmula:			
$\text{Pérdida de sustancia(t)} = \frac{\text{formación de calor [MJ/t, día]}^{**} \times \text{duración del almacenamiento [día]} \times \text{masa [t]}}{15.000 \text{ [MJ/t]}}$			
Resultado:			
	Pérdida de sustancia [t]	Pérdida de masa [%]	Pérdida [EUR] ***
sin refrigerar a 30 °C **	128	1,28	52.650
sin refrigerar a 25 °C	64	0,64	26.325
refrigerado a 10 °C	mínima (≤ 1)	-	-

* Tras el secado o en verano directamente del campo.

** Ver Fig. 6.

*** Humedad del cereal y glumela incluidas

Ejemplo de cálculo 2:

Pérdidas por insectos			
Supongamos:			
Humedad del arroz	14%		
Precio del arroz	300 EUR/t		
Cantidad almacenada	10.000 t		
Fórmula:			
$\text{granos dañados [%]} = \frac{\text{número granos dañados [n]} \times 100 \text{ [t]}}{1.000}$			
$\text{Pérdida de masa seca [t]} = 0,5 \times \text{granos dañados [%]} \times \text{cantidad almacenada [t]} \times (1 - \text{humedad del cereal})$			
Resultado:			
	Pérdida de masa seca [t]	Pérdida de masa [%]	Pérdida [EUR]
10% de granos dañados	430	6,25	187.500
5% de granos dañados	215	3,125	93.750
1% de granos dañados	43	0,625	18.750
cereal refrigerado	0	-	-

del almacén, de modo que la pérdida de masa sea despreciable.

Junto con la respiración, se producen más pérdidas de masa en el paddy por insectos, hongos y bacterias. Los insectos suponen el mayor peligro, según la FAO, ya que provocan hasta el 80% de pérdidas tras la cosecha [12]. Al contemplar los granos de arroz dañados queda clara la extensión que pueden alcanzar los daños. Si de 1000 granos de arroz, sólo 10 están dañados por insectos, entonces la pérdida por tonelada de paddy ya es 4,3 kg de masa seca o, a una humedad del 14%, 6,25 kg de paddy [16].

Un ejemplo 2 muestra el peligro de las pérdidas de masa por insectos. Está claro que un daño pequeño del paddy por insectos provoca grandes pérdidas económicas que pueden evitarse usando enfriadores de grano GRANIFRIGOR™.

Para ser exhaustivos, se deben tener en cuenta también bacterias, hongos y otros microorganismos. También provocan pérdidas de masa, aunque también es importante la influencia en la calidad del arroz paddy. Por eso, la cuantificación de las pérdidas por infestación directa es despreciable, ya

que los cambios en la calidad del arroz decisivos en la infestación se restarán y las pérdidas parecerán mucho mayores hasta la pérdida total. No obstante, aplicar conservación en frío hace que la actividad de bacterias, hongos y otros microbios se detenga, de modo que se puedan evitar las pérdidas.

Las pérdidas de masa, como las pérdidas causadas por insectos y microbios, pueden evitarse y el valor añadido al que se puede aspirar mediante el almacenamiento, puede mantenerse o garantizarse.

Mantenimiento de la calidad del arroz

El arroz se consume normalmente sin ningún procesamiento, si no se tiene en cuenta el procesamiento técnico de la molienda, que hace que el arroz sea comestible y que sólo tiene una influencia limitada en los factores decisivos de calidad, como que pueda eliminar el sabor sin gran pérdida de procesamiento o sin tener costes. Por eso se debe prestar especial atención a mantener o conseguir la calidad del arroz tras la cosecha lo mejor posible. Junto con el consumo de arroz no se debe olvidar su aplicación como semilla, que no es menos significativa, de modo que el rendimiento y la garantía de la siguiente cosecha acompañen.

Los distintos criterios de calidad para el arroz se establecen según los estándares de cada país. Sería demasiado abacarlos todos aquí, por eso ponemos sólo unos cuantos que se benefician especialmente de la conservación en frío.

Un parámetro subjetivo de la calidad del arroz es el sabor, que se aprecia de forma distinta de región a región. Por eso no se trata de establecer el sabor de los distintos tipos de arroz, sino la pureza de este factor de calidad concreto. Debe puntualizarse lo importante que es este parámetro por el consumo directo de arroz. Con la conservación en frío GRANIFRIGOR™ se mantiene el sabor concreto como es tras la recolección. En primer lugar, esto se consigue

minimizando las condiciones nocivas de almacenamiento, que influyen negativamente en el sabor. También está la respiración del cereal, que lleva al autocalentamiento y la liberación de agua y con ello favorece factores negativos como insectos o microbios. Estos pueden afectar notablemente al sabor, de modo que se pudra y baje claramente la calidad del arroz.

Los granos de arroz dañados y teñidos se evalúan en el sistema de evaluación para la calidad del arroz. Los granos dañados no sólo son consecuencia del empleo de tecnología tras la cosecha, sino también de la infestación de insectos. Lo que los insectos comen y las perforaciones de agujeros para poner los huevos son los patrones que disminuyen la calidad del arroz. Bajando la temperatura en el almacén, el desarrollo y la actividad de los insectos se ralentiza y disminuye,

minimizando el riesgo de granos dañados y asegurando la calidad de la cosecha. Por eso, el amarilleo del arroz debido a un almacenamiento con bajas temperaturas disminuye [17] o evita [18], con lo que se alcanzan mayores estándares de calidad.

Como ya se ha descrito, el proceso de enfriamiento también lleva a una pérdida de humedad o efecto de secado. Por la duración de la conservación en frío, el secado se completa despacio. Así, el equilibrio de humedad en el grano de arroz entre la zona de secado en la superficie exterior y el núcleo se consigue de forma suave, de modo que no se produzca tensión y grietas en el grano. El grano de arroz permanece entero tras los trabajos de molienda, con lo que se reduce de forma decisiva el porcentaje de grano roto. Así puede aumentarse la proporción de grano entero hasta en un 20%. Esto supone un

Ejemplo de cálculo 3:

Aumento de la proporción de grano entero	
Supongamos:	
Precio arroz entero	450 EUR/t
Precio arroz partido	290 EUR/t
Cantidad almacenada	10.000 t
Resultado:	
	Ganancias [EUR]
Parte de arroz entero adicional 5%	80.000
Parte de arroz entero adicional 3%	48.000
Parte de arroz entero adicional 1%	16.000

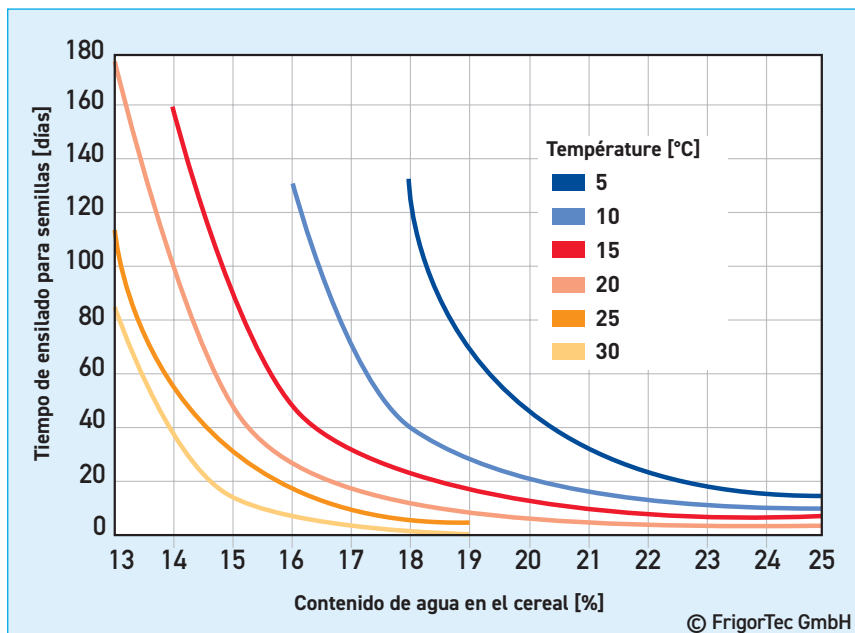


gran potencial para el aumento de la calidad, que se refleja en mayores ventas. En sencillo ejemplo 3 ilustra el potencial. Otra característica importante de calidad del arroz es estar libre de microbios, que por el tipo de preparación del arroz suele relegarse a un segundo plano, pero que al aumentar los estándares de vida cada vez adquiere más relevancia. No se trata solo de una infestación de hongos y bacterias, sino también excrementos de insectos y venenos de hongos. De lo ya mencionado se ve claramente que la conservación en frío de arroz puede resultar muy útil para aumentar los estándares de higiene del arroz.

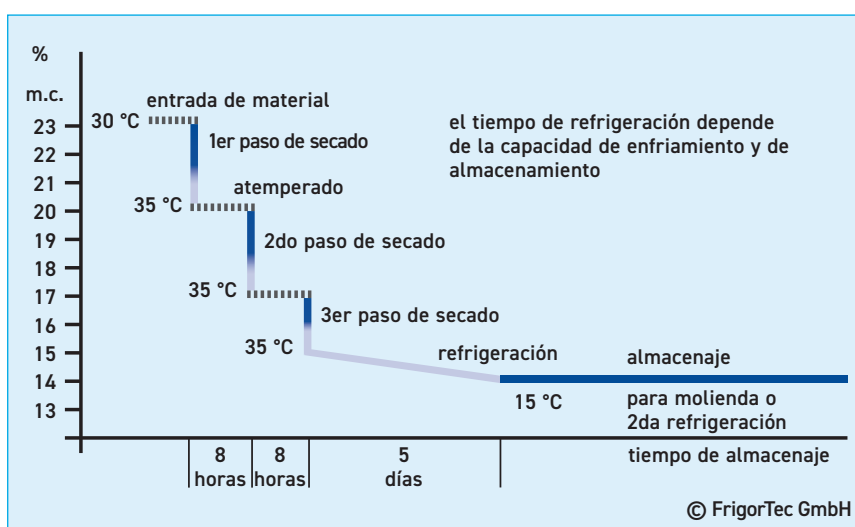
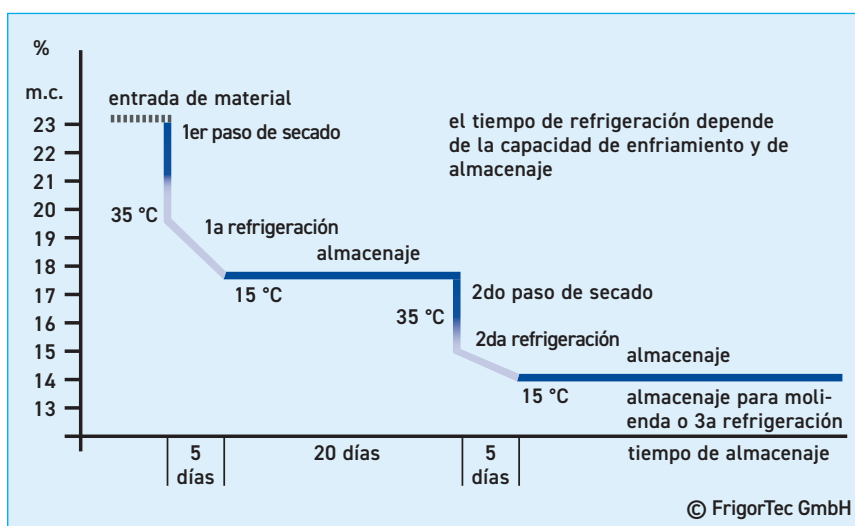
En primer lugar, el arroz se trata como alimento, una condición básica para asegurar la disponibilidad del arroz es su cultivo y, consecuentemente, su empleo como semilla. Para ello su capacidad germinativa es decisiva para el rendimiento, incluso cuando el arroz se cultiva mediante transplante. Con la conservación en frío GRANIFRIGOR™, la capacidad germinativa de la semilla también puede asegurarse durante periodos más largos (figura 11).

Combinación de conservación en frío y secado

El arroz se cosecha con un contenido de humedad que hace necesario un secado para poder almacenarlo. Por eso, la capacidad de secado durante la cosecha supone un cuello de botella que puede ser decisivo según la humedad de la misma. Esto no puede obviarse si se debe mantener la calidad del arroz. Empleando la conservación en frío, este cuello de botella puede evitarse sin pérdidas. El aumento de la capacidad de secado se ha asociado en numerosas ocasiones con aumento del rendimiento del 30 - 40% [20]. El arroz se seca hasta un 16 - 18% de humedad y se enfría. Así se puede prescindir del largo proceso de secado a baja humedad < 14%. Con el enfriamiento de granos GRANIFRIGOR™, el arroz no sólo se puede almacenar, sino también secarlo otro 0,5 - 2% [4]. El secado final hasta la humedad deseada se acorta o incluso es prescindible. Esto



11 Tiempo de ensilado admisible para cereal de siembra según Avena [19]



12 Combinaciones de procedimientos de secado de arroz con conservación en frío GRANIFRIGOR™ [21]

lleva a ahorro en gestión, gastos y tiempo, que se puede sumar a todas las ventajas mencionadas con respecto a la calidad del arroz, amarilleo y mantener el grano entero. Hay distintas combinaciones de procedimientos de secado y enfriado, como se aprecia en la siguiente figura (figura 12).

Empleo de la conservación en frío GRANIFRIGOR™ en combinación con vaporizado

La conservación en frío del arroz genera ventajas para la vaporización. Por un lado, el paddy puede almacenarse con una humedad mayor tras la cosecha. Así, la humidificación posterior del arroz antes del vaporizado se acelera, ya que el arroz se puede emplear para el vaporizado no al 12 – 14 %, sino al 16%. Esto lleva a ahorro de tiempo, que lleva a su vez a una aumento de la capacidad de producción de la planta de vaporización. Partiendo de eso, el proceso acelerado tiene otras ventajas, como un mayor blanqueado del arroz, y así una mayor calidad comercial [22]. Además, el proceso de secado tras el vaporizado aplicando la conservación en frío se acelera, como ya se ha descrito. Otra ventaja es que se puede usar el enfriador para enfriar el paddy tras el vaporizado, con lo que se reduce el tiempo de vaporizado y se ahorra volumen en el silo para el enfriado o no es necesario el secado



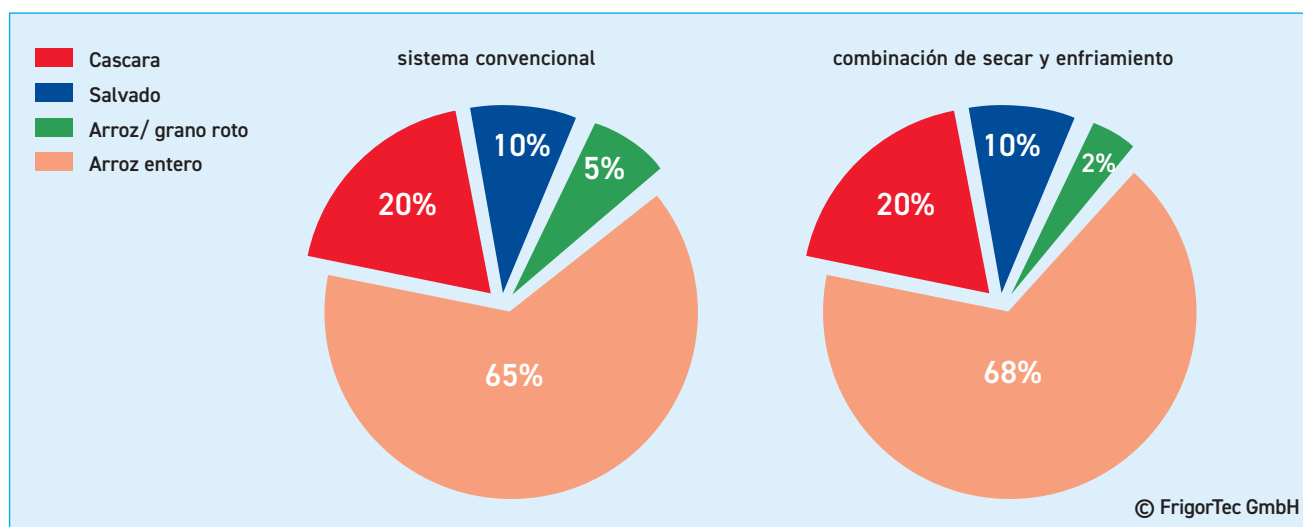
13 Silo de arroz blanco con GRANIFRIGOR™ equipo de refrigeración en un molino de arroz.

previo. El aire enfriado no sólo reduce la temperatura, sino que también puede evacuar humedad sobrante, debido a su gran capacidad de secado, la baja temperatura y el bajo contenido en agua. Así, el frío de la condensación del agua también se usa para enfriar el paddy.

Eficaz procesado con técnicas de molienda usando conservación en frío

Las ya repetidas ventajas de la conservación en frío del arroz llevan a una mejor procesado del arroz en el molino. Sobre todo son factores que aumentan la calidad, lo que permiten un procesado más rápido. Por el secado suave durante el enfriamiento, permanecen pequeñas grietas por tensión en e grano de arroz que llevan inevitablemente a la

rotura del grano. Esto permita el ajuste de las máquinas de procesamiento de forma más eficaz para aumentar el caudal sin aumentar el porcentaje de grano roto. Se puede esperar que el arroz se tenga que pulir de forma menos agresiva, ya que la pérdida de calidad por mal almacenamiento se han eliminado. Esta aumentará, ya que el amarilleo del arroz por la conservación en frío del GRANIFRIGOR™ se evita. Se puede reconocer fácilmente que un aumento de hasta el 5% es posible sin tener que perder calidad. Además, también se produce gracias a la disminución de la profundidad de pulido una mayor cantidad de ventas de arroz, que aumenta la ganancia.



14 Comparación de obtención de arroz de grano entero entre el secado de arroz convencional y en combinación con conservación en frío GRANIFRIGOR™ [20]

Simplificación de las condiciones de almacenamiento empleando conservación en frío GRANIFRIGOR™

La gerencia del almacén es responsable de mantener la calidad del arroz antes de su procesado. También se debe procurar reducir las pérdidas de masa al mínimo. Los procedimientos habituales son, junto con la ventilación, la fumigación y el reacomodamiento del cereal que se aplican para evitar el calentamiento y los daños por insectos. Al ventilar el arroz se deben tener en cuenta las condiciones climáticas, la temperatura exterior y la humedad del aire para evitar daños en el arroz o minimizarlos. Esto se consigue muy raramente en condiciones tropicales de la zona de cultivo. Es fácil entender que la conservación en frío independiente de las condiciones climáticas representa una técnica más sencilla que no puede llevar de ningún modo a empeorar la calidad del almacenamiento.

La fumigación sólo puede realizarse con suficiente protección para las personas y el medio ambiente. Así, el arroz no puede manipularse los 3 a 30 días siguientes. Las condiciones son un almacén estanco, ya que si no será inevitable tener que repetir la fumigación regularmente, con grandes gastos. Además debe contarse con la resistencia, con el gasto que conlleva una actualización del medio con el que fumigue. La aplicación para arroz de cultivo ecológico no está permitida, y evidencia los residuos de los alimentos básicos que pueden mermar la salud. Qué fácil se ofrece la conservación en frío GRANIFRIGOR™ con los mínimos costes de producción y el efecto duradero por largos periodos sin ninguno de los problemas. En parte, se realiza el reacomodamiento del arroz para su tratamiento por depósitos de agua. Debe invertirse en una tecnología correspondiente para la capacidad de almacenamiento adicional y para el transporte, lo que supone más gastos para trabajo y energía. Asimismo, la gerencia debe acordar reaccionar a tiempo y de forma enfocada. Cuando la

Ejemplo de cálculo 4:

Pérdidas económicas por reacomodación del arroz por proceso		
Supongamos:		
Precio arroz entero	450 EUR/t	
Precio arroz partido	290 EUR/t	
Cantidad almacenada	10.000 t	
Resultado:		
	pérdidas de arroz (t)	pérdidas [EUR]
Pérdidas por fricción de 0,06%	6	2.700
Proporción de arroz roto 3%		48.000
Pérdidas total por reacomodación		50.700

tecnología se pueda aplicar para arroz paddy, no es fiable para el arroz, ya que conlleva pérdidas de molienda por la tecnología de transporte de hasta el 0,06% [23] o mayor porcentaje de grano roto, hasta el 3% por proceso [24]. Las consecuencias económicas deben verse claramente en el ejemplo 4.

Está claro el potencial de mejora del procedimiento aplicando la conservación en frío GRANIFRIGOR™ y los almacenes y molinos de arroz orientados al futuro no pueden prescindir de esta aplicación para asegurarse y mejorar su posición en el mercado.

Resumen

El enfriamiento de arroz en bruto, integral y blanco con un GRANIFRIGOR™ es un procedimiento global natural para el control de calidad de cereales de todo tipo. En zonas cálidas y húmedas prácticamente no hay alternativa. Debido al creciente calentamiento global y el aumento de estándares de higiene, la conservación en frío gana peso. Junto con un buen cuidado del almacén son necesarios una buena distribución del aire y la ventilación. Especialmente con arroz, la conservación en frío ofrece muchas ventajas. Para que el enfriador funcione de forma óptima, deben configurarse correctamente los valores de ajuste para el aire frío y el poscalentamiento para ajustar la humedad relativa del aire. Para controlar el procedimiento se comprueba regularmente la temperatura de los granos de arroz.



© FrigorTec GmbH

Como conclusión, un GRANIFRIGOR™ ofrece muchas ventajas que deben consideradas en términos de eficiencia económica:

- Almacenamiento a largo plazo libre de riesgo sin pérdidas de calidad
- Conservación de la frescura de la cosecha de arroz de excelente sabor
- Minimización de pérdidas por respiración
- Protección contra insectos y los daños a paddy e arroz
- Hace innecesario el costoso y non-ecological tratamiento químico como fumigación
- Protección de paddy e arroz organico
- Protección contra hongos y micotoxinas
- Reducción de costos de secar y de energía
- No amarilleo como resultado de secar y de bajo calidad de almacenamiento
- Más alto ganancias de arroz entero por razones de menos fisuras y roturas
- Mayor rendimiento y eficiencia para molinas
- Vaporizado más rápida con blancura más brillante de arroz
- Hace más fácil la gestión de almacenamiento
- Operación independiente de las condiciones del ambiente
- No hay daños por aireación con la re-humedación del paddy
- No hay roturas o pérdidas de fricción por circulación del arroz
- Conservación de la calidad de germinación para crecimiento rápida y alto rendimiento
- Aumento de los ingresos y mejora de la posición en el mercado
- Tiempo de amortización muy corto

Referencias bibliográficas

- 1 Deutscher Raiffeisenverband e.V. (2008), Hygienische Maßnahmen für den Umgang mit Getreide, Ölsaaten und Leguminosen, Nr. 532870, editorial DG, Wiesbaden
- 2 Hakl U. Dr. (2010), Vorratsschädlinge bei Getreide: Prophylaxe und Bekämpfung, Getreidemagazin, tomo 15. Bonn
- 3 Kolb, R.E. (2001), Kühle Getreidelagerung, en: Mühle + Mischfutter, número 17, editorial Moritz Schäfer, Detmold
- 4 Boser F. (1980), Heizöl sparen mit Getreidekühlung, publicación especializada de la Bolsa de Comercio Suiza
- 5 Humpisch, G. (2003), Getreide lagern: Einführung in Grundlagen, Verfahren, Anwendung, Agrimedia, Bergen/Dumme
- 6 Baitinger, Dr. A. (2009), Pressemitteilung Fachtagung Getreidelagerung Lahntal-Caldern, LLH, Kassel
- 7 Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., Definition Sorptionsisothermen, www.containerhandbuch.de/chb/scha/scha_10_02_05.html (Edición: 21.03.2009)
- 8 Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., Definition Hygroskopizität/ Sorptionsverhalten, www.tis-gdv.de/tis/misc/hygro.htm (edición: 21.03.2009)
- 9 Dr. Wernecke Feuchtemesstechnik GmbH, Definition Wasseraktivität, www.dr-wernecke.com/content/apps/umwelt/awdi_get.html (edición: 21.03.2009)
- 10 Brunner, H. (1980), Getreidekühlung in Stahlsilos, en: Die Mühle und Mischfüttertechnik, tomo 117, H. 32, S. 423-424
- 11 Skriegan E. (2008), Technologie der Lagerung und Nacherntebehandlung von Körnerfrüchten, Teil 2, editorial Moritz Schäfer, Detmold
- 12 Seibel W. (2005), Warenkunde Getreide, Agrimedia, Bergen/Dumme
- 13 Mühlbauer, W. (2009), Handbuch der Getreidetrocknung, Agrimedia, Clenze
- 14 Lacey, J.; Hill, S.T.; Edwards, M.A. (1980), Microorganisms in stored grains; their enumeration and significance, en: Tropic stored product information, 39
- 15 Rodemann, B. (1999), Mykotoxine im Getreide, Rep. 2-99, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig
- 16 Quitco, R.T. y N.M. Quindoza. (1986). Assessment of Paddy Loss in Storage. Unpublished Terminal Report. NAPHIRE. 46 p
- 17 Vasilenko E., Sosodov N. et al. (1976), Die Gelbfärbung von Reis, Übersetzung der russischen, Mukomol'no, en: Die Mühle + Mischfüttertechnik", tomo 113, número 17, editorial Moritz Schäfer, Detmold
- 18 Theo Inn Chek (1989), Paper Workshop on Grain Drying and Bulk Handling and Storage System en ASEAN Pitsanuloke, Tailandia
- 19 Agena MU (1961) Untersuchungen über die Kälteeinwirkung auf lagernde Getreidefrüchte mit verschiedenen Wassergehalten, disertación en la Universidad de Bonn
- 20 Piccarolo (1988), Konservierungsversuch mit GRANIFRIGOR, Livorno, Ferraris, Universidad de Turin
- 21 Barth, F. (1995), Cold storage of Paddy – the solution to your storage problems, en: World Grain, Sosland Publishing Co, Kansas City/EE.UU
- 22 Bhattacharya, K.R.& Subba Rao, P.V.&Swamy, Y.M.I. (1966), Processing and quality factors in parboiling of rice, Mysore, Central Food Technological Research Institute, India
- 23 Josephine Mina Boac (2010), Quality changes, dust generation, and commingling during grain elevator handling PH D. Thesis, Universidad de Kansas, Manhattan, Kansas, EE.UU
- 24 H. Zareiforoush, M.H. Komarizadeh, M.R. Alizadeh (2010), Effect of screw auger rotational speed on paddy (Oryzasativa L.) grains damage in handling process, Australian Journal Agricultural Engineering 1(4):136-140

Modelos de GRANIFRIGOR™ - equipos de refrigeración



GC 40 Europe



GC 60 Tropic / 80 Europe



GC 140 Europe / 180 Europe



GC 220 Tropic / 240 Europe /
240 Subtropic



GC 310 Tropic / 320 Europe /
320 Subtropic



GC 450 Desert / 460 Tropic /
500 Europe / 560 Tropic



GC 650 Tropic / 650 Desert /
700 Europe



GC 1000 Subtropic / Tropic

© FrigorTec GmbH

SERVICE (24 / 7)



SERVICE - Nuestro servicio se encarga del mantenimiento de los equipos y asegura el abastecimiento de repuestos en todo el mundo.
service@frigortecamericas.com

Refrigeradores de grano
de GRANIFRIGOR™

Aire acondicionado para
grúas CRANEFRIGOR™

Enfriadores estándar
STANDARDFRIGOR

FrigorTec
SERVICES

Desinsectación por
calor DEBUGGER

Henificación
AGRIFRIGOR™

Distribuidor:

FRIGOR TEC
Cooling to the point

FrigorTec LP • 209 Terra Road
Blytheville, AR 72315
Phone: +1 (832) 730 18 94
info@frigortecamericas.com
frigortecamericas.com