



**Технология охлаждения GRANIFRIGOR™ обеспечит качество риса-сырца и иных сортов риса.**

Составлено Ральфом Е. Кольбом и д-ром Клаусом М. Браунбеком

[www.frigortec.com](http://www.frigortec.com)





© FrigorTec GmbH

## 1 Система силосных бункеров

# Технология охлаждения GRANIFRIGOR™ обеспечит качество риса-сырца и иных сортов риса.

Родиной риса принято считать Гималаи. Возделывание риса началось в Китае, а затем распространилось и в других регионах Азии. В Европу рис завезли торговцы из Северной Африки где-то в 100-е годы до н. э. В Центральную и Южную Америку рис был завезен Колумбом в 1493 году.

Рис принадлежит к злаковым (или мятликовым) культурам, родовое название «рис посевной» (*Oryza sativa*). В целом различают около 8 000 различных сортов риса, многие из которых активно выращиваются.

В процессе шлифования риса выделяют три основных типа:

- рис длиннозёрный
- рис среднезёрный
- рис круглозёрный

Для произрастания рису необходимы жара и много воды. В зависимости от сорта риса, температуры могут варьировать от 20 до 35 °С, а один килограмм риса требует от 3 000 до 10 000 л воды в период роста.

## Хранение риса-сырца

Рис-сырец созревает за короткий срок в больших количествах, и его необходимо отправить на консервацию сразу после сушки. В зависимости от климатических условий и полива можно снимать несколько

урожаев риса в год. В период хранения важно сохранять качество риса. Ниже приведены основные требования к процессу хранения риса. В целом, место хранения риса-сырца должно быть легкодоступным, сухим и защищенным от погодных условий. Кроме того, его необходимо защитить от проникновения грызунов, птиц, котов и собак. Для хранения риса-сырца подбирается подходящий материал. Далее приводится описание двух наиболее важных типов хранения с точки зрения сохранения качества при холодном консервировании зерновых культур.

### Силосные башни

Преимуществом силосной башни для хранения риса-сырца является закрытость конструкции (рис. 1). Она защищает от проникновения птиц, грызунов, котов и собак.

Однако обычные силосные башни воздухопроницаемы. Загрузка и выгрузка отвечают чёткой спецификации и могут проводиться автоматизировано. Современные силосные башни, как правило, изготовлены из гальванической листовой стали; более габаритные сооружения представляют собой железобетонную конструкцию.

### Напольное зернохранилище

При наличии подходящего здания предпочтение отдаётся напольному хранению зерна (изображение 2). Основным преимуществом напольного хранения зерна является возможность временного использования помещения для иных целей. Использование в качестве машинного зала запрещено по гигиеническим соображениям. Существенную проблему для напольного хранения представляет выгрузка риса-сырца. Выгрузка риса проводится, как правило, ковшовым экскаватором. Это может нарушить распределение воздуха. В идеале рис-сырец следует загружать сверху, например, по стационарной или мобильной конвейерной ленте. Процесс загрузки также можно автоматизировать.

### Подача воздуха в хранилище

Способ распределения воздуха определяется с учётом диаметра и высоты силосной башни. В комплексных системах впускные сопла отдельной силосной башни зачастую соединены с центральной системой воздухо-



© FrigorTec GmbH

## 2 Напольное зернохранилище с централизованным распределением воздуха для GRANIFRIGOR™

обмена. Для каждой силосной башни необходимо дополнительное устройство отключения. Как правило, используются откидные клапаны или шиберные задвижки. Такие комплектующие, как колено трубопровода, должны иметь конструкцию, способствующую воздухообмену. Колено трубопровода под углом 90° желательно не использовать. Тройник и колено должны быть под углом 30° или 45°.

Основная воздушная магистраль должна иметь адекватный диаметр. Скорость воздушного потока в канале должна оставаться достаточно

низкой, чтобы снизить потерю давления. Следует избегать карманов, в которых может накапливаться конденсат. Основная магистраль должна быть как можно короче, это снизит энергозатраты. При подаче холодного воздуха следует использовать изолированный магистральный канал. Для распределения воздуха в силосных башнях с бункером конической формы применяются охлаждающие балки. Подземные каналы с множественными отверстиями прокладываются в полу силосной башни; при этом необходимо удостовериться в наличии пространства для эффективного оттока.



## 3 Принцип распределения воздуха в напольном зернохранилище

При напольном хранении, когда загрузка и выгрузка осуществляются при помощи ковшового экскаватора, возникает проблема проходимости транспортного средства. Распределение воздуха осуществляется по подземным каналам или полусферам, установленным на поверхности (рис. 3). В последнее время находят применение телескопические трубы, которые можно удалить из зоны зернохранилища перед отгрузкой зерна. Дренажные шланги использовать не рекомендуется.

### Вытяжная вентиляция в зернохранилище

Необходимость системы вытяжной вентиляции, как и распределения воздуха в зоне хранения зерновых зачастую недооценивают. Хотя вытяжная вентиляция также важна, как и система распределения воздуха. При этом важно обеспечить достаточное количество

выходных отверстий, рассчитать их размер и оптимальное распределение. Сухой, холодный воздух, который подаётся в зернохранилище, поглощает энергию и влажность из риса-сырца. Такой воздух необходимо удалить через выходные вентиляционные отверстия. Выходные отверстия должны располагаться по окружности. Их необходимо защитить от попадания осадков и проникновения птиц.

В зернохранилищах также эффективно используется вытяжная вентиляция. Вытяжной вентилятор в зернохранилище должен быть достаточно мощным, чтобы перемещать прибл. в 1,5 - 2 раза больше воздуха к максимально возможному воздушному потоку. Вытяжным вентиляторам не нужно создавать дополнительное давление, поэтому они могут быть относительно дешёвыми. Им необходимо перемещать поток воздуха наружу из свободного пространства над буртом зерна. В относительно коротких зернохранилищах вытяжные вентиляторы можно устанавливать в фронтон. В крупных напольных зернохранилищах складского типа вытяжные вентиляторы устанавливаются по ходу конька крыши.

#### Особенности хранения

Перед отгрузкой на хранения зерна необходимо очистить и провести контроль качества. Сморщенные зерна и сбоина часто подвергаются фузариозу. Инородные частицы и пыль могут содержать микробы и плесень, что приводит к формированию очагов поражения. Перед загрузкой урожая зерновых необходимо очистить и осушить помещение для хранения [1]. Система распределения воздуха также должна пройти профилактическую подготовку. Все каналы следует осушить и очистить от пыли и загрязнений. Старые запасы риса-сырца и новый урожай следует хранить отдельно [2]. Избегайте наличия сорных примесей и зерен.

При заполнении необходимо предотвращать образование холмиков. Поэтому бурт риса-сырца следует выровнять либо автоматически, либо вручную. Большие по площади зернохранилища должны быть оборудованы нивелирующим устройством (направляющими лопатками, спредерами и т. п.), которое позволит оптимально распределять зерно

при низком уровне сегрегации.

#### Измерительная техника

Для контроля температуры в зернохранилище необходимо в целом обеспечить наличие измерительной техники. В напольных зернохранилищах для измерения температуры используют, как правило, зондовый термометр, а в силосных системах применяют температурные датчики, установленные на стальных тросах. В идеале следует проводить постоянный мониторинг и документацию температуры хранения.

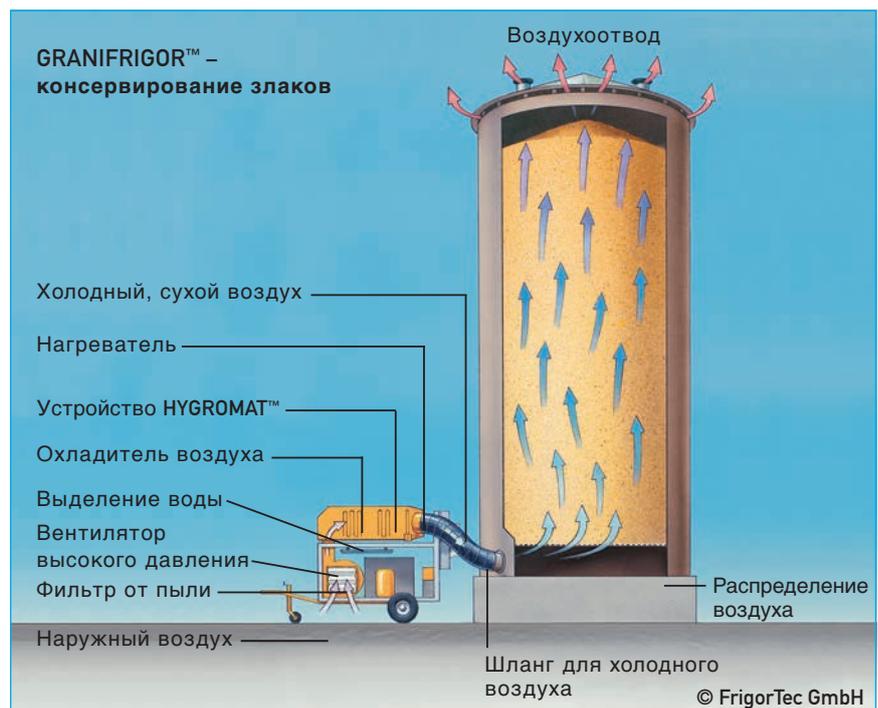
Единичные измерения в зернохранилище не дают объективную картину. Поэтому следует использовать несколько измерительных датчиков или измерения должны проводиться последовательно в нескольких местах. Измерение температуры – это важный аспект контроля за состоянием хранящихся товаров. Если для местности характерны слишком высокие температуры, то необходимо предпринять определённые меры.

## Технология охлаждения зерна

Вентилятор GRANIFRIGOR™ – это устройство охлаждения окружающего воздуха (рис. 4).

Окружающий воздух нагревается в вентиляторе по причине трения. Повышение температуры зависит от противодействия в гурте с зерном, от потока подаваемого воздуха и мощности вентилятора. Такой воздух затем охлаждается при помощи кондиционера воздуха, в испарителе, до необходимой температуры и, соответственно, осушается. Осушение происходит всегда за исключением случаев, когда воздух крайне сухой. Во время процесса осушения возникает вода (конденсат). Относительная влажность воздуха повышается даже при условии низкого содержания влаги, так как холодный воздух удерживает меньше влаги, чем тёплый. Охлажденный воздух затем подаётся в HYGROTHERM™. В модуле HYGROTHERM™ холодный, влажный воздух нагревается. Это снижает относительную влажность, и воздух становится сухим [3]. Так как нагревательный модуль HYGROTHERM™ использует энергию охлажденного воздуха, расходы на дополнительное энергоснабжения не возникают.

Сухой, холодный воздух подаётся по шлангу в систему вентиляции зернохранилища и принудительно вентилирует зерно в бурте. Такая технология может применяться как в силосных башнях, так и в напольных зернохранилищах. Отработанный воздух выводится наружу через вытяжные вентиляторы, при



4 Принцип технологии консервации зерна охлаждением GRANIFRIGOR™

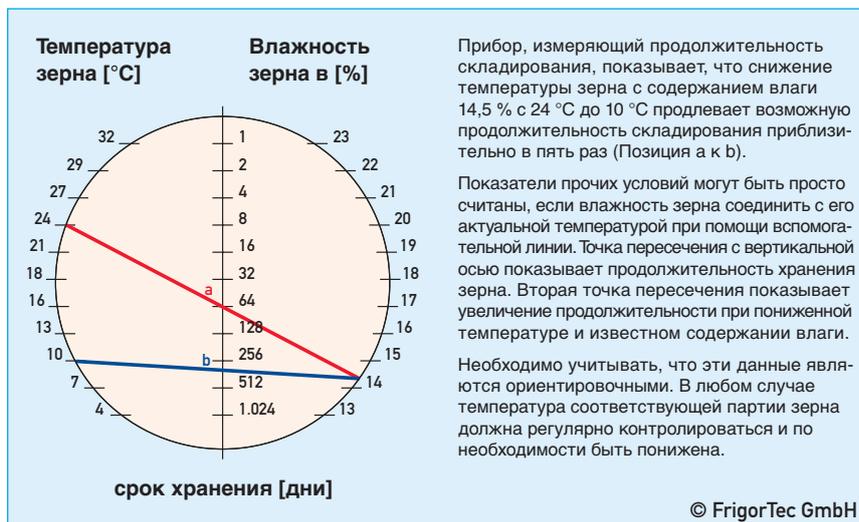
этом из бурта с зерном удаляются тепло и влага.

При низких температурах окружающей среды современные кондиционеры переключаются автоматически в режим вентиляции. При повышении температуры окружающего воздуха компрессор снова включается в работу. Такая функция обеспечивает рентабельность процесса.

Системы **GRANIFRIGOR™** работают независимо от погодных условий. Их можно использовать как в дождь и туман, так и в условиях влажного тропического климата.

После запуска режима охлаждения зерно в бурте охлаждается снизу вверх. На вершине бурта температура может изначально повышаться. Энергию и влагу из зерна воздух поглощает перед тем, как покинет зернохранилище через отверстия сверху, при этом он будет насыщен влагой и теплом. Если отработанный воздух остаётся холодным у поверхности бурта, то рис-сырец охлажден снизу доверху. Процесс охлаждения ни в коем случае нельзя прекращать слишком рано. Это может вызвать существенные проблемы с зерном в верхней части бурта. Процесс охлаждения можно прекратить, если температура риса-сырца на глубине 20 см от поверхности бурта на 2 - 4 К выше температуры охлажденного воздуха, который подаётся в бурт с урожаем зерна. Незначительное различие температур в нижнем и верхнем слое бурта может сохраняться по причине сопротивления воздуха в бурте. Цикл охлаждения можно прерывать лишь временно, чтобы выявить «слабые места». После прерывания цикла охлаждения процесс продолжается с температурных значений в момент прерывания цикла. Прерывание цикла охлаждения допустимо лишь на короткий срок. После завершения цикла охлаждения все отверстия и соединения закрываются. Это защитит от образования конденсата из-за проникновения более тёплого воздуха, а также от животных.

Таймер периода хранения на изображении 5 показывает, что допустимый срок хранения риса-сырца, влажность которого составляет 14,5%, при охлаждении с 24 °C до 10 °C



Прибор, измеряющий продолжительность складирования, показывает, что снижение температуры зерна с содержанием влаги 14,5 % с 24 °C до 10 °C продлевает возможную продолжительность складирования приблизительно в пять раз (Позиция а к b).

Показатели прочих условий могут быть просто считаны, если влажность зерна соединить с его актуальной температурой при помощи вспомогательной линии. Точка пересечения с вертикальной осью показывает продолжительность хранения зерна. Вторая точка пересечения показывает увеличение продолжительности при пониженной температуре и известном содержании влаги.

Необходимо учитывать, что эти данные являются ориентировочными. В любом случае температура соответствующей партии зерна должна регулярно контролироваться и по необходимости быть понижена.

© FrigorTec GmbH

## 5 Таймер периода хранения зерна

Охлаждение [K]	20 (н-р, от 35 °C до 15 °C)
Регион	Азия
Климат	тропики
Энергопотребление в [кВт/ч]	6-8

Таблица 1: Эмпирические значения энергопотребления в процессе охлаждения риса-сырца в тропиках

увеличивается в пять раз (от точки а к b).

Значения для иных условий хранения можно легко определить, соединив дополнительной линией точку влажности зерна и актуальной температуры. Вертикальная шкала на таймере периода хранения обозначает допустимый срок хранения зерна. Нижняя часть шкалы указывает на увеличение срока хранения при снижении температуры и известном значении уровня влаги в зерне.

Однако следует отметить, что такие спецификации основаны лишь на приблизительных значениях. Температуру зерна в бурте необходимо регулярно контролировать и при необходимости его охлаждать. Если температура слишком высокая, цикл охлаждения следует повторить.

### Энергопотребление при охлаждении зерна

У многочисленных преимуществ технологии охлаждения зерна своя цена. Помимо инвестиций в покупку холодильных агрегатов, необходим источник электроэнергии. Потребление энергии зависит от температур окружающей среды, влажности воздуха, содержания влаги в зерне риса-сырца и от температуры самого зерна (таблица 1).

### Эффект сушки в процессе охлаждения

В процессе охлаждения необходимо учесть создаваемый эффект сушки. Эффект сушки риса-сырца за один цикл охлаждения составляет в среднем 0,75%. При этом он зависит от температуры зерна, содержания влаги в зерне, температуры и относительной влажности воздуха, который используется для охлаждения. Технологические условия постоянно изменяются, так как охлаждающий воздух нагревается, проходя через бурт зерна, а теплый воздух способен поглощать больше влаги.

Если относительная влажность охлаждающего воздуха существенно ниже уровня равновесной влажности в зерне риса-сырца, то эффект сушки усиливается. По этой причине модуль расхолаживания **HYGROTHERM™** выполняет существенную функцию при регуляции относительной влажности охлаждающего воздуха. Расхолаживание не должно быть слишком интенсивным, чтобы избежать ненужных энергозатрат. Обычно расхолаживание составляет от 3 до 7 К. С увеличением содержания влаги в зернах риса-сырца эффект сушки возрастает [4]. При содержании влаги > 19% зерна риса-сырца перед охлаждением необходимо подсушить.

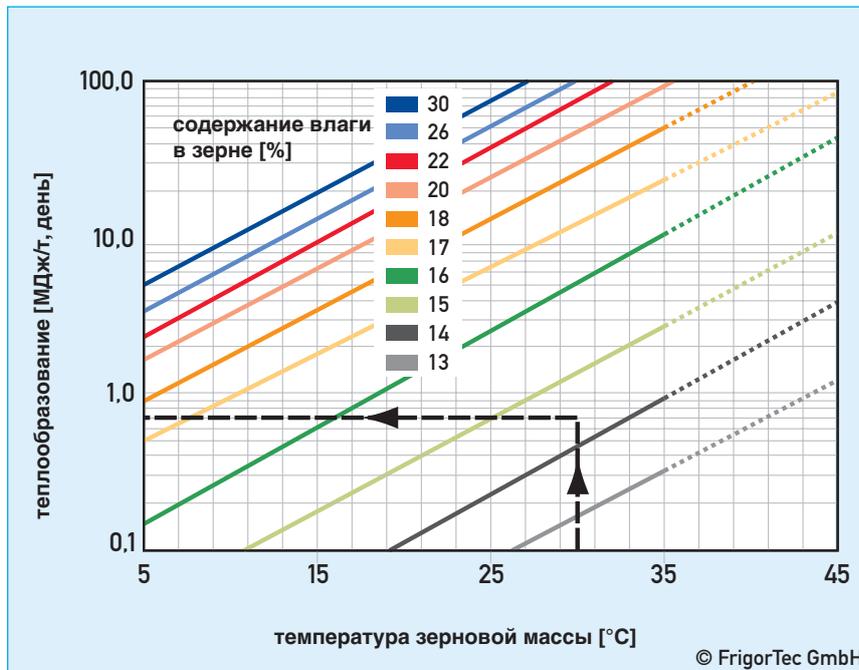
### Охлаждение в период дождей и туманов

GRANIFRIGOR™ можно без ограничений использовать в период дождей и туманов. Благодаря модулю расхолаживания воздуха после испарителя относительная влажность воздуха снижается. Во время дождя и/или тумана конденсация воды усиливается. Поэтому из трубы конденсата будет выделяться большее количество воды.

## Влияние технологии консервации (хранения) зерна охлаждением на устойчивость риса-сырца при хранении

### Дыхание зерна

Рис-сырец продолжает жизнедеятельность после скашивания и обмолота. Рис-сырец и иные сорта риса характеризуются высокой гигроскопичностью; они способны поглощать и выделять влагу. Потери свежеобранного риса-сырца в первую очередь обусловлены клеточным дыханием и последующим самопроизвольным нагреванием. Этот процесс зависит от влажности и температуры риса-сырца. С повышением температуры и влажности дыхание зерна становится более интенсивным. Самопроизвольный нагрев зерна приводит к потере вещества и способствует развитию насекомых и плесени. Во влажных тропических регионах риск порчи зерна в условиях жаркого и влажного климата особенно высок. Как показывает опыт, в зонах умеренного климата в более прохладное время года потери вещества при хранении зерна значительно меньше, чем в летние месяцы. Технология консервации (хранения) зерна охлаждением GRANIFRIGOR™ обеспечивает климатические условия зимнего периода при хранении риса-сырца.



6 Выделение тепла в период хранения зерна согласно расчетам Джуин [6]

При клеточном дыхании кислород поглощается, а затем углеводы преобразуются в углекислый газ, воду и тепло. Вследствие этого рис начинает терять вещество.

На килограмм сухого вещества в дышащем зерне выделяется примерно 16,48 МДж тепла, 0,58 кг воды и 1,54 кг углекислого газа. Выделяемая энергия нагревает зерновую массу, а вода увлажняет зерно, способствуя росту грибка.

На рис. 6 показана выработка тепла в зерне, которая практически зависит от температуры зерна и влажности; данный график можно использовать для определения потери вещества в хранимом зерне.

### Гигроскопичность

Гигроскопичность – это способность вещества приспосабливаться к влажности окружающего воздуха, поглощая или выде-

ляя воду. Поглощение водяного пара называется адсорбцией, выделение водяного пара – десорбцией [7]. Изотерма сорбции отображает гигроскопичность веществ [8]. Изотерма сорбции показывает равновесное состояние. Выше изотермы сорбции происходит десорбция, ниже – адсорбция. Изотерма сорбции зависит от температуры. Изотерма сорбции обычно показана для 20 °C.

Изотермы сорбции риса-сырца при различных температурах зерна приведены на рис. 7. Если влажность зерна составляет 14,5%, а температура 20 °C, то водная активность зерна  $a_w$  составляет примерно 0,64. Это соответствует равновесной влажности зерна при 64% относительной влажности воздуха. Если воздух с относительной влажностью выше 64% вступает в контакт с рисом, то влажность риса-сырца увеличивается. Это неизбежно приведет к порче хранящегося зерна.

Вывод: **сухое зерно нельзя подвергать воздействию влажного воздуха! Охлажденное зерно нельзя подвергать воздействию тёплого воздуха!**

### Водная активность $a_w$

Водная активность – это значение, указывающее на фракцию свободной, несвязанной воды по отношению к общему содержанию воды в зерне [9]. Теоретически, значение  $a_w$  – это отношение давления паров воды над

### Молекулярная формула дыхания зерна в химическом процессе [5]:

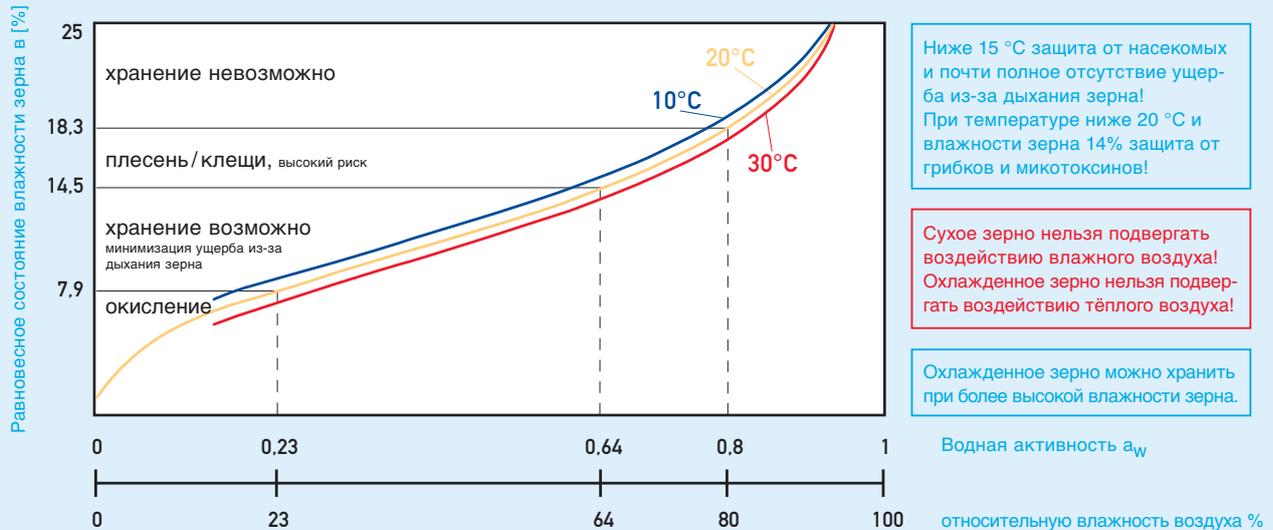


Баланс массы на 1 кг зерна:

$$1.000 \text{ г} + 1.122,81 \text{ г} = 1.543,86 \text{ г} + 578,95 \text{ г} + 16,48 \text{ МДж теплоты}$$

## Изотермы сорбции риса-сырца

Изотерма сорбции показывает равновесное состояние влажности зерна и воздуха. В равновесном состоянии обмен влаги от зерна к воздуху и наоборот не происходит (поглощение воды / выделение воды).



www.frigortec.com

© FrigorTec GmbH

### 7 Изотермы сорбции риса-сырца

зерном к давлению насыщения воды ( $P_G/P_W$ ). Одним из компонентов риса-сырца является вода. Она может быть в более свободной или связанной форме. Более высокая активность воды ( $> 0,64$ ) способствует росту грибков, а значение выше 0,8 даже способствует росту бактерий.

#### Естественный поток воздуха в зернохранилище без охлаждения

Внутри силосной башни, особенно при холодной погоде, присутствует естественная циркуляция воздуха. В оголовке силосной башни воздух движется вниз, потому что холодный воздух тяжелее теплого; в ядре воздух поднимается [10]. Таким образом происходит перенос влаги в верхний слой зерновой массы. За счет клеточного дыхания неохлажденный рис становится теплее. Под холодной крышей силосной башни влага конденсируется из теплого, влажного воздуха, образуя капли, которые «проливаются дождем» на зерно. В результате создается эффект так называемого «зеленого луга». Нередки случаи, когда зерновая масса портится на глубине до метра от поверхности. Это часто приводит к серьезной дополнительной проблеме: при извлечении зерна из бункера комкование может привести к засорению разгрузочного оборудования;

поэтому необходима крайняя осторожность. При открытии боковой заслонки может быть нарушена статическая устойчивость бункера. Охлаждение может решить проблему, так как циркуляция внутри склада при охлаждении зерна незначительна.

#### Теплопроводность

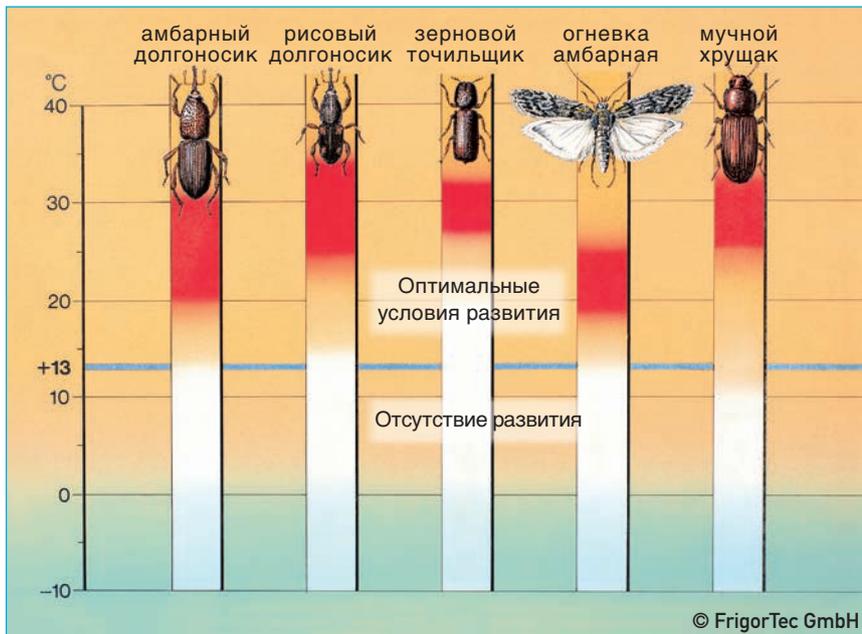
Зерно – плохой проводник тепла. Теплопроводность риса-сырца с влажностью от 10 до 20% составляет от 0,09 до 0,12 Вт/м К. Для сравнения, теплопроводность стали (например, стенка бункера) составляет примерно 45,3 Вт/м К. Тепло от урожая зерна и тепло, выделяемое в результате клеточного дыхания, плохо проникает наружу. Эта проблема усугубляется тем, что воздушные подушки между зернами обеспечивают дополнительную изоляцию. Полости в зерновой массе составляют примерно 40% объема. Кроме того, зерна соприкасаются друг с другом только в одной точке, что означает наличие небольшой площади для теплопроводности (рис. 8). По этой причине бурт тёплого риса остается теплым в течение длительного периода времени, а бурт с холодным рисом долгое время остается прохладным. После завершения цикла охлаждения риса-сырца, повторное охлаждение необходимо провести только

через много месяцев, даже в тропических условиях.



© FrigorTec GmbH

### 8 Пористость и контакты зерен в гурте риса-сырца



## 9 Развитие некоторых насекомых в зависимости от температуры

### Температура и влажность зерна

Цель состоит в том, чтобы поддерживать качество риса-сырца в зернохранилище. Для этого должны быть созданы надлежащие условия. Ключевыми параметрами являются температура и влажность хранимого риса-сырца. Для предотвращения появления микробов, способных нанести ущерб зерну, значение активности воды  $a_w$  для хранения риса-сырца должно составлять 0,64 [11]. Чтобы защитить зерно также от насекомых, его следует охлаждать до температуры ниже 15 °C.

Если влажность риса-сырца превышает 14,5%, а противодавление (напольное хранение) низкое, то GRANIFRIGOR™ способен обеспечить охлаждение риса-сырца до температуры охлаждающего воздуха. Для сухого риса-сырца, температура зерна примерно на 2 – 8 K выше температуры подаваемого охлажденного воздуха, которую можно было бы достичь при обычном охлаждении. Это происходит за счет испарения влаги из зерна с более высокой влажностью, что создаёт дополнительный охлаждающий эффект.

### Животные в хранилище

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) во всем мире приходит в негодность примерно 15% собранного урожая [12]. Это означает, что ежегодно портятся около 270 млн тонн зерна, в основном при хранении.

По данным ФАО, следующие причины приводят к порче зерновых:

- 80% из-за насекомых
- 10% из-за грызунов и птиц
- 10% из-за грибов

### Насекомые и клещи

В зернохранилище могут встречаться различные виды насекомых. Всех их объединяет то, что их активность зависит от температуры окружающей среды. В тропических странах с

влажным климатом особенно активны рисовый долгоносик и красный мучной жук.

Насекомые и клещи быстро размножаются в благоприятных условиях. Одно насекомое способно произвести несколько тысяч потомков за один год. Места кормления стимулируют дыхание риса: так возникают очаги поражения. Кроме того, имеет место метаболическая активность самих вредителей, что дополнительно способствует повышению температуры и влажности. Это, в свою очередь, создает более благоприятные условия для образования плесени, а при очень высокой влажности даже для роста бактерий. Большинство насекомых ведут ночной образ жизни и предпочитают теплые запylённые места. Если насекомые находят условия обитания с оптимальной температурой и влажностью, то ущерб возникает в местах их кормления и жизнедеятельности.

На рис. 9 показаны некоторые виды насекомых, распространённых во влажных тропических областях, и оптимальные условия для их обитания и развития. Ущерб из-за насекомых можно эффективно прекратить, охладив собранный урожай до температуры ниже 15 °C, поскольку активность насекомых прекращается.





### Микотоксины

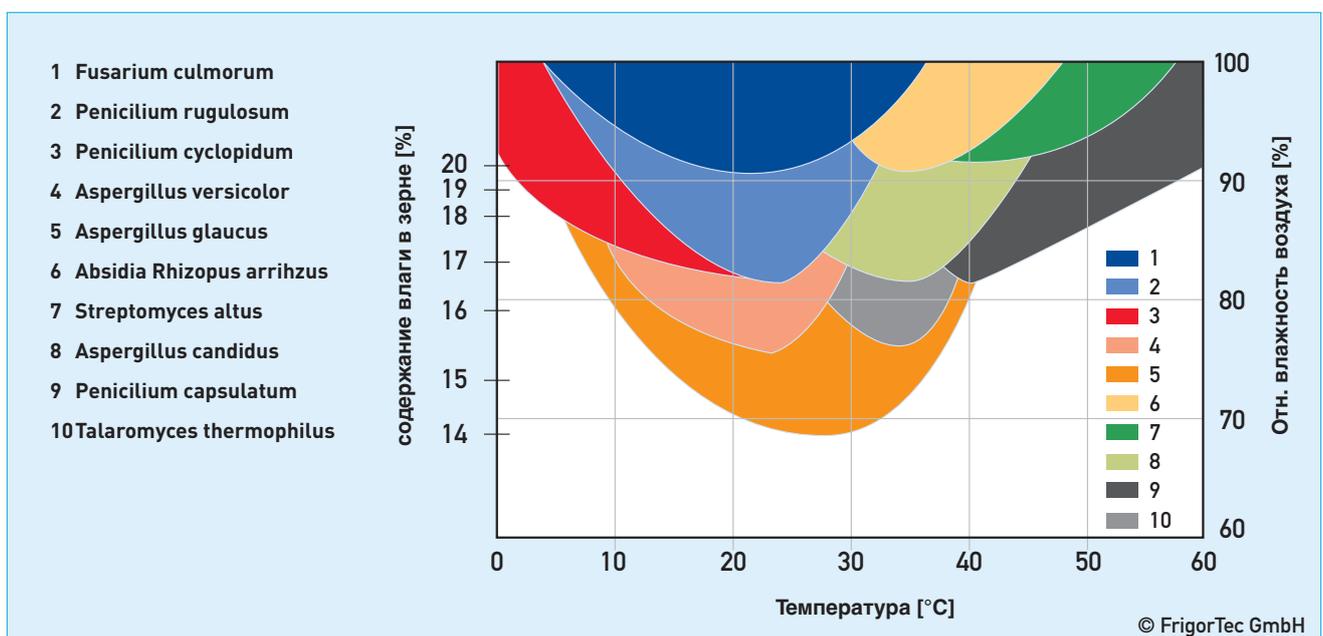
Микроорганизмы, такие как грибы и бактерии, паразитируют на поверхности зародыша зерна [13]. На поле преобладает влаголюбивая первичная флора, при этом активность воды должна составлять  $> 0,9$ . Затем в хранилище образуется осмофильная вторичная флора, которая размножается при активности воды  $> 0,7$ .

Развитие грибов зависит от температуры, влажности воздуха и уровня влажности в зерне (рис. 10).

Высушивание и охлаждение риса-сырца предотвращает такое развитие грибов в хранилище.

Вместе с урожаем грибки, которые развились на полях, транспортируются в хранилище для риса-сырца. В хранилище также развиваются новые грибки. Микотоксины могут возникать из грибов. Микотоксины оказывают токсическое действие на человека и животных. Большинство микотоксинов отличаются термостойкостью и высокой

резистентностью. Их невозможно, как правило, разрушить путём химической обработки или обезвредить иным способом. По этой причине образование токсинов необходимо предотвращать путем воздействия на вредоносные грибки [15].



10 Развитие различных микроорганизмов зависит от температуры, влажности воздуха и уровня влажности в зерне [14]

## Преимущества технологии GRANIFRIGOR™ для холодной консервации зерна

О некоторых преимуществах охлаждения риса-сырца и обработки риса можно частично судить по тому, что было сказано выше. Эти преимущества напрямую направлены на предотвращение потерь при хранении и послеуборочных работах. При этом сохраняются как количество, так и качество риса, а определенные способы обработки риса дают дополнительные преимущества. Они кратко изложены в данном тексте, чтобы дать четкое представление о цели и преимуществах охлаждения риса-сырца и других сортов риса.

### Сохранность количества риса

Прежде всего, дыхание рисового зерна, которое зависит от температуры хранения и содержания влаги в зерне, приводит к постепенной потере риса-сырца во время хранения. Для демонстрации этого факта используется пример расчета с использованием типичных значений условий хранения в тропиках и субтропиках (пример 1).

Комментарии к примеру расчета: рис при температуре 30 °С хранить нельзя. Скорее всего оператор бункера попытается понизить температуру зерна за счет рециркуляции зерна или вентиляции наружным воздухом. Потенциальное увлажнение следует считать принятым фактом. Чтобы теперь рассчитать потерю сухой массы в течение срока хранения, необходимо определить потерю во времени в несколько этапов, в ходе которых рассчитываются соответствующие отдельные значения. Для расчета фактических общих потерь при хранении применяется пошаговый принцип в совокупности с приведенной выше формулой. Полученные результаты затем суммируются.

На примере видно, что потери риса могут быть значительными, что негативно сказывается на рентабельности действующей компании. Использование агрегата для охлаждения зерна GRANIFRIGOR™ значительно сократит потери, поскольку при более низких температурах хранения активность дыхания снижается, а потери в

### Пример 1:

Ущерб из-за дыхания зерна – потеря сухой субстанции				
<b>Дано:</b>				
	Влажность риса-сырца		14,5%	
	Температура риса-сырца		30 °С *	
	Цена риса-сырца		300 евро/т	
	Период хранения		8 месяцев	
	Кол-во на хранении		10.000 т	
<b>Формула:</b>				
Потери сухой субстанции (τ) = $\frac{\text{тепловыделение [МДЖ/т, день]}^{**} \times \text{время хранения [день]} \times \text{масса на хранении [т]}}{15.000 \text{ [МДЖ/т]}}$				
<b>Результат:</b>				
		Потеря субстанции [т]	Потеря массы [%]	Ущерб [евро] ***
неохлаждённый	30 °С **	128	1,28	52.650
неохлаждённый	25 °С	64	0,64	26.325
охлаждённый	10 °С	минимум (≤ 1)	–	–

\* После сушки или сразу с поля летом.

\*\* см. рис. 6.

\*\*\* Влажность зерна и шелуха учтены

### Пример 2:

Ущерб из-за насекомых				
<b>Дано:</b>				
	Влажность риса-сырца		14%	
	Цена риса-сырца		300 евро/т	
	Кол-во на хранении		10.000 т	
<b>Формула:</b>				
Повреждённое зерно [%] = $\frac{\text{кол-во повреждённых зёрен [ч]} \times 100 \text{ [т]}}{1.000}$				
Потеря сухой массы [т] = 0,5 x повреждённые зерна [%] x кол-во на хранении [т] x (1 – влажность зерна)				
<b>Результат:</b>				
		Потеря сухой массы [т]	потеря риса-сырца [%]	Ущерб [евро]
10% повреждённых зёрен		430	6,25	187.500
5% повреждённых зёрен		215	3,125	93.750
1% повреждённых зёрен		43	0,625	18.750
Охлаждённое зерно		0	–	–

массе становятся незначительными.

Помимо дыхания, дополнительные потери массы риса могут происходить из-за насекомых, грибов и бактерий. По оценкам ФАО, поражение насекомыми представляет наиболее серьезную угрозу и может повлечь за собой потери урожая до 80% [12]. При оценке поврежденного риса-сырца сразу же становится очевидной степень нанесенного ущерба. Даже если из 1 000 рисовых зерен всего 10 повреждаются насекомыми, потери на тонну риса составляют 4,3 кг сухого вещества или при влажности 14 % – 6,25 кг риса-сырца [16].

Пример 2 наглядно демонстрирует ущерб от потери массы из-за насекомых.

Даже незначительное повреждение риса-сырца насекомыми приводит к существенному экономическому ущербу, а с помощью агрегата для охлаждения зерна GRANIFRIGOR™ можно избежать потерь в массе риса.

Для полноты картины следует упомянуть бактерии, грибки и другие микроорганизмы. Они также приводят к потере массы, хотя больший ущерб они наносят качеству риса-сырца. По этой причине количественная оценка ущерба при прямом поражении ничтожно мала, в то время как из-за ухудшения качества риса ущерб может быть более

существенными, вплоть до полной потери урожая. Тем не менее, консервация зерна охлаждением останавливает деятельность бактерий, грибов и других микробов и сокращает потери урожая.

В итоге можно утверждать, что с помощью консервации зерна охлаждением можно ограничить физиологические потери массы, а также потери, вызванные насекомыми и микробами, и сохранить, а также гарантировать качество, получаемое при должном хранении.

### Поддержание качества риса

Рис, как правило, потребляется непосредственно без обработки, если не принимать во внимание процесс помола, который без больших потерь или затрат при обработке делает рис съедобным и оказывает лишь незначительное влияние на такие решающие факторы качества, как вкус. По этой причине особое внимание уделяется сохранению качества риса после сбора урожая. Помимо потребления риса нельзя забывать и о его использовании в качестве зерна на посев, что не менее важно, так как обеспечивает урожайность и зерно на следующий урожай.

Различные критерии качества риса-сырца указаны в торговых стандартах, типичных для страны. Рассмотрение всех этих критериев выходит за рамки данной статьи, и поэтому здесь будут обсуждаться только некоторые из них, для которых консервация зерна охлаждением имеет положительный эффект.

Субъективным критерием качества риса является вкус, который в разных регионах оценивается по-разному. Проблема заключается не в основном вкусе различных сортов риса, а в чистоте этого конкретного фактора качества. Следует еще раз подчеркнуть важность этого параметра в связи с непосредственным потреблением риса. Консервация зерна охлаждением при помощи **GRANI-FRIGOR™** сохраняет специфический вкус риса, каким он был после сбора урожая. В первую очередь это достигается за счет смягчения неблагоприятных условий хранения, отрицательно влияющих на вкусовые качества. Сюда относится дыхание зерна,

которое приводит к самопроизвольному нагреву и выделению воды, что создает благоприятные условия для дополнительных негативных факторов, таких как насекомые и микробы. Такие факторы могут значительно повлиять на вкус, сделав его затхлым, и приведут к значительному ухудшению качества риса.

Поврежденные и обесцвеченные зерна риса также учитываются в системах оценки качества риса. Поврежденное зерно – это не только результат применения послеуборочных технологий, но и результат заражения насекомыми. Насекомые питаются зернами и просверливают отверстия для кладки яиц, их жизнедеятельность относится к типичным видам повреждения рисовых зерен и снижает качество риса. Низкий температурный режим в зернохранилище замедляет и снижает активность насекомых, что сводит к минимуму риск повреждения зерна и обеспечивает качество урожая. Кроме того, хранение

при низких температурах уменьшает [17] или предотвращает пожелтение риса [18], обеспечивая тем самым более высокий стандарт качества.

Мы уже упоминали о том, что процесс охлаждения также приводит к уменьшению влажности или эффекту сушки. Консервация зерна охлаждением – это длительный процесс, поэтому и высыхание происходит медленно. Таким образом, компенсация влаги в зерне риса между сухой зоной на внешней поверхности и сердцевинкой происходит мягко с минимальным напряжением, и зерна не растрескиваются. Зерно риса остается целым во время помола, что значительно снижает долю битых зерен. Это позволяет увеличить долю цельного зерна почти на 20%. Это означает потенциальное повышение качества, что приводит к значительному увеличению продаж. На примере 3 показан такой потенциал.

### Пример 3:

Увеличение доли цельного зерна	
<b>Дано:</b>	
Цена рисовой крупы	450 евро/т
Цена рисовой сечки	290 евро/т
Кол-во на хранении	10 000 т
<b>Результат:</b>	
	Прибыль [евро]
Доп. доля рисовой крупы 5%	80.000
Доп. доля рисовой крупы 3%	48.000
Доп. доля рисовой крупы 1%	16.000

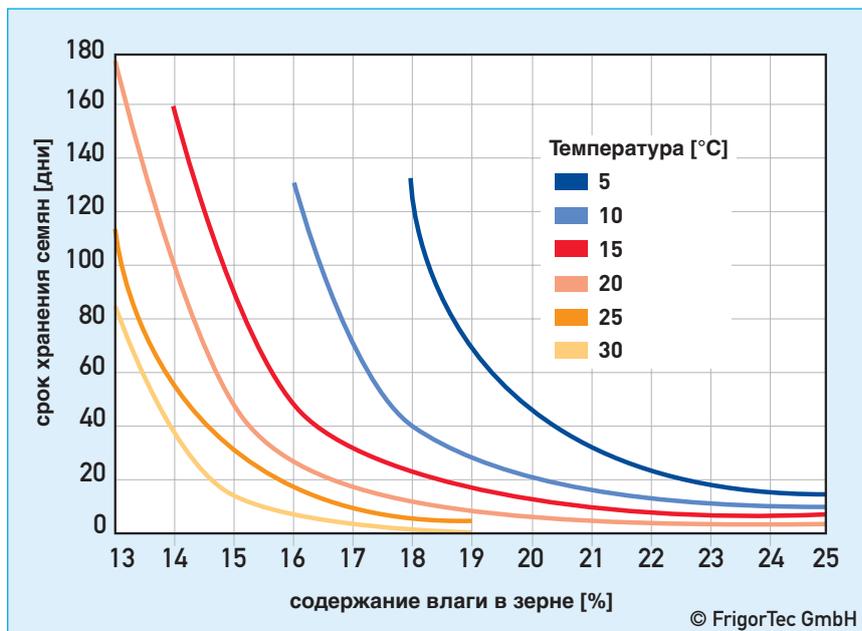


Другим важным критерием качества риса является микробная чистота, которую в связи со способом приготовления риса можно было бы назвать второстепенной, но с ростом уровня жизни населения её значимость также повышается. Здесь следует учитывать не только нагрузку из-за грибов и бактерий, но и экскременты насекомых и грибковые токсины. Таким образом, становится очевидным, что консервация зерна охлаждением может существенно улучшить гигиенические стандарты риса.

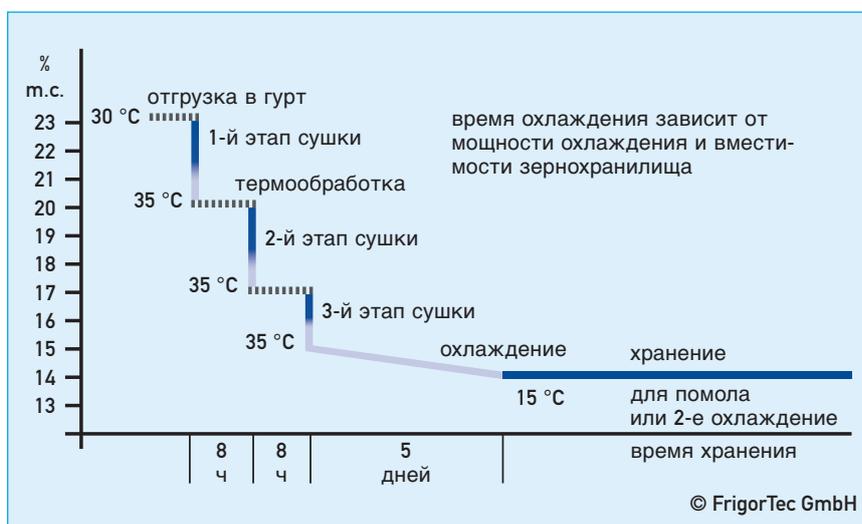
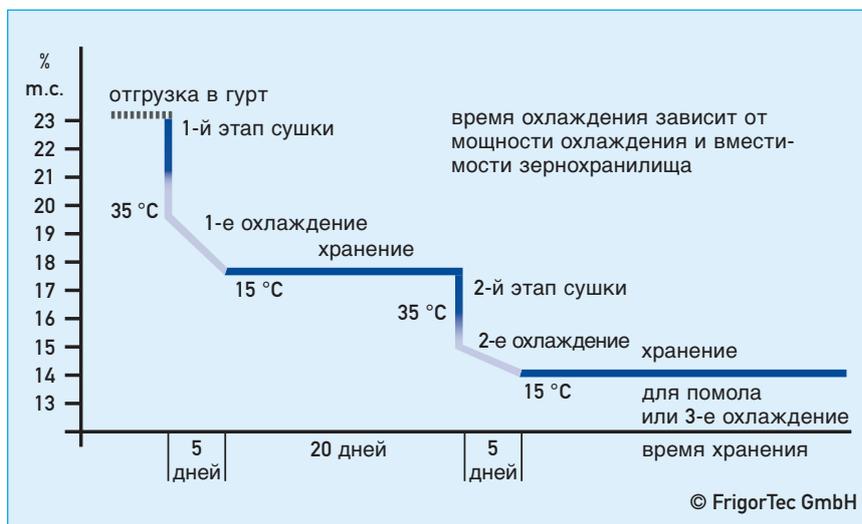
Рис является, прежде всего, продуктом питания; основным условием обеспечения запасов риса является его выращивание и, следовательно, использование в качестве семян. Способность к прорастанию имеет решающее значение для обеспечения урожая, даже если рис в основном выращивается рассадой. Технология консервации зерна охлаждением GRANIFRIGOR™ позволяет сохранять у семян всхожесть в течение более длительного времени и на достаточно высоком уровне (рисунок 11).

#### Сочетание консервации семян охлаждением и сушки

Рис-сырец собирают с высоким содержанием влаги в зерне, поэтому сушка является обязательным условием для обеспечения сохранности риса. Таким образом, во время сбора урожая процесс сушки зерна является слабым звеном в цепи и его значимость зависит от влажности собранного урожая риса. Сушки не избежать, если нужно сохранить качество риса. Используя консервацию зерна охлаждением, это слабо звено можно укрепить без каких-либо потерь. Увеличение производительности сушки, как известно, увеличивает производительности на 30-40% [20]. Пэдди высушивают до влажности 16 – 18%, а затем охлаждают. Таким образом, чтобы снизить уровень влажности в зерне до  $\leq 14\%$ , необходимо затратить много энергии и времени. Технология консервации зерна охлаждением GRANIFRIGOR™ не только подготавливает рис-сырец к хранению, но и дополнительно подсушивает его на 0,5 – 2 % [4]. Процесс сушки зерна до требуемого уровня, таким образом, сокращается во времени или даже становится излишним. Это экономит



11 Разрешённый период хранения семенных культур согласно нормам Агена [19]



12 Комбинация сушки риса-сырца и консервации зерна охлаждением GRANIFRIGOR™ [21]

затраты на организацию процесса и время в дополнение к ранее описанным преимуществам, как то: сохранение качества и урожайности риса, избежание пожелтения зёрен. Как показано на рисунке (рисунок 12) возможны комбинации различных процессов сушки и охлаждения зерна.

**Использование технологии консервации зерна охлаждением GRANIFRIGOR™ в комбинации с пропариванием риса**

Консервация зерна охлаждением предлагает ряд преимуществ в процессе пропаривания риса. Во-первых, рис-сырец может храниться при более высоком уровне влажности после сбора урожая. Таким образом, повторное увлажнение риса перед пропариванием ускоряется, так как рис-сырец можно пропаривать не при 12-14% влажности, а скорее при 16%. Это сэкономит время и повысит производительность системы пропарки. Ускорение процесса обеспечивает дополнительные преимущества, такие как более высокая степень белизны риса и, следовательно, более высокое товарное качество [22]. Кроме того, процесс сушки после пропаривания ускоряется за счет консервации риса охлаждением, как описано ранее. Дополнительным преимуществом является то, что агрегат для охлаждения риса-сырца можно использовать для темперирования после пропаривания, что сокращает время процесса пропаривания и, тем самым, экономит объём бункера для темперирования или позволяет проводить предва-



**13 Бункер для белого риса с агрегатом охлаждения GRANIFRIGOR™ на рисовой мельнице**

рительную сушку. Охлажденный воздух не только снижает температуру, но, благодаря более высокой сушильной способности, более низкой температуре и низкому содержанию воды он может удалять больше влаги с риса. Здесь же для охлаждения риса дополнительно используется испарительное охлаждение воды.

**Эффективный помол с использованием консервации зерна охлаждением**

Вышеописанные преимущества консервации риса охлаждением обеспечивают более эффективную переработку риса-сырца на мельнице (рисунок 13). Прежде всего, факторы, повышающие качество, делают возможной более быструю обработку. Благодаря щадящему процессу сушки при охлаждении в зернах риса не образуются

мелкие трещины, которые в противном случае неизбежно привели бы к сколам зерна. Таким образом, можно сделать настройки перерабатывающей машины более эффективными и увеличить производительность без увеличения доли дробленого риса (рисунок 14). Кроме того, ожидается, что рис не будет нуждаться в агрессивной шлифовке, так как потери в качестве из-за плохого хранения были устранены. Более того, качество риса улучшается, так как рис не желтеет благодаря технологии консервирования зерна охлаждением GRANIFRIGOR™. При этом легко распознать, что производительность можно увеличить до 5% без снижения качества. Кроме того, уменьшение глубины полировки означает больше риса на продажу, что увеличивает доход.



**14 Сравнение выхода рисовой крупы при традиционной сушке и в сочетании с технологией консервации зерна охлаждением GRANIFRIGOR™ [20]**

## Упрощение хранения благодаря технологии консервации зерна охлаждением GRANIFRIGOR™

Основной задачей при хранении является поддержание качества риса перед обработкой. Также необходимо обеспечить минимальные потери. Традиционные методы включают аэрацию, фумигацию и перемещение зерна, чтобы избежать перегрева и ущерба от насекомых. При аэрации риса-сырца необходимо соблюдать температуру и относительную влажность окружающего воздуха, чтобы избежать или свести к минимуму повреждение риса-сырца. В тропическом климате, подходящем для возделывания риса, сложно поддерживать такие условия. Здесь очевидно, что консервация зерна охлаждением, не зависящая от погодных условий, представляет собой более простой вариант и не снижает качество хранения.

Использование фумигации может быть оправдано только при достаточной защите здоровья человека и окружающей среды. При этом рис-сырец нельзя подвергать дальнейшей обработке от 3 до 30 дней. Фумигация разрешена только в газонепроницаемом зернохранилище, иначе неизбежна повторная обработка, которая повлечёт за собой значительные затраты. Кроме того, не следует забывать о растущей устойчивости к различным фумигантам, что требует их постоянного обновления и создает дополнительные затраты. Фумигация органического риса не разрешена, что свидетельствует о влиянии остаточных веществ в пищевых продуктах и связанных с этим рисках для здоровья. Технология консервации зерна охлаждением GRANIFRIGOR™ проста и безопасна, она отличается низкими эксплуатационными расходами и длительным эффектом, не оставляет опасных веществ, что делает фумигацию устаревшей и ненужной технологией.

Перемещение риса-сырца иногда необходимо для борьбы с очагами заражения. Это требует инвестиций в оборудование для дополнительных складских мощностей и транспорт, что влечет за собой затраты на работу и энергию. Руководство также должно реагировать быстро и эффективно. В то время как этот метод можно использовать для

### Пример 4:

#### Экономический ущерб из-за перемещение риса за одно перемещение

##### Дано:

Цена рисовой крупы	450 евро/т
Цена рисовой сечки	290 евро/т
Кол-во на хранении	10.000 т

##### Результат:

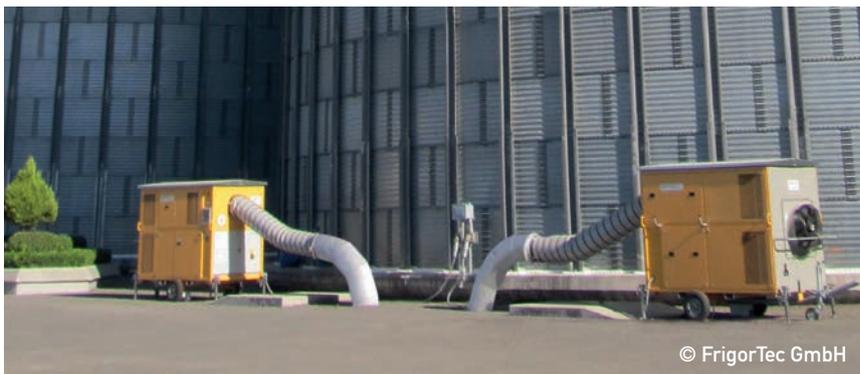
	Потери риса [т]	Убытки [евро]
Потери из-за измельчения 0,06%	6	2.700
Доп. доля сколотого риса 3%		48.000
<b>Общие убытки за одно перемещение</b>		<b>50.700</b>

риса-сырца, он не пригоден для риса, в противном случае могут возникнуть потери при измельчении из-за конвейерного оборудования до 0,06% [23] или может быть получена дополнительная доля битого зерна до 3% за одно перемещение [24]. Экономические последствия можно проиллюстрировать на примере 4.

Потенциал улучшения процесса с использованием технологии консервации зерна охлаждением GRANIFRIGOR™ становится очевидным, а также необходимым для создания инновационных зернохранилищ и рисовых заводов, чтобы сохранить и расширить свои позиции на рынке.

## Итог

Охлаждение риса-сырца, бурого и белого риса при помощи GRANIFRIGOR™ – это естественная технология сохранения качества зерновых, получившая признание по всему миру. В условиях теплого и влажного климата альтернативы её применения практически нет. В связи с продолжающимся потеплением климата и растущими требованиями к гигиене консервация охлаждением приобретает все большее значение. В зернохранилище необходимо обеспечить должное техническое обслуживание и оснащение, а также хорошее распределение воздуха и вентиляцию. Для оптимальной работы охлаждающего устройства необходимо правильно настроить параметры охлажденного воздуха и последующего нагрева для регулировки относительной влажности охлаждающего воздуха. Температуру риса-сырца и риса необходимо регулярно контролировать. В частности, для риса-сырца и других сортов риса консервация охлаждением предлагает ряд преимуществ, которые приводят к сокращению потерь и затрат, увеличению доходов и, таким образом, укреплению рыночной позиции зернохранилищ и производителей риса.



© FrigorTec GmbH

**В заключение следует отметить, что консервация зерна охлаждением GRANIFRIGOR™ имеет множество преимуществ, которые необходимо учитывать с точки зрения экономической эффективности:**

- длительное хранение без рисков и ущерба качеству
- сохранение свежести урожая для выдающегося вкуса риса
- минимизация ущерба из-за дыхания зерна
- защита от насекомых и иного ущерба для риса-сырца и других сортов риса
- отказ от дорогостоящей и неэкологичной химической обработки, такой как фумигация
- защита для органического риса-сырца и других сортов риса
- защита от грибков и микотоксинов
- снижение стоимости сушки и энергопотребления
- отсутствие желтизны зерна из-за пересушки и низкого качества хранения
- более высокий выход рисовой крупы, меньше трещин и сколов в зерне
- более высокая производительность и эффективность шелушения зерна
- более быстрое пропаривание с сохранением белизны риса
- упрощение организации хранения зерна
- независимость от погодных условий
- отсутствие повреждения при аэрации из-за повторного увлажнения риса-сырца
- отсутствие скола и потерь риса при циркуляции зерна
- сохранение качества всхожести для быстрого роста и высокой урожайности
- увеличение прибыли и улучшение позиции на рынке сбыта
- короткий период амортизации оборудования

#### Ссылки и литература

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

# Серия GRANIFRIGOR™ – установки охлаждения для зерновых



GC 40 Europe



GC 60 Tropic / 80 Europe



GC 140 / 180 Europe



GC 220 Tropic / 240 Europe / 240 Subtropic



GC 310 Tropic / 320 Europe / 320 Subtropic



GC 460 Tropic / 500 Europe / 560 Tropic



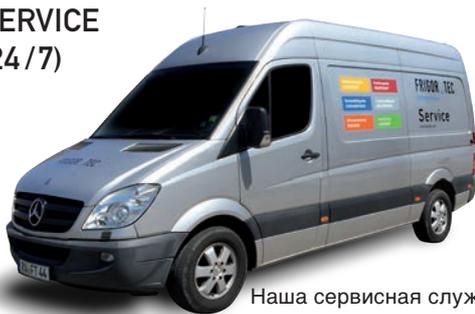
GC 650 Tropic / 650 Desert / 700 Europe



GC 1000 Tropic / Desert

© FrigorTec GmbH

## SERVICE (24 / 7)



Наша сервисная служба производит техобслуживание приборов и совершает поставку запчастей во всем мире.  
[service@frigortec.com](mailto:service@frigortec.com)

Установки для охлаждения  
зерна GRANIFRIGOR™

Кондиционеры для  
кранов CRANEFRIGOR™

Стандартные охладит-ельные  
устройства STANDARDFRIGOR

FrigorTec  
SERVICES

Дезинсекция теплом  
DEBUGGER

Сушилки сена  
AGRIFRIGOR™

Дистрибьютор:

**FRIGOR TEC**  
Cooling to the point

FrigorTec GmbH • Hummelau 1  
88279 Amtzell / Germany  
phone: +497520/91482-0  
fax: +497520/91482-22  
[info@frigortec.de](mailto:info@frigortec.de)  
[www.frigortec.com](http://www.frigortec.com)