

Frío Industrial y Maquinaria

Transporte de atún rojo congelado en contenedores autónomos 'Super Freezer'

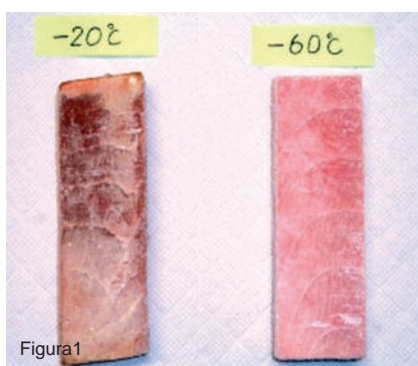
Correa, E.C.^{1,2}; Diezma, B.^{1,3}; Ruiz, L.^{1,3}; Díaz-Barcos, V.²; Rueda, J.⁴; Ruiz-Altisent, M.^{1,3}

¹LPF-TAGRALIA de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM); ²EUIT AGRÍCOLA; ³ETSI Agrónomos. UPM; ⁴Maersk Spain

Loa pesca comercial es un negocio que a nivel mundial genera ingresos anuales de billones de dólares. Con las actuales tecnologías de pesca y almacenamiento, el pescado capturado casi en cualquier lugar del mundo puede ser congelado eficientemente y transportado para su consumo a prácticamente cualquier mercado.

Sin embargo existen algunos productos que no se prestan a los métodos de pesca y congelación convencionales. Esto afecta particularmente al pescado destinado a su consumo en crudo como por ejemplo el sashimi o sushi, que no se puede congelar mediante sistemas convencionales de congelación sin que su calidad organoléptica se vea afectada por cambios en color, textura, sabor u otros atributos. (Figura 1: Estado de dos piezas de atún después de un almacenamiento de 18 meses a -20°C y -60°C.¹)

Esta es la razón por la que las capturas locales, que pueden ser transportadas rápidamente al mercado de producto fresco, son las que principalmente se comerciali-



zan en forma de calidad sushi. Se puede constatar así una gran disparidad de precios en el mercado entre las categorías comerciales de "sushi grade" o pescado para sushi y "non-sushi grade" como en general el pescado congelado.

El principal importador de atún a nivel mundial es Japón con una media de aproximadamente 25.000 toneladas mensuales (Figura 2. Izquierda, Importaciones mensuales en toneladas realizadas por Japón de atún (marrón), gamba (naranja), sepia (rosa) y pulpo (verde). Derecha, capacidad de almacenamiento frigorífico en

Japón para varias especies de túnidos²). De entre todas las especies de atún comercializadas (ver Figura 2) la más apreciada para su consumo en crudo por la gran calidad de su carne es el denominado atún rojo (*Thunnus thynnus*) o Bluefin. Es especialmente apreciado, tanto en Japón como a nivel mundial, el denominado atún rojo del mediterráneo por sus excepcionales características organolépticas, lo que ha propiciado la creación en España de granjas de atún rojo en varios puntos de nuestra costa.

La importancia de este producto se refleja en que si bien de los 4.35 millones de toneladas de atún capturados a nivel mundial, el atún rojo sólo supone un 1% (unas 50.000 toneladas), un atún de 50 kg puede alcanzar en el mercado nipón un precio de unos 1.800 € con un margen de beneficios para el productor por encima del 30% (datos 2010, ²). El transporte desde áreas del mundo, como España, en las que la demanda de atún de calidad sushi es baja, hacia el más importante mercado de sushi del mundo (Japón), se ha solucionado mediante el transporte del atún rojo a temperaturas criogénicas por debajo de los -40°C.

Contenedores

El transporte marítimo, a bordo de cargueros y buques portacontenedores, es el sistema más empleado para el transporte de atún ultracongelado. En ellos, los ejemplares de atún se disponen en el interior de contenedores intermodales especiales, equipados con equipos de refrigeración específicamente diseñados para mantener una temperatura constante de -60°C.

El contenedor intermodal es una unidad

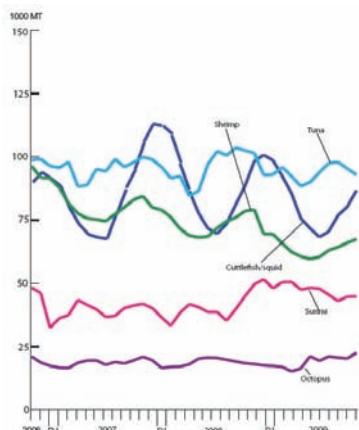
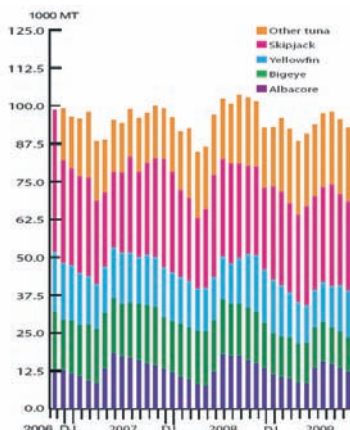


Figura 2



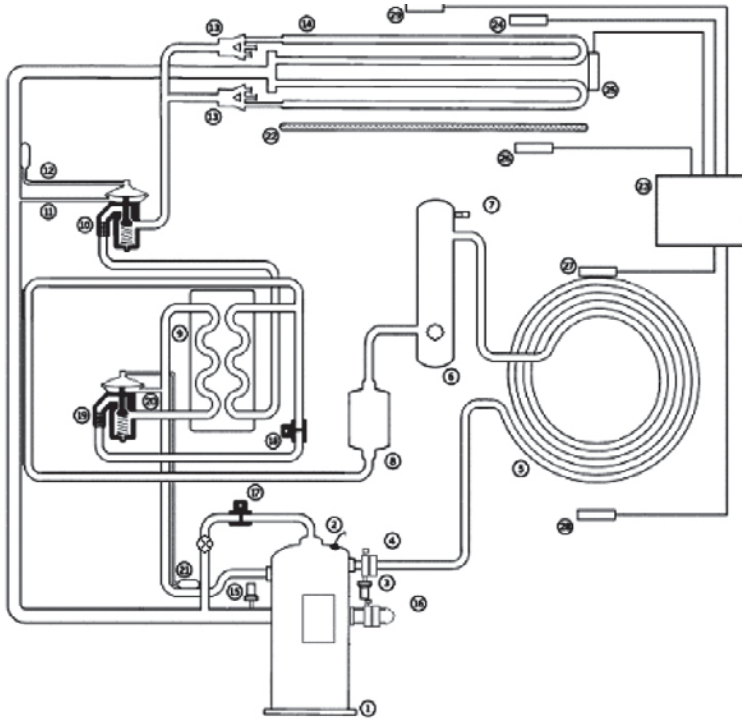


Figura 3

1. Compresor de tornillo.
2. Sensor de Tª de descarga
3. Llave de corte por alta presión
4. Válvula de drenaje
5. Serpentín del condensador
6. Tanque receptor
8. Filtro secante
9. Intercambiador de calor para ahorro energético
10. Válvula de expansión
14. Serpentín del evaporador
23. Microprocesador
- 24 a 29. Sensores de control de flujo del refrigerante, de humedad y de Tª

de transporte y almacenamiento reutilizable, válido para diferentes sistemas de transporte (ferrocarril, carretera, marítimo), que permite el transporte de todo tipo de mercancías, incluso de productos perecederos entre diferentes puntos del mundo. Existen variaciones con respecto al contenedor estándar ISO (2.44 m ancho por 2.59 m alto, y una longitud de 6.1 m (20 pies) o 12.19 m (40 pies), tanto en tamaño como en otras especificaciones en función de las necesidades de la carga, así aparecen por ejemplo los contenedores frigoríficos o "reefer" que se emplean para el transporte de productos congelados y refrigerados. Los "reefer" son contenedores ISO individuales que están equipados con una unidad frigorífica independiente. El transporte de este tipo de contenedores debe hacerse en cargueros que puedan suministrar una fuente continua de combustible a los generadores eléctricos capaces de mantener en funcionamiento constante los equipos de frío de los "reefer", existiendo a bordo personal técnico capaz de llevar a cabo labores de reparación in situ de los equipos para evitar pérdidas, que se cifran en porcentajes muy bajos.

Los contenedores refrigerados que habitualmente encontramos en el mercado suelen trabajar como máximo a temperaturas de -30°C, lo que queda bastante lejos de los -60°C requeridos para el transporte del atún rojo ultracongelado sin que éste experimente pérdida de calidad.

Sin embargo, algunos fabricantes de

contenedores como la danesa Maersk Line³ o la estadounidense Cold Box⁴ han desarrollado contenedores específicos o "super freezer" capaces de alcanzar estas temperaturas.

Equipos de frío

En el caso de los contenedores de Maersk Line, los principales suministradores de los equipos de frío que instalan en los "reefer" son las compañías Carrier, Daikin, Maersk Container Industri (Star Cool) y Thermo King. Pero sólo Thermo King, gracias a un desarrollo conjunto con Maersk Line (de 1998), suministra a esta empresa las unidades de refrigeración para los "super freezer" que trabajan a temperaturas ultra bajas.

En general estas unidades de refrigeración trabajan a un voltaje de 380/440 V (trifásica) y utilizan un sistema de compresión múltiple en cascada, mediante dos circuitos de refrigeración de una etapa "semi independientes" con distintos refrigerantes, que les permiten alcanzar temperaturas incluso por debajo de los -60°C. La Figura 3 y Figura 4 muestran las características y especificaciones de algunos de los equipos de frío utilizados para el mantenimiento a temperaturas ultrabajas.

El modelo "super freezer" de Maersk Line está construido en aluminio, y aislado del exterior con una capa de material de 9 cm de espesor para limitar la transferencia de calor, con una capacidad de carga de

64 m³, puede trabajar en un rango de temperaturas en el interior del contenedor entre -60°C y -10°C. La distribución del aire del evaporador se hace por la parte inferior del contenedor a través del espacio entre las barras de aluminio tipo T sobre las que se apoya la carga (ver Figura 5).

Figura 3: Esquema de un sistema de refrigeración tipo, con indicación de algunos de sus componentes, para el modelo MAGNUM de Thermo-king, con refrigerante R404a y rango de trabajo de -35 a +35 °C⁵.

Figura 4: Imagen del aspecto de la unidad MAGNUM plus de Thermo-king una vez instalada en el "reefer" con capacidad para trabajar a Tª de mantenimiento de -40°C con Tª exteriores de 50°C⁶.

Figura 5: Esquema de la distribución del aire y de la correcta colocación de la carga en un contenedor Maersk Line³.



Figura 4

Conclusiones

El elevado valor en el mercado del atún rojo permite y exige que su transporte y almacenamiento puedan llevarse a cabo empleando tecnologías más eficientes que salvaguarden la calidad del producto.

El transporte del atún rojo a temperaturas criogénicas de -60°C , en contenedores "super freezer" permite que este producto mantenga unas características de calidad muy similares al del producto fresco y por tanto los precios "premium" asociados a éste. El transporte del atún Bluefin es sólo una de las posibles aplicaciones, que se puede ampliar a otras especies como el salmón noruego, de alto valor añadido.



Figura 7

Bibliografía y referencias

¹http://sashimigrade.com/Super_Freezing.htm

² INFOFISH International 1/2010

³ 04/04 Cool Facts publication, Maersk Line.

⁴<http://www.cold-box.com/40superfreezer.html>

⁵Thermo king product specifications for refrigeration machinery units MAGNUM for refrigeration containers, release 2007.

⁶ 20/40Thermo king publications, winter2008.

⁷ Jedermann, R., Ruiz-Garcia, L., Lang, W. Spatial temperature profiling by semi-passive RFID loggers for perishable food transportation. Computers and Electronics in Agriculture, 65 (2), pp. 145-154. 2009.

Para la realización de este trabajo se ha contando con el apoyo de la Universidad Politécnica de Madrid, red FRUTURA de CYTED y proyecto nacional SMART-QC. ■

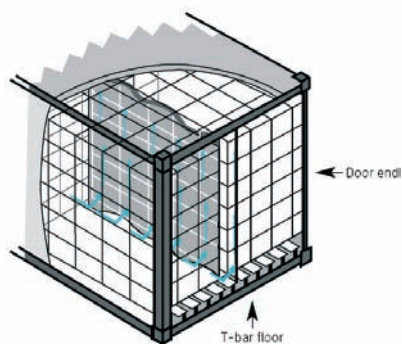


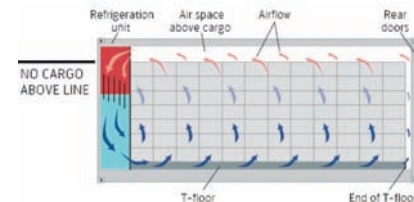
Figura 5

Control de temperatura

La mayor parte de los contenedores, incluidos los del Maersk Line, están equipados con un sistema de adquisición de datos que trabaja registrando, entre otros, los datos de temperatura adquiridos por los sensores y sondas de temperatura (tipo PT100) instalados en el contenedor. Este datalogger, es capaz de seguir realizando el registro de datos incluso cuando el contenedor está desenchufado en las operaciones de carga y descarga gracias a la batería de la que dispone. De forma estándar se registran, a intervalos de una hora durante todo el viaje, las temperaturas de: consigna de trabajo del contenedor, aire de salida y entrada al evaporador, y hasta cuatro temperaturas gracias a las sondas que opcionalmente se pueden instalar en el interior del contenedor e incluso insertar en el producto para controlar su temperatura interna.

Figura 6: Esquema que muestra el correcto posicionamiento de dos sondas de temperatura en el interior de un contenedor ³.

Como alternativa o complemento al empleo de sondas convencionales para el control de la temperatura aparecen los sistemas RFID⁷. La Identificación por Radio Frecuencia (RFID) es una tecnología



emergente que utiliza comunicación inalámbrica para la identificación de todo tipo de elementos, desde libros en centros comerciales, hasta vehículos o contenedores de transporte intermodal. Se conocen también con el nombre de "tarjetas inteligentes" y su aplicación en el control de la cadena de frío ha sido posible gracias al desarrollo de nuevos dispositivos instrumentados con sensores de temperatura. La incorporación de esta tecnología a los "super freezer" permitiría tanto el control de la trazabilidad de los atunes como la supervisión de la temperatura de almacenamiento. La solución más sencilla pasaría por la instalación de dispositivos semi-pasivos que disponen de una batería que sirve para suministrar energía al sensor y al hardware que guarda los datos registrados y que sólo envían la señal cuando un lector les suministra la energía necesaria para enviar una respuesta. Para tener suficiente información espacio-temporal de las condiciones de conservación, se debería instalar al menos una etiqueta RFID por atún. Aunque la vida útil de éstas suele ser superior a un año, su bajo coste hace posible que no sea necesario reutilizarlas para varios trayectos. Las temperaturas ultra bajas que requiere el atún rojo (-60°C) suponen un reto para los fabricantes de estos dispositivos que hasta ahora tenían suficiente con certificar su funcionamiento hasta -30 ó -50°C .

Figura 7: Operario controlando la temperatura interna del producto en las operaciones de carga y descarga ³.

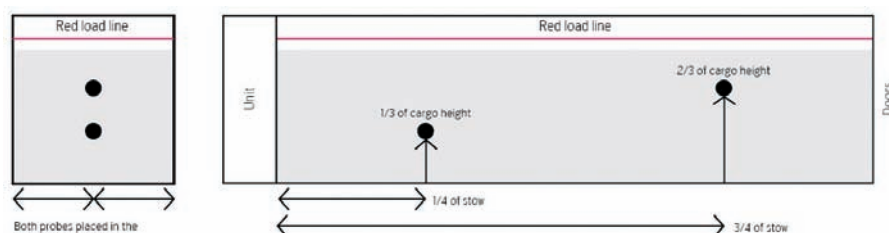


Figura 6