

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 452 558**

51 Int. Cl.:

**A22C 25/16** (2006.01)

**A22C 17/00** (2006.01)

**A22C 21/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.02.2011 E 11708578 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2013 EP 2531038**

54 Título: **Aparato de procesamiento de alimentos para detectar y cortar tejidos duros de artículos alimentarios**

30 Prioridad:

**05.02.2010 EP 10001250**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**01.04.2014**

73 Titular/es:

**VALKA EHF (100.0%)**

**Akralind 1**

**201 Kópavogur, IS**

72 Inventor/es:

**HJALMARSSON, HELGI y**

**JONSSON, EINAR, BJORN**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 452 558 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Aparato de procesamiento de alimentos para detectar y cortar tejidos duros de artículos alimentarios

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un aparato de procesamiento de alimentos y un método para detectar y cortar tejidos duros tales como huesos, cartilago y grasa de piezas de artículos alimentarios.

**10 Antecedentes de la invención**

Muchas empresas han intentado en las últimas décadas retirar los huesos automáticamente de los productos alimentarios. Los intentos más comunes han sido realizados para extraer las espinas de los filetes de pescado blanco y salmón. Para los filetes de salmón varias empresas han conseguido extraer las espinas de los filetes que se dejaron madurar durante aproximadamente 2-4 días después de que se dio muerte al salmón. Carnitech y Uni-food de Dinamarca son dos de las empresas que fabrican estas máquinas. Recientemente varias empresas salmoneras han empezado a producir un producto de salmón que se denomina lomos en pre-rigor de filetes de salmón. La producción de estos lomos exige que se extraigan las espinas de los filetes mientras están en rigor. Los métodos o máquinas actuales no funcionan en este caso ya que a continuación las espinas quedan atrapadas de forma más intensa que en los filetes madurados.

Una máquina similar usada para extraer las espinas de los filetes de salmón ha sido desarrollada por la empresa Marel y usada en filetes de pescado blanco, entre ellos bacalao, abadejo y carbonero. Con esta máquina surgen los mismos problemas que con la máquina de extracción de espinas para el salmón ya que no funcionan bien en pescado muy fresco.

Más recientemente la empresa islandesa Skaginn intentó cortar espinas automáticamente de filetes superenfriados con corte por chorro de agua tal como se describe en la solicitud de patente WO 2006/064521 A1. En primer lugar no resulta práctico en todos los casos superenfriar los filetes antes del corte debido al elevado coste y a la necesidad de espacio y además muchos procesadores opinan que reduce la calidad de los productos ya que llevar el alimento a la congelación modifica las propiedades del alimento. Además el superenfriamiento en solitario sólo genera beneficio para un número de casos limitado. Skaginn usó una cámara regular para realizar una fotografía del filete y estimó basándose en la imagen el lugar de las espinas. Con este método no es posible cortar las espinas de los filetes de pescado con la precisión y la fiabilidad que requiere la industria.

El uso de corte por chorro de agua y un sistema de visión se desvela también en la solicitud US 4.557.019 y más tarde con añadidos secundarios en la patente US 4.962.568. En estas patentes, sin embargo, no se intenta cortar los artículos alimentarios en secciones en las que las secciones seleccionadas no tengan espinas mientras otras tienen espinas.

La empresa Trio Food Processing Machinery en cooperación con una agencia de investigación noruega, SINTEF, intentó cortar las espinas automáticamente de filetes de salmón en pre-rigor. La idea consistía en usar visión informática regular y a continuación cortar la raíz blanda de las espinas ya que la fuerza necesaria para extraer las espinas se reduce supuestamente en aproximadamente el 50%. El corte se realiza introduciendo una cuchilla larga y delgada desde el extremo de la cabeza del filete cerca de la piel. La cuchilla se introduce de manera que la punta de la cuchilla sigue una trayectoria en la que se estima que se sitúan los tendones, y así corta los tendones. Las espinas no pueden verse directamente en el exterior del filete. Así fue necesario estimar la posición de la fijación del tendón basándose en las características de superficie del filete. Una alternativa en este método podría ser detectar los extremos de la espina y usarlos para colocar el corte. Sin embargo, los extremos de la espina a menudo están también muy ocultos en la carne, lo que hace difícil y poco fiable cualquier detección de los mismos. Este método no ha tenido éxito hasta ahora.

La patente US 5.162.016 desvela un método para segmentar la carcasa de un animal colocándolo en un vehículo de montaje, que forma parte de un sistema de transporte de carcasas. El vehículo de montaje sujeta con seguridad la carcasa y la transporta a una estación de obtención de imágenes en la que se determina la posición de un hueso seleccionado en la carcasa usando un primer y un segundo escáner. El primer escáner incluye dos cámaras de televisión y el segundo escáner incluye dos tubos de rayos X.

Antes de que comience la obtención de imágenes, el vehículo de montaje o la carcasa que contiene se coloca en una posición conocida dentro de la estación de obtención de imágenes. Por ejemplo, se coloca un detector, como un fotodiodo, dentro de la estación de obtención de imágenes para suministrar una señal de control en respuesta a la carcasa o el vehículo de montaje que alcanza una posición predeterminada. La señal de control provoca que el mecanismo de accionamiento que impulsa el vehículo de montaje detenga el vehículo de montaje en la posición predeterminada. Una vez en la posición, se exploran con el escáner las partes interior y exterior de la carcasa.

65

Después de la exploración, el vehículo de montaje transporta la carcasa a una estación de corte, en la que se dirige una corriente de fluido a presión que contiene un material abrasivo hacia la carcasa a lo largo de una trayectoria de corte creada por la información de los escáneres. En la estación de corte, se proporciona un detector que determina la posición adecuada de la carcasa de manera que la corriente de fluido a presión pueda segmentar la carcasa a lo largo de las trayectorias de corte predeterminadas en, por ejemplo, cortes primarios, tales como morcillo, tapa, babilla, solomillo, lomo, falda, costilla, aguja, costillar, etc. Estos cortes primarios caen en una cinta transportadora que funciona por debajo de la carcasa.

Basándose en lo anterior, el documento US 5.162.016 está limitado al corte de carcasas de ganado vacuno, cerdos y corderos, pero no a los cortes primarios resultantes tales como morcillo, tapa, babilla, solomillo etc., que son suministrados posteriormente para su posterior despedazado o transporte a un comercio mayorista.

El autor de la presente invención ha valorado que existe así la necesidad de un aparato de procesamiento de alimentos que sea capaz de procesar automáticamente piezas de artículos alimentarios tales como dichos cortes primarios resultantes del documento US-5.162.016, pero también todas las clases de piezas de artículos alimentarios tales como filetes de pescado, piezas de ave y similares con el fin de aumentar el rendimiento del corte y ha ideado en consecuencia la presente invención.

### Sumario de la invención

Sería ventajoso conseguir un aparato de procesamiento de alimentos que hiciera posible detectar y retirar tejidos duros de piezas de artículos alimentarios tales como filetes de pescado y aumentar así el rendimiento del corte. En general, la invención pretende preferentemente mitigar, aliviar o eliminar una o más de las desventajas mencionadas anteriormente en solitario o en cualquier combinación. En particular, puede verse como un objeto de la presente invención proporcionar un aparato de procesamiento de alimentos que resolvía los problemas mencionados anteriormente, u otros problemas, de la técnica anterior.

Para abordar mejor una o más de estas preocupaciones, en un primer aspecto de la invención se proporciona un aparato de procesamiento de alimentos según la reivindicación 1, y su método correspondiente según la reivindicación 14 y un programa informático según la reivindicación 15 adaptado para detectar y cortar tejidos duros tales como huesos, cartílago y grasa de piezas de artículos alimentarios tales como filetes de pescado o de carne o artículos de ave, que comprende:

- una primera cinta transportadora continua, para la obtención de imágenes de rayos X, que tiene un extremo de entrada y un extremo de salida,

- al menos una máquina de rayos X asociada con dicha primera cinta transportadora continua para la obtención de imágenes de artículos alimentarios de entrada transportados en la primera cinta transportadora continua y basándose en las imágenes la generación de datos de imagen de rayos X que indican la posición de los tejidos duros en dichas piezas de artículos alimentarios,

- una segunda cinta transportadora porosa, para corte por chorro de agua, cuyo extremo de entrada está adaptado para ser colocado adyacente al extremo de salida de dicha primera cinta transportadora continua para recibir dichas piezas de artículos alimentarios del extremo de salida de la primera cinta transportadora continua,

- un sistema de visión para suministrar segundos datos de imagen de dichas piezas de artículos alimentarios después de la obtención de imágenes por dicha al menos una máquina de rayos X, incluyendo los segundos datos de imagen datos relativos a la posición que indican la posición de las piezas de artículos alimentarios en dicha segunda cinta transportadora porosa antes de dicho corte, estando dicha segunda cinta transportadora porosa adaptada para transportar las piezas de artículos alimentarios durante dicha obtención de imágenes y durante el corte de dichos tejidos duros desde dichas piezas de artículos alimentarios, y

- un mecanismo de seguimiento para seguir la posición de las piezas de artículos alimentarios en todo momento,

- un mecanismo de representación que comprende:

- un procesador para usar los datos de posición de seguimiento para los artículos alimentarios después de dichos datos de imágenes de rayos X para la determinación de una posición estimada de las piezas de artículos alimentarios en dicha segunda cinta transportadora porosa, y después de obtener los segundos datos de imagen, la comparación de dicha posición de coordenadas estimada de las piezas de artículos alimentarios con la posición real en la segunda cinta transportadora porosa basándose en dichos segundos datos de imagen, y en caso de no correspondencia entre dicha posición de coordenadas estimada y dicha posición real,

- un procesador para representar los datos de imagen de rayos X en los segundos datos de imagen de manera que la posición de los tejidos duros se corresponde con dichos segundos datos de imagen, y

una unidad de control accionable para hacer funcionar un medio de corte para el corte de dichas piezas de artículos alimentarios usando dichos datos de imagen de rayos X representados como datos de funcionamiento.

En consecuencia, aunque se tomó la posición precisa del filete cuando se obtuvo la imagen de rayos X y se usa un codificador preciso para llevar un seguimiento del movimiento del filete, siempre existirá cierta incertidumbre en torno a la posición del filete cuando se transfiere de la "cinta transportadora de rayos X" a la "cinta transportadora de corte" en la que tiene lugar el corte. Por ejemplo cuando se usa un sistema de rayos X como medio de detección de tejido duro una cinta transportadora continua muy fina puede ser la más adecuada como primera cinta transportadora. Si el medio de corte es chorro de agua a alta presión la segunda cinta transportadora más adecuada puede ser una cinta transportadora de acero porosa resistente o cualquier tipo de cinta transportadora de corte, y así será necesario tomar una imagen de los artículos en la cinta de corte de manera que se proporcione una imagen de posición precisa de los artículos alimentarios en la cinta transportadora de corte.

Así, al proporcionar dicha corrección por representación de la posición detectada, por ejemplo, de espinas en filetes de pescado sobre los segundos datos de imagen, las espinas se transfieren al sistema de coordenadas de la imagen de la cámara de visión (los segundos datos de imagen) de manera que los datos de rayos X se corresponden con los segundos datos de imagen. Así, si por ejemplo la transferencia desde dicha primera cinta transportadora ("cinta transportadora de rayos X") a la segunda cinta transportadora ("cinta transportadora de corte") hace que el filete de pescado se desplace 1 mm hacia el lateral de manera que los datos de imagen de rayos X y los segundos datos de imagen no tengan correspondencia, se asegurará que se corregirán, es decir, los datos de rayos X se "desplazarán" 1 mm hacia atrás de manera que se correspondan con los segundos datos de imagen. Basándose en lo anterior, se proporciona un aparato de procesamiento de alimentos que es capaz de cortar dichos tejidos duros, por ejemplo, retirar espinas de filetes de pescado, de forma completamente automática con alta precisión. Además, el hecho de que las piezas de artículos alimentarios transportadas no se detengan en ningún momento durante dicho procesamiento, es decir, obtención de imagen y corte, significa que la velocidad de procesamiento se hace muy elevada y, por tanto, la productividad del aparato de procesamiento de alimentos. Así, se proporciona un aparato de procesamiento de alimentos completo que puede cortar artículos alimentarios en partes con mayor precisión que la posible anteriormente. La ventaja de una mayor precisión es que el aparato es capaz de reducir al mínimo el tamaño de partes de los tejidos duros tales como huesos o espinas mediante un corte lo más cercano posible a ellos. En lo sucesivo se hará referencia al aumento en el rendimiento de corte cuando el aparato puede cortar más cerca de los tejidos duros y puede así reducir al mínimo el tamaño de los artículos que contienen tejidos duros. Debe observarse, sin embargo, que por motivos prácticos de producción sería viable mantener algunas de las partes colgantes juntas y así no cortar completamente las partes durante el método de corte. Los artículos alimentarios pueden ser seleccionados, por ejemplo, de filete de pescado, o carne o de carne de ave como, por ejemplo, pechuga de pollo y los tejidos duros pueden ser huesos o espinas, o cartílago, tiras de grasa del filete y similares. En lo sucesivo, se supondrá que los tejidos duros son huesos o espinas.

Debe observarse que el término "corte de dichas piezas de artículos alimentarios" puede incluir, pero no se limita a, el corte y la retirada de los tejidos duros (por ejemplo huesos o espinas, cartílago, o grasa) de las piezas de artículos alimentarios, o el corte de las piezas de artículos alimentarios de manera que permanezcan juntas, en el que el corte se basa en dichos datos de imagen de rayos X representados. Por tanto, una pieza puede por ejemplo ser la pieza que contiene la parte del hueso, mientras que la parte restante incluye las partes sin hueso.

En una realización, la comparación mediante dicho procesador de la posición estimada de las piezas de artículos alimentarios en dicha segunda cinta transportadora porosa con la posición real en la segunda cinta transportadora porosa basada en dichos segundos datos de imagen comprende:

la comparación de si el centro de gravedad para los datos de imágenes de rayos X se corresponde con el centro de gravedad de los segundos datos de imagen, y en caso de no correspondencia, la representación de los datos de imágenes de rayos X en los segundos datos de imagen de manera que el centro de gravedad de los datos de imágenes de rayos X se corresponde con el centro de gravedad de los segundos datos de imagen, o

la comparación de si el eje principal para los datos de imágenes de rayos X se corresponde con el eje principal de los segundos datos de imagen, y en caso de no correspondencia, la representación de los datos de imágenes de rayos X por medio de la rotación de los datos de imágenes de rayos X hasta que el eje principal para la imagen de rayos X y los segundos datos de imagen son coincidentes, o

la comparación de si la escala de los datos de imágenes de rayos X se corresponde con la escala de los segundos datos de imagen por medio de la comparación del área de los datos de imágenes de rayos X se corresponde con los segundos datos de imagen, y en caso de no correspondencia, la representación de los datos de imágenes de rayos X por medio del ajuste de la escala de los datos de imágenes de rayos X hasta que el área de datos de imágenes de rayos X se corresponde con el área de los segundos datos de imagen,

una combinación de uno o más de lo anterior.

5 En una realización, la máquina de rayos X comprende dos o más fuentes de rayos X colocadas en ángulos de visualización diferentes con respecto a los objetos alimentarios de entrada adaptadas para emitir haces de rayos X en los objetos alimentarios de entrada en dichos ángulos de visualización diferentes y así generar al menos dos datos de medida de rayos X, comprendiendo el aparato de procesamiento de alimentos además un procesador para generar dichos primeros datos de imagen procesando los al menos dos datos de medida de rayos X para generar datos de imagen de rayos X tridimensionales (3D) de dichos tejidos duros.

En una realización, dicho sistema de visión se selecciona entre:

10 - una cámara digital, incluyendo dichos segundos datos de imagen datos de imagen de silueta en 2D de dichos artículos alimentarios,

15 - una cámara digital y una visión basada en láser, siendo dichos datos de imagen datos de imagen en 3D completos de dichos artículos alimentarios, y

- una cámara digital en color y un sistema de visión basado en láser, siendo dichos datos de imagen datos de imagen en 3D en color completos de dichos artículos alimentarios.

20 En una realización, dichos datos de imagen tridimensionales (3D) obtenidos de dicha cámara digital y una visión basada en láser se usan para estimar:

- el volumen de los artículos alimentarios,

25 - el peso de los artículos alimentarios,

- el perfil de grosor de los artículos alimentarios,

30 - el color o el perfil de color de los artículos alimentarios de manera que se estime o se detecte la grasa o defectos tales como manchas de sangre u orificios, en los artículos alimentarios,

- cualquier combinación de los mismos.

35 En una realización, dicho sistema de visión es un sistema de visión tridimensional (3D) adaptado para capturar imagen en 3D de dichas piezas de artículos alimentarios además de dichos datos de imagen de rayos X en 3D, comprendiendo la comparación por dicho procesador de la posición estimada de las piezas de artículos alimentarios en dicha segunda cinta transportadora porosa con la posición real en la segunda cinta transportadora porosa basándose en dichos segundos datos de imagen la determinación de si el volumen total de los datos de imagen de rayos X en 3D se corresponde con el volumen de los datos de imagen en 3D, y en caso de no correspondencia, la representación de dicho procesador del volumen de los datos de imagen de rayos X en 3D en el volumen de los datos de imagen en 3D de manera que el error volumétrico se reduce al mínimo.

40 En una realización, dicho error volumétrico se reduce al mínimo por medio de la minimización del error volumétrico determinado por dicho procesador por medio de la minimización de la suma  $X+Y$  de los dos volúmenes menos el conjunto común  $X \cap Y$  de los dos volúmenes, en el que  $X$  es el volumen determinado por dichas dos o más fuentes de rayos X y siendo  $Y$  el volumen determinado por dicho sistema de visión en 3D.

45 En una realización, la comparación por dicho procesador de la posición estimada de las piezas de artículos alimentarios en dicha segunda cinta transportadora porosa con la posición real en la segunda cinta transportadora porosa basándose en dichos segundos datos de imagen comprende la comparación de si las superficies en sección transversal de dichos datos de imagen de rayos X en 3D se corresponden con las superficies en sección transversal de dichos datos de imagen en 3D, y en caso de no correspondencia, la representación de dichos datos de imagen de rayos X en 3D en los datos de imagen en 3D de manera que la diferencia entre el área de las superficies en sección transversal entre los datos de imagen de rayos X en 3D y los datos de imagen en 3D se reduce al mínimo.

50 En una realización, el medio de corte es un sistema de boquillas de agua a alta presión o una hoja de corte que tiene un movimiento de uno a seis grados de libertad.

55 En una realización, dichos datos de imagen de rayos X tridimensionales son procesados para determinar un ángulo de los tejidos duros en los artículos alimentarios, usándose el ángulo de los tejidos duros para determinar un ángulo de corte que se usa como un parámetro de sintonización para ajustar el ángulo del sistema de boquillas de agua a alta presión o la hoja de corte durante el corte de los tejidos duros a partir de los artículos alimentarios.

60 En una realización, el aparato de procesamiento de alimentos comprende además un segundo medio de detección de tejidos duros para generar terceros datos de imagen mediante la obtención de imágenes de los artículos alimentarios procesados después de retirar las partes cortadas de los mismos.

En una realización, el segundo medio de detección de tejidos duros es una máquina de rayos X y en el que los terceros datos de imagen son datos de imagen de rayos X.

5 En una realización, los terceros datos de imagen son datos de imagen de rayos X que son procesados por dicha unidad de control y usados como un parámetro de sintonización para sintonizar el funcionamiento del medio de corte. En una realización, el segundo medio de detección de tejidos duros es una máquina de rayos X o un sistema de visión y en el que los terceros datos de imagen son los datos de imagen resultantes de la máquina de rayos X o un sistema de visión, siendo la tercera imagen procesada posteriormente por dicha unidad de control y usada como un parámetro de sintonización para sintonizar el funcionamiento del medio de corte.

10 En consecuencia, la calidad del corte puede monitorizarse y en su caso es posible hacer los ajustes necesarios del dispositivo de corte y de esta forma realizar una especie de corrección de realimentación para el procedimiento de corte.

15 En una realización, los artículos alimentarios son seleccionados entre un filete de pescado en el que los tejidos duros son las espinas en el filete de pescado, una carne en la que los tejidos duros son cartílago, huesos o grasa o una combinación de los mismos, una carne de ave en la que los tejidos duros son cartílago, hueso o grasa o una combinación de los mismos.

20 En una realización, la máquina de rayos X comprende dos o más fuentes de rayos X colocadas en ángulos de visualización diferentes con respecto a los objetos alimentarios de entrada adaptadas para emitir haces de rayos X en los objetos alimentarios de entrada en dichos ángulos de visualización diferentes y así generar al menos dos datos de medida de rayos X, comprendiendo el aparato de procesamiento de alimentos además un procesador para generar dichos primeros datos de imagen procesando los al menos dos datos de medida de rayos X para generar  
25 datos de imagen de rayos X tridimensionales de dichos tejidos duros. Los datos de imagen pueden así implementarse para determinar un ángulo de corte que dará como resultado la ampliación al máximo del rendimiento de corte debido a que dicha imagen en 3D permite determinar el ángulo de los huesos/cartílago o incluso ofrecer una posición más precisa de los huesos/cartílago en una imagen tridimensional completa del artículo alimentario. Para productos más económicos en los que el rendimiento de corte no es tan importante y basta un corte recto  
30 puede usarse un conocimiento previo del ángulo. Para productos caros en los que el rendimiento de corte es realmente importante se busca el rendimiento de corte máximo y se usará un sistema de detección de huesos más complejo en el que se tomará una imagen del artículo alimentario con múltiples cámaras.

35 En un segundo aspecto de la invención se proporciona un método para detectar y cortar tejidos duros tales como huesos, cartílago y grasa de piezas de artículos alimentarios tales como filetes de pescado o de carne o artículos de ave, que comprende:

40 la obtención de imágenes de piezas de artículos alimentarios de entrada usando al menos una máquina de rayos X mientras se transportan las piezas de artículos alimentarios en una primera cinta transportadora continua y basándose en las imágenes la generación de datos de imagen de rayos X que indican la posición de los tejidos duros en dichas piezas de artículos alimentarios,

45 el transporte, después de dicha obtención de imágenes por rayos X, de dichas piezas de artículos alimentarios en una segunda cinta transportadora porosa (6);

en el que durante el transporte;:

50 el suministro de segundos datos de imagen de dichas piezas de artículos alimentarios (101) después de la obtención de imágenes por dicha al menos una máquina de rayos X,

el corte de dichos tejidos duros de dichas piezas de artículos alimentarios después de suministrar los segundos datos de imagen, incluyendo los segundos datos de imagen relativos a la posición que indican la posición de las piezas de artículos alimentarios en dicha segunda cinta transportadora porosa (6), y

55 el seguimiento de la posición de las piezas de artículos alimentarios en todo momento,

60 el uso de los datos de posición de seguimiento para los artículos alimentarios después de dichos datos de imágenes de rayos X para determinar una posición estimada de las piezas de artículos alimentarios en dicha segunda cinta transportadora porosa (6), y después de obtener los segundos datos de imagen, la comparación de la posición de coordenadas estimada de las piezas de artículos alimentarios con la posición real en la segunda cinta transportadora porosa basándose en dichos segundos datos de imagen, y en caso de no correspondencia entre dicha posición de coordenadas estimada y dicha posición real,

65 la representación de los datos de imagen de rayos X en los segundos datos de imagen de manera que la posición de los tejidos duros se corresponde con dichos segundos datos de imagen, y

el corte de dichas piezas de artículos alimentarios usando dichos datos de imagen de rayos X representados como datos de funcionamiento.

5 En un tercer aspecto, se proporciona un programa informático que comprende instrucciones para realizar todas las etapas de dicho método cuando dicho programa informático se ejecuta en un sistema informático.

Dicho aparato de procesamiento de alimentos para detectar y cortar tejidos duros de artículos alimentarios puede comprender en su realización más simplificada:

10 un medio de detección de tejido duro para la obtención de imágenes de artículos alimentarios de entrada y basándose en las imágenes la generación de primeros datos de imagen que indican la posición de los tejidos duros en dichos artículos alimentarios, y

15 una unidad de control accionable para hacer funcionar un medio de corte basándose en los primeros datos de imagen de manera que se corten partes de dichos artículos alimentarios de entrada que contienen los tejidos duros.

Dicho método de detección y corte de los tejidos duros de artículos alimentarios puede comprender en su forma más simplificada:

20 la obtención de imágenes de artículos alimentarios de entrada y basándose en las imágenes la generación de primeros datos de imagen que indican la posición de los tejidos duros en dichos artículos alimentarios, y

25 el funcionamiento de un medio de corte basándose en los primeros datos de imagen de manera que se corten partes de dichos artículos alimentarios de entrada que contienen los tejidos duros.

Dicho método de detección y corte de los tejidos duros de artículos alimentarios puede comprender en su forma más simplificada:

30 la obtención de imágenes de artículos alimentarios de entrada y basándose en las imágenes la generación de primeros datos de imagen que indican la posición de los tejidos duros en dichos artículos alimentarios, y

el funcionamiento de un medio de corte basándose en los primeros datos de imagen de manera que se corten partes de dichos artículos alimentarios de entrada que contienen los tejidos duros.

35 En general los diversos aspectos de la invención pueden combinarse y acoplarse en cualquier forma posible dentro del ámbito de la invención. Estos y otros aspectos, características y/o ventajas de la invención serán evidentes y se expondrán con referencia a las realizaciones descritas posteriormente.

#### **Breve descripción de los dibujos**

40 Las realizaciones de la invención se describirán, sólo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos, en los que:

45 la figura 1 muestra una configuración conceptual de un aparato de procesamiento de alimentos según la presente invención,

la figura 2 muestra un diagrama de flujo de un método según la presente invención de detección y corte de tejidos duros de artículos alimentarios,

50 la figura 3 muestra un aparato de procesamiento de alimentos según la presente invención para detectar y cortar tejidos duros de artículos alimentarios,

la figura 4 muestra una vista ampliada de la figura 3 que muestra la transferencia desde la cinta transportadora de rayos X a la cinta transportadora de corte,

55 la figura 5 muestra una vista ampliada de la figura 3 que muestra la primera cortadora robótica que tiene un único grado de libertad,

60 la figura 6 muestra una vista ampliada de la figura 3 que muestra la segunda cortadora robótica que tiene dos grados de libertad,

la figura 7 muestra una vista ampliada de la figura 3 que muestra la tercera cortadora robótica que tiene seis grados de libertad,

65 la figura 8 muestra una vista ampliada de la figura 3 que muestra un prensor robótico para retirar artículos de la cinta transportadora de corte,

la figura 9 muestra la posible posición de las espinas en un filete de pescado por ejemplo un filete de pescado blanco o de salmón,

la figura 10 muestra el posible patrones de corte para filetes de pescado blanco o de salmón,

la figura 11 muestra una representación de una imagen de rayos X y una imagen de cámara regular,

la figura 12 muestra una realización de un sistema de rayos X de múltiples fuentes y detectores,

la figura 13 muestra una triángulo para demostración de cálculos de coordenadas z de espinas,

la figura 14 muestra una imagen de rayos X de un filete de pescado de gallineta que muestra las espinas como líneas negras,

la figura 15 muestra una imagen que indica tiras de grasa en filetes de pescado,

la figura 16 ilustra gráficamente una realización de un sistema de imágenes para capturar datos de imagen en 3D de dichas piezas de artículos alimentarios,

la figura 17 muestra gráficamente secciones transversales para la representación en lugar de usar una representación volumétrica completa, y

la figura 18 representa una trayectoria de corte que se ajusta a una superficie reglada a los dos lados de las espinas.

## Descripción de realizaciones

En general, la presente invención se refiere al corte automático de productos alimentarios en el que los artículos alimentarios serían normalmente tejidos duros tales como huesos, grasa o cartilago dentro de ellos y parte del objetivo del método de corte es cortar los tejidos duros. Para mayor sencillez, en lo sucesivo se supondrá que los tejidos duros son espinas, pero los tejidos duros pueden ser asimismo huesos, cartilago y similares.

Normalmente los consumidores prefieren tener el alimento sin espinas y, por tanto, los productos sin espinas se venderán generalmente a un precio más elevado que los productos que contienen espinas. Por tanto normalmente es deseable cortar los productos alimentarios de tal forma que la sección que incluye las espinas se mantenga en un tamaño mínimo absoluto. Esto significa que el método de corte debe tener la capacidad de cortar los productos alimentarios lo más cerca posible de las espinas.

Dado que los métodos de corte normalmente no son precisos al 100% puede suceder que queden espinas en secciones de los artículos alimentarios que supuestamente no los tienen y así puede ser muy beneficioso poder detectar automáticamente si quedan espinas en esos artículos.

Aunque es posible cortar los artículos alimentarios cuando están estáticos resulta más práctico con fines de producción cortar los artículos en una cinta transportadora en movimiento. En general, existen dos posibles métodos de corte de los artículos alimentarios, uno consiste en usar boquillas de corte por chorro de agua unidas por ejemplo a algún tipo de brazo robótico con de uno a seis grados de libertad, en el que pueden usarse más boquillas y brazos robóticos si una sola boquilla no puede realizar todos los cortes necesarios a la velocidad a la que se mueve la cinta transportadora de corte. Otra alternativa consiste en usar cuchillas mecánicas de diversos tipos, tales como una cuchilla de hoja rotatoria. Cuando se usan cuchillas mecánicas es necesario mantener los artículos estables lo cual se realiza mediante un sistema de aspiración al vacío debajo de la cinta de corte. En cualquier caso la cinta de corte será preferentemente porosa en la aplicación de corte con agua para reducir al mínimo el daño que inflige el chorro de agua a la cinta durante el corte y en otro caso para garantizar que el vacío puede llegar al artículo alimentario desde debajo de la cinta.

En algunos casos es posible usar la misma cinta para el sistema de detección de espinas al igual que para el corte. Se facilitará notablemente así el seguimiento de los artículos alimentarios para el corte y en aquellos casos en que pudiera no necesitarse otro sistema de visión. Sin embargo, para la mayoría de las aplicaciones no sucede así. Por ejemplo cuando puede usarse un sistema de rayos X o un sistema de imágenes supersónico según se desvela en el documento JP 9.224.935, incorporado en la presente memoria descriptiva en su totalidad como referencia, para la detección de espinas y se usa el corte por chorro de agua. Una cinta continua muy delgada es la más adecuada para la máquina de rayos X mientras que como cinta de corte lo más adecuado es una cinta de acero porosa resistente. Tal como se expondrá en más detalle a continuación, puede usarse otro sistema de visión para tomar una imagen de los artículos alimentarios en la cinta de corte. Este sistema de visión puede ser una simple cámara que genera una imagen de silueta en 2D de los artículos o una cámara de color avanzada y una visión por láser capaz de crear una imagen completa en color en 3D del objeto. Uno de los objetivos primarios del segundo sistema de visión es localizar el artículo alimentario con la mayor precisión posible y representar las localizaciones detectadas en las espinas a partir del sistema de detección de espinas con la máxima precisión posible. Otros objetivos son



reunir diversas informaciones sobre los artículos alimentarios que se usarán para el guiado posterior del corte. Esta información incluye el volumen del artículo que puede usarse para estimar el peso de manera que el artículo puede ser cortado en partes de peso predefinido. Otra información de una imagen en color del artículo consiste en detectar la grasa en un artículo alimentario y el patrón de corte puede así implicar un corte de esa parte del artículo en una porción separada.

Después del corte puede ser beneficioso tener capacidad para retirar las piezas que contienen espinas mientras las partes restantes son transportadas a otro sistema de detección de espinas. Este sistema detectará a continuación partes que siguen teniendo espinas aunque supuestamente están libres de espinas después del corte. Esas partes se dirigirían a continuación normalmente a una mesa de troceado en la que una persona cortaría las espinas restantes. Los procesadores de alimentos pueden normalmente obtener un mayor precio para un producto alimentario cuando pueden garantizar que las partes no tienen espinas.

Las partes que contienen espinas supuestamente también se colocarían a través del segundo sistema de detección de espinas. Mediante la identificación de la cantidad de tejido que queda en esas piezas alrededor de las espinas puede ofrecerse una información de realimentación valiosa al ordenador de control. Esa realimentación puede usarse a continuación para optimizar todavía más el corte.

Cuando se cortan filetes de pescado puede ser deseable dejar la piel en los filetes durante el método de corte principalmente por uno o más de tres motivos. El primero es que al retirar la piel puede a veces alterarse la posición de las espinas y así reducir el rendimiento durante el corte. El segundo motivo es que las partes del pescado con piel pueden tolerar mejor la manipulación y pueden garantizar así en algunos casos una más alta calidad del producto final y por último algunos clientes prefieren las partes con piel del filete y esas partes de los filetes pueden dejarse con la piel mientras en otras se retira la piel. El método descrito anteriormente es idéntico para partes del pescado con o sin piel aunque es posible detectar la piel en los filetes y el patrón de corte puede depender de la presencia de piel en los artículos.

La figura 1 muestra una realización de una configuración conceptual de un aparato según la presente invención para detectar y cortar tejidos duros de piezas de artículos alimentarios, que muestra un ordenador principal que hace funcionar un ordenador de detección de espinas, un ordenador de visión, un controlador robótico y un medio de corte, respectivamente. El ordenador de espinas hace funcionar un medio de detección de espinas, una cinta transportadora de detección de espinas y una realimentación de codificador. El ordenador de visión hace funcionar una cámara, un transportador de visión y corte y un codificador para realimentación. Los controladores robóticos hacen funcionar servomotores y/o motores lineales y codificadores para realimentación. El medio de corte hace funcionar motores de corte para cuchillas giratorias, válvulas de agua y bomba de agua de alta presión.

La figura 2 ilustra una realización de un diagrama de flujo de un método según la presente invención para detectar y cortar tejidos duros de artículos alimentarios.

La figura 3 muestra un aparato de procesamiento de alimentos 1000 según la presente invención para detectar y cortar tejidos duros de piezas de artículos alimentarios. En esta realización, el aparato de procesamiento de alimentos está adaptado para cortar espinas de forma totalmente automática a partir de filetes de salmón o filetes de pescado blanco en pre-rigor (por ejemplo bacalao, abadejo, carbonero y gallineta) con precisión y eficacia. Los filetes se trocearían normalmente antes de entrar en el sistema en la denominada cadena de retroceado. En la cadena de retroceado (no mostrada en los dibujos) las espinas sueltas y los defectos evidentes en la carne se retirarían normalmente de forma manual. Los filetes pueden ser con o sin piel. Los filetes 101 se suministran uno a uno a una máquina de rayos X 1, que toma una imagen del filete así como la posición precisa de las espinas en el filete. Se muestra un ejemplo de dicha imagen en la fig. 14 de un filete de gallineta en el que la espina aparece como líneas negras en la imagen. La cinta transportadora 2 en la máquina de rayos X transporta el filete 101 a través del medio de detección y a continuación pasa fuera de la cinta transportadora a la cinta transportadora de corte 6. Aunque la posición precisa del filete 102 fue tomada cuando se obtuvo la imagen de rayos X y se usa un codificador preciso en un mecanismo de seguimiento para seguir el movimiento del filete, siempre existirá cierta incertidumbre acerca de la posición del filete 102 cuando se transfiere a la cinta transportadora de corte 6 tal como se muestra en la figura 4. Para algunas aplicaciones esta incertidumbre es aceptable y a continuación la unidad de visión 3 no es necesaria. En otras aplicaciones en las que se necesita más precisión se usa la unidad de visión 3 para capturar uno o más de los siguientes: imagen en silueta, imagen completa en color e imagen de barrido en 3D completa.

La figura 11 muestra un ejemplo de una imagen de un filete obtenida de la máquina de rayos X 1 (a) y una imagen en silueta (b) del mismo filete obtenida con el sistema de visión 3. Como la posición del filete en la cinta transportadora de corte 6 se conoce con precisión cuando se toma la imagen del sistema de visión y se conoce una buena estimación sobre la posición en que se supone que está el filete según la información de la máquina de rayos X, usando también la información de seguimiento, el sistema puede identificar el filete a partir de estas dos imágenes. Como la imagen tomada con la unidad de visión 3 tiene una posición precisa en la cinta transportadora de corte mientras que la imagen de rayos X contiene la información sobre las espinas el sistema debe encontrar la posición óptima para la imagen de rayos X en la parte superior de la imagen de la unidad de visión. En una realización, esto puede realizarse haciendo corresponder el centro de gravedad de las dos imágenes así como el eje

principal. Una vez que se completa las espinas se transfieren al sistema de coordenadas de la imagen de la cámara de visión usando un mecanismo de representación 1001 que comprende un procesador (P) 1002, si bien puede ser cualquier tipo de sistema informático por ejemplo integrado en un ordenador industrial. Esta representación se muestra en la figura 11 en la que el punto del centro de gravedad está marcado con G1 para la imagen de rayos X, figura 11 (a), y con G2 para la imagen de visión, figura 11 (b). Esto puede realizarse por ejemplo detectando la forma tridimensional del filete de pescado usando un aparato de imagen bien conocido en la técnica, y basándose en la densidad de masa del filete de pescado, calculando el punto del centro de gravedad. Análogamente el eje principal para cada eje está marcado con AX1 y AX2, pero estos ejes pueden calcularse usando métodos bien conocidos en la técnica basándose en la forma detectada del filete de pescado, o cuando las piezas de artículos alimentarios son pechugas de pollo, puede aplicarse el método desvelado en el documento US-7.452.266, que se incorpora en su totalidad como referencia en el presente documento. La experiencia muestra que el ruido de imagen tiene un efecto limitado en la precisión. Otros métodos que se basan por ejemplo en algoritmos de visión estéreo son también una alternativa para encontrar la correspondencia óptima. Debe observarse que pueden aplicarse asimismo otros métodos para comparar la posición de las piezas de artículos alimentarios en la cinta transportadora de rayos X y la cinta transportadora de corte y así no debe entenderse que se limitan a los métodos mencionados anteriormente.

En una realización, cuando la cámara del sistema de visión 3 toma una imagen de los artículos alimentarios conoce con precisión el lugar en el que se encuentra la caja de la cámara con respecto a un punto fijo en la cinta transportadora. El borde de la caja está por tanto en una posición conocida y la posición precisa del codificador es conocida en todo momento y a continuación también cuando se toma la imagen. Calculando la distancia desde el borde de la imagen a la posición en que la imagen inicia la posición precisa del codificador se conoce el lugar en que comienza la pieza. A continuación se actualiza el sistema de coordenadas de la pieza con las actualizaciones de posición del codificador y el robot de corte puede usar un método tradicional de seguimiento para cortar las piezas en las posiciones precisas determinadas por el patrón de corte.

En la figura 12 se marca el sistema de coordenadas de la máquina de rayos X 1 que consiste en un eje x a lo largo de la dirección de movimiento de la cinta transportadora (que apunta hacia fuera del plano del dibujo), un eje y perpendicular a la dirección de movimiento de la cinta transportadora y finalmente un eje z que es normal a la cinta transportadora en sí. Con una única máquina de rayos X fuente, como se usó para tomar la imagen en la figura 14, la posición de las espinas sólo se conocerá en el plano xy y no se dispone de información de la imagen en torno a la coordenada z de las espinas. Con el fin de mostrar el cálculo de la posición de la espina se dibuja una espina en la sección transversal de un filete y se supone que la espina es lineal y tiene los puntos de extremo P1 y P2. El objetivo es encontrar las coordenadas de estos dos puntos. La primera imagen ofrece las coordenadas y de los puntos, que son y1 e y2. A continuación se determinan las coordenadas x en el momento en que se detecta la espina mediante un sistema de barrido lineal pero se usa la imagen en sí como imagen de marco usa. Si las espinas se van a cortar alejándose de la parte del lomo del filete con una certeza máxima puede usarse un corte recto y la posición estaría fuera del cuadro delimitador de las espinas. Se produciría así un rendimiento de corte reducido como se muestra en la figura 9 y e indica con dos zonas marcadas como A1 y A2. Una forma de mejorar el rendimiento de corte consiste en usar el conocimiento anterior sobre el ángulo, que debe esperarse para filetes de un tipo y tamaño dados y cortar los filetes en ese ángulo.

Otro método más fiable consiste en usar múltiples fuentes de rayos X y módulos de detección. Para la mayoría de las aplicaciones, se requeriría una fuente de rayos X y un módulo de detección adicionales aunque siempre generarán más precisión. En la figura 12 se muestra también un ejemplo de dicha configuración en la que la segunda fuente y el receptor están colocados en un ángulo con respecto al primer receptor. El segundo receptor tiene su propio sistema de coordenadas, que se obtiene haciendo girar el sistema de coordenadas xyz unos grados alrededor del eje x. El nuevo sistema de coordenadas se refiere como sistema de coordenadas x'y'z'. El segundo sistema de rayos X normalmente estaría desplazado con respecto al primer sistema en la dirección x en la medida necesaria para ajustar mecánicamente los receptores. Una imagen de rayos X tomada con este sistema identificará una nueva posición de las espinas que se marcan también como y'1 e y'2 en la imagen. Estas coordenadas pueden representarse fácilmente a continuación en las coordenadas correspondientes del sistema de coordenadas xyz y las coordenadas representadas y de los dos puntos P1 y P2 se marcan como y3 e y4 en la figura 12 respectivamente. En el triángulo mostrado en la figura 13 se muestra un simple triángulo, que ayuda a demostrar cómo se calculan las coordenadas z para espinas lineales basándose en la información adicional obtenida del segundo receptor. La coordenada z del punto P2 se calcula basándose en las variables mostradas en la figura 12 del modo siguiente:

$$z2 = C - D = B/\text{tg}(a) - D = (y4 - y2)/\text{tg}(a) - D$$

Análogamente la coordenada z para el punto P1 se calcula del modo siguiente:

$$z1 = (y3 - y1)/\text{tg}(a) - D$$

Una vez que se conocen los puntos de extremo precisos de cada espina en el filete puede usarse el sistema de corte para cortar las espinas del filete en cada posición x en el filete en el ángulo correcto para mejorar el rendimiento de corte de manera que la sección A1 y A2 mostrada en la figura 9 permanezca con las secciones sin espinas del filete.

Para las espinas no lineales que se encuentran normalmente en los filetes de pescado las espinas pueden romperse en cualquier número de secciones lineales y a continuación se usará el mismo método para calcular los puntos de extremo y cualquier número de puntos internos en cada espina. Sin embargo está claro que cuanto más precisión se necesita y más curvas son las espinas mayor necesidad hay de más que dos fuentes y receptores. Más fuentes y receptores pueden ayudar también a distinguir entre espinas múltiples, que pueden detectarse como una sola espina desde determinados ángulos.

Una vez que el filete 102 ha pasado del sensor de visión y las imágenes de la máquina de rayos X y las espinas de la imagen de rayos X han sido localizadas en la imagen de visión, la siguiente etapa consiste en determinar el patrón de corte del filete. El patrón de corte puede ser cualquier patrón deseado y puede implicar el corte de secciones del filete, que contienen espinas. En la figura 10 se muestran algunos patrones de corte comunes usados en la industria pesquera. Aunque las espinas normalmente se cortarían del resto del filete con la cantidad mínima de tejido unido a ellas también existen aplicaciones en las que se usa sólo un único dispositivo de corte y el sistema sólo haría el corte más importante entre el lomo y las espinas. El patrón de corte puede determinarse también basándose en el peso del filete, que puede obtenerse a priori o estimarse basándose en una imagen en 2D o en 3D del objeto. El sistema puede así cortar el filete en partes de peso, longitud o patrón fijo, lo que optimiza el rendimiento de la porción. Una vez que el patrón ha sido determinado se superpone en la imagen del filete y la información se envía a continuación al controlador robótico, que realiza los cortes. El patrón de corte se define en términos de un sistema de coordenadas en movimiento del filete 105 y el controlador robótico y el sistema de visión tienen acceso al mismo codificador de la cinta transportadora de corte 6 para actualizar la posición de ese sistema de coordenadas.

Puede usarse una selección de otros tipos de representación cuando se usa una exploración en 3D en la segunda cámara de imagen. Se muestra una realización de una imagen sistema para capturar imagen en 3D de un objeto en movimiento indicado por la flecha que muestra una luz láser (1) colocada directamente encima del objeto en la que el haz luminoso emitido ilumina una única línea en el objeto. A continuación se coloca una cámara (2) bajo un ángulo. La cámara toma a continuación imágenes a alta frecuencia para capturar la luz láser en la que el desplazamiento de la luz láser según se representa en la figura 16b se usa para determinar la altura del objeto en esa sección transversal del objeto. Sumando estas imágenes en conjunto se obtiene una imagen digital en 3D completa del objeto. Normalmente se supone que el objeto es completamente plano en la parte inferior pero pueden usarse láseres y cámaras adicionales para obtener un modelo más preciso de los objetos (no mostrado aquí).

También puede usarse una imagen de rayos X para generar una imagen en 3D del objeto. Esto se basa en el hecho de que la intensidad de cada píxel en la imagen se basa en el grosor del objeto en esa posición. Cuanto más grueso es el objeto más se reduce la intensidad. Así, es importante eliminar las espinas, u otros tejidos duros, de la imagen eligiendo la intensidad en la que están las espinas con un método de promediado en el que la intensidad en las espinas, o cualquier otro tejido duro, será el promedio de los píxeles adyacentes.

A partir de la imagen en 3D del objeto se obtiene una medida precisa del volumen completo del objeto. La intensidad obtenida en la imagen de rayos X puede convertirse a continuación para estimar de la altura en cada posición en la que menos intensidad significa más altura.

A continuación puede obtenerse una representación volumétrica pura ajustando inicialmente la altura en cada píxel en la imagen de rayos X proporcionalmente de manera que el volumen total medido con la imagen de rayos X se corresponde con precisión con el volumen medido con el sistema en 3D. La imagen de rayos X, cuyo volumen se denomina X, es representada a continuación en la imagen en 3D, cuyo volumen se denomina Y, de manera que el error volumétrico se reduce al mínimo. El error volumétrico se define como:

$$X + Y - X \cap Y$$

Es decir la suma de los dos volúmenes menos el conjunto común de los dos volúmenes se reduce al mínimo. Otra forma de formularlo consiste en reducir al mínimo la suma del volumen de la imagen de rayos X que no está dentro de la imagen en 3D más el volumen de la imagen en 3D que no está dentro de la imagen de rayos X.

Esta representación se demuestra para una sección transversal de un objeto en la figura 17. La figura 17 (a) muestra una sección transversal de una imagen de rayos X y en (b) se muestra una sección transversal de una imagen en 3D. En (c) la imagen de rayos X ha sido representada en la imagen en 3D de manera que el error volumétrico en 2D se reduce al mínimo. El área que está en la imagen en 3D y no en la imagen de rayos X se marca con 1 mientras que el área que está en la imagen de rayos X y no en la imagen en 3D se marca con 2 en la figura 17 (d).

En lugar de usar una representación volumétrica completa existe la opción de usar las secciones transversales para la representación tal como se muestra en la figura 17. A continuación cada sección transversal del objeto se representa de manera que el error se reduce al mínimo y a continuación basándose en esta representación se localiza el objeto completo de manera que la desviación con respecto a la posición óptima de cada sección transversal se reduce al mínimo.

En lugar de usar la representación volumétrica para el objeto completo una alternativa consiste en representar sólo las regiones alrededor de los tejidos duros en los que se necesita una precisión máxima. A continuación se cortan las dos imágenes en una cierta posición y la sección que no incluye los tejidos duros se retira antes de realizar la representación. Los métodos de representación en 2D y la representación basada en secciones transversales puede usarse también sólo en áreas de interés más que en todo el objeto.

Toda la representación expuesta en la presente memoria descriptiva anterior puede usarse en cualquier combinación deseada. Podría desearse así representar las imágenes basándose primero en métodos en 2D con el centro de masas y el eje principal y a continuación usar las representaciones en 3D para relocalizar el objeto de manera que se obtenga un error en 3D mínimo alrededor de las espinas.

El objetivo de la representación de la imagen de rayos X en la segunda imagen es tener la posición de los tejidos duros en la imagen que pueden ser objeto de un seguimiento preciso en la cinta transportadora de corte. Una vez que se ha determinado, puede determinarse el patrón de corte para el objeto. Por lo común se desea cortar los tejidos duros de la parte principal del objeto. Así se muestra en la figura 11 (d) en la que se crean dos trayectorias basándose en la información de posición de los tejidos duros en la segunda imagen. La primera trayectoria se marca como 1 y se coloca justo en el límite del tejido duro. La segunda trayectoria se marca como 2 y se obtiene desplazando la primera trayectoria una cantidad dada que se basa en la imprecisión en el sistema. El desplazamiento garantizará que la pieza primaria no tenga tejidos duros. Una vez que se ha planificado la trayectoria de corte, la trayectoria de corte se transfiere al sistema de coordenadas del robot que a continuación realizará un seguimiento de la trayectoria conforme la pieza se mueve en la cinta transportadora y a continuación realiza el corte con precisión en el objeto según la curva deseada.

Cuando se usa el método de detección de rayos X dual tal como se indica en la figura 12 el sistema tiene no sólo una posición en 2D de las espinas, que sería la de cualquier otro tejido duro, sino que se obtendrá la posición en 3D de las espinas. A continuación la trayectoria no se determina de forma pura por la imagen en silueta en 2D de las espinas tal como se ilustra en la figura 11 (d) sino que se planificará una trayectoria en 3D basándose en la posición en 3D de las espinas. La trayectoria se planificará también basándose en el tipo de robot que se usará para controlar la boquilla de corte. Cuantos más grados de libertad tiene el robot mayor es la posibilidad de cortar lo más cerca posible de las espinas con independencia de la posición de las espinas.

Un método para planificar la trayectoria es ajustar una superficie reglada a ambos lados de las espinas tal como se ilustra en la figura 18. Cuando se planifica la trayectoria de corte a continuación esta superficie puede desplazarse una magnitud controlada por el usuario que dependerá normalmente de la precisión en el sistema de corte.

En una realización, la primera unidad de corte robótica 4 consiste en un motor lineal, que sólo puede moverse en perpendicular a la dirección de movimiento de la cinta transportadora de corte 6 tal como se muestra con las flechas en la figura 5, una válvula para inhabilitar y habilitar el flujo del agua, y una boquilla con abertura muy fina, por ejemplo de 0,07-0,25 mm. La estructura de la boquilla está fija rígidamente al motor lineal y a continuación existe un conducto de agua que llega a la válvula desde una bomba de agua de alta presión. La bomba y el conducto de agua no se muestran en la figura. Al abrir la corriente de agua el sistema empezará a cortar lo que se encuentre por debajo de la boquilla. Conforme la cinta transportadora se mueve en la dirección x mientras el motor lineal se mueve en la dirección y puede cortarse cualquier parte del filete. Sin embargo, existen limitaciones en que sólo puede trazarse una única trayectoria a través del filete y cortarse a través del filete. No son posibles los cortes inclinados o los cortes perfectamente perpendiculares a la dirección de movimiento de la cinta transportadora de corte. Esta sencilla configuración puede ser adecuada para un pescado muy fino como la gallineta en el que la inclinación del corte no es fundamental y también para trocear los laterales del filete. Dicho troceado es práctico en la industria del salmón en la que normalmente se corta la grasa de los laterales de filetes.

La segunda unidad de corte robótica 5 comprende tres motores lineales, en los que dos de los motores lineales funcionan conjuntamente para mover un soporte de acero a lo largo de la dirección de movimiento de la cinta transportadora de corte tal como se muestra en más detalle en la figura 6. A continuación se fija al soporte un motor lineal, que puede moverse en perpendicular a la dirección de movimiento. Se fija una estructura de boquilla a este motor lineal de una forma similar a la primera unidad de corte robótica. Esta unidad de corte puede cortar cortes rectos perpendiculares a la dirección de movimiento de la cinta transportadora mientras la boquilla de corte puede ser transportada a la misma velocidad que la cinta transportadora mientras la boquilla se mueve por el filete.

La tercera unidad de corte robótica 7 comprende un robot de seis ejes. Se fija una estructura de boquilla al robot de una forma similar a los robots anteriores. Este robot tiene flexibilidad para realizar cualquier tipo de corte con cualquier ángulo de inclinación. Debe observarse que en esta realización, dichas unidades de corte primera, segunda y tercera trabajan de forma conjunta e independiente y así pueden realizar el corte en diferentes periodos de tiempo.

El ordenador de control robótico divide las trayectorias de corte entre los robots de manera que cada robot corta sólo la parte deseada del patrón de corte deseado. Después de que el filete 104 haya pasado por el robot final el corte del filete estará completo.

Esta realización puede usarse también para cortar tiras de grasa del filete. Normalmente se usarán dos unidades de corte robóticas, cada una con un único grado de libertad, para dichos cortes. Una imagen de rayos X y una imagen en color del filete pueden ayudar a determinar las posiciones de corte óptimas para dichos cortes. Se muestra un ejemplo de una posición de dichos cortes en la figura 15.

A continuación se usan unidades de prensor robótico 8, 9 para sacar las piezas que contienen espinas. Pueden usarse también para retirar tiras de grasa cortadas del filete. El prensor se muestra en más detalle en la figura 8. Las secciones sin espinas de los filetes 108 prosiguen hacia otra máquina de rayos X 13 mientras que las secciones con espinas se transfieren a los transportadores 10, 11 para su posterior procesamiento o envasado. La segunda máquina de rayos X 13 funciona de forma idéntica a la primera máquina de rayos X y toma una imagen de rayos X de los filetes 108. Estas imágenes se usan para dos fines. En primer lugar se usan para controlar una cinta transportadora de retorno 14 que dirige las partes de filetes 110 que siguen conteniendo espinas al transportador 16 mientras que las partes restantes 111 que no tienen espinas siguen hacia el transportador 18. Normalmente las espinas de las partes con espinas se retirarán de forma manual y a continuación se suministrarán de nuevo a la máquina de rayos X 13. La segunda finalidad es proporcionar realimentación al ordenador de corte acerca del rendimiento del corte. Esta realimentación es especialmente importante cuando el sistema tiene tendencia a dejar espinas en partes que se supone que no tienen espinas pero también puede ayudar a optimizar el rendimiento. Puede obtenerse una optimización adicional del rendimiento mediante la inspección de aquellas partes que contienen espinas en el segundo sistema de detección de espinas ya que a continuación puede evaluarse el tejido adicional en esas partes.

Las partes del pescado finalmente son inspeccionadas y envasadas frescas o se usarán en posterior procesamiento como congelación o rebozado.

Aunque una imagen de rayos X se usa principalmente para detecciones de huesos se ha mostrado que es muy útil para otros tipos de medidas de tejidos animales o productos alimentarios. Ello incluye la medida de defectos y de la longitud del pelo en las pieles y del contenido de grasa en diversos productos alimentarios. Cuando se trocean filetes de salmón es muy común trocear tiras de grasa, que normalmente están situadas en el lado del vientre de los filetes y en menor medida en el lado del lomo. La presente invención puede usarse también para dichas aplicaciones de troceo en las que el medio de detección de espinas o la imagen de visión o una combinación de ambos se usará para obtener información de manera que pueda realizarse un troceo de la grasa deseada. Se muestra un ejemplo de posición de dichos troceos en un filete de salmón en la figura 15. Este patrón de corte sería normalmente un añadido puro a otros patrones de corte en los que se cortan las espinas del filete o se cortan en porciones. Este corte adicional requerirá normalmente dos boquillas de corte adicionales que se colocarían en un robot con un único grado de libertad (4) tal como se muestra en la figura 5.

Las aplicaciones en la industria cárnica incluyen el corte de costillas en el que el corte puede colocarse de manera que las costillas no se corten aunque el sistema puede cortar otros huesos en las secciones de la carne.

Las aplicaciones en la industria de las aves incluyen una detección y corte totalmente automáticos de cartílagos en el extremo delantero de las pechugas de pollo que en general quedan unidos a las pechugas después de filetearlas. Si bien la invención se ha ilustrado y descrito en detalle en los dibujos y en la descripción precedente, dicha ilustración y descripción debe considerarse ilustrativa o de ejemplo y no restrictiva; la invención no se limita a las realizaciones desveladas. Los expertos en la materia pueden comprender y realizar otras variaciones a las realizaciones desveladas a la hora de poner en práctica la invención reivindicada, a partir del estudio de los dibujos, la descripción y las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, el término "que comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "uno" o "una" no excluye una pluralidad. Un único procesador u otra unidad puede cumplir las funciones de varios elementos recogidos en las reivindicaciones. El simple hecho de que se recojan algunas medidas en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que no pueda usarse ventajosamente una combinación de estas medidas. Un programa informático puede almacenarse/distribuirse en un medio adecuado tal como un medio de almacenamiento adecuado, tal como un medio de almacenamiento óptico o un medio de estado sólido suministrado junto con o como parte de otro hardware, pero puede también distribuirse en otras formas, como Internet u otros sistemas de telecomunicación por cable o inalámbricos. Cualquier contenido de referencia en las reivindicaciones no debe entenderse como limitativo del alcance.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato de procesamiento de alimentos (1000) adaptado para detectar y cortar tejidos duros tales como huesos, cartílago y grasa de piezas de artículos alimentarios (101, 102) tales como filetes de pescado o de carne o artículos de ave, que comprende:
- 5 - una primera cinta transportadora continua (2), para la obtención de imágenes por rayos X, que tiene un extremo de entrada y un extremo de salida,
  - 10 - al menos una máquina de rayos X (1) asociada con dicha primera cinta transportadora continua (2) para la obtención de imágenes de artículos alimentarios de entrada (101) transportados en la primera cinta transportadora continua y basándose en las imágenes la generación de datos de imagen de rayos X que indican la posición de los tejidos duros en dichas piezas de artículos alimentarios,
  - 15 - una segunda cinta transportadora porosa (6), para corte por chorro de agua, cuyo extremo de entrada está adaptado para ser colocado adyacente al extremo de salida de dicha primera cinta transportadora continua (2) para recibir dichas piezas de artículos alimentarios desde el extremo de salida de la primera cinta transportadora continua,
  - 20 - un sistema de visión (3) para suministrar segundos datos de imagen de dichas piezas de artículos alimentarios (101, 102) después de la obtención de imágenes por dicha al menos una máquina de rayos X (1), incluyendo los segundos datos de imagen relativos a la posición que indican la posición de las piezas de artículos alimentarios en dicha segunda cinta transportadora porosa (6) antes de dicho corte, estando dicha segunda cinta transportadora porosa (6) adaptada para transportar las piezas de artículos alimentarios durante dicha obtención de
  - 25 imágenes y durante el corte de dichos tejidos duros de dichas piezas de artículos alimentarios, y
    - un mecanismo de seguimiento para seguir la posición de las piezas de artículos alimentarios en todo momento,
    - un mecanismo de representación (1001) que comprende:
      - 30 un procesador (1002) para usar los datos de posición de seguimiento para los artículos alimentarios después de dichos datos de imágenes de rayos X con el fin de determinar una posición estimada de las piezas de artículos alimentarios en dicha segunda cinta transportadora porosa (6), y después de la obtención de los segundos datos de imagen, comparar dicha posición de coordenadas estimada de las piezas de artículos alimentarios con la posición
      - 35 real en la segunda cinta transportadora porosa basándose en dichos segundos datos de imagen, y en caso de no correspondencia entre dicha posición de coordenadas estimada y dicha posición real,
      - un procesador (1002) para representar los datos de imagen de rayos X en los segundos datos de imagen de manera que la posición de los tejidos duros se corresponde con dichos segundos datos de imagen, y
      - 40 una unidad de control (1003) accionable para hacer funcionar un medio de corte (4, 5, 7) para corte de dichas piezas de artículos alimentarios usando dichos datos de imagen de rayos X representados como datos de funcionamiento.
  - 45 2. Un aparato de procesamiento de alimentos según la reivindicación 1, en el que la comparación por dicho procesador de la posición estimada de las piezas de artículos alimentarios en dicha segunda cinta transportadora porosa con la posición real en la segunda cinta transportadora porosa basándose en dichos segundos datos de imagen comprende:
    - 50 la comparación de si el centro de gravedad para los datos de imágenes de rayos X se corresponde con el centro de gravedad de los segundos datos de imagen, y en caso de no correspondencia, la representación de los datos de imágenes de rayos X en los segundos datos de imagen de manera que el centro de gravedad de los datos de imágenes de rayos X se corresponde con el centro de gravedad de los segundos datos de imagen, o
    - 55 la comparación de si el eje principal para los datos de imágenes de rayos X se corresponde con el eje principal de los segundos datos de imagen, y en caso de no correspondencia, la representación de los datos de imágenes de rayos X por medio de la rotación de los datos de imágenes de rayos X hasta el eje principal para la imagen de rayos X y los segundos datos de imagen son coincidentes, o
    - 60 la comparación de si la escala de los datos de imágenes de rayos X se corresponde con la escala de los segundos datos de imagen por medio de la comparación de correspondencia del área de los datos de imágenes de rayos X y el área de los segundos datos de imagen, y en caso de no correspondencia, la representación de los datos de imágenes de rayos X por medio del ajuste de la escala de los datos de imágenes de rayos X hasta que el área de datos de imágenes de rayos X se corresponde con el área de los segundos datos de imagen,
    - 65 una combinación de uno o más de lo anterior.

3. Un aparato de procesamiento de alimentos según la reivindicación 1 ó 2, en el que la máquina de rayos X (1) comprende dos o más fuentes de rayos X colocadas en ángulos de visualización diferentes con respecto a los objetos alimentarios de entrada adaptado para emitir haces de rayos X en los objetos alimentarios de entrada en dichos ángulos de visualización diferentes y así generar al menos dos datos de medida de rayos X, comprendiendo además el aparato de procesamiento de alimentos un procesador para generar dichos primeros datos de imagen procesando los al menos dos datos de medida de rayos X para generar datos de imagen de rayos X tridimensionales (3D) de dichos tejidos duros.
4. Un aparato de procesamiento de alimentos según la reivindicación 1, en el que dicho sistema de visión (2) se selecciona entre:
- una cámara digital, incluyendo dichos segundos datos de imagen datos de imagen de silueta en 2D de dichos artículos alimentarios,
- una cámara digital y un sistema de visión basado en láser, siendo dichos datos de imagen datos de imagen en 3D completos de dichos artículos alimentarios,
- una cámara digital en color y un sistema de visión basado en láser, siendo dichos datos de imagen datos de imagen en 3D en color completos de dichos artículos alimentarios.
5. Un aparato de procesamiento de alimentos según la reivindicación 4, en el que dichos datos de imagen tridimensionales (3D) obtenidos de dicha cámara digital y una visión basada en láser se usan para estimar:
- el volumen de los artículos alimentarios,
- el peso de los artículos alimentarios,
- el perfil de grosor de los artículos alimentarios,
- el color o el perfil de color de los artículos alimentarios de manera que se estima o se detecta grasa o defectos tales como manchas de sangre u orificios, en los artículos alimentarios, o cualquier combinación de los mismos.
6. Un aparato de procesamiento de alimentos según la reivindicación 3, en el que dicho sistema de visión (2) es un sistema de visión tridimensional (3D) adaptado para capturar la imagen en 3D de dichas piezas de artículos alimentarios además de dichos datos de imagen de rayos X en 3D, la comparación por dicho procesador de la posición estimada de las piezas de artículos alimentarios en dicha segunda cinta transportadora porosa con la posición real en la segunda cinta transportadora porosa basándose en dichos segundos datos de imagen que comprende la determinación de si el volumen total de los datos de imagen de rayos X en 3D se corresponde con el volumen de los datos de imagen en 3D, y en caso de no correspondencia, la representación de dicho procesador del volumen de los datos de imagen de rayos X en 3D en el volumen de los datos de imagen en 3D de manera que el error volumétrico se reduce al mínimo.
7. Un aparato de procesamiento de alimentos según la reivindicación 6, en el que dicho error volumétrico se reduce al mínimo por medio de la minimización del error volumétrico que es determinado por dicho procesador por medio de la minimización de la suma  $X+Y$  de los dos volúmenes menos el conjunto común  $X \cap Y$  de los dos volúmenes, en el que  $X$  es el volumen determinado por dichas dos o más fuentes de rayos X e  $Y$  es el volumen determinado por dicho sistema de visión en 3D.
8. Un aparato de procesamiento de alimentos según la reivindicación 6 ó 7, en el que la posición estimada de las piezas de artículos alimentarios en dicha segunda cinta transportadora porosa en la posición real en la segunda cinta transportadora porosa basándose en dichos segundos datos de imagen comprende la comparación de si las superficies en sección transversal de dichos datos de imagen de rayos X en 3D se corresponden con las superficies en sección transversal de dichos datos de imagen en 3D, y en caso de no correspondencia, la representación de dichos datos de imagen de rayos X en 3D en los datos de imagen en 3D de manera que la diferencia entre el área de las superficies en sección transversal entre los datos de imagen de rayos X en 3D y los datos de imagen en 3D se reduzca al mínimo.
9. Un aparato de procesamiento de alimentos según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el medio de corte (4, 5) es un sistema de boquillas de agua a alta presión o una hoja de corte que tiene un movimiento de uno a seis grados de libertad.
10. Un aparato de procesamiento de alimentos según la reivindicación 3, en el que dichos datos de imagen de rayos X tridimensionales son procesados para determinar un ángulo de los tejidos duros en los artículos alimentarios, usándose el ángulo de los tejidos duros para determinar un ángulo de corte que se usa como un parámetro de sintonización para ajustar el ángulo del sistema de boquillas de agua a alta presión o la hoja de corte durante el corte de los tejidos duros de los artículos alimentarios.

- 5 11. Un aparato de procesamiento de alimentos según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además un segundo medio de detección de tejidos duros (13) para generar terceros datos de imagen mediante obtención de imágenes de los artículos alimentarios procesados después de retirar las partes cortadas de los mismos.
- 10 12. Un aparato de procesamiento de alimentos según la reivindicación 8, en el que el segundo medio de detección de tejidos duros (13) es una máquina de rayos X o un sistema de visión y en el que los terceros datos de imagen son los datos de imagen resultantes de la máquina de rayos X o un sistema de visión, siendo la tercera imagen procesada posteriormente por dicha unidad de control y usada como un parámetro de sintonización para sintonizar el funcionamiento del medio de corte.
- 15 13. Un aparato de procesamiento de alimentos según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los artículos alimentarios son seleccionados entre filete de pescado en el que los tejidos duros son las espinas en el filete de pescado, carne en la que los tejidos duros son cartílago, huesos o grasa o una combinación de los mismos, carne de ave en la que los tejidos duros son cartílago, huesos o grasa o una combinación de los mismos.
- 20 14. Un método de detección y corte de tejidos duros tales como huesos, cartílago y grasa de piezas de artículos alimentarios tales como filetes de pescado o de carne o artículos de ave, que comprende:
- 25 la obtención de imágenes de las piezas de artículos alimentarios de entrada usando al menos una máquina de rayos X mientras se transportan las piezas de artículos alimentarios en una primera cinta transportadora continua y basándose en las imágenes la generación de datos de imagen de rayos X que indican la posición de los tejidos duros en dichas piezas de artículos alimentarios,
- 30 el transporte, después de dicha obtención de imágenes de rayos X, de dichas piezas de artículos alimentarios en una segunda cinta transportadora porosa (6);
- en el que durante el transporte:
- 35 el suministro de segundos datos de imagen de dichas piezas de artículos alimentarios (101) después de la obtención de imágenes por dicha al menos una máquina de rayos X,
- el corte de dichos tejidos duros de dichas piezas de artículos alimentarios después del suministro de los segundos datos de imagen, incluyendo los segundos datos de imagen relativos a la posición que indican la posición de las piezas de artículos alimentarios en dicha segunda cinta transportadora porosa (6), y
- 40 el seguimiento de la posición de las piezas de artículos alimentarios en todo momento,
- 45 el uso de los datos de posición de seguimiento para los artículos alimentarios después de dichos datos de imágenes de rayos X para determinar una posición estimada de las piezas de artículos alimentarios en dicha segunda cinta transportadora porosa (6), en el que después de la obtención de los segundos datos de imagen, la comparación de dicha posición de coordenadas estimada de las piezas de artículos alimentarios con la posición real en la segunda cinta transportadora porosa basada en dichos segundos datos de imagen, y en caso de no correspondencia entre dicha posición de coordenadas estimada y dicha posición real,
- la representación de los datos de imagen de rayos X en los segundos datos de imagen de manera que la posición de los tejidos duros se corresponde con dichos segundos datos de imagen, y
- 50 el corte de dichas piezas de artículos alimentarios usando dichos datos de imagen de rayos X representados como datos de funcionamiento.
15. Un programa informático que comprende instrucciones para realizar todas las etapas del método de la reivindicación 14, cuando dicho programa informático es ejecutado en un sistema informático.





Fig 1

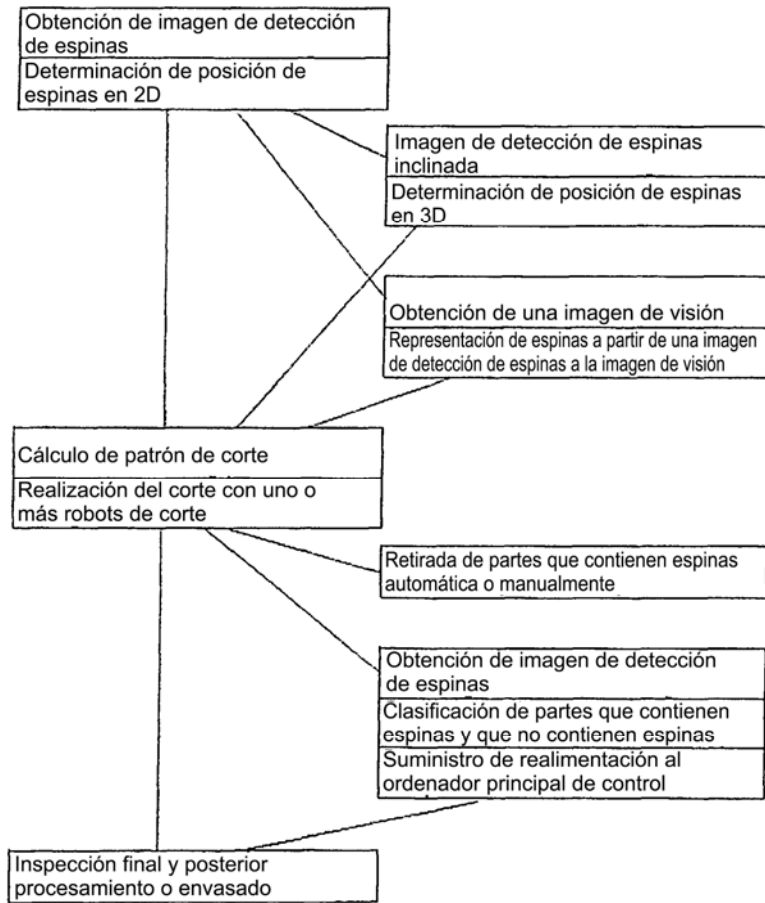


Fig 2

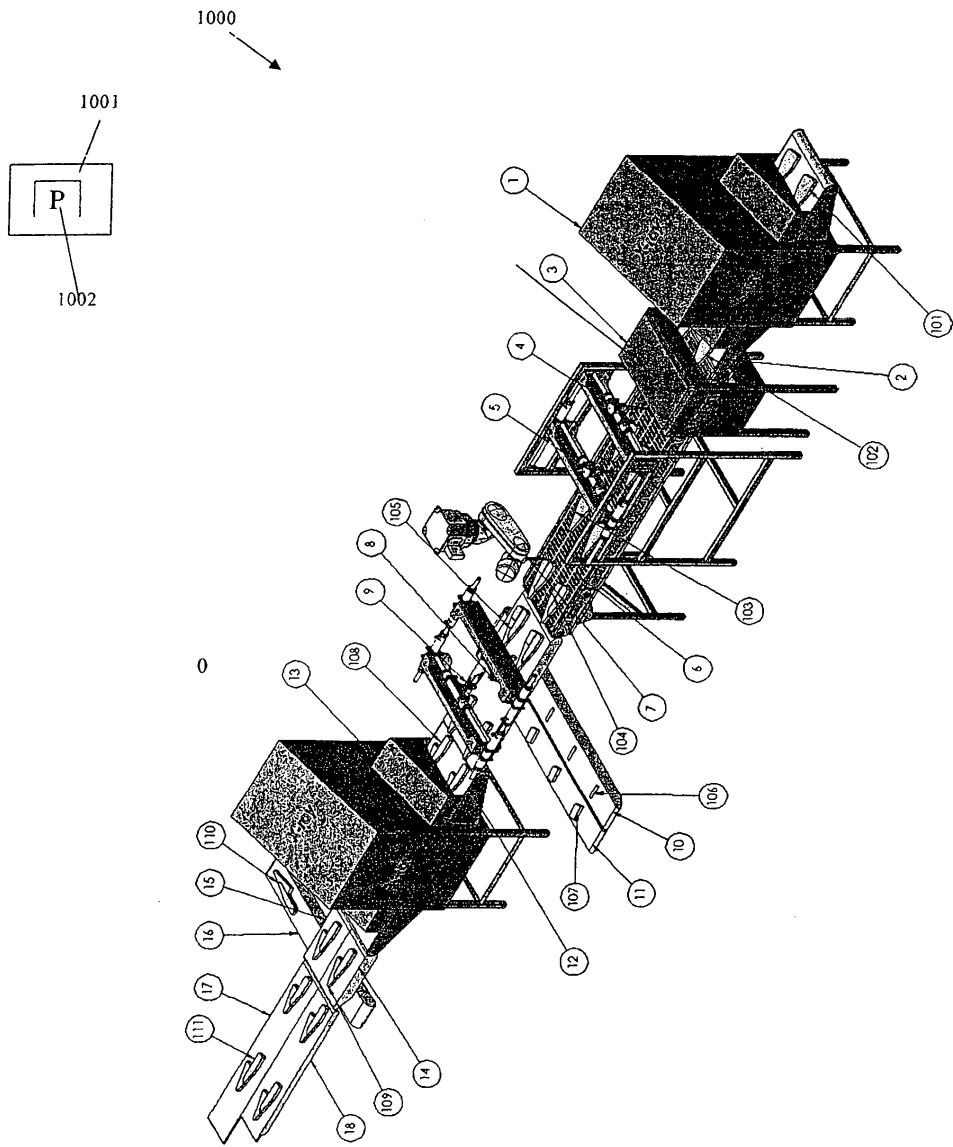
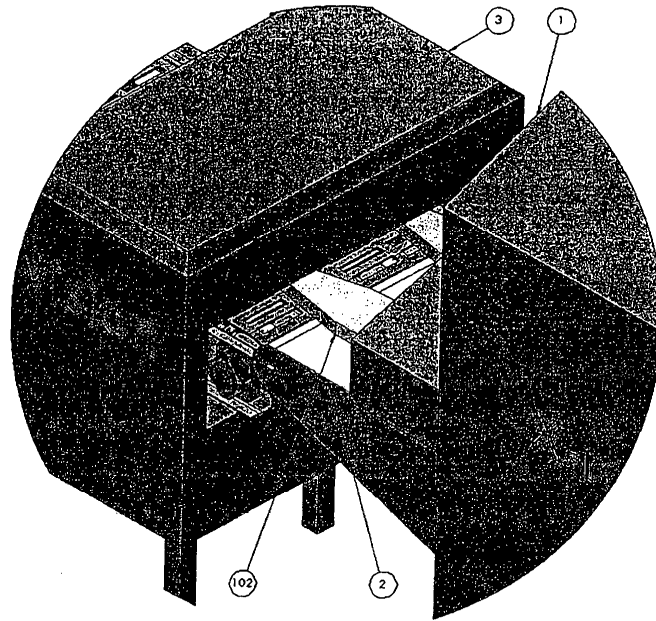
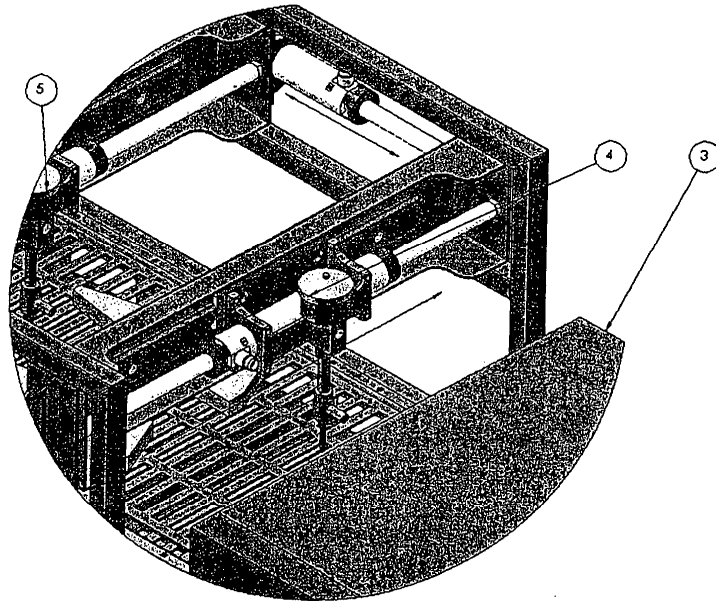


Fig. 3



*Fig 4*



*Fig 5*

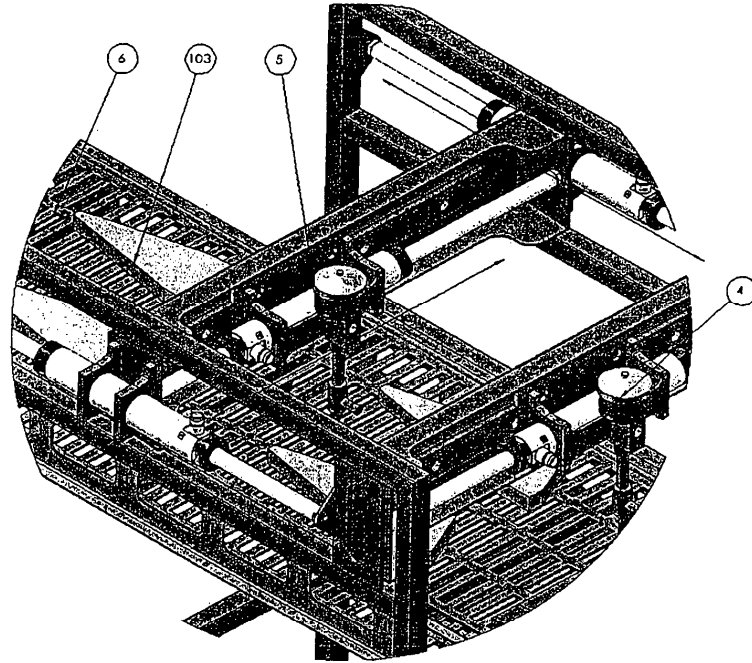


Fig 6

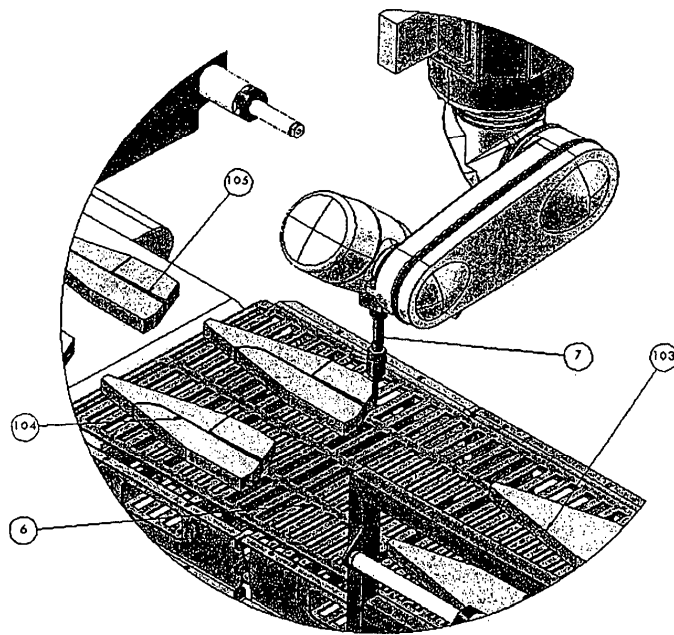


Fig 7

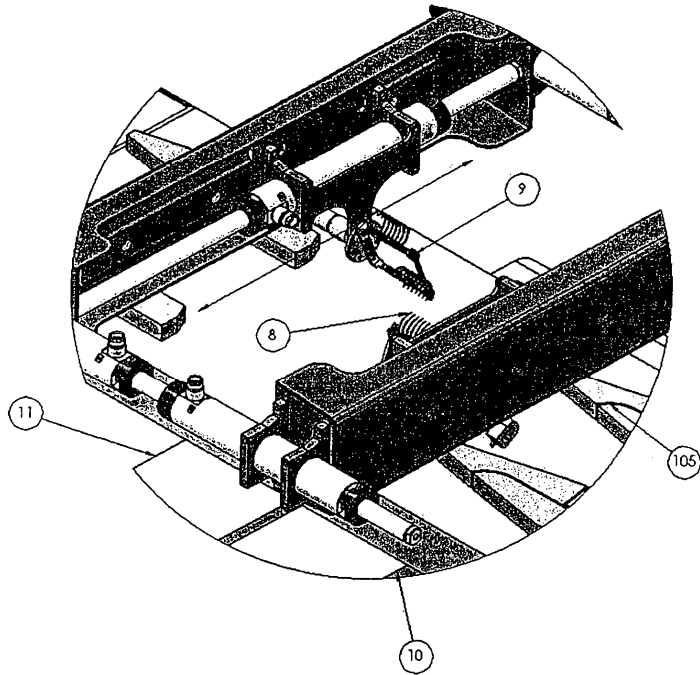


Fig 8

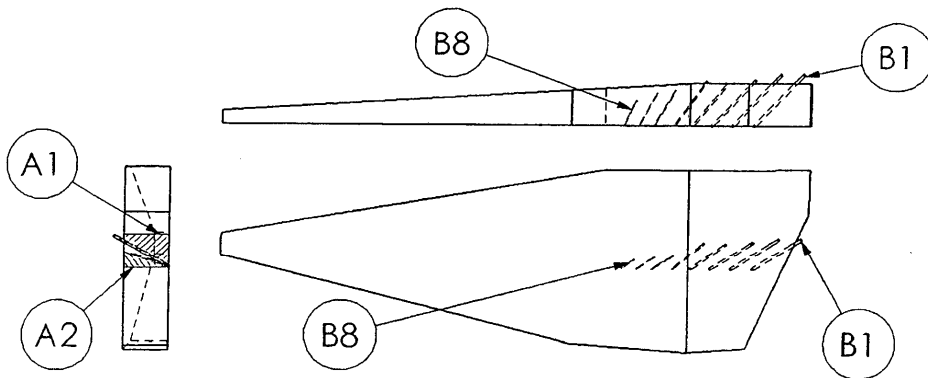
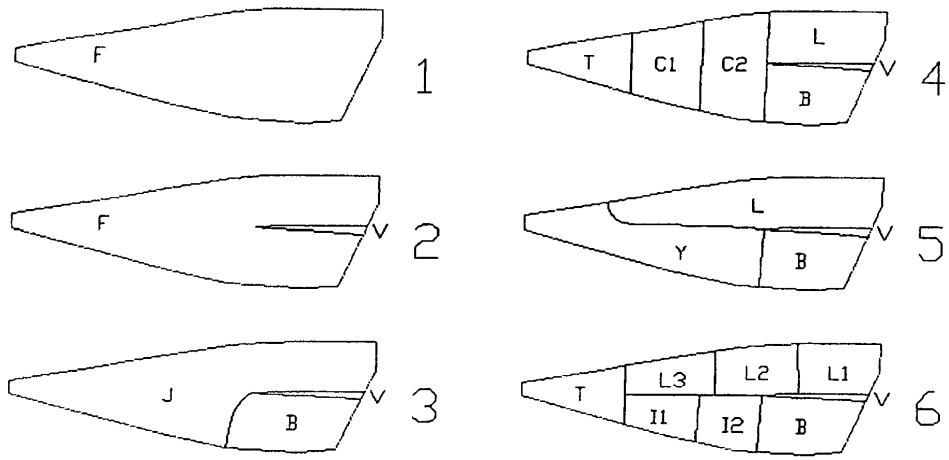


Fig 9



*Fig 10*

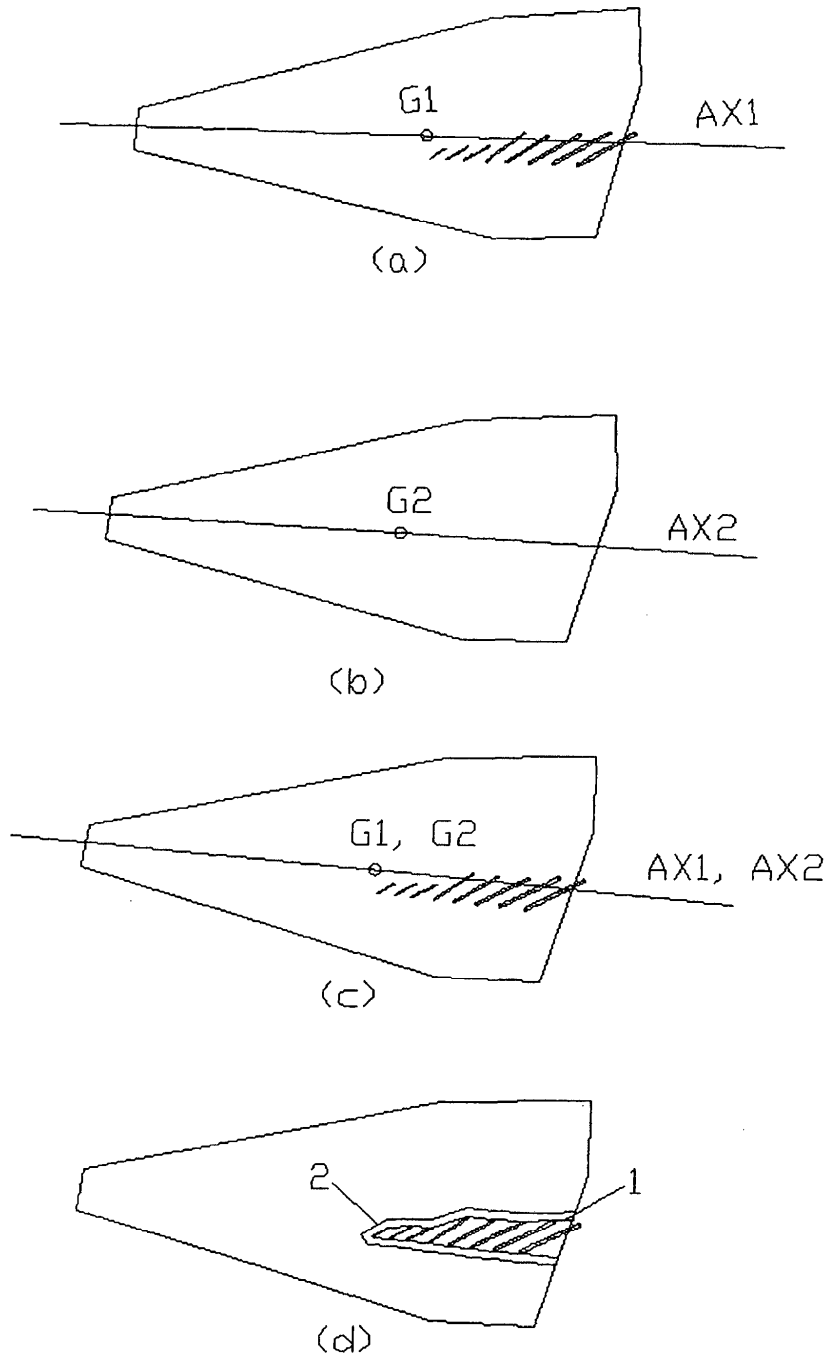


Fig 11

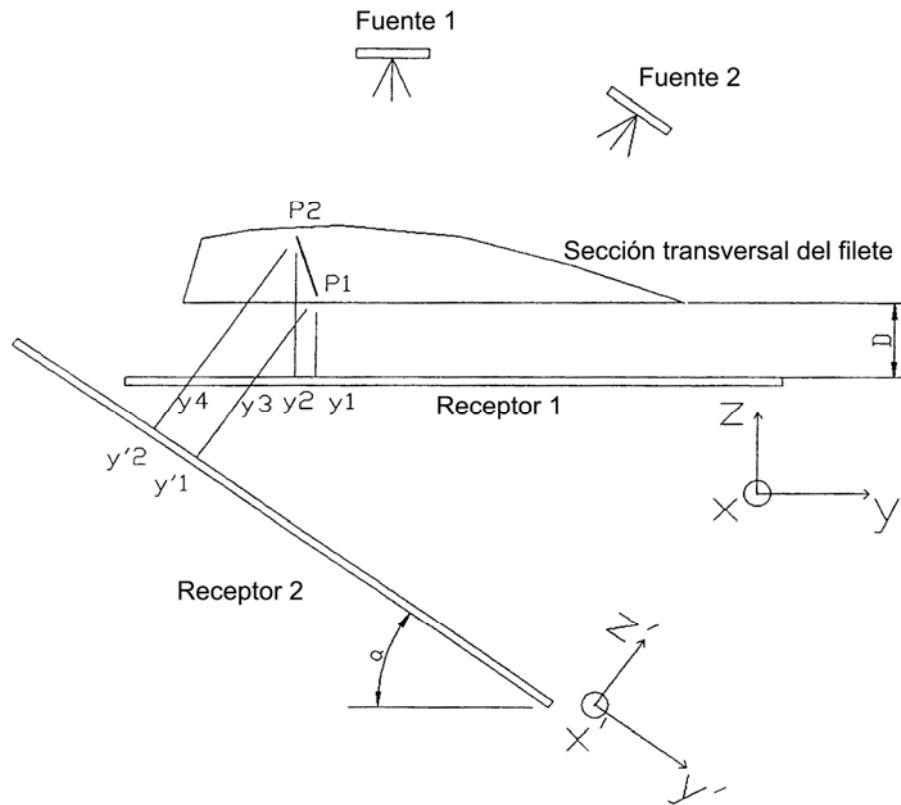


Fig 12

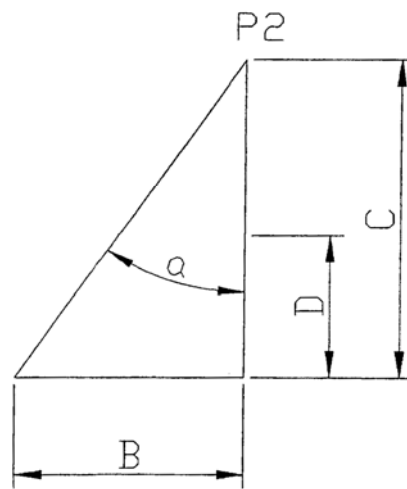
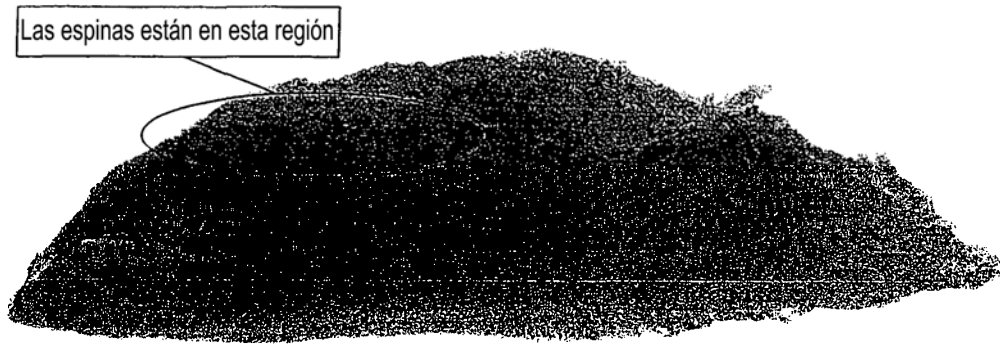
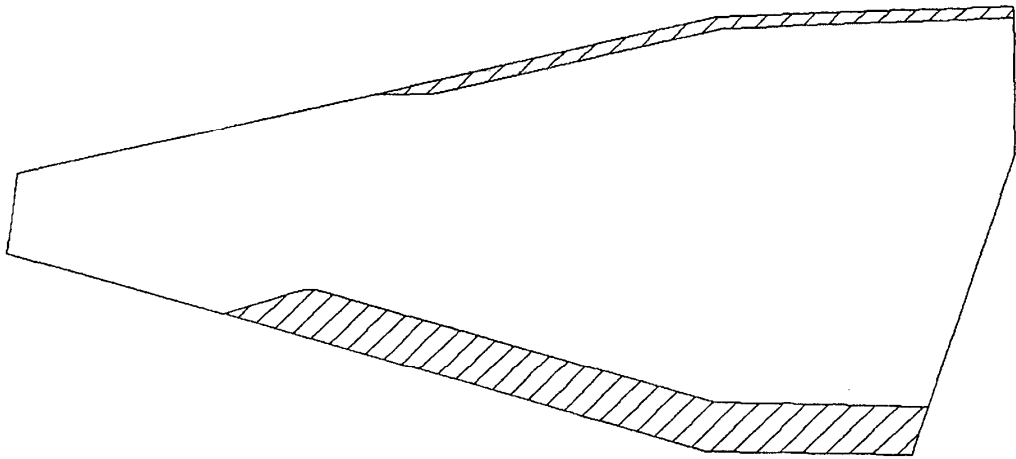


Fig 13

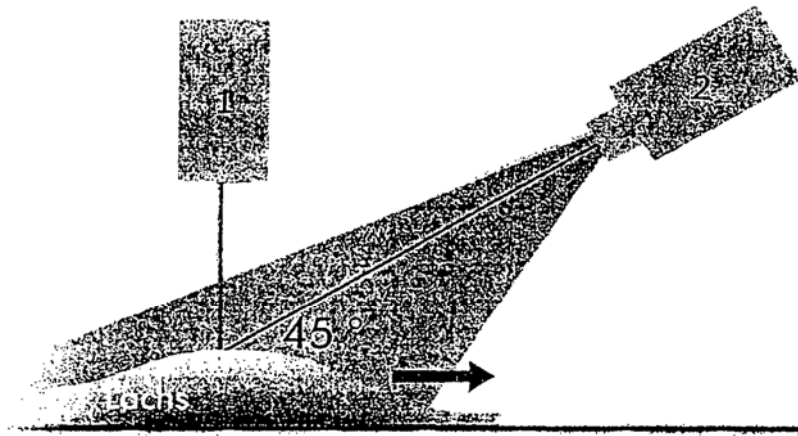




*Fig 14*



*Fig 15*



(a)



(b)

*Fig 16*

