

Egoitza / Sede Bizkaia

Txatxarramendi ugarte z/g
E-48395 Sukarrieta - Bizkaia (Spain)
Tel.: +34 946 029 400 - Fax: +34 946 870 006



Egoitza / Sede Gipuzkoa

Herrera Kaia - Portu aldea z/g
E-20110 Pasaia - Gipuzkoa (Spain)
Tel.: +34 943 004 800 - Fax: +34 943 004 801

<http://www.azti.es>
e-mail: info@azti.es

Diseño de un prototipo para la diferenciación por sexo de las unidades de verde

Informe final

para:

Dirección de Pesca y Acuicultura, Viceconsejería de
Desarrollo Agrario y Pesquero, Dpto. Agricultura,
Pesca y Alimentación , Eusko Jaurlaritza - Gobierno
Vasco

Sukarrieta, 3 de Diciembre de 2007

Tipo documento Informe final

Título documento Diseño de un prototipo para la diferenciación por sexo de las unidades de verdel

Fecha 03/12/2007

Proyecto Diseño de un prototipo para la diferenciación por sexo de las unidades de verdel

Código IA2006SEXVERDEL

Cliente Dirección de Pesca y Acuicultura, Viceconsejería de Desarrollo Agrario y Pesquero, Dpto. Agricultura, Pesca y Alimentación , Eusko Jaurlaritza - Gobierno Vasco

Equipo de proyecto: Antonio Duch, Iñigo Mtnez. de Marañón y Raquel Rodríguez

Responsable proyecto Iñigo Mtez. Marañón Ibabe

Revisado por

Fecha

Aprobado por

Fecha

Control de cambios

03/12/2007 Modificado el título

Si procede, este documento deberá ser citado del siguiente modo:

Autores, Año. Título. Elaborado por AZTI-Tecnalia para Cliente X.

ÍNDICE

1.	ANTECEDENTES	4
2.	OBJETIVOS.....	5
3.	INTRODUCCIÓN.....	6
4.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	8
5.	RESULTADOS.....	14
6.	CONCLUSIONES.....	27
7.	AGRADECIMIENTOS	29

1. ANTECEDENTES

El origen de este estudio se encuentra en la necesidad generalizada del sector conservero de rentabilizar sus instalaciones y procesos productivos. Esta rentabilización se lleva a cabo mediante el incremento el desarrollo tecnológico dentro de las empresas.

Así las actuaciones de este sector deben ir enfocadas a la Innovación en sus líneas de proceso para mejorar la rentabilidad de sus productos y generar un mayor valor añadido de éstos.

De esta necesidad de rentabilización de los procesos productivos y de la necesaria revaloración o carácter de valor añadido de los productos pesqueros, nació la idea de clasificar especies de pescado (verdel) de forma automatizada.

Detectada la necesidad concreta dentro del sector, se seleccionó una empresa (CONSERVAS EL VELERO) como empresa piloto para la realización de los estudios de aplicación de la tecnología a la planta de producción.

Para llevar a buen término la ejecución del proyecto, AZTI-Tecnalia requiere de la participación de FATRONIK como ingeniería encargada de automatizar el proceso de sexado y CONSERVAS EL VELERO como empresa piloto para la realización de las pruebas de sexado en su planta.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal del proyecto es establecer el diseño de un prototipo on-line de diferenciación de pescado (verdel) por sexo que permita la selección y clasificación de éste a fin de posibilitar-facilitar su posterior tratamiento de extracción de huevas.

El proyecto se lleva a cabo a través de los siguientes objetivos específicos:

- Vigilancia tecnológica
- Evaluación off-line de sistemas de detección en el rango del espectro visible.
- Definición del pliego de condiciones para el diseño del sensor off-line.
- Desarrollo del prototipo semi-automático.
- Validación del prototipo off-line.
- Desarrollo del prototipo on-line.
- Validación del prototipo on-line.
- Modificación del prototipo on-line.
- Protección de datos.

3. INTRODUCCIÓN

La idea de diferenciar y seleccionar especies de pescado, en este caso de Verdel, se justifica por el elevado valor añadido de las huevas de éste, en torno a 14 veces mayor al valor correspondiente al Verdel.

Hasta ahora, la metodología de diferenciación se basa en la presión del abdomen del individuo para la posterior observación del fluido saliente por el ano siendo éste de color blanco en el caso del individuo macho y de color rosáceo en el caso de la hembra, con lo que el tiempo invertido para la observación es elevado lo que implica un coste adicional del proceso. Además, se produce una alteración de las huevas debido a la presión ejercida que implica una pérdida de su calidad. Por lo tanto, el desarrollo de un proceso alternativo, automático, de diferenciación de sexo permitiría que el procesado para obtener huevas resulte más económico y que además la calidad del producto final se mejore con respecto a la actual.

A la hora de seleccionar el proceso más adecuado, se barajaron diferentes posibilidades, teniendo en cuenta tecnologías sin y con mínima invasión del pescado.

Dentro de las técnicas en las que no se produce la invasión del pescado se puede citar la diferenciación por morfología (cámara de video), opción que se descartó debido a que no existen diferencias apreciables entre la morfología de la hembra y el macho de la especie Verdel. Otra tecnología que se tuvo en cuenta fue el análisis de la textura mediante ultrasonidos, técnica utilizada para la determinación de sexo en animales pero que en este caso también se descartó por los mismos motivos que los anteriormente comentados (no existen diferencias apreciables de textura entre ambos sexos).

Por estos motivos se plantea el estudio de la diferencia de sexos mediante la técnica de espectrofotometría. La variante que se estudia a lo largo de este trabajo es la espectrofotometría en el rango visible (380-780nm) del espectro electromagnético y por tanto se está hablando de un método de colorimetría.

En este caso concreto la zona a medir no se encuentra accesible a los rayos de luz del colorímetro (las huevas se encuentran en el interior del verdel) se requiere la invasión en cierta medida del pescado. Por lo tanto, los equipos disponibles en el mercado deben modificarse a fin de obtener una medida correcta in situ del parámetro deseado, es decir, se deben evitar interferencias producidas por la propia sangre, el músculo del pescado, etc.

Mediante este proyecto se ha desarrollado una metodología nueva de sexado de pescado donde se ha desarrollado un sensor compuesto de una sonda de medida, un sistema de protección de ésta y un sistema de limpieza capaz de realizar el sexado de verdel a una velocidad inferior a 5 sg.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Este apartado va dirigido a explicar la metodología utilizada en el desarrollo de este proyecto, tanto para la parte correspondiente al prototipo off-line como la correspondiente al prototipo on-line, así como de los métodos utilizados para el correcto sexado del verdel tanto a nivel manual como de forma automática.

Para llevar a cabo las pruebas de esta fase se han seguido los siguientes pasos:

4.1 MATERIAL

El material utilizado para el proyecto es el verdel (*Scomber Scombrus*) y se selección un rango de talla de entre 350 y 500g. En la Figura 1, se muestran las gónadas de un macho y una hembra de verdel extraídas.



Figura 1. Gónadas macho y hembra de verdel

4.2 BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA

El objetivo de esta fase era identificar proveedores de sistemas de medida en el rango visible del espectro electromagnético así como identificar bibliografía sobre resultados previos de tecnologías de medida. Para ello se realizó una vigilancia tecnológica a través de fuentes documentales de patentes, bases de datos y se realizó también una búsqueda de proveedores de sistemas de medida en el visible a fin de obtener información de las posibilidades en mercado del proceso que se quiere desarrollar o de similares.

4.3 EVALUACIÓN OFF-LINE DE SISTEMAS DE DETECCIÓN

El objetivo de esta fase era evaluar la capacidad de los sistemas de detección mediante pruebas preliminares con un equipo disponible en Azti. Se probó un sistema basado en la medida del color dentro del espectro visible. Para la realización de las pruebas preliminares se extrajeron las huevas de Verdel para su posterior análisis de color mediante un colorímetro convencional. El análisis del color se llevó a cabo a través de los parámetros L, a, b y se verificó que la diferenciación de sexo era posible mediante colorimetría.

4.4 DEFINICIÓN DEL PLIEGO DE CONDICIONES PARA EL DISEÑO DEL SENSOR OFF-LINE

El objetivo de esta fase era identificar todos los requisitos necesarios para el diseño y construcción, en su caso, del prototipo portátil y de los accesorios que se requieran para realizar la definición del pliego de condiciones del sensor off-line.

Para realizar el pliego de condiciones se tuvieron en cuenta varios factores:

- El equipo comercialmente disponible y más adecuado para esta aplicación en cuanto a velocidad de adquisición y procesado de datos
- Diámetro de la sonda de medida para que no estropeará la calidad del pescado
- Necesidad de incorporar una carcasa sobre la sonda de medida para aportarle resistencia
- Que la carcasa estuviera biselada y afilada en su parte en contacto con el pescado para mejorar la penetración del sensor en el interior del pescado
- Incorporación de un sistema de limpieza de la sonda-carcasa para minimizar las interferencias en la medida

4.5 DESARROLLO DEL PROTOTIPO OFF-LINE

El objetivo de esta fase era el de obtener un prototipo adecuado para los fines propuestos.

Para la ejecución de esta fase del proyecto se plantean diferentes tareas, que se recogen a continuación y que se identifican por la problemática a resolver:

4.5.1. Determinación de la zona óptima para el pinchado

Se realizan ensayos con Verdell a fin de determinar la zona óptima para la realización del pinchado en la Planta Piloto de Azti-Tecnalia.

4.5.2. Pinchado de la muestra

Se estudia la metodología de pinchado de la muestra a fin de minimizar el impacto en el pescado para obtener un pescado tras análisis de buena calidad. Se estudia la posibilidad de proteger la sonda de medida con una a fin de no estropearla en el pinchado.

4.5.3. Limpieza de la sonda de medida de color

Se estudia la metodología para la limpieza de la sonda y el efecto de la limpieza o no de la sonda de medida de color entre pinchado y pinchado o durante el propio ensayo de sexado. Se realiza un estudio del grado de ensuciamiento con el número de pinchazos tanto en gónadas extraídas como dentro del Verdell.

4.5.4. Medida de color

Se estudia el efecto de diferentes parámetros que se podrían regular en el prototipo sobre la medida del color de la muestra:

- Medida directa del color en gónadas extraídas ó dentro del verdell
- Impacto de la distancia entre la sonda de medida de color y la gónada a analizar
- Madurez de las gónadas
- ...

La medida del color se realiza a través de los parámetros L, a, b o equivalentes, y se usa la sonda de medida definida en la fase 3.

4.5.5. Adquisición de datos

Los datos se transportan hasta un PC para su posterior tratamiento mediante el software adecuado para ello.

4.6 VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO OFF-LINE

Se realizan las pruebas de validación del prototipo a través de la comparación de los resultados obtenidos mediante el sistema de detección visible y los resultados obtenidos mediante el ojo humano.

Para la ejecución de esta fase del proyecto se plantean las siguientes tareas:

4.6.1. Medida en el rango visible

Se realizan ensayos y medidas mediante el prototipo desarrollado en la fase anterior.

4.6.2. Porcentaje de éxito

Se realiza una comprobación de la relación existente entre los datos obtenidos mediante la espectrometría visible y el ojo humano.

4.7 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

A través del análisis de los resultados obtenidos se realiza la determinación del prototipo más adecuado y las condiciones de procesado más adecuadas.

Para la ejecución de esta fase del proyecto se plantean las siguientes tareas:

4.7.1. Análisis de los datos correspondientes al prototipo visible

Se realiza un análisis exhaustivo de todos los datos obtenidos mediante el prototipo visible y el efecto de las variables del proceso.

4.7.2. Análisis conjunto de datos y toma de decisiones

De los resultados obtenidos se realiza un análisis a fin de determinar el equipo y las condiciones de proceso más adecuadas atendiendo al objetivo buscado.

4.8 DESARROLLO DEL PROTOTIPO ON-LINE

El objetivo de esta fase era el de obtener un prototipo on-line adecuado para esta aplicación.

Para la ejecución de esta fase del proyecto se plantean las siguientes tareas:

4.8.1. Pliego de condiciones

Se determinan los requisitos necesarios para el desarrollo del prototipo on-line en toda su extensión, desde la presentación (posicionamiento) del pescado a la sonda presente en la máquina de selección, pasando por la detección del sexo de cada individuo hasta su clasificación por sexo.

4.8.2. Vigilancia tecnológica

Se realiza una consulta a fuentes documentales propias de AZTI-Tecnalia, base de datos específicas (ASFA, FIS ...) internacionales, nacionales y proveedores de la tecnología a fin de encontrar una ingeniería o fabricante que pueda fabricar el prototipo planteado según especificaciones.

4.9 VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO ON-LINE

El objetivo de esta fase es validar el prototipo desarrollado en la fase anterior. Para ello se con la especie seleccionada (Verdel) se realizan pruebas de validación del prototipo en la planta de Conservas El Velero. La validación se realiza a través de la comparación de los resultados obtenidos mediante el sistema de detección visible y los resultados obtenidos mediante el ojo humano.

Para la ejecución de esta fase del proyecto se plantean las siguientes tareas:

4.9.1. Realización de ensayos

Se realizan ensayos mediante el prototipo on-line propuesto en la campaña del Verdel en Conservas El Velero.

4.9.2. Porcentaje de éxito

Se realiza una comprobación de la relación existente entre los datos obtenidos mediante la línea de clasificación de pescado y el ojo humano.

4.10 MODIFICACIÓN DEL PROTOTIPO ON-LINE

En esta etapa se realizan las correcciones del prototipo de clasificación de pescado por sexo correspondientes a los fallos detectados en la fase anterior.

4.11 PROTECCIÓN Y TRANSFERENCIA DE LOS RESULTADOS

El objetivo en esta fase es proteger tanto a nivel del concepto semiautomático como del proceso global automatizado y transferirlos siguiendo diferentes planes.

Para la ejecución de esta fase del proyecto se plantean las siguientes tareas:

4.11.1. Protección de los resultados de la investigación

Se analiza la patentabilidad de los resultados. En el caso que se requiera, se solicitará el registro de patentes.

4.11.2. Establecimiento de un acuerdo para la transferencia y explotación

Formalización de un acuerdo de colaboración para la explotación de los resultados AZTI-TECNALIA-CONSERVAS EL VELERO, S.L en el caso que proceda. Se inician los trámites administrativos adecuados si procede.

4.11.3. Difusión de resultados al sector

Mediante el contacto con empresas potencialmente usuarias de los resultados y organización de reuniones para la difusión de los resultados obtenidos durante este proyecto (aquellos que no sean confidenciales) a dichas empresas.

5. RESULTADOS

En este apartado se describen los resultados obtenidos a lo largo de todo el proyecto. Se dividen éstos en cuanto a las fases del proyecto.

5.1 BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA

5.1.1. Identificación de bibliografía sobre resultados previos

Se ha realizado una vigilancia tecnológica a través de fuentes documentales de diversos tipos: ESPACENET, FREEPATENTSONLINE y PATENTSTORM (PATENTES) y ISI Web of Knowledge, ASFA, Sciencedirect y FSTA (ARTICULOS). De esta búsqueda se ha encontrado numerosa bibliografía referente al sexado de pescado tanto de modo manual como automático pero ninguna referencia trata sobre el sexado de verdel mediante colorimetría en el visible.

5.1.2. Identificación de proveedores de la tecnología

Se ha contactado con un total de 7 proveedores de tecnología de colorimetría mediante fibra óptica, tanto a nivel nacional como internacional. Se probaron 3 de los 7 equipos disponibles y se eligió el más adecuado para la aplicación de sexado atendiendo a las especificaciones del sensor (rapidez de medida, transferencia, de conversión de datos a señal analógica, diámetro de la sonda de medida y potencia de la lámpara de iluminación).

5.2 EVALUACIÓN OFF-LINE DE SISTEMAS DE DETECCIÓN

Durante esta fase se analizó la eficacia de dos sistemas de colorimetría. El primero consistió en un espectrómetro de sólidos (figura 2) disponible en las instalaciones de AZTI-Tecnalia en que se verificó que mediante colorimetría y con las gónadas extraídas del pescado el porcentaje de éxito de sexado era del 100%.



Figura 2. Colorímetro de sólidos

El segundo sistema que se utilizó durante esta fase del proyecto fue el equipo seleccionado en la fase anterior cuya sonda de transferencia de luz está compuesta de fibra óptica (sonda roja) donde se verificó que mediante esta tecnología y con las gónadas extraídas del pescado el porcentaje de éxito de sexado era del 100%.



Figura 3. Colorímetro de fibra óptica

5.3 DEFINICIÓN DEL PLIEGO DE CONDICIONES PARA EL DISEÑO DEL SENSOR OFF-LINE

En esta fase se identificaron todos los requisitos necesarios para el diseño del prototipo y de los accesorios que se requieren para realizar la definición del pliego de condiciones del sensor off-line.

Los requisitos impuestos para el conformado del prototipo off-line son los siguientes:

1. Equipo portátil
2. Sexado del verdel rápido, por lo que debe ser un sensor de fibra óptica
3. La sonda de medida de color debe llegar a las gónadas por tanto el equipo debe poder pinchar el pez sin causar efecto negativo en la calidad del pescado a sexar, por lo que el diámetro del sensor debe ser mínimo
4. Necesidad de utilización de una carcasa sobre la sonda a fin de aportarte la resistencia suficiente para que no se rompa al pinchar el verdel
5. Carcasa suficientemente estrecha en sección para no causar efectos negativos en la calidad del pescado sexado
6. Carcasa debe estar biselada y afilada en su parte en contacto con el pescado para mejorar la penetración del sensor en el interior del pescado
7. Necesidad de un sistema de limpieza a fin de que los datos adquiridos no contengan interferencias y por tanto reducir al máximo los errores en el sexado

5.4 DESARROLLO DEL PROTOTIPO OFF-LINE

Durante esta fase se siguieron los siguientes pasos para el buen desarrollo del sensor off-line.

4.5.1. Determinación de la zona óptima para el pinchado

Se realizaron ensayos con Verdél a fin de determinar la zona óptima para la realización del pinchado. En estos ensayos se realizaron diferentes pruebas a fin de determinar la posición exacta donde se debe pinchar el sensor en cuanto a longitud desde la cabeza del verdel (X), altura desde la barriga a la espada (Y) y profundidad de pinchado de la sonda (Z) a fin de optimizar el éxito de sexado, figura 4. Estas tres distancias señaladas son dependientes del tamaño del verdel a sexar.

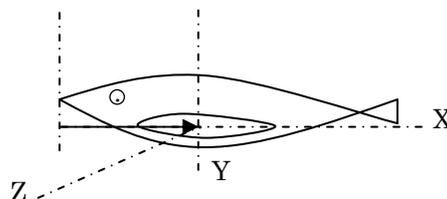


Figura 4. Esquema de localización de las distancias óptimas para el pinchado

4.5.2. Pinchado de la muestra

Para el pinchado de la muestras se determinó que era necesario que la sonda de medida de color debía estar protegida con una carcasa a fin de no estropearla en el pinchado del pez.

Se planteó el uso de una carcasa cuyo material de fabricación le aportara la resistencia requerida. Se probaron diferentes materiales; plástico, vidrio y metal y diferentes diseños de carcasa. De los diferentes diseños se seleccionó el acero inoxidable de menos diámetro externo como el más adecuado para esta aplicación ya que le aportaba la resistencia necesaria con un espesor muy fino de carcasa (1,6 mm de diámetro exterior) con lo que se conseguía evitar la rotura de la sonda provocando un mínimo impacto en el pescado sexado, evitando además el riesgo de rotura de la propia carcasa como podría suceder con materiales de vidrio o plástico.

En la figura 5 se muestran dos de esos diseños uno correspondiente a la carcasa de vidrio (a) y otro correspondiente a la carcasa metálica con posibilidad lateral para la incorporación de limpieza entre la sonda y la carcasa (b), también se muestra el sistema de sexado correspondiente a esta última carcasa.

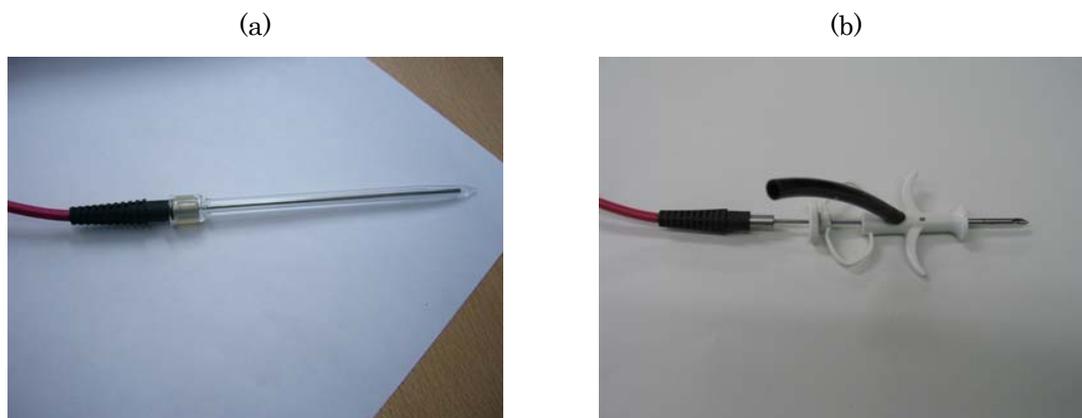


Figura 5. Diseños de carcasa (a) y (b)

En la figura 6 se puede observar el pequeño orificio que queda en la piel del verdel tras el pinchazo.



Figura 6. Orificio remanente tras el pinchado

4.5.3. Limpieza de la sonda de medida de color

Se realizaron diferentes pruebas de limpieza siguiendo las siguientes estrategias:

1. una limpieza entre pinchazo y pinchazo
2. siguiendo esta secuencia: pinchazo, limpieza y por último medida
3. Se realizó un estudio del grado de ensuciamiento con el número de pinchazos (sin limpiezas) tanto en gónadas extraídas como dentro del Verdell concluyendo que las medidas son correctas hasta el sexto pinchazo y que a partir del pinchazo número 7 el grado de ensuciamiento del sensor es tal que se reduce al probabilidad de éxito en el sexado hasta límites inferiores a los deseados.

Se probaron como fluidos limpiadores el agua y el aire comprimido, concluyendo que éste último es el más adecuado debido a que es de mayor versatilidad a la hora de poder aplicarlo tanto una vez ya se ha realizado el pinchazo como momentos anteriores a la medida.

4.5.4. Medida de color

Se estudió el efecto de diferentes parámetros que se podrían regular en el prototipo sobre la medida del color de la muestra:

- Medida directa del color en gónadas extraídas ó dentro del verdell
- Impacto de la distancia entre la sonda de medida de color y la gónada a analizar
- Impacto de la posición del sensor en el interior de la carcasa y con respecto a la gónada a medir
- Madurez de las gónadas
- Si las gónadas son frescas o han estado congeladas

De estos estudios se obtuvieron los parámetros determinantes a la hora de clasificar el verdel en cuanto a sexo.

4.5.5. Adquisición de datos

Para realizar la clasificación de pescado en función del sexo de modo manual se utilizó el sistema de la Figura 7, que está compuesto por espectrómetro (AvaSpec-102) con su fotodiodo 71, una fuente de energía (AvaLight-HAL-S) 72, una sonda de medida 73, un PC 74, la muestra 75 y un software (Avasoft7USB2) de toma de datos (parámetros diferenciadores de sexo) del espectrómetro y determinación del sexo.

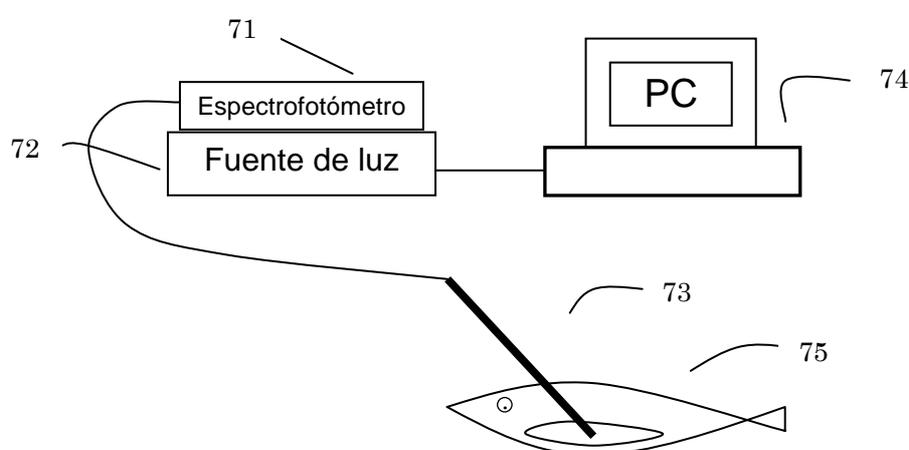


Figura 7. Esquema de sistema de sexado de pescado

El equipo de sexado se completa con el software de procesamiento de datos (AvaSoft-FULL) que contiene el programa de color (AvaSoft-COL) que se encarga de determinar los valores de los parámetros de sexado y el software de control de proceso (AvaSoft-PROC) que se encarga de transformar esos valores en salidas analógicas correspondientes a macho o hembra.

La metodología que se ha utilizado para el sexado de verdel es la que se presenta a continuación. Esta metodología es válida tanto para su aplicación off-line como para su aplicación on-line en el sistema automatizado.

Se presenta el pescado y se pasa a la colocación de éste frente a sonda de selección del sexo, tras lo cual se procede al pinchado del pez en la zona determinada como óptima para la medida. En este proyecto se utilizó para el pinchado del pescado una sonda de medida

protegida por una carcasa con el fin de para evitar ruptura de ésta a la hora del pinchado y que permite la limpieza de la sonda.

Posterior al pinchazo se procede a la limpieza de la sonda-carcasa para evitar distorsiones en la medida (reflexión de la luz), esta limpieza puede realizarse por dentro de ésta o por fuera . Cuando la sonda se encuentra en buenas condiciones para transmitir la luz (incidente y reflejada), se procede a la medida, cálculo y selección de el/los parámetro/s característico/s para la selección de pescado en cuanto al sexo.

5.5 VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO OFF-LINE

Durante esta fase se realizó la validación del prototipo off-line, para ello las pruebas de validación del prototipo se realizaron mediante la comparación de los resultados obtenidos mediante el sistema de detección visible y los resultados obtenidos mediante el ojo humano obteniendo unos resultados en cuanto a porcentaje de éxito del 90% para la aplicación del sistema con limpieza por el interior de la carcasa metálica.

5.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Mediante el análisis de los resultados obtenidos de todas las pruebas realizadas, se realizó la determinación de prototipo más adecuado y la determinación de las condiciones reprocesado más adecuadas para la aplicación on-line.

El prototipo de sexado más adecuado en cuanto a la parte del sensor de sexado se compone de:

- una sonda de media de fibra óptica
- una carcasa metálica biselada en la parte inferior y con borde cortante de diámetro exterior de 1,6 mm para mejora la penetrabilidad del sensor en interior de verdel y con espacio entre sonda y carcasa suficientemente amplio como para realizar una limpieza entre carcasa y sensor
- Sistema de limpieza mediante inyección de aire comprimido

5.7 DESARROLLO DEL PROTOTIPO ON-LINE

5.7.1. Pliego de condiciones

La primera tarea que se realizó en esta fase fue el establecimiento del pliego de condiciones para el correcto desarrollo del prototipo.

Los requisitos impuestos para el conformado del prototipo on-line son los siguientes:

1. Debe tener limpieza fácil
2. Todas las partes del equipo en contacto con el producto deben ser desmontables para su correcta limpieza
3. Debe tener una productividad de 2 verdes/s para verdes de tamaño entre 350 y 500g
4. Debe de poder sexar los pescados que son alimentados de manera aleatoria
5. Debe de poder sujetar el verdel mientras es analizado mediante un sistema que produzca la mínima alteración de la calidad del pescado
6. Debe aportar el sistema de limpieza de la sonda de medida
7. una vez sexado el individuo debe colocarse en una cinta transportadora asignada al sexo determinado por el sensor

5.7.2. Vigilancia tecnológica

Se realizó una vigilancia tecnológica a fin de encontrar información tanto de patentes como de artículos científicos que aportaran información acerca de sistemas automáticos de sexado. De esta búsqueda encontró numerosa bibliografía referente a la manipulación de pescado u otros objetos mediante robots pero ninguna referencia trata sobre robots que llevan incorporada una que toma decisiones de donde tiene que llevar el objeto que sujeta “garra inteligente”.

También se realizó una búsqueda de proveedores de los materiales necesarios para la construcción del prototipo.

5.7.3. Desarrollo del prototipo

Con el pliego de condiciones desarrollado en la tarea 5.7.1 se planteó un diseño de prototipo on-line. Para la integración on-line del sistema de calificación por sexo de Verdél se opta por una solución basada en un robot de manipulación de alta velocidad asistido por un sistema de visión de artificial (ya patentado), de manera que sea capaz de detectar los verdes que

vienen por una cinta transportadora de manera aleatoria, y clasificarlos en machos y hembras.

El prototipo on-line está compuesto a parte de los componentes principales, robot y cintas, son componentes comerciales cuyas prestaciones son adecuadas para conseguir los requerimientos del sistema de un sistema de visión y una garra de manipulación de pescado.

Los verdes son introducidos por un extremo y para conseguir que el sensor situado en el manipulador / garra del robot se inserte en el lugar adecuado del pescado, éstos deben ser previamente detectados e identificados por el **sistema de visión**. Este sistema debe ser capaz de detectar los pescados según se desplazan por la cinta transportadora e identificar correctamente su posición y orientación. Tras la detección, el sistema de visión, que tiene que haber sido previamente calibrado con respecto al robot y la cinta transportadora, realiza la transformación del sistema de referencia para enviar al robot las coordenadas del punto donde debe insertarse el sensor colorímetro.

Todo sistema de visión se compone de tres partes fundamentales: el sistema de iluminación, óptica y el software que realiza el análisis de las imágenes.

Con el sistema de iluminación se persiguieron diferentes objetivos:

- mantener una iluminación constante en el área de trabajo para eliminar variaciones que dificulten o incluso impidan la labor del software de análisis
- eliminar las sombras proyectadas por los objetos
- eliminar brillos y reflejos en objetos y cinta
- maximizar el contraste entre los objetos a analizar y el fondo (la cinta transportadora)

Para seleccionar la óptica adecuada se tuvo en cuenta básicamente el tamaño del sensor de la cámara, la distancia al plano de trabajo y el tamaño de los objetos que se deben detectar.

El problema de la detección e identificación posicional de pescados introduce dos dificultades adicionales sobre los clásicos problemas de visión en entornos industriales. Por un lado, el sistema de detección debe ser capaz de admitir una variación en cuanto a tamaño considerable, de alrededor del 15% entre las muestras más pequeñas y las mayores (la variación en los sistemas industriales suele rondar el 1 ó 2%). Y por otro lado, los pescados

son objetos deformables, que debido a su flexibilidad pueden ofrecer formas muy diferentes. Por lo que el desarrollo del software de visión siguió estas pautas.

El resultado final no es suficiente de este estudio resultó no ser suficiente ya que no se consigue segmentar el objeto en su totalidad en algunos casos, y por tanto el cálculo del punto en el que se debe insertar el sensor no es suficientemente preciso, figura 8.



Figura 8. Captura fallida del software de visión

El robot coge el verdel a través de una **garra de manipulación**, que además de ser capaz de manipular (coger y soltar) el verdel, lleva integrada la sonda del sensor de color (descrito en el apartado anterior) que determina en sexo del pescado.

5.7.4. Adquisición de datos

El modelo de adquisición y procesado de datos para la correcta determinación del sexo del pescado se basa en dos componentes separados: un PC ejecutando Windows XP, y el controlador Adept Smart Controller. Ambos componentes están comunicados mediante una conexión Ethernet, y a la hora de comunicarse y sincronizarse, el PC ejerce de servidor al que se conecta el controlador como cliente. A rasgos generales, la parte relativa al procesamiento de visión se realiza sobre el PC y los aspectos de tracking y movimientos tienen lugar en el controlador.

Un ejemplo del software para el caso en que ha detectado que el pescado es Hembra o Macho se puede observar en la figura 9.

a)



b)



Figura 9. Software de control del proceso. a) ejemplo Hembra y b) ejemplo Macho

5.8 VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO ON-LINE

Durante la fase de validación del prototipo on-line se procedió de la siguiente forma:

5.8.1. Validación del sistema de visión

Para la validación del sistema de visión, se han realizado pruebas reales del sistema, introduciendo verdes en la cinta transportadora para que pasen por el sistema de visión, y este los reconozca. Se han realizado pruebas con lotes de 50 verdes, y se han comprobado que el acierto en el reconocimiento del sistema es del 93 %. La comprobación se ha realizado tomando medidas sobre las imágenes grabadas por el sistema de visión.

5.8.2. Validación de la garra de sujeción del pescado

Para la validación de la garra de sujeción, se ha sujetado un verdel a la garra de manipulación, y se ha sometido a movimientos combinados de desplazamiento y rotación con aceleraciones 10% superiores a las requeridas por el proceso, en continuo, y se ha observado, que el verdel no se suelta, a no ser que se rompa el verdel; esto suele ocurrir a partir de 50 ciclos.

5.8.3. Validación del conjunto global

Se ha puesto a funcionar en condiciones quasi-reales el sistema y se observa que los aciertos (comprobación manual) no llega al 90%, es difícil determinar, en cada caso, los errores a que

se deben, si al sensor, la visión o han existido falsos positivos que hacen mejorar la estadística.

5.9 MODIFICACIÓN DEL PROTOTIPO ON-LINE

Las modificaciones realizadas sobre el prototipo online, han sido principalmente dos; una la variación de la iluminación, y el color de la cinta transportadora ya que el emplazamiento final de la instalación así lo exigía, y la garra de manipulación; en un principio se diseñó una garra de manipulación en la que los puntos de sujeción eran variables para poder ajustarnos de una manera optima a los distintos tamaños de peces, la cual se rediseño con unos puntos de sujeción fijos, que sirven para todos los tamaños de verdeles a manipular.

5.10 PROTECCIÓN Y TRANSFERENCIA DE LOS RESULTADOS

Durante el desarrollo de esta fase (la cual todavía se está realizando) se ha protegido tanto a nivel del concepto semiautomático como del proceso global automatizado y se ha transferido transferirlos siguiendo diferentes planes.

Para la ejecución de esta fase del proyecto se plantean las siguientes tareas:

4.11.1. Protección de los resultados de la investigación

Se ha analizado la patentabilidad de los resultados obtenidos a lo largo del proyecto y hasta la fecha se ha presentado una patente sobre el sensor de sexado de verde. Dicha patente se ha depositado en la oficina de patentes y marcas con nº PCT 20070700182. Se está redactando a su vez otra patente con la finalidad de proteger los resultados obtenidos para el equipo de sexado del sistema integrado.

4.11.2. Establecimiento de un acuerdo para la transferencia y explotación

Se está realizando un acuerdo entre AZTI-Tecnalia y Fatronik para la explotación de la patente del sistema integrado. Se está mirando la formalización de un protocolo de transferencia de los resultados en Planta a una conservera como es Conservas El Velero.

4.11.3. Difusión de resultados al sector

Cuando el curso de las patentes generadas por los resultados obtenidos en este proyecto lo permitan se piensa contactar con empresas potencialmente usuarias de los resultados y se intentará organizar una reunión para la difusión de los resultados obtenidos.

6. CONCLUSIONES

Mediante este proyecto se ha desarrollado un prototipo on-line de diferenciación de pescado a través del sexo que permite la selección y clasificación de éste a fin de posibilitar –facilitar el tratamiento posterior de extracción de huevas.

El prototipo desarrollado consta de un robot con un brazo que contiene una garra inteligente donde va situado el sensor de clasificación de pescado por sexo.

Por un lado el sensor de clasificación de pescado por sexo tiene una efectividad en la clasificación del 90%, por otro el robot tiene una productividad adecuada acorde con lo predeterminado pero al estudiar la productividad y efectividad del sistema integrado y teniendo en cuenta la objetivo se detectan varias áreas de mejora que se podrían resolver mediante posteriores estudios en otro proyecto.

Las distintas áreas de mejora son:

- Sistema de visión: El sistema de visión que se ha utilizado hasta ahora, genera algunos problemas que redundan tanto en la productividad como en la efectividad. El sistema de visión es capaz de detectar el verdel, pero no con la precisión deseada, por lo que el sistema no pincha en la zona adecuada introduciéndose en el músculo en vez de las gónadas generando esto error en la lectura. También ocurre que ante un único pez, el sistema de visión detecta más de unidad; el pez real, y peces contenidos dentro del contorno real de pez, generando esto que el robot de manipulación, se desplace en más de una ocasión a coger el “mismo” pez, generando por tanto una disminución de la productividad del sistema y pudiendo pinchar en un lugar no adecuado de éste lo que podría conllevar así mismo a un error en el sexado.
- Garra de manipulación: La garra de manipulación diseñada además de permitir coger y soltar el pescado, tiene que alojar la sonda para detección de color, y el sistema de limpieza de la misma. En la configuración actual de la garra se tienen unos tiempos de aspiración y soplados necesarios para coger y soltar el pescado demasiado largos, ya que en la configuración neumático utilizada existen numerosas

perdidas de carga, debidas a la longitud de las conducciones principalmente. En consecuencia también, el sistema de limpieza no tiene presión suficiente, incidiendo esto en la efectividad del sistema.

- Sonda de color. Se ha constatado que el sensor para clasificación por sexo (medida del color de gónadas) tiene una efectividad del 90% sin estar integrado en el sistema robotizado. Para aumentar por tanto la efectividad del sistema, es necesario implementar más sondas (un máximo de tres) con el fin de obtener un mayor número de medidas por muestra.

Por lo tanto teniendo identificadas estas limitaciones, se podría trabajar en ellas a través del proyecto solicitado a la convocatoria FEP 2007 que se desarrollará a través de las siguientes líneas:

- Visión
- Optimización neumática y nuevas garras de manipulación
- Optimización estrategias de manipulación
- Optimización de la detección de sexo del verdel.

En cuanto a la protección de los resultados obtenidos se han planteado dos patentes: una para la parte del sensor diferenciador de sexo (que se ha presentado a la oficina española de patentes y marcas) y además se presentado a una convocatoria ofrecida por el Gobierno Vasco a fecha de Diciembre de 2.006, y otra para la parte del sistema integrado (que se encuentra en fase de redacción).

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la gran ayuda de Amaia Lasagabaster y Olatz fundazuri que han colaborado en las pruebas validación del prototipo off-line.