

# ***Descomposición del Pescado***



**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA PESQUERA

## **DETERIORO Y DESCOMPOSICIÓN DEL PESCADO**

PROFESOR: RAFAEL GARCÍA; Ph.D

2021

---

### *INTRODUCCIÓN*

---

- *FASES DEL DETERIORO Y DEGRADACIÓN*
  - *MECANISMO INTRÍNSECO DEL DETERIORO*
  - *ALTERACIÓN DE LOS CARBOHIDRATOS*
  - *DEGRADACIÓN DE LOS NUCLEÓTIDOS*
    - *PROTEÍNAS DEL PESCADO*
  - *DEGRADACIÓN DE LOS COMPUESTOS NITROGENADOS*
    - *DEGRADACIÓN DE LOS LÍPIDOS*
-

## *PEscADO FRESCO?*



---

### *DEGRADACIÓN Y DESCOMPOSICIÓN DEL PESCADO*

*DESPUÉS DE LA CAPTURA Y MUERTE DEL PESCADO, ÉSTE SUFRE INMEDIATAMENTE UN DETERIORO Y POSTERIOR DESCOMPOSICIÓN.*

*LA VELOCIDAD DE DETERIORO VARÍA SEGÚN LAS ESPECIES DEPENDIENDO DE DIVERSOS FACTORES, TALES COMO:*

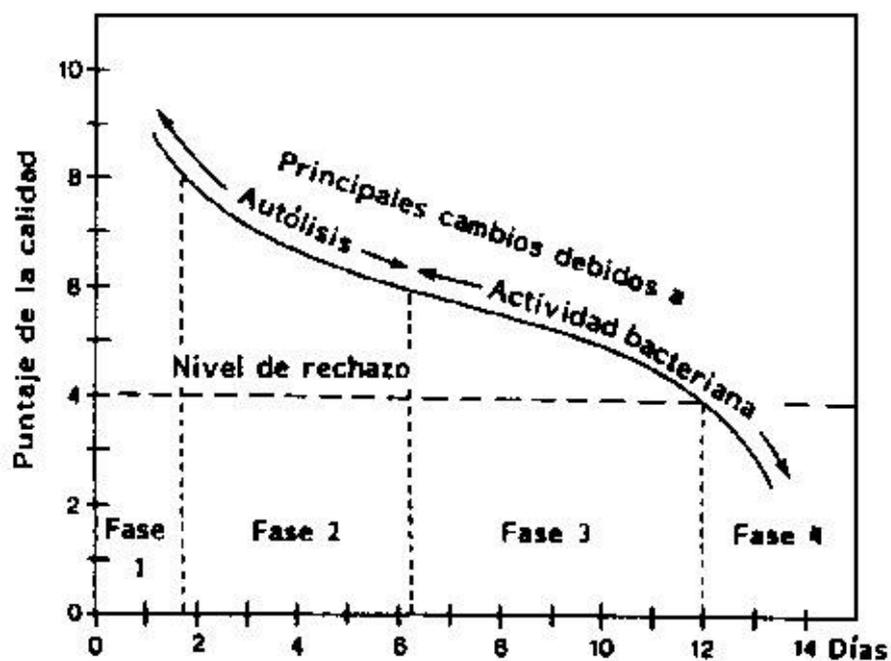
---

- 
- TAMAÑO
  - ESTADO FISIOLÓGICO
  - ALIMENTACIÓN
  - MÉTODOS DE CAPTURA
  - TEMPERATURA
  - OTROS.
- 

PRODUCIDA LA MUERTE, LAS FUNCIONES FISIOLÓGICAS NORMALES QUE SE LLEVABAN A CABO EN ESTADO VIVO CAMBIAN, INICIÁNDOSE EL PROCESO DE DEGRADACIÓN.

LOS CAMBIOS BIO-QUÍMICOS QUE EXPERIMENTA EL PESCADO, DA LUGAR A DIFERENTES ETAPAS DE DETERIORO Y POR CONSIGUIENTE DIFERENTES GRADOS DE FRESCURA

---



---

**FASES POST-MORTEM DEL PESCADO**

---

---

### **1. FASE DE IRRITABILIDAD O DE PRE-RIGOR.**

---

*PERÍODO QUE VA DESDE LA MUERTE DEL PESCADO HASTA QUE COMIENZA EL RIGOR MORTIS.*

---

- *EXISTE RESPUESTA MUSCULAR MARCADA*
  - *EMPIEZA LA GLUCÓLISIS ANAEROBIA, CON ACUMULACIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO Y DEGRADACIÓN DEL ATP A ADP Y OTROS NUCLEÓTIDOS*
  - *EL pH DEL MÚSCULO SE ENCUENTRA EN VALORES CERCANOS A 7.0. EL MÚSCULO ES ELÁSTICO.*
- 

### **2. FASE DE RIGOR MORTIS O DE RIGIDEZ CADAVERICA.**

*ESTA ETAPA COMIENZA CUANDO LOS VALORES DE PH DEL MÚSCULO LLEGAN A SU VALOR MÍNIMO (5.5-5.9).*

---

- *LOS SARCÓMERS SE ENCUENTRAN CONTRAÍDOS Y EXISTE UNA FORMACIÓN IRREVERSIBLE DE ACTOMIOSINA.*
  - *EL PESCADO SE TORNA RÍGIDO Y DURO POR LA CONTRACCIÓN DE LAS PROTEÍNAS MIOFIBRILARES*
  - *EL PH DEL MÚSCULO SE ENCUENTRA EN EL ENTORNO DE 6.0*
- 

*LA DURACIÓN DEL RIGOR, ES VARIABLE DE ACUERDO A SU ESTADO DE FATIGA, RESERVAS DE GLUCÓGENO, ESTADO REPRODUCTIVO, ESTADO NUTRICIONAL, ETC.*

---

### **3. FASE ALTERATIVO O DE POST-RIGOR.**

---

- *SE INICIA CUANDO EL MÚSCULO EMPIEZA A ABLANDARSE NUEVAMENTE*
- *EN ESTA ETAPA, SE PRODUCE LA LIBERACIÓN DE CATEPSINAS (ENZIMAS PROTEOLÍTICAS QUE SE ENCUENTRAN EN LOS LISOSOMAS)*

- LA ACCIÓN ENZIMÁTICA SOBRE LAS PROTEÍNAS ESTRUCTURALES DEL MÚSCULO, FACILITA LA ACTIVIDAD MICROBIANA.
- 

#### 4. PUTREFACCIÓN

FINALIZADO EL RIGOR MORTIS, COMIENZAN LOS PROCESOS QUE LLEVAN A LA PUTREFACCIÓN DEL PRODUCTO.

##### ALTERACIÓN DE LOS CARBOHIDRATOS

EN CONDICIONES FISIOLÓGICAS AERÓBICAS NORMALES, LAS REACCIONES GLUCOLÍTICAS SON LLEVADAS A CABO A PARTIR DEL GLUCÓGENO.

ESTAS REACCIONES METABÓLICAS, PROVEEN LA GLUCOSA LA QUE ES OXIDADA POR EL OXÍGENO PROVENIENTE DE LA SANGRE, VÍA CICLO DE KREBS, LIBERANDO ANHÍDRIDO CARBÓNICO Y AGUA.

POR ESTA RUTA METABÓLICA SE OBTIENE LA ENERGÍA PARA LA FOSFORILACIÓN DEL ADP CON LA CONSECUENTE FORMACIÓN DE ATP.

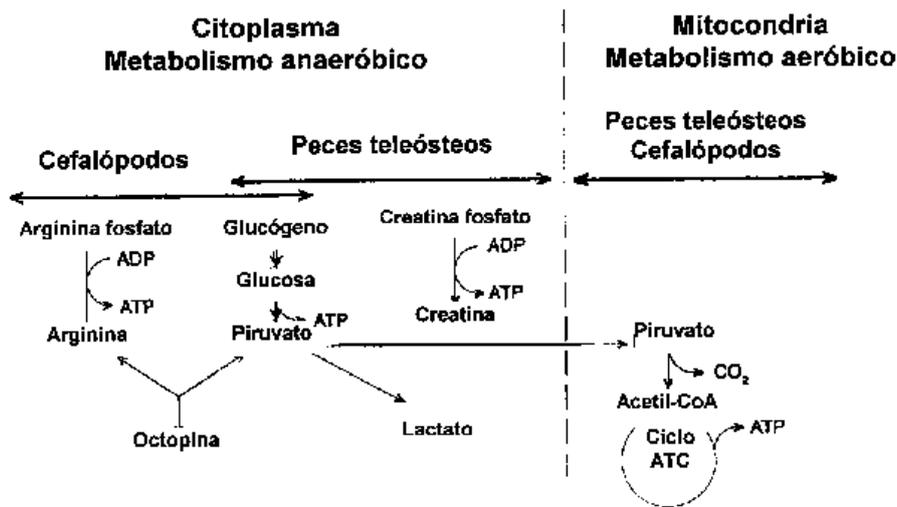
AL MORIR EL PESCADO LAS REACCIONES AERÓBICAS DISMINUYEN PAULATINAMENTE AGOTANDO LAS RESERVAS DE OXÍGENO.

INTERRUMPIDA LA RESPIRACIÓN, LA GLUCÓLISIS EN EL TEJIDO MUSCULAR POST-MORTEM TIENE LUGAR EN CONDICIONES ANAERÓBICAS Y EL GLUCÓGENO DA LUGAR A LA FORMACIÓN Y ACUMULACIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO SIGUIENDO LA RUTA DE EMBDEN MEYERHOFF.

SE PRODUCE UN DESCENSO DE PH DEL MÚSCULO DANDO ASÍ, LA ZONA DE "PROTECCIÓN ÁCIDA", QUE EN EL CASO DEL PESCADO, ES DE POCA EFECTIVIDAD. POR ESTA RAZÓN EL MÚSCULO DE PESCADO ES MÁS SUCEPTIBLE AL ATAQUE MICROBIANO QUE LAS CARNES ROJAS.

ESQUEMA DE LA GLUCÓLISIS

---



### DEGRADACIÓN DE NUCLEÓTIDOS

CUANDO EL ORGANISMO ESTÁ VIVO, EL ATP SE REGENERA A PARTIR DEL ADP A EXPENSAS DE LA ENERGÍA QUE SE PRODUCE EN LA GLUCÓLISIS

EL ATP CUMPLE DIVERSAS FUNCIONES DE TRABAJO EN EL ORGANISMO VIVO. UNA DE ESTAS FUNCIONES, ES LA DE MANTENER SEPARADOS LOS FILAMENTOS MUSCULARES DE ACTINA Y MIOSINA, DÁNDOLE DE ESTA MANERA, PLASTICIDAD AL MÚSCULO.

PRODUCIDA LA MUERTE DEL PESCADO Y CUANDO SE HA CONSUMIDO TODA LA RESERVA DE FOSFOCREATINA, EL ATP NO PUEDE SER RESINTETIZADO Y SIGUE UNA RUTA DEGRADATIVA.

EL ATP SE DEGRADA POR UNA SERIE DE REACCIONES DE DEFOSFORILACIÓN Y DESAMINACIÓN A IMP, EL QUE CONTINUA DEGRADÁNDOSE A INOSINA (HXR) Y HIPOXANTINA (HX).

ATP	→	ADP	→	AMP	→	IMP	→	HXR	→	HX
<sub>2</sub> -P <sub>i</sub>		<sub>2</sub> -P <sub>i</sub>		<sub>3</sub> -NH <sub>2</sub>		<sub>2</sub> -P <sub>i</sub>				

EL ATP SE DEGRADA POR UNA SERIE DE REACCIONES DE DEFOSFORILACIÓN Y DESAMINACIÓN A IMP, EL QUE CONTINUA DEGRADÁNDOSE A INOSINA (HXR) Y HIPOXANTINA (HX).

MEDIR LA RELACIÓN ENTRE LA CANTIDAD DE INOSINA (HXR) E HIPOXANTINA (HX) FORMADA Y EL CONTENIDO TOTAL DE LOS COMPUESTOS RELACIONADOS CON EL ATP, ES UNA MEDIDA DE FRESCURA.

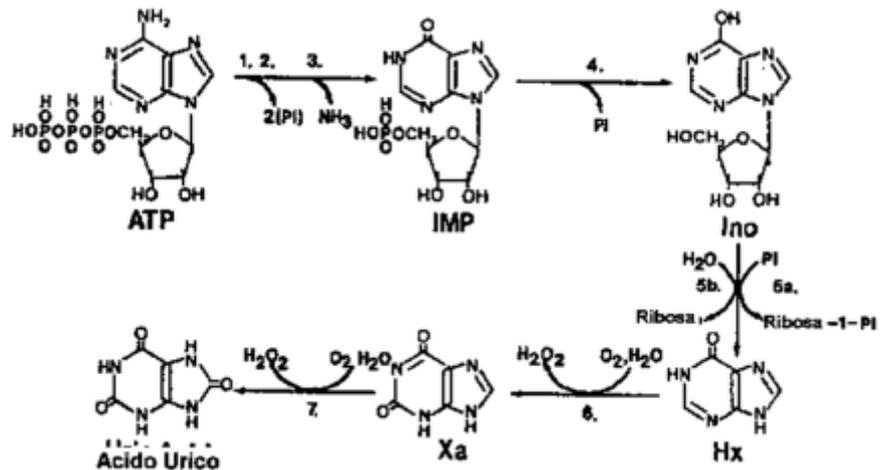
EL MÉTODO EMPLEADO PARA MEDIR ESTA RELACIÓN SE CONOCE COMO VALOR K Y SE EXPRESA EN PORCENTAJE.

$$\text{VALOR K \%} = \frac{\text{HXR} + \text{HX}}{\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{HXR} + \text{HX}} \cdot 100$$

---

## ESQUEMA DE LA DEGRADACIÓN DEL ATP

---



---

## PROTEÍNAS DEL PESCADO

LAS PROTEÍNAS DEL MÚSCULO DEL PESCADO SE PUEDEN DIVIDIR EN TRES GRUPOS:

1. **PROTEÍNAS ESTRUCTURALES** (ACTINA, MIOSINA, TROPOMIOSINA Y ACTOMIOSINA), QUE CONSTITUYEN EL 70-80% DEL CONTENIDO TOTAL DE PROTEÍNAS.

ESTAS PROTEÍNAS SON SOLUBLES EN SOLUCIONES SALINAS NEUTRAS DE ALTA FUERZA IÓNICA (<sup>3</sup>0,5 M).

2. **PROTEÍNAS SARCOPLASMÁTICAS** (MIOALBÚMINA, GLOBULINA Y ENZIMAS), QUE SON SOLUBLES EN SOLUCIONES SALINAS NEUTRAS DE BAJA FUERZA IÓNICA (0,15 M).

ESTA FRACCIÓN CONSTITUYE EL 25-30 POR CIENTO DEL TOTAL DE PROTEÍNAS.

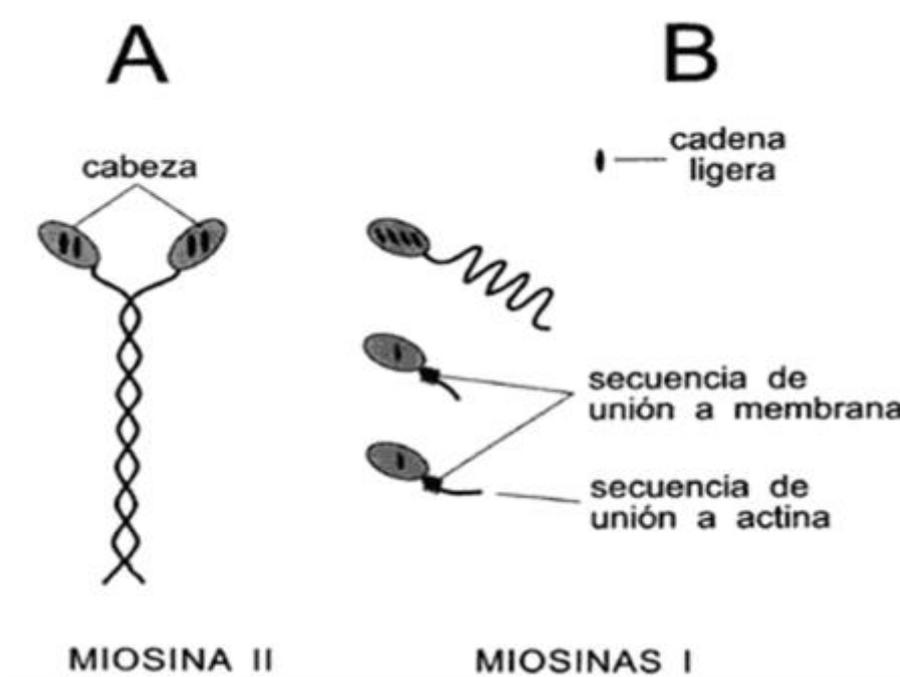
3. **PROTEÍNAS DEL TEJIDO CONECTIVO** (COLÁGENO), QUE CONSTITUYEN APROXIMADAMENTE EL 3% DEL TOTAL DE LAS PROTEÍNAS EN TELEÓSTEOS Y CERCA DEL 10% EN ELASMOBRANQUIOS.

### MIOSINA

LA MOLÉCULA DE MIOSINA ESTÁ FORMADA POR DOS CADENAS ENROLLADAS ENTRE SÍ DE UN PESO MOLECULAR

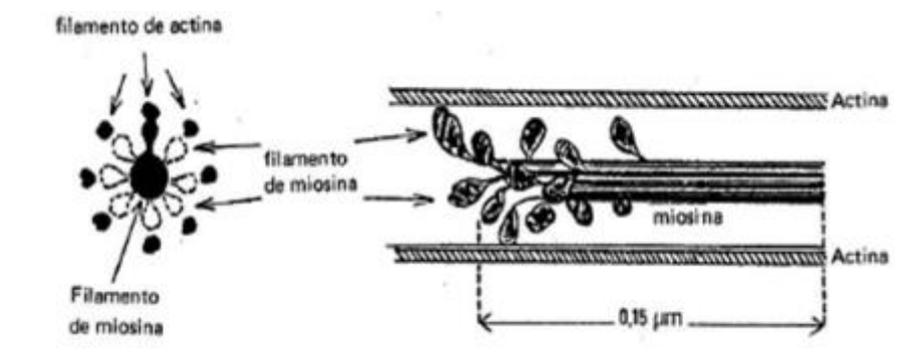
APROXIMADO DE 500.000.

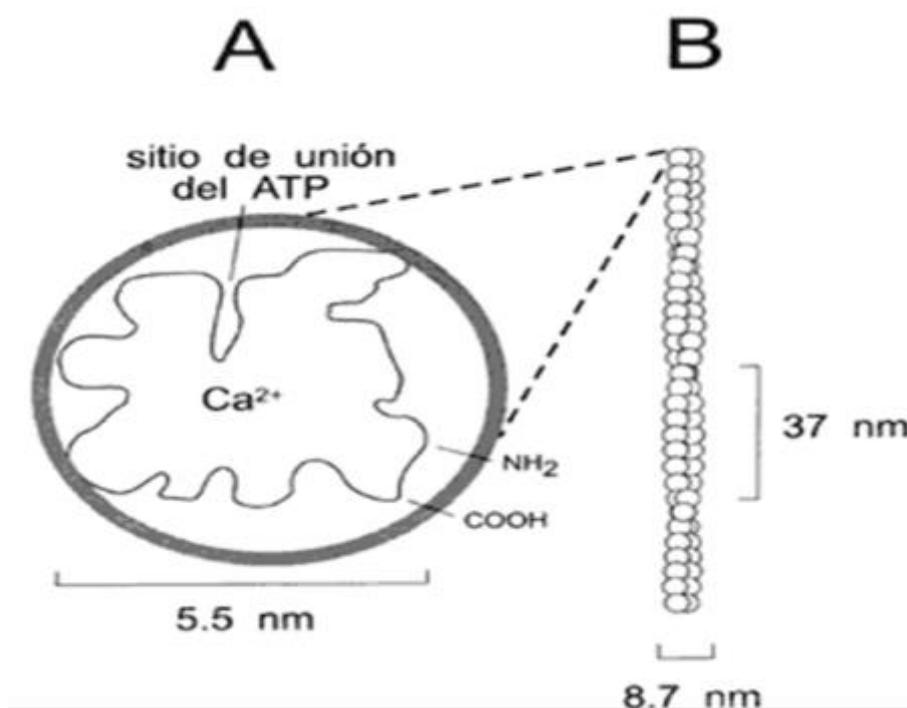
FORMA UNA FIBRILLA DE UNOS  $1,5 \mu\text{M}$  DE LONGITUD CON UNA PARTE MÁS VOLUMINOSA EN EL EXTREMO QUE INTERACCIONA CON LA ACTINA, CONSUMIENDO ATP PARA PRODUCIR LA CONTRACCIÓN MUSCULAR.



### ACTINA

LA ACTINA APARECE EN UNA FORMA GLOBULAR (G-ACTINA) DE PESO MOLECULAR ENTRE 50 Y 60 MIL Y OTRA FIBROSA (F-ACTINA) QUE RESULTA DE LA POLIMERIZACIÓN DE LA PRIMERA EN FILAMENTOS DE HASTA 400 MONÓMEROS QUE TAMBIÉN INCLUYEN OTRAS PROTEÍNAS.





### DEGRADACIÓN DE LOS COMPUESTOS NITROGENADOS

LA DEGRADACIÓN DE ESTOS COMPUESTOS VA A PRODUCIR ALTERACIONES ORGANOLÉPTICAS IMPORTANTES EN EL PESCADO.

#### a. **NITRÓGENO PROTEICO.**

LOS CAMBIOS AUTOLÍTICOS DE LAS PROTEÍNAS, SON DEBIDOS PRINCIPALMENTE A LA ACCIÓN DE CATEPSINAS (ENZIMAS PROTEOLÍTICAS QUE SE ENCUENTRAN LOCALIZADAS EN LOS LISOSOMAS). ÉSTAS PRODUCEN LA DEGRADACIÓN (HIDRÓLISIS) DE LA PROTEÍNA A PÉPTIDOS Y A AMINOÁCIDOS.

EL AUMENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE AMINÁCIDOS LIBRES EN EL MÚSCULO, CONSTITUYE UN MEDIO ADECUADO PARA EL CRECIMIENTO MICROBIANO.

POR LA ACCIÓN ENZIMÁTICA PRODUCIDA POR ESTAS BACTERIAS SE DEGRADAN LOS AMINÁCIDOS, DESCARBOXILANDO O DESAMINANDO, ORIGINANDO DIFERENTES AMINAS BIÓGENAS QUE SE ACUMULAN O ENTRAN EN PROCESO DE PUTREFACCIÓN.

LOS PRODUCTOS FINALES VAN A INFLUÍR FUNDAMENTALMENTE EN EL OLOR QUE VAMOS A PERCIBIR AL EXAMEN ORGANOLÉPTICO.

ALGUNOS COMPUESTOS FINALES DE LA DEGRADACIÓN DE LOS AMINOÁCIDOS :

ARGININA DARÁ COMO PRODUCTO FINAL NH<sub>3</sub>.

HISTIDINA DARÁ COMO PRODUCTO FINAL HISTAMINA.

LISINA DARÁ COMO PRODUCTO FINAL CADAVERINA.

GLUTAMINA DARÁ COMO PRODUCTO FINAL PUTRESCINA

## 2. NITRÓGENO NO PROTEICO.

LA DETERMINACIÓN DE ESTOS COMPUESTOS TIENE AMPLIA APLICACIÓN PRÁCTICA, YA QUE ÉSTOS, SON INDICADORES DE FRESCURA.

EN EL PESCADO DE MAR EXISTE EL ÓXIDO DE TRIMETILAMINA (OTMA) QUE POR REDUCCIÓN BACTERIANA, PASA A TRIMETILAMINA.

LUEGO POR ACCIÓN ENZIMÁTICA (NO NECESARIAMENTE BACTERIANA), SE REDUCE A DIMETILAMINA, MONOMETILAMINA Y AMONÍACO.

ESTOS COMPUESTOS SON VOLÁTILES Y SE LES CONOCE COMO BASES NITROGENADAS VOLÁTILES TOTALES (BNVT), Y SU DETERMINACIÓN EN EL PESCADO NOS INDICA LA FRESCURA.

LOS MÉTODOS EMPLEADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE (BNVT), SON EL MÉTODO DE MICRODIFUSIÓN DE CONWAY, EL DE DESTILACIÓN DIRECTA Y EL DE DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR CONOCIDO COMO MÉTODO DE ANTONACOPOULUS.

LOS COMPUESTOS NITROGENADOS NO PROTÉICOS TIENEN UN PAPEL IMPORTANTE EN LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL PESCADO, SON LOS RESPONSABLES DEL FAMOSO "OLOR A PESCADO" (ESTE ES DEBIDO A LA TRIMETILAMINA)

---

### Resumen de los Cambios Autolíticos en el Pescado Enfriado

---

Enzima (s)	Sustrato	Cambios encontrados	Prevención/Inhibición
Enzimas glucolíticas	glucógeno	- producción de ácido láctico, disminución del pH de los tejidos, pérdida de la capacidad de enlazar agua en el músculo - altas temperaturas durante el rigor pueden ocasionar "desgajamiento"	- el pescado debe pasar por la etapa de rigor a temperaturas lo más cercanas a 0 °C - debe evitarse el agotamiento (estrés) pre-rigor
Enzimas autolíticas, involucradas en la degradación de nucleótidos	ATP ADP AMP IMP	- pérdida del sabor a pescado fresco, producción gradual del sabor amargo con Ix (estados finales)	- igual que el anterior - la manipulación inadecuada acelera la degradación
Catepsinas	proteínas, péptidos	- ablandamiento del tejido dificultando o impidiendo su procesamiento	- la manipulación inadecuada el almacenamiento y la descarga
Quimotripsina, tripsina carboxipeptidasas	proteínas, péptidos	- aumento de la cavidad visceral en pelágicos (estallido de vientre)	- el problema se agrava por congelación/descongelación y el almacenamiento en frío prolongado
Calpsina	proteínas miofibrilares	- ablandamiento, ablandamiento inducido por muda en crustáceos	- ¿remover del calcio para prevenir la activación?
Colagenasas	tejido conectivo	- "desgajamiento" de filetes - ablandamiento	- la degradación del tejido conectivo está relacionada con el tiempo y temperatura de almacenamiento en refrigeración
OTMA desmetilasa	OTMA	- endurecimiento inducido por formaldehído [gálicos almacenados en congelación]	- temperatura de almacenamiento del pescado < -30 °C - Abuso físico y la congelación/descongelación aceleran el endurecimiento

---

### DEGRADACIÓN DE LÍPIDOS

EL PESCADO PRESENTA EN SU COMPOSICIÓN LIPÍDICA ÁCIDOS GRASOS DE CADENAS LARGAS (20 A 22 CARBONOS) POLIINSATURADOS CON UNA CANTIDAD IMPORTANTE DE DOBLES ENLACES C=C (4 A 6).

ESTAS CARACTERÍSTICAS LOS HACEN INESTABLES Y FÁCILMENTE COMBINABLES CON EL OXÍGENO.

EL PROCESO ALTERATIVO MÁS IMPORTANTE EN LOS LÍPIDOS ES LA RANCIDEZ OXIDATIVA. OTRO ES LA HIDRÓLISIS.

EN LA RANCIDEZ OXIDATIVA EL OXÍGENO SE COMBINA Y REACCIONA CON FACILIDAD CON LOS ÁCIDOS GRASOS DEL PESCADO, OXIDÁNDOLOS.

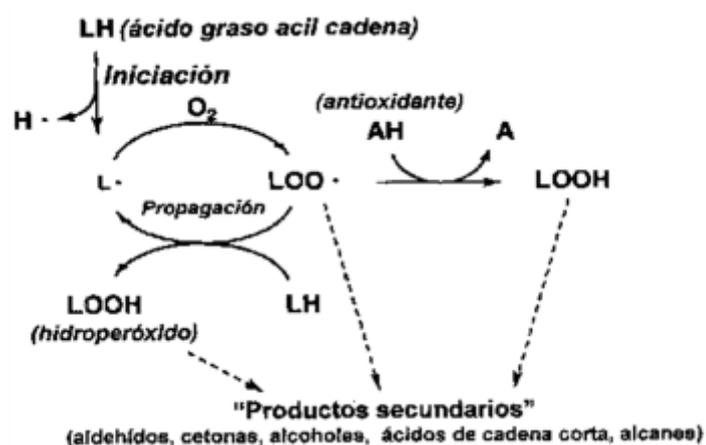
ESTA REACCIÓN PRODUCE UNA ALTERACIÓN DE ENRANCIAMIENTO EL QUE ES DETECTABLE AL EXAMEN ORGANOLÉPTICO DEBIDO A QUE PRODUCE UN OLOR PICANTE Y UN COLOR AMARILLENTO CARACTERÍSTICO.

EL MECANISMO POR EL CUAL SE DESARROLLA EL ENRANCIAMIENTO COMPRENDE TRES FASES:

- 1. INICIO:** AQUÍ SE FORMAN LOS RADICALES LIBRES.
- 2. PROPAGACIÓN:** SE FORMAN MÁS RADICALES LIBRES Y LOS YA FORMADOS SE COMBINAN CON EL OXÍGENO FORMANDO PERÓXIDOS.
- 3. RESOLUCIÓN:** CULMINA LA REACCIÓN CON FORMACIÓN DE COMPUESTOS FINALES TIPO ALDEHÍDOS Y CETONAS.

LA OXIDACIÓN PUEDE SER INICIADA Y ACELERADA POR LA LUZ Y DIVERSAS SUSTANCIAS ORGÁNICAS E INORGÁNICAS COMO TRAZAS METÁLICAS (CU, FE, ETC.) QUE TIENEN ALTO EFECTO PRO-OXIDANTE

### PEROXIDACIÓN DE LOS LÍPIDOS



- EL PROCESO SE INICIA CON LA ESCISIÓN DE UN ÁTOMO DE HIDRÓGENO DEL ÁTOMO DE CARBONO CENTRAL DE LA ESTRUCTURA PENTAHÉDRICA DE LAS ACILCADENAS DE LOS ÁCIDOS GRASOS CON MÁS DE UN DOBLE ENLACE:



- EL RADICAL LIPÍDICO ( $L\cdot$ ) REACCIONA RÁPIDAMENTE CON EL OXÍGENO ATMOSFÉRICO FORMANDO UN RADICAL PERÓXIDO ( $LOO\cdot$ ), EL CUAL PUEDE NUEVAMENTE ESCINDIR UN HIDRÓGENO DE OTRA ACILCADENA PRODUCIENDO UN HIDROPERÓXIDO ( $LOOH$ ) Y UN NUEVO RADICAL  $L\cdot$ .
  - LA PROPAGACIÓN CONTINÚA HASTA QUE UNO DE LOS RADICALES ES REMOVIDO MEDIANTE REACCIÓN CON OTRO RADICAL O CON UN ANTIOXIDANTE (AH) DEL CUAL RESULTA UN RADICAL ( $A\cdot$ ) MUCHO MENOS REACTIVO.
  - LOS HIDROPERÓXIDOS CONTINÚAN DIVIDIÉNDOSE, CATALIZADOS POR IONES DE METALES PESADOS, HASTA LA FORMACIÓN DE CADENAS CARBONADAS MÁS CORTAS, PRODUCTOS SECUNDARIOS DE LA AUTOOXIDACIÓN (ALDEHÍDOS, CETONAS, ALCOHOLES, PEQUEÑOS ÁCIDOS CARBOXÍLICOS Y ALCANOS, ENTRE OTROS).
- 

#### BIBLIOGRAFÍA

BERTULLO, V. H. 1975. *Tecnología de los Productos y Subproductos de la Pesca*. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.

BURGESS, G.H.O. 1971. *El Pescado y las Industrias Derivadas de la Pesca*. Editorial Acribia. Zaragoza. España.

HUSS, H.H. 1988. *El Pescado Fresco: Su calidad y cambios de calidad*. Colección Food and Agriculture Organization of the United Nation :Pesca N° 29. Roma. Italia.

NEAVE, V. H. 1986. *Introducción a la Tecnología de los Productos Pesqueros*. Editorial Continental. México.

SIKORSKI, Z. E. 1994. *Tecnología de los productos del mar: recursos, composición y conservación*. Editorial Acribia. Zaragoza. España.

<http://www.pes.fvet.edu.uy/index.html>

<http://www.fao.org/docrep/V7180S/v7180s00.htm#Contents>

---