

# DSCによる魚肉鮮度の測定

## Measurement of Fish Flesh Freshness by DSC

木村 郁夫・杉本 昌明  
藤田 孝夫\*

### 1. はじめに

魚の筋肉タンパク質の主要構成成分は、筋原線維タンパク質のミオシン、アクチン及び調節系タンパク質(トロポニン、トロポミオシン等)である。生体内での筋肉運動は、筋小胞体から放出されるCaイオンが調節系タンパク質に結合すると、制御がはずれミオシン-アクチンの相互反応が起って、ATP(アデノシン三リン酸)分解のエネルギーを利用して収縮がおこる。これら魚肉の構造や筋収縮のメカニズムは畜肉のそれとほとんど変わらない。しかし、魚肉の死後変化、すなわち、死後硬直、解硬(軟化)、及び微生物による腐敗への進行は、畜肉に比して非常にはやい。そのため、鮮度の保持及び、その判定方法に高度な技術が要求されている。

死後硬直は、死後、筋肉中のATP含量の減少、Caイオンの筋小胞体からの放出等により、ミオシンとアクチンが強く結合したために起こると考えられているが、この死後硬直を長く持続させることが、魚の鮮度を保つために重要である。死後硬直の開始する時間、強度、持続時間は、魚の死に致る状況(即殺、苦悶死)、魚の生理状態、環境温度、保存方法等に左右されるが、死後硬直の開始や強度を測定する有効な方法は現在のところ少なく、正確で簡便な測定方法の開発が望まれている。また、“あらい”現象は、即殺した魚肉を使用して人為的に硬直を起こさせたものであるが、このメカニズムに関する研究は少ない。

DSCのタンパク質研究への応用については、一般にタンパク質の変性に関するものが多数報告されている。魚肉の鮮度変化は、筋肉内の化学性状やタンパク質の変化と対応していることより、魚肉鮮度の測定にDSCの応用が考えられる。本稿では、鮮度の異なる魚肉(硬直前及び硬直終了魚肉)のDSCを測定した結果について紹介し、魚肉鮮度測定へのDSCの応用について述べてみたい。

### 2. 実験方法と実験結果

マアジの即殺直後の硬直前の肉(普通筋)と5℃\*1で24時間保存して硬直が終了した肉をDSC測定に供した。DSCの測定は、セイコー電子工業(株)製DSC100(SSC 5000 series)を使用し、サンプル量30~40mgを銀製のセルに精秤し、加熱速度2℃min<sup>-1</sup>(3.3×10<sup>-2</sup>K s<sup>-1</sup>)で、10~90℃の範囲で測定した。なお、対照として水を使用した。

マアジの即殺直後及び即殺後5℃で24時間(86.4ks)保存した筋肉のDSC測定結果をFig.1, 2にそれぞれ示した。

即殺直後のマアジ筋肉のDSC曲線(Fig.1)には、33.7℃に発熱ピークが、47.4℃、57.1℃および70.5℃に吸熱ピークが認められた。一方、5℃で24時間保存して、硬直終了状態を示すマアジ筋肉のDSC曲線(Fig.2)には、44.4℃、53.5℃及び71.2℃に吸熱ピークのみが認められ、

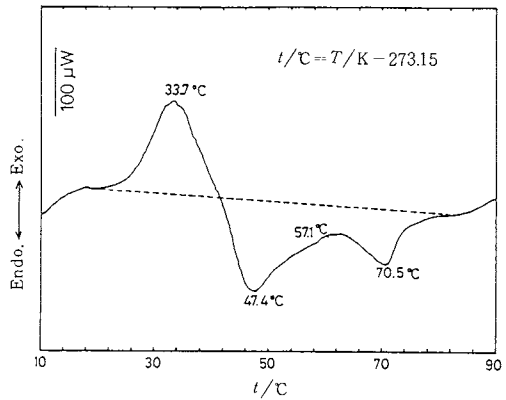


Fig. 1. DSC curve of 30 mg whole Horse mackerel muscle (pre-rigor). Heating rate: 2℃ min<sup>-1</sup>.

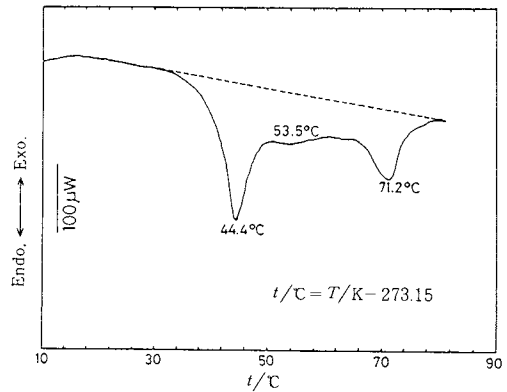


Fig. 2. DSC curve of 30 mg whole Horse mackerel muscle (post-rigor). Heating rate: 2℃ min<sup>-1</sup>.

\* 日本水産(株)中央研究所  
八王子市北野町 559-6 〒192

\*1 t/°C = T/K - 273.15

発熱ピークは測定されなかった。

Wrightら<sup>1)</sup>はウサギ筋肉のDSC測定で同様の研究を行ない、硬直終了後のウサギ筋肉のDSC曲線では、60℃、67℃及び80℃に吸熱ピークが認められ、60℃の吸熱ピークはミオシン、67℃は筋形質タンパク質、さらに、80℃はアクチンの熱変性に対応した吸熱ピークであることを報告している。マアジ筋肉タンパク質のDSC測定で認められた吸熱ピークに対応するタンパク質については、詳細に研究を進めなければならないが、マアジの筋原線維タンパク質は、ウサギのそれより熱に対して数倍不安定であることを考慮すると、Fig.2に認められたマアジ筋肉のDSC曲線の各吸熱ピークは、44℃がミオシン、54℃が筋形質タンパク質、71℃がアクチンの変性に対応したそれぞれ吸熱ピークと推定される。

一方、即殺直後のマアジ筋肉のDSC測定(Fig.1)では、34℃付近に発熱ピークが認められた。沖谷ら<sup>2)</sup>は、コイの“あらい”現象と筋肉の熱拘縮の研究で、筋肉を高温状態(48℃、15s)にすると、Caイオンの結合に関係なく、筋収縮の調節系タンパク質(トロポニン・トロポミオシン)の制御がはずれ、ATPをエネルギー源とした収縮が起こり、“あらい”現象を呈することになると報告している。マアジ筋肉中のATP含量を測定してみたところ、即殺直後のマアジ筋肉中にはATPが約6.3mM含まれ、5℃で24時間保存したものではATPがほとんど消失していることを確かめた。このことは、即殺直後の筋肉中には、収縮のためのATPが充分量残存することを示している。従って、Fig.1に認められた発熱ピークは、DSCの昇温により、マアジ筋肉の収縮調節系

タンパク質の制御がはずれ、しかも残存しているATPにより、セルの中で、ミオシンとアクチンの収縮反応(熱拘縮)が起こり、この収縮に伴って発生した熱エネルギーを測定したものと考えられる。さらに、ミオシンの熱変性に対応する吸熱ピークが47.4℃とFig.2に示した硬直後のものよりも約3℃高温側にずれているが、これは発熱の影響及びミオシンとアクチンが拘縮して熱安定性が変化したためと考えられる。これらの結果は、熱分析法が、“あらい”現象や死後硬直の研究に応用できることを示唆するものである。

### 3. む す び

本稿では、魚肉の鮮度判定にDSCを応用した結果を紹介した。即殺直後の筋肉のDSCで発熱ピークが認められ、硬直が終了したものでは認められないことより、この発熱ピークの有無、発熱量から、特に鮮度の良いものであるの鮮度判定や死後硬直の研究に、DSCの利用は有効と思われる。また、吸熱ピークの位置、熱量から、タンパク質の変性程度の測定が期待できるので、従来からの生化学的な測定方法と対応して、水産物タンパク質の研究におけるDSCの検討は今後の課題と考えられる。

### 文 献

- 1) D. J. Wright, I. B. Leach and P. Wilding, *J. Sci. Fd. Agric.* **28**, 557 (1977).
- 2) 沖谷明紘, 児玉定子, 重盛 進, 伊藤肇躬, 西村敏英, 深沢利行, 加藤博通, *日水誌* **49**, 907 (1983).