

## 第4章 天然イサキの死後変化に及ぼす保存温度

### 4-1 緒言

水産資源の減少，魚価の低迷する現状にあって，生産者はブランド化など水産物の付加価値向上への取り組みを積極的に行っている。一方，消費者は鮮度の良さ，品質の良い魚を求めており，良好な生鮮度状態を維持して消費者へ提供することは魚の商品価値を高めることになる。一般に鮮魚流通において魚が死後硬直前の状態であれば活魚と同等の評価を受けることから，魚の死後硬直前の状態を長く維持する条件を把握することは重要な課題である。

このため魚類の致死後の生鮮度変化に影響する保存温度や致死条件について様々な研究が行われており，岩本らはマダイ<sup>45)</sup>，ハマチ<sup>48)</sup>，マゴチ<sup>48)</sup>，イシダイ<sup>48)</sup>，ヒラメ<sup>47)</sup>を，望月らはマアジ<sup>52-54)</sup>，マサバ<sup>55,56)</sup>，マルアジ<sup>56)</sup>を対象として報告している。

近年では魚類を脊髄破壊して致死させることで遅延型痙攣を抑制し死後硬直の遅延を図る試みが行われており，Nakayamaら<sup>62,63)</sup>はマダイを，Andoら<sup>61)</sup>はマダイ，ブリ，ヒラメを用いて検討している。筆者らはマアジ<sup>93)</sup>を用いて死後変化に対する致死条件や保存条件を検討し，脊髄破壊後10℃で保存することで死後変化を抑制することを報告した。また，海水温がほぼ25℃である夏期および15℃である冬期の養殖イサキを用いて，養殖時期にかかわらず死後変化の抑制には脊髄破壊して10℃で保存することが効果的であることを報告した。<sup>98)</sup>そこで，今回は夏期に漁獲された天然のイサキを用いて前報告<sup>98)</sup>と同様に死後変化にかかる保存温度条件を検討した。加えて，天然魚と養殖魚の死後変化の検討を行ったので報告する。

## 4-2 試料および方法

### 4-2-1 材 料

試料には 2004 年夏期（7 月）に長崎県近海で漁獲された天然イサキ *Parapristipoma trilineatum* を用いた。試料は実験室に搬入し一昼夜安静にさせた後実験に供した。実験に用いたイサキは平均体長  $26.8\text{cm}\pm 1.2\text{cm}$ 、平均体重  $481\pm 45\text{g}$ 、魚体数 50 尾であった。

### 4-2-2 保存温度実験

天然イサキは延髄を切断し、頭部から尾部へ向け脊椎索にピアノ線を通して脊髄破壊を行って致死した後、脱血し、魚体をポリエチレン袋に入れて氷水中（氷蔵）および恒温水槽（5, 10, 15, 20℃）に各 4 尾を浸漬、保存した。経時的に背部普通筋を採肉し、ATP 関連化合物（ATP, ADP, AMP, IMP,  $\text{H}_x\text{R}$ ,  $\text{H}_x$ ）、グリコーゲン、乳酸を測定した。死後硬直の測定にはイサキを同じ条件で処理、保存した別の個体を試験区ごとに各 6 尾用いた。

### 4-2-3 ATP 関連化合物、グリコーゲンおよび乳酸量の測定

ATP 関連化合物は Ehira ら<sup>88)</sup>の方法に準じ過塩素酸で抽出を行い、筆者ら<sup>29)</sup>の方法で HPLC 法で分析した。

グリコーゲン量はアンスロン硫酸法<sup>99)</sup>で、乳酸量は酵素法<sup>88)</sup>で定量した。

### 4-2-4 死後硬直の測定

死後硬直は硬直指数（R）を用い尾藤ら<sup>43)</sup>の改良 Cutting 法で分析した。この方法は水平な台の端に体長の 1/2 がくるように魚の体

側を下にして置き，台の水平線から，垂れ下がった尾鰭の付け根までの鉛直距離を測定するものである。致死直後の測定値(L<sub>0</sub>)と経時的な測定値(L<sub>1</sub>)から下記の式で計算した。

$$R(\%) = (L_0 - L_1) / L_0 \times 100$$

#### 4-2-5 統計処理

得られた分析値の2試料間でスチューデントのt-検定を行った。

#### 4-3 結果

ATP, ADP, AMP 含量割合の経時変化を Table 1 に示す。今回の実験において，ATP, ADP 及び AMP は各々定量したが，結果は測定した ATP 関連化合物における ATP, ADP, AMP の合計含量の割合（以下，三合計値）で表した。Tsuchimoto ら，<sup>100)</sup> Yada ら<sup>79)</sup> は，三合計値は ATP 含量と高い相関があり，消失時間や減少速度などの経時的な変化が ATP 含量のそれと同傾向を示したことを報告しており，本実験では，三合計値を用いた。

三合計値の経時変化は天然イサキの致死直後では 90% 以上と高いレベルを示した。氷蔵では三合計値が 6 時間以降，急激に低下し，9 時間後は 68%，12 時間後は 32%，18 時間後は 10% 程度に減少した。5℃ 保存は氷蔵と同様な傾向を示し，6 時間以降急激に低下し，9 時間後は 64%，12 時間後は 21%，18 時間後は 10% 以下に減少した。一方，10℃ 保存では低下は遅れる傾向にあり，9 時間以降で急激な低下が始まり，12 時間後は 59%，18 時間後は 29% で 24 時間後に 10% 以下となった。15℃ 保存では 9 時間後は 61%，12 時間後は 48% と減少し，18 時間後は 14% になった。20℃ 保存は 15℃ 保存と

同様な傾向を示し、9時間以降急激に減少し12時間後は51%、18時間後は13%になった。三合計値の変化を平均値で比較すると、10、20、15℃、氷蔵、5℃の順で減少が緩慢で、保存18時間後の3合計値は10℃保存が他の4試験区に比較して有意( $p < 0.05$ )に高かった。

IMP含量割合の経時変化をTable 2に示す。氷蔵では6時間後19%、9時間後31%、12時間後73%と増加し18時間後は84%でピークを示した。その後やや減少し、48時間後で79%になった。5℃保存も氷蔵と同様の傾向を示し12時間後74%、18時間後は84%でピークになったが、48時間後は66%に低下した。10℃保存では9時間後11%、12時間後37%、18時間後は64%、24時間後82%でピークになった。15℃保存は18時間後73%でピークとなり、48時間後は40%に低下した。20℃保存は18時間後56%でピークとなり24時間後は44%に低下し48時間後はほぼ消失した。IMP含量の増加は氷蔵、5℃で早く、10℃で遅かった。(P<0.05) この結果は先の三合計値の減少傾向とよく呼応していた。

K値の経時変化をTable 3に示す。氷蔵、5℃、10℃保存において48時間後のK値はそれぞれ6%、16%、16%で良好な鮮度状態にあることを示した。15℃保存では24時間後に22%、48時間後53%まで上昇した。20℃保存では12時間後約20%で、24時間後47%、48時間後93%と急激なK値上昇を呈し、この時、異臭も認められた。K値については保存温度が高くなるほど、その上昇も早かった。

グリコーゲン含量の経時変化をTable 4に示す。グリコーゲン含量は致死直後には約300~400mg/100gを示した。氷蔵では9時間後に80mg/100g以下、18時間後に20mg/100g以下に減少した。5℃保存では100mg/100g以下に低下したのは12時間後で18時間後には

4mg/100g まで減少した。10℃ 保存では 100mg/100g 以下に低下したのは 18 時間後で 48 時間後は 26mg/100g に低下した。15℃ 保存では 100mg/100g 以下に低下したのは 12 時間後で 18 時間後に 20mg/100g 以下に減少した。20℃ 保存では 12 時間後には 100mg/100g 以下に低下した。保存 6 時間後をみるとグリコーゲン減少は氷蔵が最も早く、次いで 5℃, 15℃, 20℃ が早く、10℃ は最も緩慢な減少を呈した。

( $P < 0.05$ ) この結果は先の三合計値の経時変化の結果とよく一致した。

乳酸含量の経時変化を Table 5 に示す。氷蔵, 5℃ 保存では 12 時間後までにそれぞれ 296mg/100g, 254mg/100g まで上昇し以降 48 時間後までそのレベルを維持した。10℃ 保存では 24 時間後に 375mg/100g まで上昇した。15℃ 保存は 18 時間後に 342mg/100g, 24 時間後に 349mg/100g まで上昇し, 48 時間後には 301mg/100g となった。20℃ 保存 18 時間後に 322mg/100g まで上昇したが, 48 時間後は 216mg/100g に減少した。乳酸含量の増加が, 氷蔵および 5℃ 保存で早く, 10℃ 保存で遅いという結果は, 上述したグリコーゲン含量の減少とよく呼応しており, グリコーゲン含量の減少が早いほど乳酸量が増加も早かった。

硬直指数の経時変化を Table 6 に示す。氷蔵では 6 時間後に 55%, 9 時間後に 74% を示し 18 時間に 88% でピークとなった。5℃ 保存では 6 時間後に 75%, 9 時間後に 86% を示し 18 時間後には 95% でピークになった。10℃ 保存では 9 時間後 57%, 18 時間後に 79% を示し, 24 時間後には 84% でピークになった。15℃ 保存は 9 時間後 52%, 24 時間後に 77% でピークを示した。20℃ 保存は 6 時間後 61%, 12 時間後に 79% を示し, 24 時間後に 84% でピークとなった後, 48 時

間後には 34% と解硬した。

#### 4-4 考 察

魚の死後変化について、魚種<sup>48,93,98)</sup>、致死方法<sup>52-54,56,93,98)</sup>、貯蔵温度<sup>45,52,55,93,98)</sup>、飼育時期<sup>98)</sup>など多くの要因が関わっており、これらが魚類の鮮度について大きな影響を及ぼしている。特に魚類の致死条件について、脊髄破壊が延髄刺殺に比べて ATP の消費や死後硬直の進行を遅らせる有効な方法であり、著者らはマアジや養殖イサキについて脊髄破壊処理が有効であることを報告した。<sup>93,98)</sup> また養殖イサキでは、夏期、冬期の飼育を問わず死後変化を遅らせるための最適な致死及び保存条件として、脊髄破壊処理が有効で、その保存温度は、完全硬直に到るまでは約 10℃ 保存が死後硬直を遅延し、その後 0℃ の保存が K 値上昇を遅延させることを報告した。<sup>98)</sup>

今回、天然イサキの死後変化を遅延させる最適な保存温度条件について検討した結果、三合計値の低下は氷蔵、5℃ 保存が早く、10℃ 保存が緩慢であり、15℃、20℃ 保存はその中間を示す傾向が認められた。三合計値における減少速度の遅速や硬直指数の変化が保存温度の高低に依存せず、10℃ 保存が最も緩慢であった点は、既報で報告したマアジ<sup>93)</sup> や養殖イサキ<sup>98)</sup> の ATP 含量の減少および死後硬直進行と同様の傾向を示し、畜肉で認められる低温硬直 (cold shortning) と同様のメカニズムが働いたものと推察された。<sup>59,71)</sup> また、本現象は、岩本ら<sup>45,47)</sup> の報告したマダイやヒラメを用いた結果と良く呼応した。

一方、商品価値の判断基準のひとつであり鮮度の指標とされる K

値は 15℃以上の保存の場合，致死後 24 時間で 20%を超えるため良好な保存温度とはいえない。このため，天然イサキも養殖イサキと同様に，死後硬直の進行を抑制するには，脊髄破壊処理後，10℃で保存するのが望ましいと考えられた。

今回，検討した天然イサキの死後変化と筆者らの行った既報<sup>98)</sup>の結果を用い，保存温度が氷蔵と 10℃の場合で天然魚と養殖魚の三合計値の含量，硬直指数，K 値の変化について比較した。

Fig.19 に三合計値の含量，Fig.20 に硬直指数，Fig.21 に K 値の変化を示した。

三合計値の減少を平均値で比較すると，氷蔵，10℃のどちらの保存温度であっても天然魚より養殖魚の低下が早い傾向を示した。硬直指数の変化では，天然イサキと養殖イサキの差は統計的に有意には至らなかったが，保存 9 時間目までは，氷蔵，10℃双方で養殖魚における硬直指数の上昇が天然魚に比較して速い傾向にあった。

K 値は同じ保存温度では天然イサキと養殖イサキとの間に顕著な差は認められなかった。また保存温度が高いほど K 値の上昇は早かったが，10℃以下の保存では 48 時間経過後も K 値は 20%以下であり良好な鮮度が保たれていると考えられた。

これまで天然魚と養殖魚の死後変化の差異は岩本ら<sup>47)</sup>によってヒラメ，マダイで報告されている。両魚種とも 0℃と 10℃貯蔵では 10℃貯蔵が死後硬直の開始及び完全硬直到達時間も遅延するが，天然魚と養殖魚の死後硬直の進行速度を比較したとき，ヒラメの場合，天然と養殖に大きな差異が認められない一方，マダイの場合，養殖魚の死後硬直の進行速度は天然魚に比べて著しく速いことを報告している。

また、天然魚と養殖魚における死後硬直の差異の原因について、橘ら<sup>101)</sup>は天然および養殖マダイの氷蔵中における普通筋の微細構造と細胞化学的な  $Mg^{2+}$ -ATPase 活性の変化を比較検討し、普通筋の微細構造の変化は養殖魚で崩壊が速く、 $Mg^{2+}$ -ATPase 活性低下も養殖魚が天然魚より速かったことを報告した。加えてアクトミオシンの超沈殿反応は、天然マダイと養殖マダイ両群とも  $Ca^{2+}$ 濃度の上昇および ATP 濃度の下降に伴って高くなり、そのレベルは養殖魚の方が低かったことに起因することを報告<sup>74)</sup>した。

イサキの死後変化はマダイほど顕著でないものの天然魚よりも養殖魚で早く進行するのは、マダイの場合と同様に  $Mg^{2+}$ -ATPase 活性低下やアクトミオシンの超沈殿反応のレベルが考えられる。今後、それらを検討することで天然と養殖イサキの死後変化のメカニズムの違いが明らかになることが推察される。



**Table 1** The effect of storage temperatures on ATP+ADP+AMP concentration in ordinary muscle of the three-line grunt.

Storage time (h)	ATP+ADP+AMP(%)				
	Iced	5°C	10°C	15°C	20°C
0	97.8 ± 1.1 <sup>a</sup>	97.4 ± 1.4 <sup>b</sup>	90.1 ± 14.5	92.2 ± 2.5 <sup>ab</sup>	96.3 ± 4.8
3	92.6 ± 9.4	91.1 ± 7.4	95.0 ± 6.7	89.3 ± 7.4	96.0 ± 4.8
6	87.6 ± 6.2 <sup>a</sup>	83.6 ± 13.1 <sup>b</sup>	93.1 ± 5.5	77.9 ± 17.9 <sup>c</sup>	94.7 ± 4.0 <sup>abc</sup>
9	68.2 ± 16.7 <sup>a</sup>	63.8 ± 25.4	85.9 ± 9.5	61.1 ± 26.3	86.2 ± 8.4 <sup>a</sup>
12	32.4 ± 28.6	21.4 ± 11.0 <sup>ab</sup>	58.5 ± 26.2 <sup>a</sup>	48.2 ± 32.0	51.0 ± 31.9 <sup>b</sup>
18	9.7 ± 4.6 <sup>a</sup>	9.5 ± 5.8 <sup>b</sup>	29.1 ± 6.4 <sup>abcd</sup>	13.7 ± 10.1 <sup>c</sup>	12.8 ± 5.7 <sup>d</sup>
24	12.4 ± 11.7	7.0 ± 2.7	8.4 ± 1.0 <sup>a</sup>	6.8 ± 0.8 <sup>a</sup>	9.5 ± 3.2
48	13.0 ± 6.0 <sup>ab</sup>	6.4 ± 3.3 <sup>a</sup>	5.9 ± 0.1 <sup>c</sup>	7.1 ± 0.7 <sup>c</sup>	6.3 ± 0.7 <sup>b</sup>

Mean ± S.D. of 4 samples.

Same superscript letters for the same storage time indicate significant differences between storage temperatures ( $P < 0.05$ )

**Table 2** The effect of storage temperatures on IMP concentration in ordinary muscle of the three-line grunt.

Storage time (h)	IMP(%)				
	Iced	5°C	10°C	15°C	20°C
0	0.9 ± 0.6 <sup>a</sup>	1.5 ± 0.9 <sup>b</sup>	2.2 ± 2.4 <sup>c</sup>	6.3 ± 0.3 <sup>abc</sup>	2.9 ± 4.4
3	6.3 ± 9.6	4.8 ± 4.0	1.8 ± 0.6 <sup>a</sup>	8.0 ± 5.9 <sup>a</sup>	1.6 ± 1.8
6	19.1 ± 29.2	10.8 ± 2.8 <sup>ab</sup>	5.0 ± 5.9 <sup>a</sup>	19.9 ± 18.6 <sup>c</sup>	2.4 ± 1.7 <sup>ac</sup>
9	30.5 ± 16.5 <sup>a</sup>	31.7 ± 27.1	11.1 ± 5.4 <sup>a</sup>	30.4 ± 28.5	22.1 ± 31.3
12	73.3 ± 12.2 <sup>abc</sup>	73.8 ± 10.2 <sup>def</sup>	36.8 ± 24.8 <sup>ad</sup>	42.9 ± 27.6 <sup>be</sup>	39.2 ± 33.5 <sup>cf</sup>
18	83.8 ± 12.3 <sup>abc</sup>	83.6 ± 5.0 <sup>cde</sup>	63.8 ± 7.0 <sup>ac</sup>	72.6 ± 8.5 <sup>d</sup>	56.4 ± 19.4 <sup>be</sup>
24	81.9 ± 12.1	75.2 ± 28.0 <sup>a</sup>	81.5 ± 5.7 <sup>bc</sup>	71.6 ± 3.7 <sup>bd</sup>	43.8 ± 22.0 <sup>acd</sup>
48	78.7 ± 7.6 <sup>abc</sup>	66.3 ± 28.8 <sup>c</sup>	77.7 ± 3.4 <sup>de</sup>	40.2 ± 9.5 <sup>adf</sup>	0.6 ± 0.7 <sup>bcef</sup>

Mean ± S.D. of 4 samples.

Same superscript letters for the same storage time indicate significant differences between storage temperatures ( $P < 0.05$ )

**Table 3** The effect of storage temperatures on the K-value in ordinary muscle of the three-line grunt.

Storage time (h)	K-value(%)				
	Iced	5°C	10°C	15°C	20°C
0	1.2 ± 0.8	1.1 ± 1.0	0.0 ± 0.0	1.5 ± 2.5 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.5 <sup>a</sup>
3	1.1 ± 0.7 <sup>a</sup>	4.3 ± 4.5	3.1 ± 6.1	2.7 ± 1.7 <sup>a</sup>	2.5 ± 3.3
6	3.9 ± 5.6	2.5 ± 1.1	1.8 ± 1.5	2.2 ± 2.5	2.8 ± 3.2
9	1.2 ± 0.2 <sup>abc</sup>	5.3 ± 4.8 <sup>a</sup>	2.9 ± 4.8	8.5 ± 8.7 <sup>b</sup>	5.2 ± 3.8 <sup>c</sup>
12	3.2 ± 1.7 <sup>ab</sup>	4.6 ± 1.2 <sup>cd</sup>	4.7 ± 1.4	8.9 ± 4.7 <sup>ac</sup>	17.8 ± 14.2 <sup>cd</sup>
18	3.2 ± 1.6 <sup>abc</sup>	5.5 ± 2.4 <sup>ade</sup>	7.1 ± 5.8 <sup>fg</sup>	13.8 ± 2.7 <sup>bdf</sup>	30.8 ± 21.6 <sup>ceg</sup>
24	5.7 ± 8.3 <sup>ab</sup>	7.0 ± 5.0 <sup>cd</sup>	10.1 ± 6.1 <sup>ef</sup>	21.7 ± 4.1 <sup>aceg</sup>	46.8 ± 23.1 <sup>bdfg</sup>
48	6.3 ± 2.8 <sup>abcd</sup>	15.6 ± 10.0 <sup>aef</sup>	16.4 ± 3.5 <sup>bgh</sup>	52.7 ± 9.7 <sup>cegi</sup>	93.1 ± 1.1 <sup>dfhi</sup>

Mean ± S.D. of 4 samples.

Same superscript letters for the same storage time indicate significant differences between storage temperatures ( $P < 0.05$ )

**Table 4** The effect of storage temperatures on the glycogen concentration in ordinary muscle of the three-line grunt.

Storage time (h)	glycogen concentration(mg/100g)				
	Iced	5°C	10°C	15°C	20°C
0	306.4 ± 45.6 abc	377.6 ± 44.3 a	382.2 ± 41.0 b	399.6 ± 25.4 c	386.3 ± 72.7
3	188.7 ± 62.6 ab	221.0 ± 90.3 cd	316.2 ± 34.5 ac	346.4 ± 68.3 bd	267.1 ± 90.9
6	135.6 ± 67.2 a	201.2 ± 85.8 b	310.8 ± 21.5 abc	239.6 ± 88.7	182.1 ± 78.5 c
9	79.3 ± 51.4 a	123.5 ± 72.5 b	253.5 ± 75.2 abcd	109.1 ± 65.3 c	142.7 ± 64.4 d
12	41.6 ± 32.2	51.4 ± 36.9	103.4 ± 60.6	65.7 ± 19.4	87.7 ± 35.3
18	18.5 ± 10.3 abc	4.4 ± 2.8 ade	48.4 ± 18.0 bdf	19.3 ± 17.5 f	34.5 ± 10.1 ce
24	12.7 ± 2.6 ab	7.7 ± 8.8 cd	25.6 ± 7.6 ace	7.7 ± 4.5 e	27.8 ± 6.3 bd
48	14.5 ± 4.3 ab	10.4 ± 10.2 c	25.8 ± 21.6 d	3.0 ± 2.3 ade	27.7 ± 6.4 bce

Mean ± S.D. of 4 samples.

Same superscript letters for the same storage time indicate significant differences between storage temperatures ( $P < 0.05$ )

**Table 5** The effect of storage temperatures on the lactic acid concentration in ordinary muscle of the three-line grunt.

Storage time (h)	Lactic acid concentration(mg/100g)				
	Iced	5°C	10°C	15°C	20°C
0	73.8 ± 28.7	77.6 ± 44.8	65.4 ± 33.1	99.8 ± 52.5	102.8 ± 27.3
3	128.9 ± 79.3	93.6 ± 70.3	106.1 ± 68.8	138.8 ± 70.3	82.6 ± 14.8
6	185.0 ± 107.0	146.4 ± 55.1 <sup>a</sup>	112.1 ± 34.4 <sup>bc</sup>	191.8 ± 58.1 <sup>bd</sup>	64.0 ± 27.8 <sup>acd</sup>
9	175.5 ± 133.8	222.3 ± 63.0 <sup>a</sup>	154.1 ± 22.8 <sup>ab</sup>	239.4 ± 60.1 <sup>bc</sup>	146.1 ± 37.3 <sup>c</sup>
12	295.5 ± 51.4 <sup>a</sup>	253.9 ± 52.6 <sup>b</sup>	251.5 ± 60.5 <sup>c</sup>	251.3 ± 74.5	167.5 ± 7.5 <sup>abc</sup>
18	284.0 ± 32.9	244.4 ± 116.0	316.2 ± 57.7	342.0 ± 83.4	322.3 ± 34.2
24	315.6 ± 67.8	224.8 ± 128.6 <sup>a</sup>	374.5 ± 67.1 <sup>ab</sup>	349.0 ± 43.7 <sup>c</sup>	254.3 ± 69.2 <sup>bc</sup>
48	307.1 ± 33.1 <sup>a</sup>	250.4 ± 64.4	352.1 ± 72.8 <sup>b</sup>	300.5 ± 28.0 <sup>c</sup>	216.0 ± 57.7 <sup>abc</sup>

Mean ± S.D. of 4 samples.

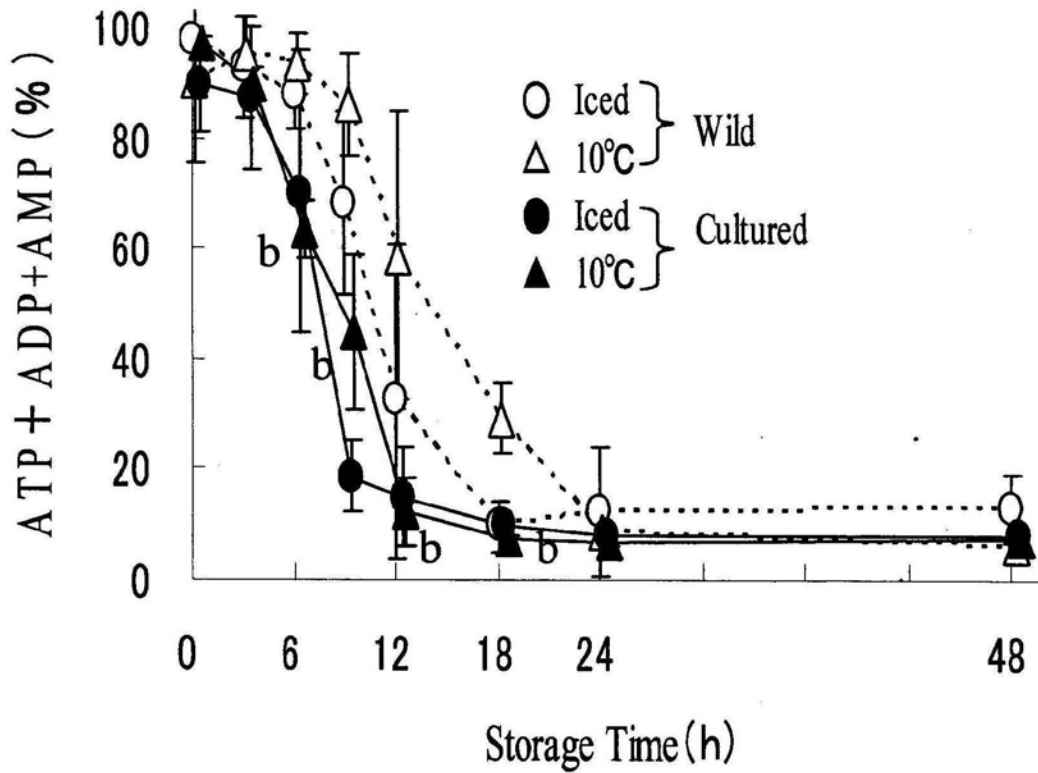
Same superscript letters for the same storage time indicate significant differences between storage temperatures ( $P < 0.05$ )

**Table 6** The effect of storage temperatures on the rigor index of the three-line grunt.

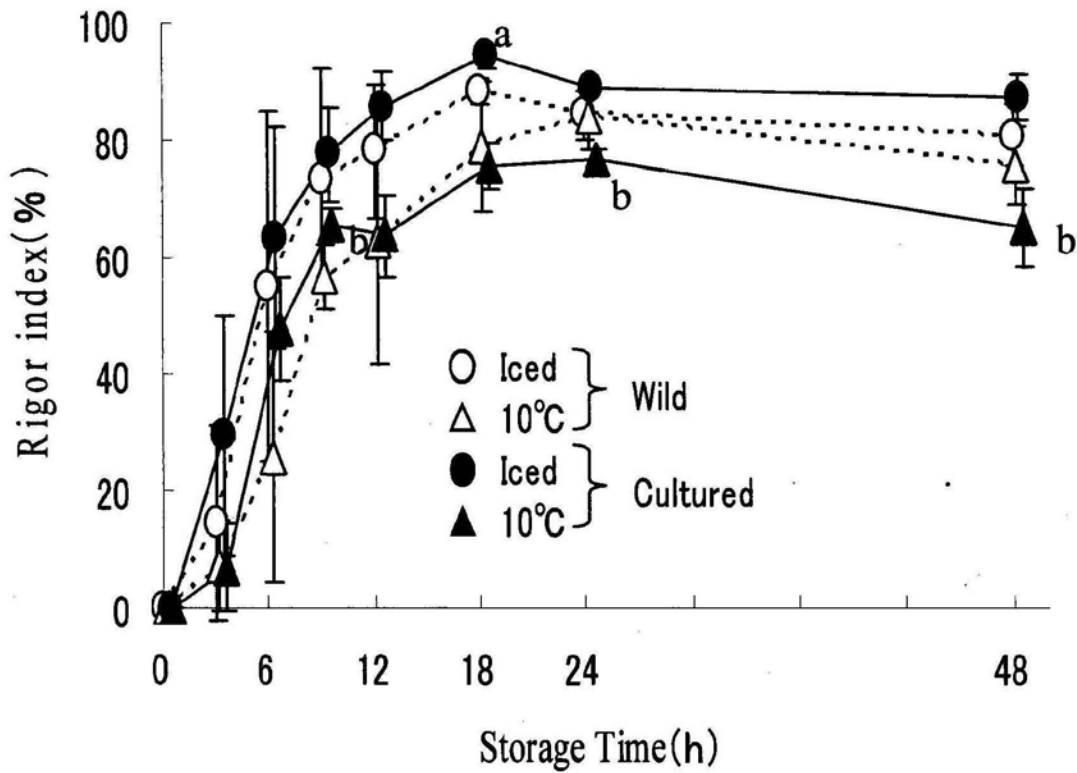
Storage time (h)	rigor index(%)				
	Iced	5°C	10°C	15°C	20°C
0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
3	14.6 ± 16.6 <sup>a</sup>	40.6 ± 19.0 <sup>abcd</sup>	7.2 ± 7.8 <sup>b</sup>	3.8 ± 3.5 <sup>ce</sup>	17.9 ± 11.2 <sup>de</sup>
6	54.9 ± 29.9 <sup>a</sup>	74.9 ± 16.9 <sup>bc</sup>	25.7 ± 21.3 <sup>bd</sup>	18.3 ± 12.4 <sup>ace</sup>	60.9 ± 22.6 <sup>de</sup>
9	73.5 ± 19.0	85.8 ± 8.0 <sup>ab</sup>	56.6 ± 5.6 <sup>a</sup>	52.4 ± 20.3 <sup>b</sup>	72.9 ± 16.0
12	78.2 ± 11.4	88.6 ± 6.5 <sup>ab</sup>	62.9 ± 21.0 <sup>a</sup>	59.0 ± 22.1 <sup>b</sup>	78.9 ± 17.0
18	88.4 ± 2.0 <sup>ab</sup>	94.6 ± 5.1 <sup>acde</sup>	78.9 ± 10.9 <sup>c</sup>	64.2 ± 19.0 <sup>bd</sup>	79.6 ± 14.2 <sup>e</sup>
24	84.2 ± 4.1 <sup>ab</sup>	93.9 ± 5.7 <sup>acde</sup>	84.1 ± 5.6 <sup>e</sup>	76.9 ± 7.6 <sup>bd</sup>	83.5 ± 5.9 <sup>e</sup>
48	80.8 ± 5.2 <sup>abc</sup>	91.1 ± 8.5 <sup>adef</sup>	75.5 ± 6.5 <sup>dg</sup>	69.2 ± 7.6 <sup>beh</sup>	33.9 ± 26.2 <sup>cfigh</sup>

Mean ± S.D. of 6 samples.

Same superscript letters for the same storage time indicate significant differences between storage temperatures ( $P < 0.05$ )

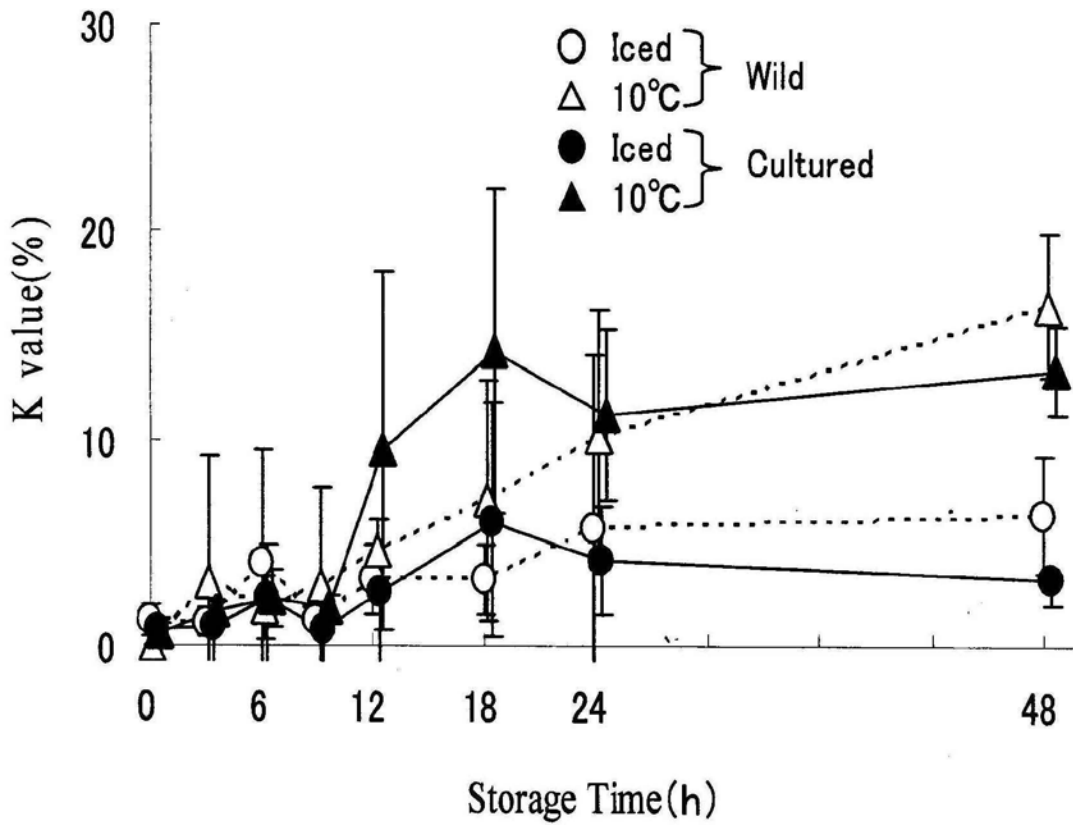


**Fig.19** Changes on ATP+ADP+AMP % in ordinary muscle of wild and cultured three line grunt during storage in ice or 10°C. Data are mean  $\pm$  S.D. of 4 samples. Letters for same storage time indicate significant differences between wild and cultured. a ; iced. b ; 10°C.



**Fig.20** Changes on the rigor index of wild and cultured three-line grunt during storage in ice or 10°C. Data are mean  $\pm$  S.D. of 6 samples (wild), 4 samples (cultured). Letters for same storage time indicate significant differences between wild and cultured.  
a ; iced. b ; 10°C





**Fig.21** Changes on K value in ordinary muscle of wild and cultured three-line grunt during storage in ice or 10°C. Data are mean  $\pm$  S.D. of 4 samples.