

発表番号 44 (0546)

## 魚肉および畜肉の貯蔵加工過程における有毒アルデヒド、4-ヒドロキシアルケナールの生成を抑制する食塩の役割

境 正 (宮崎大学農学部)

河原 聡 (宮崎大学農学部)

魚肉および畜肉の貯蔵・加工中における 4-ヒドロキシアルケナール[以下 HALE: 畜肉では 4-ヒドロキシノネナール (HNE)、魚肉では 4-ヒドロキシヘキセナール (HHE)]の HALE の生成機構において、その生成を促進または抑制する食塩の添加条件をより詳細に検討する必要があり、得られた実験結果をもとに魚肉および畜肉の貯蔵・加工中における HALE 生成を抑制する食塩の役割を明らかにすることを目的に本研究を行った。

タイに NaCl を 0, 0.3, 0.6 および 0.9 M 添加後 -20°C に貯蔵し、HHE 含量の変動を調べた。HHE 含量は 8 週目で減少したが 0.6 および 0.9M 添加区において、20 週目に再び増加した。

サンマに NaCl を 0, 0.3, 0.6 および 0.9 M NaCl を添加後、4°C で冷蔵保存し HHE 含量の変動を調べた。対照区およびいずれの NaCl も対照区に比べ有意差は出ず、サンマにおいても NaCl 添加の影響は明らかではなかった。

ブリ肉を Control と 0.6 M NaCl と 0.6 M 天然塩を添加したものに分け、4°C で貯蔵後 HHE 含量の変動を調べた。0.6 M NaCl を添加したものが 10 日目、0.6 M 天然塩を添加したものでは 7, 10 日目において Control と比較して有意に高い値を示した。

豚肉に濃度がそれぞれ 1%, 2% になるように NaCl を添加した後、180°C のサラダ油で 1 分 30 秒間揚げ揚げた

後、4°C で貯蔵した。それぞれの HHE 含量を 0, 1, 2, 3 日目に測定した。フライにすることで HNE 生成量に差は見られなかった。フライにしたサンプルでの保存日数ごとの HNE 生成量を比較した。コントロール、1% 添加区では保存日数によって生成量に有意な変化は見られなかったが、2% 添加区の 1 日目と 2 日目において生成量が有意に増加した。また 2 日目のコントロールは 1% 添加区、2% 添加区に比べて HNE 生成量が有意に高い値を示した。

牛肉(オーストラリア産のモモ肉)を Control および濃度がそれぞれ 1%, 2% になるように NaCl を添加した後、180°C のサラダ油で 1 分 30 秒間揚げ揚げた。試料を 4°C で貯蔵し、HNE 含量を 0, 1, 2, 3 日目に測定した。どの添加区においてもフライにすることで HNE 生成量は有意に増加した。1 日目のコントロールにおいて生成量が 1%, 2% 添加区に比べて有意に高い値を示した。しかし、2 日目以降では、各試験区ごとの有意差はなかった。

イワシに NaCl を 0, 1 および 2% になるように添加した後、沸騰している蒸留水で 5 分間ボイルした。0°C にて貯蔵した。以上の条件で貯蔵した試料の HHE 含量を 0, 1, 2, 3 日目に測定した。個々のデータにばらつきが多いために明確な結果が得られなかった。イワシ肉中の脂質の量に関しては季節変化が大きいので、季節ごとの HHE 含量の変化を今後さらに検討する必要がある。



助成番号 0546

## 魚肉および畜肉の貯蔵加工過程における有毒アルデヒド, 4-ヒドロキシアルケナールの生成を抑制する食塩の役割

境 正 (宮崎大学農学部応用生物科学科)

河原 聡 (宮崎大学農学部応用生物科学科)

### 1. 研究目的

魚肉および畜肉の脂質過酸化による品質の低下は、食品化学および食品衛生学上重大な問題である。この脂質過酸化により多くの細胞毒性および変異原性を持ったアルデヒドが生じる。その中でも、近年最も注目を集めているのが 4-ヒドロキシアルケナール (HALE) である。これは 4 位に OH 基を持つ  $\alpha$ ,  $\beta$  不飽和アルデヒドの総称で、エイコサペンタエン酸等の n-3 高度不飽和脂肪酸より生じる 4-ヒドロキシヘキセナール (HHE) やアラキドン酸等の n-6PUFA より生じる 4-ヒドロキシノネナール (HNE) がある。その脂肪酸組成から、魚肉においては HHE が、畜肉においては HNE が重要である。HALE は強い細胞毒性および変異原性を持ち、発ガンやアルツハイマー等の疾病との関連が疑われている。したがって、貯蔵・加工中における HALE の生成の抑制は重要である。平成 13 年度の貴財団助成により行った研究結果は以下の通りである。

魚肉に 0.1、0.3 および 0.6 M となるように食塩を添加すると、0 および  $-20^{\circ}\text{C}$  貯蔵時に脂質過酸化は進行したが、HHE の生成は抑制された。他方、1 および 2% 食塩を添加後  $0^{\circ}\text{C}$  にて貯蔵した畜肉中では脂質過酸化は進行し、HNE の生成も促進しており、食塩添加は HNE の生成を抑制しなかった。その後の研究および平成 16 年度の貴財団助成により行った研究結果は、食塩添加による HHE の抑制効果は魚種により、またイワシでは漁獲時期により異なっていること、食塩後に加熱処理を行うことにより、畜肉中の HALE の生成は抑制されることを示していた。したがって、魚肉および畜肉の貯蔵・加工中における HALE の生成機構において、その生成を促進または抑制する食塩の添加条件をより詳細に検討する必要がある、得られた実験結果をもとに魚肉および畜肉の貯蔵・加工中における HALE 生成を抑制する食塩の役割を明らかにするのが、本研究の目的である。

### 2. NaCl 添加タイ肉の冷凍保存中における 4-ヒドロキシヘキセナール (HHE) 含量の変動

#### 2.1 目的

NaCl の添加によって食肉中の脂質過酸化が促進されることは良く知られている。Kanner et al. は七面鳥筋肉組織への NaCl 添加実験の結果から、NaCl がタンパク質とキレート結合している Fe を遊離させ、Fe イオンが生じ、これが触媒となって、ラジカルが生成すると報告している。また、魚肉組織においても NaCl を加えると脂質過酸化が促進され、Fe を加えた場合にも同様の結果が得られることが確認されている。そこで、NaCl を添加した加工食品に多く利用されるタイについて、NaCl が脂質過酸化に与える影響を調査することを目的として本実験を行なった。なお、脂質過酸化の指標としてマロンアルデヒド (MA) 含量についても測定した。

#### 2.2 実験方法

##### 2.2.1 試料

試料 (タイ) は、魚市場で購入した。皮および血合筋は取り除き、筋肉組織のみをフードプロセッサーで細かく刻んだ。その試料を Control と NaCl (和光純薬) を 0.3、0.6 および 0.9 M 添加したものとに分け、それぞれをサララップに包みアルミホイルで遮光した後ポリエチレンバックに入れて冷凍保存した。以上の条件で保存した試料の HHE および MA 含量を 0、4、8、12、16、20 週目に測定した。

##### 2.2.2 HHE および MA 含量の測定方法

貯蔵魚肉中の HHE および MA 含量はそれぞれ Sakai et al. (1997) および Sakai et al. (1999) の方法により分析した。

##### 2.2.3 統計処理

統計処理は Duncan の multiple range test を用いた (Duncan 1955 #45)。

#### 2.3 結果

結果を Table 1 に示した。0.6 および 0.9 M 添加区において、MA 含量は 12、16 週目に増加し、20 週目に減少した。HHE 含量は 8 週目で減少したが 0.6 および 0.9 M 添加区において、20 週目に再び増加した。

#### 2.4 考察

以上の結果により、0.6 および 0.9 M 添加区では HHE および MA の生成に影響を与えていると考えられる。NaCl は鉄イオンをミオグロビンなどの鉄と結合しているタ

ンパク質から解離させることで脂質過酸化を促進するという研究が報告されている。イワシやカツオなどの赤身魚が普通肉に占めるヘム色素の含量は100 gあたり140~170 mgであるのに対し、タイが普通肉に占めるヘム色素の含量は100 gあたり6 mgであった。ヘム色素の活性のためには鉄が必要である。タイはヘム色素をあまりもたない白身魚であると同時に、不安定な脂質である不飽和脂肪酸も少ないので、NaCl 添加による脂質過酸化がみられなかったのだろう。

HHE は8週目に著しい減少がみられたが、20週目には再び増加した。これはHHEが非常に不安定で反応性が高い物質であるために、酸化が進み、他のアルデヒドに変化し減少し、さらに脂質酸化が進行したためにHHEが増加したと考えられる。

### 3. NaCl 添加サンマ肉の冷蔵保存中における4-ヒドロキシヘキサナール(HHE)含量の変動

#### 3.1 目的

秋の味覚として人気が高いサンマは、EPA や DHA の脂肪分を多く含むことでまた知られている。それだけでなくタンパク質やビタミンも豊富に存在するため、旬の季節になると多くの人が口にする人気の食材である。サンマもまた刺身やタタキなどさまざまな調理法が存在するが、最も有名なのはやはり塩焼きである。最近では、直接市場で食材を手にするできない消費者のためにあらかじめ調理されたサンマを提供するサービスも存在する。このように私たちにとって馴染みが深く人気も高いサンマ肉のHHE生成機構について基本的なデータを得るために本研究を行った。

#### 3.2 実験方法

##### 3.2.1 試料の調整および貯蔵条件

試料(サンマ)は、魚市場で購入した。皮および血合筋は取り除き、筋肉組織のみをフードプロセッサーで細かく刻んだ。その試料をControl および0.3 M NaCl、0.6 M NaCl、0.9 M NaCl を添加したものに分け、それぞれをサランラップに包みアルミホイルで遮光した。その後ポリエチレンバックにいれて4°Cで冷蔵保存した。以上の条件で貯蔵した試料のMA、HHE含量を0日目、3日目、7日目に測定した。

##### 3.2.2 HHE および MA 測定方法および統計計算

2章で述べた方法に従って測定した。

#### 3.3 結果

HHEとMAの測定結果をTable 2に示した。対照区およびいずれのNaClも対照区に比べ有意差は見られなかった。

### 3.4 考察

サンマにおいてもNaCl添加の影響は明らかではなかった。

今回は秋頃の実験を行った。旬のサンマは、脂肪が約16%と他の魚よりも多く、酸化されやすい。また、取れた時期、場所、群れによって脂肪の含有量が異なり、味に差が出る。また、サンマは8月頃から水揚げが解禁され餌を食べながら南下するため、主要な水揚げ漁港は北海道~花咲(根室)、釧路、厚岸、三陸など北国が多い。そのため、宮崎の漁港には一度冷凍し輸送されている。近年、冷凍保存技術が向上していると言われるが、魚類の冷凍保存は脂質過酸化に影響を与えることが示唆されている。サンマに関しても冷凍保存条件が与える影響を検討する必要がある。

### 4. 冷蔵保存ブリ中の脂質過酸化に及ぼすNaClおよび天然塩の影響

#### 4.1 目的

食品加工や保存においてなくてはならないNaClおよび天然塩を添加したブリ肉を保存したときの脂質過酸化の変動について明らかにする。

##### 4.2.1 試料調製

試料(ブリ)は、魚市場で購入した。皮および血合筋は取り除き、筋肉組織のみをフードプロセッサーで細かく刻んだ。その試料をControlと0.6 M NaCl(和光純薬)と0.6 M 天然塩を添加したものに分け、それぞれをサランラップに包みアルミホイルで遮光した後ポリエチレンバックにいれて4°Cで貯蔵した。以上の条件で貯蔵した試料のHHEおよびMA含量を0、3、7、10日目に測定した。

##### 4.2.2 HHE および MA 測定方法および統計計算

2章で述べた方法に従って測定した。

#### 4.3 結果

HHEとMAの測定結果をTable 3に示した。

MAの測定結果は0.6 M NaClを添加したものが10日目、0.6 M 天然塩を添加したものでは3、7、10日目においてControlと比較して有意に高い値を示した。また0.6 M 天然塩を添加したものは0.6 M NaClを添加したものよりも有意に高い値を示した。HHEの測定結果は0.6 M NaClを添加したものが10日目、0.6 M 天然塩を添加したものでは7、10日目においてControlと比較して有意に高い値を示した。また、7、10日目において0.6 M 天然塩を添加したものは0.6 M NaClを添加したものよりも有意に高い値を示した。NaClによる脂質過酸化の増加は以前からよく報告されていることであり、ヘムタンパク質などの金属を含む生体内物質から金属イオンを遊離させるこ

とでその金属イオンが脂質過酸化を促進する。本研究で天然塩が脂質過酸化を促進した。この天然塩には硫化イオウ、カルシウム、マグネシウム、カリウムがふくまれている。KCl は脂質過酸化を促進する報告があるため NaCl よりも天然塩のほうが脂質過酸化を促進したのではないかと考えられる。

## 5. NaCl 添加が及ぼすフライにしたブタ肉および牛肉の HNE 生成および脂質過酸化への影響

### 5.1 目的

NaCl を添加した筋肉組織において、NaCl 濃度が高いほど脂質過酸化は促進されると言われている。これは、NaCl がタンパク質とキレート結合している Fe を遊離させることによって、Fe イオンが生じ、これが触媒となって活性酸素種が生成されるためであるとされている。これまでの実験によって、生肉に NaCl を添加し、保存すると HNE の生成および脂質過酸化が促進されるということが分かっている (Sakai et al. 2004)。そこで、生肉にフライ工程を加えても同様の結果が得られるか明らかにするため、HNE および MA 含量の変動を測定した。

### 5.2 NaCl 添加フライブタ肉中の HNE および MA 含量の変動

#### 5.2.1 目的

NaCl 添加がフライにした畜肉の HNE および MA 含量の変動にどのような影響を及ぼすかについて、ブタ肉を用いて検討を加える。

#### 5.2.2 実験方法

##### 5.2.2.1 試料

試料の豚肉は、一般の市場で購入した。国産のモモ肉を使用した。皮および脂身は取り除き、筋肉組織のみをフードプロセッサーで細かく刻んだ。その試料を3等分し、何も加えないものを Control とし、あとの二つの試料に濃度がそれぞれ 1%、2% になるように NaCl を添加した後、その一部を生サンプルとした。残り 5 g の玉を作り、180°C のサラダ油で 1 分 30 秒間揚げ揚げた残りの試料はラップおよびアルミホイルで包み、ポリエチレンバックに入れて 4°C で貯蔵した。それぞれ測定する直前に包丁で細かく刻み HNE および MA 含量を 0、1、2、3 日目に測定した。

##### 5.2.2.2 HNE および MA の測定法

ブタ肉中の HNE および MA 含量はそれぞれ Goldring et al. (1993) および Sakai et al. (1997) の方法により分析した。

##### 5.2.2.3 統計処理

統計処理は Duncan の multiple range test を用いた (Duncan 1955)。

### 5.2.3 結果

結果を Table 4 に示した。フライにしたときの MA 生成量が、コントロール、1%添加区、2%添加区全ての試験区において有意に増加した。しかし、NaCl 添加濃度による生成量に差は見られなかった。フライにしたサンプルでの保存日数ごとの MA 生成量を比較した。コントロールと 1%添加区において、0 日目から 1 日目にかけて MA 生成量が有意に増加した。また、どの試験区においても、1 日目に MA 生成量が最も高い値を示し、その後、減少するという傾向が見られた。さらに、0 日目、1 日目、2 日目では、コントロールにおける MA 生成量が 1%添加区、2%添加区の生成量よりも有意に高い値を示した。

フライにすることで HNE 生成量に差は見られなかった。フライにしたサンプルでの保存日数ごとの HNE 生成量を比較した。コントロール、1%添加区では保存日数によって生成量に有意な変化は見られなかったが、2%添加区の 1 日目と 2 日目において生成量が有意に増加した。また 2 日目のコントロールは 1%添加区、2%添加区に比べて、HNE 生成量が有意に高い値を示した。

### 5.2.4 考察

HNE: 0 日目はどの試験区においても有意な差は見られなかったが、1 日目、2 日目において 1%、2%添加区において有意な差が見られた。このことから、NaCl の与える影響は保存とともに現れると考えられる。さらに、1 日目、2 日目の 1%、2%添加区で生成量がコントロールに比べ、有意に減少したことから、NaCl 添加により HNE の生成が抑制されたと考えられる。また、3 日目に HNE 量が減少していることについてであるが、これは、HNE が他の物質に変化した事が原因であると考えられる。

MA: 0 日目の生とフライの MA 含量を比較した結果、フライのほうが有意に高い値を示していたので、フライにすることで脂質酸化が促進されると考えられる。また、0 日目、1 日目、2 日目の 1%、2%添加区がコントロールより MA 生成量が有意に低い値を示したことから、NaCl を添加することにより、MDA の生成が抑制され、つまり、脂質酸化が抑制されたと考えられる。

## 5.3 NaCl 添加が及ぼすフライにした牛肉の HNE 生成および脂質過酸化への影響

### 5.3.1 目的

先の実験で NaCl を添加したブタ肉をフライにしたときの HNE および MA 含量の変動について測定した。そこで、今回は牛肉について同様の試験を行い、ボイルした畜肉の HNE の生成に及ぼす NaCl 添加の影響について検討した。

### 5.3.2 実験方法

### 5.3.2.1 試料

試料の牛肉は、一般の市場で購入した。オーストラリア産のモモ肉を使用した。皮および脂身は取り除き、筋肉組織のみをフードプロセッサーで細かく刻んだ。その試料を3等分し、何も加えないものを Control とし、あとの二つの試料に濃度がそれぞれ1%、2%になるように NaCl を添加した後、その一部を生サンプルとした。残り5gの玉を作り、180°C のサラダ油で1分30秒間揚げ揚げた残りの試料はラップおよびアルミホイルで包み、ポリエチレンバックに入れて4°Cで貯蔵した。それぞれ測定する直前に包丁で細かく刻み HNE および MA 含量を0、1、2、3日目に測定した。

### 5.3.2.2 HNE および MA の測定法と統計処理

6.2で述べた方法で行った

### 5.3.3 結果

結果を Table 6 に示した。

どの添加区においてもフライにすることで HNE 生成量は有意に増加した。どの試験区においても0日目をピークに、生成量が減少した。また、1日目のコントロールにおいて生成量が1%、2%添加区に比べて有意に高い値を示した。しかし、2日目以降では、各試験区ごとの有意差はなかった。

フライにしたとき1%添加区、2%添加区において MA 生成量が有意に増加した。どの添加区においても、1日目の生成量が最も高くなり、その後減少していくという傾向が見られた。2日目、3日目の2%添加区の生成量はほかの試験区と比較して有意に低い値を示した

### 5.3.4 考察

HNE: 0日目の生とフライの比較から、フライにすることは HNE 生成を促進させると考えられる。0日目から3日目のフライにしたものを比較した結果、0日目をピークとし、保存日数を経るごとに減少していった。これは、生成した HNE がサンプル中の成分と反応し他の物質に変化したことによるものだと考えられる。とすると、1日目の1%、2%添加区がコントロールより有意に低い値をしめしたのは、NaCl を添加することにより HNE の二次反応が促進されたためであると考えられる。このことにより、NaCl には HNE の生成・二次反応の進行を促進する働きがあると考えられる。

MA: 0日目の生とフライの比較で、コントロールは双方に有意な差が見られなかったが、1%、2%添加区においてはフライの方が有意に増加していた。このことから、フライにする場合、NaCl 添加は脂質酸化を促進させると考えられる。1日目にもっとも高い値を示しその後、減少したのは、MDA がほかの物質に変化したことが原因では

ないかと考えられる。このことをふまえて2日目、3日目の2%添加区が有意に低い値を示したのは、NaCl の影響で、NaCl は MDA の生成・二次反応の進行を促進させる働きがあると思われる。

## 6. NaCl 添加ボイルイワシ肉中の HHE および MA 含量の変動

### 6.1 目的

NaCl 添加がボイルしたイワシの HHE および MA 含量の変動にどのような影響を及ぼすかについて検討を加える。

### 6.2 実験方法

#### 6.2.1 試料

試料のイワシは一般の市場で購入した。内蔵と血合肉を除き、普通筋のみをフードプロセッサーで細かく刻んだ。その試料を3等分し、何も加えないものを Control とし、あとの二つの試料に濃度がそれぞれ1%、2%になるように NaCl を添加した後、その一部を生サンプルとした。残り5gの玉を作り、沸騰している蒸留水で5分間ボイルした。Control、1% NaCl、2% NaCl の生サンプル、ボイルサンプルをそれぞれラップに包み、アルミホイルで遮光した後ポリエチレンバックに入れ、さらに発泡スチロールの箱に氷詰めにして貯蔵した。以上の条件で貯蔵した試料の MA 含量および HHE 含量を、生のサンプルは0日目のみ、ボイルしたサンプルは0、1、2、3日目に測定した。

#### 6.2.2 HHE および MA 測定方法および統計計算

2章で述べた方法に従って測定した。

### 6.3 結果

結果を Table 7 に示した。

このデータにばらつきが多いため明確な結果が得られなかった。ただ、NaCl の添加量が2%の時には HHE の生成は抑制される傾向が認められた。イワシ肉中の脂質の量に関しては季節変化が大きいので、季節ごとの HHE および MA 変化を今後さらに検討する必要がある

## 文献

- Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple *F* tests. *Biometrics*, 11, 1-42.
- Esterbauer, H., Schaur, R. J. & Zollner, H. (1991). Chemistry and biochemistry of 4-hydroxynonenal, malonaldehyde and related aldehydes. *Free Radical Biology & Medicine*, 11, 81-128.
- Goldring, C., Casini, A. F., Maellaro, E., Del Bello, B. & Comporti, M. (1993). Determination of

- 4-hydroxynonenal by high-performance liquid chromatography with electrochemical detection. *Lipids*, 28, 141-145.
- Sakai, T., Matsushita, Y., Sugamoto, K. & Uchida, K. (1997). Lipid peroxidation-derived hepatotoxic aldehyde, 4-hydroxy-2-hexenal, in fish. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 61, 1399-1400.
- Sakai, T., Habiro, A., & Kawahara, S. (1999) High-performance liquid chromatographic analysis of 1,3-diethyl-2-thiobarbituric acid-malonaldehyde adduct in fish meat. *Journal of Chromatography B*, 726 313-316.

Table 1. Changes of HHE and MA content in the red sea bream meats of control, containing 0.3, 0.6 and 0.9 M of NaCl during 20 weeks storage at -20°C

Weeks		0	4	8	12	16	20
<b>HHE</b>	<b>Control</b>	0.10±0.05	0.44±0.02	0.03±0.01	n.d.	n.d.	0.07±0.02
	<b>0.3 M NaCl</b>	0.42±0.01	0.34±0.04	0.0±0.01	n.d.	0.01±0.01	0.03±0.02
	<b>0.6 M NaCl</b>	0.23±0.03	0.49±0.10	0.03±0.01	n.d.	0.01±0.01	0.25±0.01
	<b>0.9 M NaCl</b>	0.55±0.03	0.54±0.13	0.03±0.02	n.d.	0.01±0.01	0.34±0.13
<b>MA</b>	<b>Control</b>	0.40±0.23	0.07±0.02	0.04±0.02	0.88±0.44	0.31±0.15	0.41±0.21
	<b>0.3 M NaCl</b>	0.08±0.04	0.16±0.08	0.17±0.08	0.50±0.25	0.20±0.10	0.23±0.12
	<b>0.6 M NaCl</b>	0.31±0.17	0.18±0.09	0.22±0.11	0.75±0.38	0.59±0.29	0.22±0.11
	<b>0.9 M NaCl</b>	0.33±0.19	0.03±0.02	0.08±0.04	0.28±0.14	0.30±0.15	0.69±0.34

Table 2. Changes of HHE and MA content in the saury meats of control, containing 0.3, 0.6 and 0.9 M of NaCl during 0, 3, 7 day storage at 0°C

Days		0	3	7
<b>HHE (n=3)</b> <b>(nmol/g tissue)</b>	<b>Control</b>	0.00±0.00 <sup>a-x</sup>	0.01±0.00 <sup>b-x</sup>	0.00±0.00 <sup>a-x</sup>
	<b>0.3 M</b>	0.00±0.00 <sup>a-x</sup>	0.01±0.00 <sup>a-x</sup>	0.01±0.00 <sup>a-xy</sup>
	<b>0.6 M</b>	0.00±0.00 <sup>a-x</sup>	0.00±0.00 <sup>ab-x</sup>	0.02±0.01 <sup>a-xy</sup>
	<b>0.9 M</b>	0.00±0.00 <sup>a-x</sup>	0.00±0.00 <sup>ab-x</sup>	0.05±0.02 <sup>b-y</sup>
<b>MA (n=4)</b> <b>(µmol/g tissue)</b>	<b>Control</b>	0.24±0.12 <sup>a-x</sup>	0.26±0.13 <sup>a-x</sup>	0.44±0.22 <sup>a-x</sup>
	<b>0.3 M</b>	0.26±0.13 <sup>a-x</sup>	0.43±0.21 <sup>a-x</sup>	1.18±0.59 <sup>a-x</sup>
	<b>0.6 M</b>	0.17±0.08 <sup>a-x</sup>	0.37±0.18 <sup>a-x</sup>	0.72±0.36 <sup>a-x</sup>
	<b>0.9 M</b>	0.28±0.14 <sup>a-x</sup>	0.54±0.27 <sup>a-x</sup>	0.74±0.37 <sup>a-x</sup>

a-b Means ± SE in the same row with no common superscript differ significantly (P<0.05).

x-y Means ± SE in the same column with no common superscript differ significantly (P<0.05).

Table 3. Changes of HHE and MA content in the yellowtail meats of control, containing 0.6 M of NaCl and natural salt during 0, 3, 7, 10 day storage at 0°C

Days		0	3	7	10
<b>HHE</b> <b>(nmol/g tissue)</b>	<b>Control</b>	0.20±0.09 <sup>a,x</sup>	0.69±0.13 <sup>a,y</sup>	0.54±0.09 <sup>a,y</sup>	0.62±0.09 <sup>a,y</sup>
	<b>0.6 M NaCl</b>	0.79±0.12 <sup>b,x</sup>	0.86±0.09 <sup>a,x</sup>	0.79±0.06 <sup>a,x</sup>	1.20±0.10 <sup>b,y</sup>
	<b>0.6 M Natural</b>	0.93±0.11 <sup>b,xy</sup>	0.72±0.07 <sup>a,x</sup>	1.05±0.07 <sup>b,y</sup>	1.70±0.06 <sup>c,z</sup>
<b>MA</b> <b>(µmol/g tissue)</b>	<b>Control</b>	1.56±0.02 <sup>a,x</sup>	2.20±0.09 <sup>a,y</sup>	1.58±0.12 <sup>a,x</sup>	2.40±0.04 <sup>a,y</sup>
	<b>0.6 M NaCl</b>	1.42±0.07 <sup>a,x</sup>	1.97±0.09 <sup>a,y</sup>	1.79±0.02 <sup>ab,y</sup>	2.81±0.07 <sup>b,z</sup>
	<b>0.6 M Natural</b>	1.81±0.05 <sup>a,x</sup>	2.69±0.07 <sup>b,y</sup>	2.06±0.14 <sup>b,x</sup>	3.62±0.10 <sup>c,z</sup>

<sup>a-c</sup>Values (means ± SE, n = 3) with in same row with no common superscripts are differ significantly (p<0.05).

<sup>x-y</sup>Values (means ± SE, n = 3) with in same column with no common superscripts are differ significantly (p<0.05).

Table 4. Changes of HNE and MA content in the boiled pork of control, containing 1 and 2 % of NaCl during 0, 1, 2, 3 day storage at 0°C

Days		raw	0	1	2	3
HNE (nmol/g tissue)	Control	0.03±0.03 <sup>a,x</sup>	0.11±0.11 <sup>a,x</sup>	0.12±0.04 <sup>a,x</sup>	0.11±0.01 <sup>a,x</sup>	0.02±0.01 <sup>a,x</sup>
	1% NaCl	0±0 <sup>a,x</sup>	0.01±0.01 <sup>a,x</sup>	0.05±0.03 <sup>b,x</sup>	0.03±0.02 <sup>b,x</sup>	0.02±0 <sup>a,x</sup>
	2% NaCl	0.04±0.03 <sup>a,xy</sup>	0.01±0.01 <sup>a,xy</sup>	0.07±0.02 <sup>a,x</sup>	0.08±0.02 <sup>ab,x</sup>	0.01±0.01 <sup>a,y</sup>
MA (μmol/g tissue)	Control	0.52±0.02 <sup>a,x</sup>	0.9±0.22 <sup>a,xy</sup>	1.61±0.58 <sup>a,y</sup>	3.27±0.21 <sup>a,z</sup>	3.53±0.23 <sup>a,z</sup>
	1% NaCl	1.15±0.15 <sup>b,x</sup>	1.56±0.11 <sup>a,x</sup>	1.17±0.38 <sup>a,x</sup>	2.25±0.09 <sup>b,y</sup>	2.28±0.12 <sup>b,y</sup>
	2% NaCl	0.58±0.05 <sup>a,x</sup>	1.35±0.31 <sup>a,xy</sup>	0.57±0.12 <sup>a,x</sup>	2.06±0.09 <sup>b,y</sup>	1.77±0.53 <sup>b,y</sup>

a-b Means ± SE in the same row with no common superscript differ significantly (P&lt;0.05).

x-y Means ± SE in the same column with no common superscript differ significantly (P&lt;0.05).

Table 6. Changes of HNE and MA content in the fried beef of control, containing 1 and 2 % of NaCl during 0, 1, 2, 3 day storage at 0°C

Days		raw	0	1	2	3
HHE (nmol/g tissue)	Control	n.d. <sup>a,x</sup>	0.1±0.06 <sup>a,x</sup>	0.34±0.03 <sup>a,y</sup>	0.05±0.01 <sup>a,x</sup>	0.02±0.02 <sup>a,x</sup>
	1% NaCl	n.d. <sup>a,x</sup>	0.03±0.02 <sup>a,x</sup>	0.14±0.01 <sup>a,y</sup>	0.03±0.01 <sup>b,x</sup>	0.01±0.01 <sup>a,x</sup>
	2% NaCl	n.d. <sup>a,x</sup>	0.06±0.04 <sup>a,x</sup>	0.50±0.27 <sup>a,y</sup>	0.02±0.01 <sup>b,x</sup>	0.05±0.03 <sup>a,x</sup>
MA (μmol/g tissue)	Control	0.89±0.03 <sup>a,x</sup>	1.88±0.15 <sup>a,y</sup>	2.67±0.09 <sup>a,z</sup>	2.09±0.29 <sup>a,y</sup>	1.6±0.03 <sup>a,y</sup>
	1% NaCl	0.70±0.05 <sup>b,x</sup>	1.41±0.10 <sup>b,yw</sup>	2.06±0.04 <sup>b,z</sup>	1.10±0.06 <sup>b,y</sup>	1.6±0.22 <sup>ab,w</sup>
	2% NaCl	0.79±0.05 <sup>ab,x</sup>	1.50±0.03 <sup>b,yz</sup>	1.70±0.26 <sup>b,y</sup>	0.81±0.01 <sup>b,x</sup>	1.26±0.02 <sup>b,z</sup>

n.d.= not detected.

<sup>a-c</sup>Values (means ± SE, n = 3) with in same row with no common superscripts are differ significantly (p<0.05).<sup>w-z</sup>Values (means ± SE, n = 3) with in same column with no common superscripts are differ significantly (p<0.05).

Table 7. Changes of HHE and MA contents in the boiled sardine containing 0 (control), 1 and 2 % of NaCl during 0, 1, 2, 3 day storage at 0°C

Days		raw	0	1	2	3
HNE (nmol/g product)	Control	0.038±0.012 <sup>a,x</sup>	0.079±0.019 <sup>ab,x</sup>	0.211±0.052 <sup>ab,x</sup>	0.139±0.072 <sup>b,x</sup>	0.132±0.046 <sup>b,x</sup>
	1 %	0.319±0.117 <sup>ab,y</sup>	0.050±0.014 <sup>a,x</sup>	0.358±0.103 <sup>ab,xy</sup>	0.086±0.009 <sup>ab,x</sup>	0.373±0.077 <sup>b,x</sup>
	2 %	0.092±0.006 <sup>ab,xy</sup>	0.083±0.001 <sup>a,x</sup>	0.140±0.018 <sup>b,x</sup>	0.132±0.046 <sup>a,x</sup>	0.150±0.085 <sup>ab,x</sup>
MA (μmol/g product)	Control	2.91±0.20 <sup>a,x</sup>	4.21±0.25 <sup>b,x</sup>	7.83±0.52 <sup>c,x</sup>	9.50±0.55 <sup>d,x</sup>	13.63±0.31 <sup>e,x</sup>
	1 %	3.12±0.15 <sup>a,x</sup>	4.54±0.27 <sup>b,x</sup>	5.91±0.72 <sup>c,y</sup>	8.54±0.22 <sup>d,x</sup>	11.63±0.57 <sup>e,y</sup>
	2 %	4.49±0.58 <sup>a,y</sup>	4.31±0.38 <sup>a,x</sup>	6.36±0.30 <sup>b,xy</sup>	9.60±0.33 <sup>e,x</sup>	12.12±0.49 <sup>d,y</sup>

n.d.= not detected.

<sup>a-e</sup>Values (means ± SE, n = 4) with in same row with no common superscripts are different significantly (p<0.05).<sup>x-y</sup>Values (means ± SE, n = 3) with in same column with no common superscripts are different significantly (p<0.05).

0546

## The role of NaCl for suppression of the formation of lipid peroxidation derived toxic aldehydes, 4-hydroxyalkenals in processed and stored fish, beef and pork

Tadashi Sakai and Satoshi Kawahara  
Faculty of Agriculture, University of Miyazaki

### Summary

In order to elucidate the role of NaCl for suppression of the formation of 4-hydroxyalkenals in processed and stored fish, beef and pork, we investigated the changes on 4-hydroxyhexenal (HHE) or 4-hydroxynonenal (HNE) contents in fish meats or pork of beef containing NaCl, respectively.

Red sea bream meats containing 0, 0.3, 0.6 and 0.9 M NaCl were stored at -20°C for 20 weeks and changes of HHE contents were analyzed. Significant difference were not observed in HHE contents in all samples. Saury meats containing 0, 0.3, 0.6 and 0.9 M NaCl were stored at 0°C for 7 days and changes of HHE contents were analyzed. Significant difference were also not observed in HHE contents in all samples.

Yellowtail meats containing 0.6 M NaCl and 0.6 M natural salt were stored at 0°C for 7 days and changes of HHE contents were analyzed. HHE contents in the meats containing natural salt were higher than those containing NaCl.

NaCl was added to fried pork, stored at 4 °C and changes of HNE contents were analyzed. During storage periods, HNE contents in fried pork containing NaCl were significantly lower than those not containing NaCl. NaCl was also added to fried beef, stored at 4 °C and changes of HNE contents were analyzed. After 3 days of storage, HNE contents containing NaCl were significantly higher than those not containing NaCl.

NaCl was added to boiled sardine meat, stored at 4 °C and changes of HHE contents were analyzed. Significant difference were not observed in HHE contents in all samples.