

獣鳥肉・魚肉のエキス成分に及ぼす加熱速度の影響

富岡 和子, 遠藤 金次*

(奈良教育大学教育学部, * 奈良女子大学家政学部)

平成5年8月2日受理

Effects of Heating Rate on the Levels of Extractive Components in Meats

Kazuko TOMIOKA and Kinji ENDO*

Faculty of Education, Nara University of Education, Nara 630

** Faculty of Home Economics, Nara Women's University, Nara 630*

The effects of heating rate on the changes of free amino acids and adenosine triphosphate-related compounds during cooking of various meats were examined in relation to the "umami" intensity of the extracts prepared from these meats.

In all meats, free amino acids, inosine and hypoxanthine increased, but inosine 5'-monophosphate (IMP) decreased during cooking. Rates of these changes were different with species of meat, and with different heating rates.

The "umami" intensity values of these meats were calculated using Yamaguchi's equation (1967) on the basis of the molar concentrations of IMP and glutamic acid in meats. On cooking, the calculated "umami" intensity increased in sea bream, yellowfin tuna and keta salmon, but decreased in threeline grunt and beef. These changes in calculated "umami" intensity during cooking were in good agreement with the results obtained by the sensory evaluation of the extracts prepared from the meats of threeline grunt, pork and sea bream.

(Received August 2, 1993)

Keywords: heating rate 昇温速度, cooking 加熱, meat 肉, umami intensity うま味強度, free amino acids 遊離アミノ酸, ATP-related compounds ATP 関連物質.

1. 緒 言

獣鳥肉や魚肉の遊離アミノ酸, ATP 関連物質などのエキス成分が貯蔵や熟成中に変化することに関してはすでに多くの研究報告^{1)~3)}があり, これらの変化が獣鳥肉や魚肉の品質や食味の変化と密接に関与することが示されている。これらエキス成分の変化は, 貯蔵初期には主として筋肉酵素の作用によって起こるものであり, 加工・調理過程においても, 同様の変化が多少とも進むに違いない。とくに, 加熱過程においては, 酵素の失活温度に到達するまでには酵素反応が昇温とともに加速されるので, 昇温速度によっては, 無視できない程度のエキス成分の変化が進み, 食味に影響を及ぼすことが考えられる。

ところが, 加熱過程でのエキス成分の変化については, 加熱中に魚肉中の ATP の大部分が急速に IMP に変化することを示した Murata ら⁴⁾の報告, 鶏肉の緩慢加熱では IMP の分解が顕著であることを示した畑江ら⁵⁾の報告, 加熱中の肉類の IMP 分解率が肉の種類や昇温速度によって大きく異なることを明らかにした筆者らの前報⁶⁾など ATP 関連物質に関するものを除けば, 知見がきわめて乏しい。そこで, 本研究では, 代表的な獣鳥肉および魚肉の加熱調理過程での遊離アミノ酸, ATP 関連物質およびその他エキス成分の変化に及ぼす昇温速度の影響と, それらの変化が味の強さにどのような影響を及ぼすかを検討した。

2. 試料および実験方法

(1) 試料および加熱試料の調製

試料はできるだけ新鮮な市販の獣鳥肉（ニワトリ chicken, ブタ pork, ウシ beef）および魚肉（キハダ yellowfin tuna, ブリ yellowtail, マサバ Pacific mackerel, マアジ jack mackerel, アカカマス sea pike, イサキ threeline grunt, マダイ sea bream, サケ keta salmon）を用いた。これらの肉類を乳鉢で磨砕したペースト（厚さ 2 mm）の状態、所定の量を精秤し、ポリエチレンフィルム包装した。前報⁶⁾と同様に、投げ込みヒータの負荷電圧と水量とを調節することによって水槽中の水（水温 18℃）の昇温速度を 7.5℃/min または 0.8℃/min に制御し、この昇温する水の中へ包装した肉を入れて加熱した。これらの肉は加熱用水と同じ速度で温度上昇するものとみなし、急速または緩慢に昇温加熱し、肉の中心温度が 90℃ に到達した時点で急冷した。なお、ここで用いた昇温速度は、肉類を調理加熱する際の比較的速い温度上昇速度と遅い温度上昇速度のモデルである。これらを、急速加熱と緩慢加熱と呼ぶことにする。

加熱試料のトリクロロ酢酸（TCA）抽出液について各種エキス成分の分析を行った。すなわち、加熱試料の 10 倍量の 5% TCA とともに、ホモジナイザー（日本精機-AH10）で磨砕（3,600 rpm, 3 min）して得られるホモジネートを遠心分離（9,000×g, 10 min）し、その上清をろ紙でろ過した。この抽出液を分析に供した。

(2) エキス成分の分析

遊離アミノ酸は、TCA 抽出液を pH 2.2±0.3 に調整して、アミノ酸分析計（日立-L 8500）で分析した。ATP 関連物質は、TCA 抽出液について、高速液体クロマトグラフィ（日立-655 A）により定量した。固定相は、コスモシル 5C₁₈-AR カラム（4.6×150 mm）を用い、移動相は、0.05 M リン酸緩衝液（pH 7.3）中でメタノール濃度を直線的に 3% から 15% に変え、流速 0.5 ml/min とした。溶出液は 254 nm で測定した。ペプチドは、Lowry 法の改良法⁷⁾によって分析した。すなわち、銅 Folin（銅を使用した系）と Folin（銅を使用しない系）の 2 系について行い、両者の差を求め、L-カルノシン相当量として測定した。また、クレアチンとクレアチニン量は 120℃ で 20 分間 1 N 塩酸中で加圧加熱したのち、Jaffe 法⁸⁾でクレアチニン相当量として測定したが、すべての試料においてクレアチニンはクレアチンに比べて僅少であった

ので、本実験における測定値はクレアチンに由来するものとみなした。総エキス窒素量は、TCA 抽出液をケルダール法に準じて分解したのち、Nimura のアンモニア比色法⁹⁾で、625 nm における吸光度より測定した。

(3) 官能検査

官能検査用の熱水抽出液は以下の方法で調製した。急速ないし緩慢加熱肉に相当する抽出液の場合は、試料（イサキ、ブタ、タイ）を 2 倍量の水とともに磨砕した後、7.5℃/min で 10 分間または 0.8℃/min で 90 分間昇温加熱し、90℃ に到達した時点で 0.35% の食塩を加えて全体を攪拌しながら急冷し、これらをガーゼとクッキングシートを重ねてろ過した。未加熱肉に相当する対照区の官能検査用の抽出液の場合は、未加熱肉のエキス成分のみを含む溶液が必要であるが、このような溶液の調製は難しいので、瞬間的に筋肉タンパク質や酵素を熱失活させるために、強く加熱し続けている沸騰水に磨砕した試料を入れて調製した熱水抽出液を対照区の官能検査用抽出液として用いた。なお、対照区抽出液の抽出方法の妥当性を知るために、本熱水抽出液と未加熱肉の TCA 抽出液について、グルタミン酸（Glu）と IMP の濃度を比較したところ、両抽出液間でのこれらの濃度差はわずかであり、両者間の差がもっとも大きいイサキの IMP の場合でも熱水抽出液中の濃度は TCA 抽出液に比べて 7~8% 低い程度であった。したがって、本熱水抽出液は、未加熱肉にきわめて近いエキス成分を含むと考えられる。これらの熱水抽出液を室温（18℃）に保ち、味に関する官能検査を行った。官能検査は 40 名（19~23 歳、男子 20 名および女子 20 名）のパネルを用いて、2 点比較法で「いずれが『おいしい』か」を調べ、その結果を χ^2 検定¹⁰⁾で評価した。

3. 実験結果および考察

(1) 加熱過程における各種肉類のエキス成分の変化
獣鳥肉類 3 種および魚肉類 8 種に含まれている遊離アミノ酸、ATP 関連物質、ペプチド、クレアチンなどの各種含窒素エキス成分の組成が肉の種類によってどのように違うかを調べるとともに、これら成分変化に及ぼす昇温速度の影響を検討した。

1) 遊離アミノ酸の変化

獣鳥肉および魚肉類について、タウリン（Tau）、アスパラギン酸（Asp）、スレオニン（Thr）、セリン（Ser）、グルタミン酸（Glu）、プロリン（Pro）、グリ

獣鳥肉・魚肉のエキス成分に及ぼす加熱速度の影響

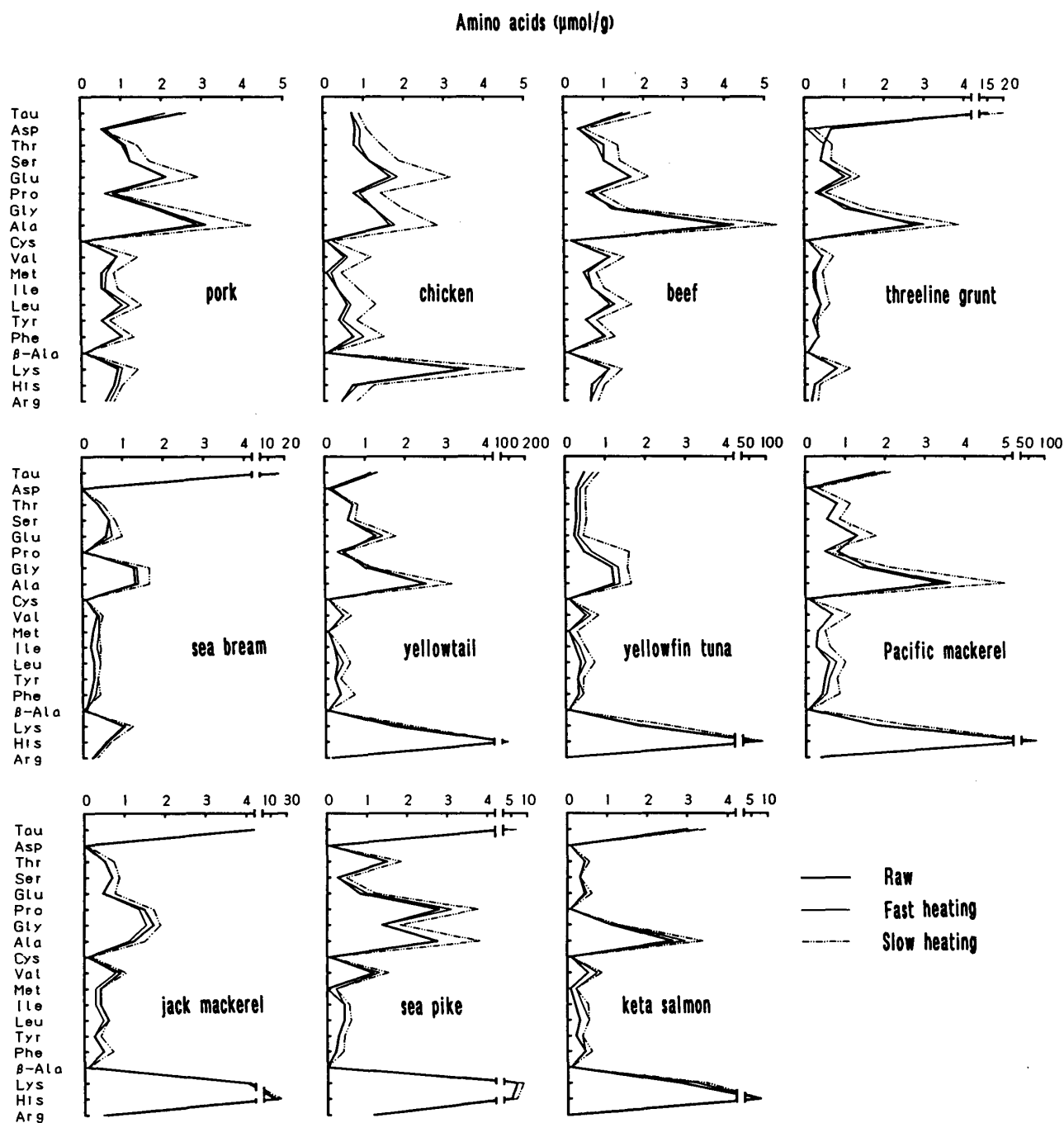


Fig. 1. Changes of the levels of free amino acids in meats during heating

シン (Gly), アラニン (Ala), シスチン (Cys), バリン (Val), メチオニン (Met), イソロイシン (Ile), ロイシン (Leu), チロシン (Tyr), フェニルアラニン (Phe), β -アラニン (β -Ala), リジン (Lys), ヒスチジン (His), アルギニン (Arg) など 19 種の遊離アミノ酸の加熱中の変化を検討した。Fig. 1 に示すように、遊離アミノ酸の分布は肉の種類によってさま

ざであり、とくに His の含量の種間差異はきわめて大きく、ブリ、キハダ、マサバにはイサキやマダイの数十倍に及ぶ His が含まれていた。これら遊離アミノ酸の大部分は加熱によって増加し、その傾向は急速加熱に比べ緩慢加熱において顕著であった。また、遊離アミノ酸量の加熱に伴う増加は肉の種類によって異なった。ブタ、ニワトリ、ウシなどの獣鳥肉類では

加熱中の増加が比較的大きく、とくに、Glu, Ala, Val, Leu, Phe, Lys などの増加が目立った。また、魚肉類では、イサキがブタと同程度の遊離アミノ酸の増加を示したが、その他の魚種では、加熱中の遊離アミノ酸の増加は獣鳥肉類に比べてやや少なかった。

2) ATP 関連物質の変化

ATP 関連物質を分析した結果は、Fig. 2 に示すとおりである。獣鳥肉や魚肉類の種類にかかわらず多くの場合、ATP 関連物質の総量は 10.9~13.8 $\mu\text{mol/g}$ であったが、キハダ (15.0 $\mu\text{mol/g}$) やマサバ (15.6 $\mu\text{mol/g}$) は高い値を示した。加熱によって減少する傾向がみられたが、イサキ、ブタ、ウシのほかは比較的变化が少なかった。ATP 関連物質のうち、IMP の量は加熱によって減少し、それに伴いイノシン (HxR) とヒポキサンチン (Hx) が増加した。加熱による IMP の減少は、前報⁶⁾の場合と同様に、急速加熱に比べ、緩慢加熱において顕著であった。また、この IMP の減少程度は肉の種類によって大きく異なり、イサキやニワトリの場合は、かなり大きかったが、

マダイやサケの場合はわずかであった。この種間差異は、さきに報告した筋肉の IMP 分解酵素活性の種間差異⁶⁾ とほぼ一致した。

また、加熱によって IMP の分解産物である HxR と Hx は増加するが、イサキとウシでは HxR より Hx の増加が顕著であり、キハダとブタでは、両者の増加量が同程度であり、その他の試料では HxR の増加が著しかった。魚肉貯蔵中に蓄積する IMP 分解産物は、魚種によって HxR の場合と Hx の場合とにわかれることが内山ら¹¹⁾によって報告されているが、この魚種間差異は、本実験で明らかになった加熱過程で増加する IMP 分解産物の魚種間差異とほぼ一致した。

3) その他のエキス成分および総窒素量の変化

本研究で用いた方法で測定されるペプチド含量 (L-カルノシン相当量) は魚肉類では少なく、キハダでは 2.3 $\mu\text{mol/g}$ であり、ブリで 0.3 $\mu\text{mol/g}$ 、サケで 0.5 $\mu\text{mol/g}$ とわずかに認められたが、マサバ、マアジ、アカカマス、イサキ、マダイなどでは検出されなかった。獣鳥肉類の場合は、ニワトリで 13.1 $\mu\text{mol/g}$ 、ブタで 23.5 $\mu\text{mol/g}$ 、ウシで 21.4 $\mu\text{mol/g}$ と魚肉の場合よりかなり高い値を示した。また、いずれの肉においても加熱にともなうペプチド含量の大きい変動は認められなかった。動物筋肉の主なジペプチドにアンセリン、カルノシンおよびバレニンがあり、魚肉は魚種によってその含量が著しく異なるが、主としてアンセリンを含み^{12)~15)}、獣鳥肉は両者をかなり多量に含んでいることが知られている^{11,12)}。本研究におけるペプチドの分析値をこれらの既往のジペプチド分析値と比較すると、ペプチドが獣鳥肉に多く、魚肉に少ないという傾向は、既往の分析結果にみられる傾向とほぼ一致するが、個々の肉種における含量は文献値とかなり異なり、本ペプチド分析値はキハダやサケではアンセリンの文献値より著しく少なく、ニワトリではアンセリンとカルノシンの文献値の合計量よりかなり少なく、ブタ、ウシでは既往の両者の合計量と類似していた。このことは、本ペプチド分析法の感度がペプチドの種類によって異なることを示唆するが、この点については今後の検討課題としたい。

クレアチン量は、獣鳥肉類では 29.3~35.3 $\mu\text{mol/g}$ であり、魚肉類では 36.4~46.2 $\mu\text{mol/g}$ とやや多かった。肉の種類や昇温速度にかかわらず加熱中の変化は少なかった。

獣鳥肉や魚肉類の総エキス窒素量および各種エキス

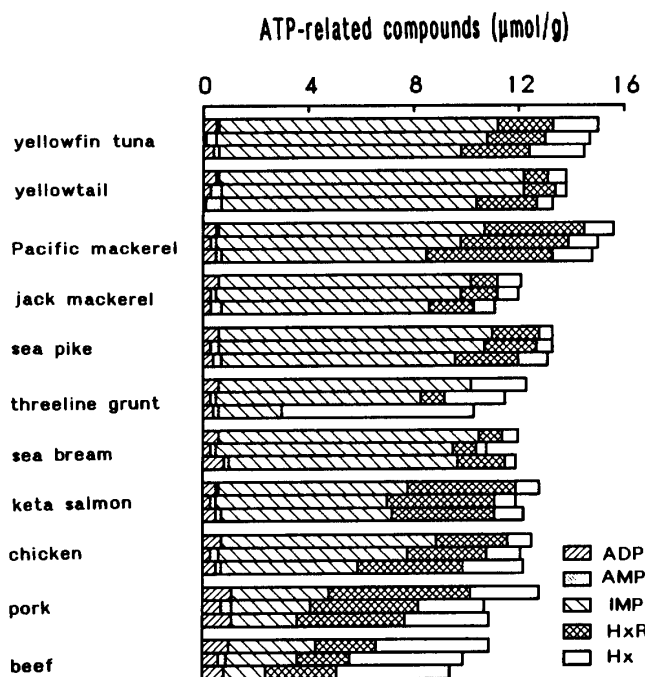


Fig. 2. Changes of the levels of ATP-related compounds in meats during heating

Upper column, Raw; Middle column, Fast heating; Lower column, Slow heating; ADP, adenosine 5'-diphosphate; AMP, adenosine 5'-monophosphate; IMP, inosine 5'-monophosphate; HxR, inosine; Hx, hypoxanthine.

獣鳥肉・魚肉のエキス成分に及ぼす加熱速度の影響

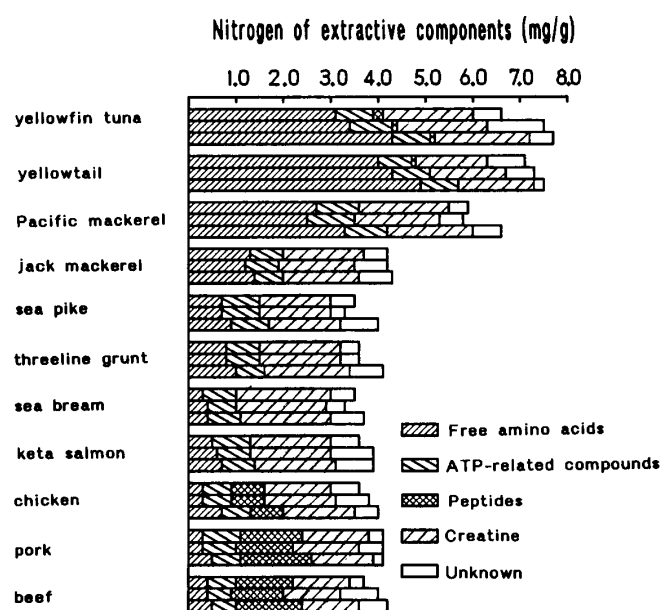


Fig. 3. Changes of the levels of extractive components in meats during heating

Upper column, Raw; Middle column, Fast heating;
Lower column, Slow heating.

成分窒素量の加熱中の変化を Fig. 3 に示した。分析された各種のエキス成分は総窒素量の約 84~94% であった。この図から明らかとなり、総エキス窒素量はキハダ、ブリ、マサバなどの赤身魚類で、約 6~7 mg/g と多いが、その他の魚類や獣鳥肉類では、約 3~4 mg/g であった。藤田¹⁶⁾ は赤身魚類で 500~800 mg/100 g, 中間色魚類で 400~500 mg/100 g, 白身魚類で 240~400 mg/100 g であると報告している。総エキス窒素量が赤身魚類に多く、白身魚類に少ない傾向は、本実験結果とよく一致した。加熱中にペプチド含量は大きく変化しないにもかかわらず総エキス窒素量と遊離アミノ酸が増加する事実から、加熱中に、ペプチドの主成分であるアンセリンやカルノシンは分解されない（加熱過程で β -Ala の生成は認められなかった）が、タンパク質ないし TCA 不溶のペプチドの遊離アミノ酸への分解（おそらく酵素的）が進み、生成する遊離アミノ酸にほぼ相当する量だけ総エキス窒素量が増加するものと考えられる。

(2) 「うま味」強度と熱水抽出液の官能検査

加熱中の各種エキス成分の変化は獣鳥肉や魚肉の食味になんらかの影響を及ぼし、とくに IMP の減少は「うま味」の低下を、Glu の増加は「うま味」の増大をもたらすと考えられる。これらの諸変化の食味に

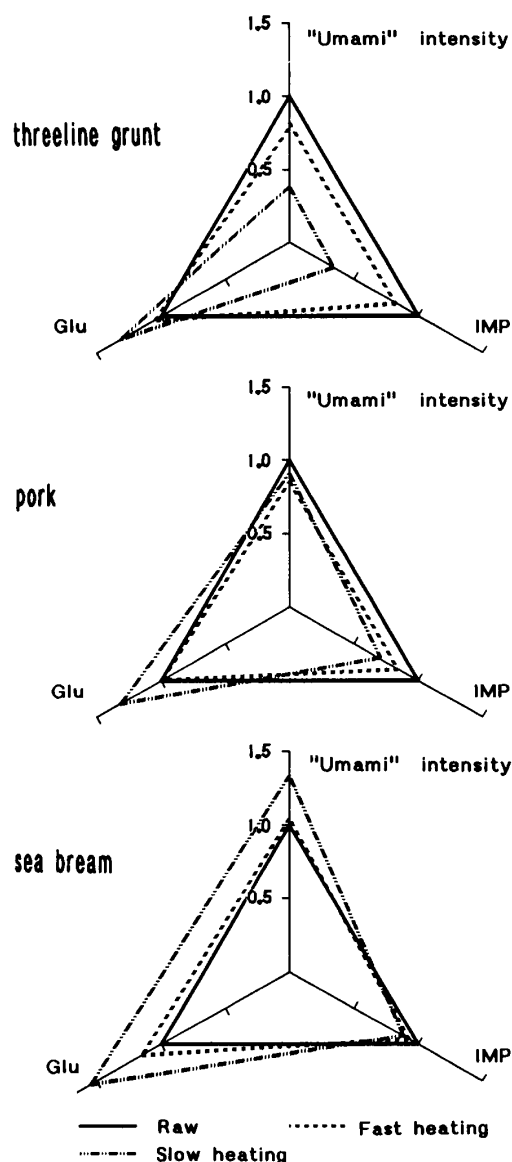


Fig. 4. Effects of heating rate on the "umami" intensity

する影響を分析値と官能検査の両面から以下のように検討した。

1) 「うま味」強度に及ぼす昇温速度の影響

獣鳥肉や魚肉の味には、Glu と IMP の相乗効果によってつくられる「うま味」が大きく寄与していることが知られている¹⁷⁾。そこで、上記の Glu と IMP の分析データを用い、計算上の「うま味」の強さを Yamaguchi¹⁸⁾ の式 ($y = u + 64,200 uv$, ただし u は Glu, v は IMP のモル濃度) によって算出した。その結果、本実験に用いた試料類は、加熱によって「うま味」強度が増大するもの、あまり変化しないもの、

Table 1. Effects of heating rate on the taste of the extracts prepared from meats

Sample	The number of panelists judged to be more delicious		
	Control : Fast	Control : Slow	Fast : Slow
Threeline grunt	26 : 14*	32 : 8***	29 : 11***
Pork	25 : 15	24 : 16	18 : 22
Sea bream	17 : 23	11 : 29***	13 : 27**

Significantly different at * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$ and *** $p < 0.005$. Control, minced meat was extracted with boiling water; Fast, minced meat was heated with water (18°C) at the rate of 7.5°C/min for 10 min, and extracted; Slow, minced meat was heated with water (18°C) at the rate of 0.8°C/min for 90 min, and extracted.

減少するものの3パターンに大別されることが明らかになった。

その代表的なイサキ、ブタ、マダイの3種について、加熱前後のIMP量、Glu量およびこれらの値から算出される「うま味」強度をFig. 4に示した。なお、この図では未加熱の場合のそれぞれの値を1として、急速加熱または緩慢加熱における変化を未加熱に対する比率で表した。イサキの場合は昇温速度が小さいほどIMPの減少が顕著であった。未加熱に対する緩慢加熱の「うま味」強度の比率は0.4であり、昇温速度が小さいほど「うま味」の強さが低下した。ウシの場合もこの比率は0.6と小さくイサキとよく似たパターンを示した。ブタの場合はIMPの減少量が少なく、Gluの増加量と相殺されるため、加熱過程での「うま味」強度の変化はわずかであった。ブタのほかマサバ、マアジ、ニワトリ、ブリおよびアカカマスなども同様のパターンを示した。これらの試料では緩慢加熱後の「うま味」強度の比率は未加熱に対し0.9~1.2と1に近似していて、昇温速度にかかわらず「うま味」の強さはほとんど変わらなかった。他方、マダイではIMPの減少量が他の肉に比べて小さいうえ、Gluの増加量がかなり大きかった。キハダやサケなども同様のパターンを示し、これらの「うま味」強度の比率は1.2~1.4と未加熱に比べて大きく、昇温速度が小さいほど計算上の「うま味」の強さが増大する傾向が認められた。

2) 熱水抽出液の官能検査

分析値から算出した「うま味」強度の加熱による変化はFig. 4のとおりであったが、このように強度を算出された「うま味」が、各試料間の味の指標になり得るかどうかを検討するために、イサキ、ブタ、マダ

イについて実験方法に従って熱水抽出液を調製し、肉の種類ごとに、対照、急速加熱、緩慢加熱の3種の抽出液について、官能検査を行った。その結果はTable 1に示したとおりであった。イサキの場合は、急速加熱では $p < 0.10$ 、緩慢加熱では $p < 0.005$ で、対照の方が「おいしい」と評価された。この官能検査の結果は、分析データから算出された「うま味」の強さが加熱によって低下する傾向とよく一致した。ブタの場合は、昇温速度の如何にかかわらず、対照との間で「おいしさ」に有意の差は認められず、計算上の「うま味」強度の加熱による変化が少ない傾向とよく一致した。マダイの場合は、急速加熱と対照との間で「おいしさ」の差は認められなかったが、緩慢加熱では「おいしさ」が加熱中に強くなったこと($p < 0.005$)が認められた。また、急速加熱に比べて緩慢加熱の方が「おいしい」と評価された($p < 0.05$)。

このように抽出液の官能検査結果とIMPおよびGluの含量から算出した「うま味」強度との間に一致した対応関係が認められたことから、少なくとも、昇温速度に依存しながら加熱によって起こる獣鳥肉や魚肉の味の変化はIMPの減少とGluの増加のバランスによって説明可能であると考えられる。

4. 要 約

代表的な獣鳥肉および魚肉類を急速または緩慢に加熱調理した際の、遊離アミノ酸、ATP関連物質およびその他のエキス成分の変化と、それらの変化が味の強さに及ぼす影響を検討した。その結果は次のように要約できる。

1) 加熱過程で、Glu, Ala, Val, Leu, Phe, Lysなどの遊離アミノ酸、HxR, Hxの量は増加したが、

獣鳥肉・魚肉のエキス成分に及ぼす加熱速度の影響

IMP の量は減少した。多くの場合、その傾向は急速加熱に比べ、緩慢加熱において顕著であった。ペプチドは魚肉類では少なく、獣鳥肉類では魚肉よりかなり高い値を示したが、いずれも加熱中の変化はほとんどなかった。クレアチンは肉の種類や昇温速度にかかわらず加熱中の変化は少なかった。総エキス窒素量はとくに赤身魚類に多く、加熱中に生成する遊離アミノ酸にはほぼ相当する量だけ増加する傾向がみられた。

2) IMP と Glu の分析値を用い、計算上の「うま味」の強さを Yamaguchi¹⁸⁾ の式によって算出した結果、マダイ、キハダおよびサケなどの場合は増加したが、イサキやウシの場合は減少した。これらの結果は、イサキ、ブタ、マダイなどの肉から調製した抽出液の官能検査によって判断した食味の変化とよく一致した。

引用文献

- 1) Nishimura, T., Rhue, M. R., Okitani, A. and Kato, H.: *Agric. Biol. Chem.*, **52**, 2323~2330 (1988)
- 2) Sen, H. and Endo, K.: *Nihon Kasei Gakkaishi (J. Home Econ. Jpn.)*, **41**, 933~937 (1990)
- 3) Sakaguchi, M., Murata, M. and Kawai, A.: *J. Food Sci.*, **47**, 1662~1666 (1982)
- 4) Murata, M. and Sakaguchi, M.: *J. Agric. Food Chem.*, **36**, 595~599 (1988)
- 5) 畑江敬子, 青柿節子, 吉松藤子, 川中郁子, 留目幸子: 家政誌, **32**, 515~520 (1981)
- 6) 富岡和子, 梁 善雅, 遠藤金次: 家政誌, **44**, 11~16 (1993)
- 7) Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. J.: *J. Biol. Chem.*, **193**, 265~275 (1951)
- 8) 満田久輝: 実験栄養化学, いずみ書房, 京都, 294 (1961)
- 9) Nimura, Y.: *Nippon Suisan Gakkaishi*, **39**, 1315~1324 (1973)
- 10) 川北兵蔵, 山田光江: 食品検査シリーズ 5 食品の官能検査, 医歯薬出版, 東京, 36 (1975)
- 11) 内山 均, 江平重男: 日水誌, **36**, 977~992 (1970)
- 12) 須山三千三, 吉沢由紀男: 日水誌, **39**, 1339~1343 (1973)
- 13) Shirai, T., Fuke, S., Yamaguchi, K. and Konosu, S.: *Nippon Suisan Gakkaishi*, **49**, 765~768 (1983)
- 14) 小島 渥, 積山昇司, 山本康之: 日水誌, **51**, 1461~1468 (1985)
- 15) Suyama, M., Suzuki, T., Maruyama, M. and Saito, K.: *Nippon Suisan Gakkaishi*, **36**, 1048~1054 (1970)
- 16) 藤田真夫: 脊椎動物の含窒素化合物 (坂口守彦編) 水産学シリーズ 72 魚介類のエキス成分, 恒星社厚生閣, 東京, 25~43 (1988)
- 17) 須山三千三, 鴻巣章二: 水産食品学, 恒星社厚生閣, 東京 83 (1987)
- 18) Yamaguchi, S.: *J. Food Sci.*, **32**, 473~478 (1967)