

総説特集 おいしさの基礎、開発、マーケティング - 3

肉のおいしさ*

西村 敏英**

(広島大学生物生産学部)

肉のおいしさを決定する重要な要因は、肉自身のもつ食感、香り、味である。肉は、適度な硬さ、なめらかな舌ざわりと豊かな多汁性をもつとおいしいと感じる。また、種に特有な肉らしい香りがして、かつうま味が強く、こくやまろやかさを有する肉はおいしいと感じる。これらの肉質の多くは、肉を低温で貯蔵する熟成過程において得られるものである。

キーワード：肉、おいしさ、食感（テクスチャー）、香り、味

はじめに

肉は、良質なタンパク質の供給源であると同時にとりわけ美味な食品の1つである。食品のおいしさを決める要因には多くのものが考えられるが、その中で食感、香り、味は素材である肉自身が有する重要なおいしさの決定要素である。

肉は、野菜や魚のように新鮮なほどおいしいとされる食品とは異なり、と殺後一定期間低温で貯蔵する熟成過程を経て食用に供する。これは、と殺直後に発生する死後硬直により肉は一旦硬くなり、食品としての価値が低下するが、低温で熟成することにより死後硬直が解け、軟らかくなると同時に、味や香りが向上し、肉質が良くなるからである。ここでは、肉の有する食感、香り、味が、肉のおいしさにどのように寄与しているか、またそれぞれの要因が熟成過程でどのように変化して、おいしさに関わっているかについてこれまでの知見を用いて解説する。

1. 肉の食感とおいしさ

肉の食感、噛んだときに感じられる硬さ（軟らかさ）、弾力性、もろさなどの歯ざわり、舌で感じられるなめらかさやざらざらした舌ざわり、並びに多汁性などの口ざわりである。一般的に言われている肉の望ましい食感、適度な硬さ（軟らかさ）、なめらかな舌ざわりと豊かな多汁性である。

1.1 肉の硬さとおいしさ

肉の硬さは、肉を構成する筋原線維、各種の膜成分である結合組織並びに脂肪組織の状態決定される¹⁾。年をとっていない動物の肉の硬さは、主に筋原線維によるところが大きい。と殺直後の筋肉は軟らかいが、死後硬直を起こして硬くなる。死後硬直を起こした肉は、筋原線維の太いフィラメントと細いフィラメントの間で相互作用が起こり、筋収縮した状態で保持されるため、噛んだときに硬く感じる。この死後硬直に伴う硬さは、rigor toughnessあるいはactomyosin toughnessと呼ばれている。死後硬直した肉は、食品としての価値が大変低い。しかし、肉を低温で貯蔵する熟成を行うと、肉は解硬現象によりだんだん軟らかくなる。これは、主に熟成に伴うZ線の脆弱化、アクチンとミオシンの結合の弱体化あるいはコネクチンの開裂等によりもたらされると考えられている²⁾。解硬現象が完了した時、肉はと殺直後の軟らかい状態に戻り、おいしいと感じる。こうした理由から、死後硬直を起こした硬い肉を熟成によって軟らかくするのである。筋原線維の死後硬直による硬さをできるだけ小さくするために、と殺直後に生ずる死後硬直時期を骨付き状態で保存する方法がある³⁾。この処理をした筋肉は、脱骨後の熟成に伴う軟化速度が速く、また死後硬直に伴う筋組織の崩壊が少ないため、軟らかくて、保水性の

*Received June 29, 2001; Accepted July 9, 2001.

Palatability on texture, aroma and taste of meat.

**Toshihide Nishimura: Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University, 1-4-4 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan; toshixy@hiroshima-u.ac.jp, Fax +81-824-24-7984

高い良質の肉となる。

肉における各種の膜は、結合組織と呼ばれ、コラーゲン線維からなる網目構造体とそれらの間隙を埋めているプロテオグリカンからできている。コラーゲン線維の数が多きほど膜は厚くなり、肉は硬くなる。年とった動物の筋肉に存在する結合組織のコラーゲン線維には、コラーゲン分子間あるいは分子内の架橋がたくさん存在しており、結合組織がより強固になる。従って、このような結合組織を持つ老動物の肉は硬くなる。これらの結合組織に由来する硬さは、と殺する前にすでに決まっていることから、background toughnessと呼ばれる。最近、結合組織の構造が死後の熟成に伴い崩壊することが明らかにされている(図1)。牛半腱様筋を4°Cで28日間貯蔵した時の結合組織の構造を電子顕微鏡で観察すると、その筋周膜や筋内膜は、と殺直後のものに比べて著しく構造を失っており、崩壊していることが明らかにされた⁴⁾。豚筋肉を貯蔵した場合にも同様の変化が観察されている⁵⁾。この崩壊は、コラーゲン線維間を埋めているプロテオグリカンの変化によることが示唆されている。しかし、熟成に伴う結合組織構造の崩壊が肉の軟化にどの程度の寄与をしているかは明らかにされていない。

筋肉における脂肪の存在状態も肉の軟らかさに大きな影響を及ぼす。筋肉の脂肪は、筋肉間、筋束間、筋細胞間に沈着する。脂肪が筋束間と筋細胞間に均一に分散すると、脂肪が網の目状に分布し、脂肪交雑(霜降りあるいはサシともいう)を形成する。これは、牛肉の肉質を評価する重要な要因の1つであ

る。一般的に、脂肪交雑度が高い牛肉の評価は良い。脂肪交雑で存在する脂肪は、筋原線維や結合組織よりも軟らかいので、脂肪交雑の程度が高い肉ほど噛んだときに軟らかく感じる。脂肪交雑の脂肪は、肉の軟らかさに重要な役割を果たしている。

1.2 肉のなめらかさとおいしさ

肉を口に入れた時に脂肪が溶けると、なめらかな舌ざわりを感じる。このなめらかな舌ざわりは、脂肪の融点と深い関係がある。脂肪の融点は家畜種によって大きく異なるが、これは中性脂肪の構成脂肪酸の種類や量的な違いに起因している。飽和脂肪酸を多く含む牛の脂肪は融点が高く、不飽和脂肪酸のリノール酸を多く含む鶏や豚の脂肪の融点は低い⁶⁾。低融点の脂肪酸の割合が多い鶏や豚の脂肪は牛の脂肪よりも口溶けが良く、食べたときになめらかに感じる。しかし、同じ牛肉でも、脂肪交雑の多い和牛の脂肪は、口溶けが良くてなめらかに感じる。これは、和牛の脂肪の融点が、従来の牛肉の脂肪よりも低いことによると考えられる。また、口の中で脂肪が溶けて呈味成分が広がることも和牛をおいしく感じさせる重要な因子の1つであろう。

1.3 肉の多汁性とおいしさ

肉は、約70%の水分を含んでいる。この水が加熱時に保持され、噛んだときに徐々に出てくるような状態を多汁性に富んでいるという。また、このように水を保持する能力を保水力という。保水力は、と畜後の死後硬直で著しく減少するが、熟成に伴う筋

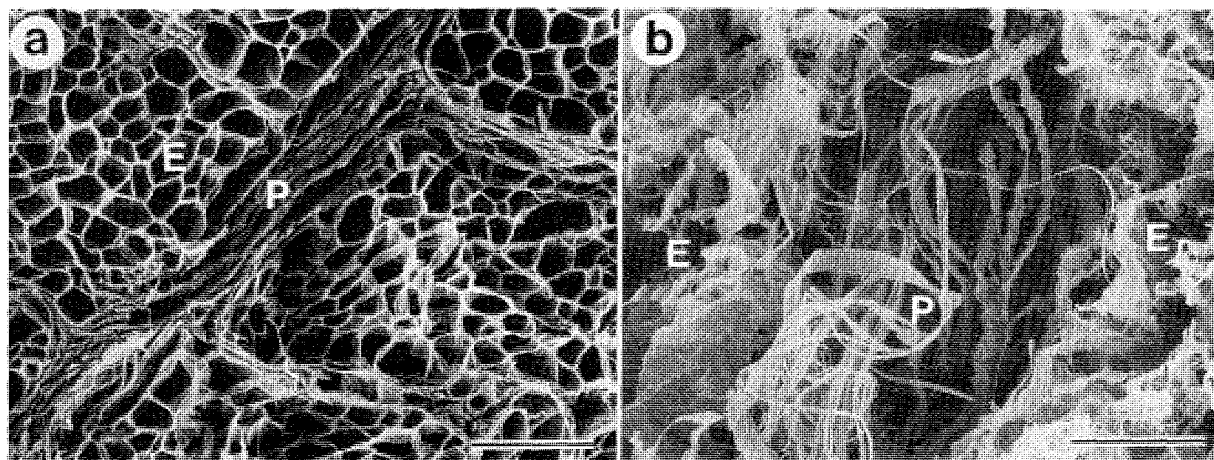


図1 牛肉の熟成に伴う筋肉内結合組織の構造変化(文献4から引用)。

a. と殺直後の牛半腱様筋の筋肉内結合組織 b. 4°Cで28日間熟成した牛半腱様筋の筋肉内結合組織。
E: 筋内膜、P: 筋周膜、スケールバーは200 μ m。

肉のおいしさ

原線維の構造変化で少し回復する⁷⁾。これは、筋原線維の太いフィラメントと細いフィラメントの相互作用が弱化し、水を保持できる空間が広がるからである。また、死後硬直をできるだけ小さくすることにより、保水力の高い肉を得ることができる⁸⁾。保水力の高い肉は、水が保持されているため、みずみずしくおいしく感じる。また、この水には、呈味成分が含まれていることから、多汁性に富んだ肉は呈味成分も多く含まれているため、よりおいしく感じるのである。

2. 肉の香りとおいしさ

香りは、食品を同定する役割を持っており、食品のおいしさを決定する最も重要な因子の1つである。香りは、ヒトの鼻に存在する嗅上皮で感じる感覚(嗅覚)である。食品の有する香りは、食べる前にその香りを嗅いだり、口の中に入れた時に、その香り成分が鼻の中を通過し、嗅上皮細胞表面に結合して感じられる。風邪をひいて鼻が詰まったときに、何を食べてもおいしくないと感じることは、誰もが経験したことである。これは、臭い成分が鼻の中を通らないために、香りを全く感じることができず、何を食べているか全くわからないからである。このことから、肉の香りのおいしさを決める重要な要因であることが理解できる。

2.1 肉の香りと香気成分

肉の香りは、畜種に共通な加熱香気と畜種特有の香りからなる。畜種に共通な加熱香気は、すべての肉で感じられる肉らしさの発現に貢献している。一方、畜種特有の香りは、畜種を同定する上で重要なものである。人々は、肉を食べたときに、肉らしい加熱香気と畜種特有の香りが感じられるとおいしいと感じる。

畜種に共通な肉らしい加熱香気については、多くの研究がなされており、その成分も明らかにされている。肉らしい加熱香気成分は、大きく3つのグループに分けられる。ポイルした肉及びロースとした肉のいずれにおいても肉らしい香りの発現に寄与するのが、サルファイド、チオフェン、チアゾールなどの硫黄化合物である。この中で、2-メチルフラン-3-チオールやその二量体である(2-メチル-3-フリル)ジスルフィドが牛肉において肉らしい香りに重要であると報告されている⁹⁾。2つ目のグループとして、ポイルした肉の香りに重要なフラン化合物がある。

さらに、3つ目のグループとして、ローストした肉(ステーキ肉)の香りに重要なピリジン、ピラジンなどの含窒素化合物とアルデヒド化合物である。これら加熱香気成分の生成には、主にアミノカルボニル反応が関与している。特に、アミノカルボニル反応の後期段階であるストレッカー分解は、アミノ酸と α -ジカルボニル化合物(アミノカルボニル反応の中期段階生成物)による反応で、アルデヒド化合物やアルキルピラジンを生成する。これらは、ロースとした肉に特徴的な香り成分である。このように、肉をポイルした時とロースとした時の温度の違いで、アミノカルボニル反応の生成物が異なり、それぞれに特徴的な香り成分が生成されるのである。

一方、畜種特有の香りに寄与する成分は、主に脂肪の成分から生成されると考えられているが、ほとんど同定されていないのが現状である。

2.2 熟成に伴う香りの向上

と殺直後の牛肉は、酸っぱくてステーキ様の香りがあまりしないが、一定期間熟成した肉はステーキ様の香りが強くなりおいしくなると報告されている¹⁰⁾。ステーキ様の香りは、肉を加熱した時に生ずるアミノカルボニル反応により生成される。アミノカルボニル反応の前駆体は、肉中に存在する遊離アミノ酸、ペプチド、糖などである。後述するように、食肉を熟成すると、タンパク質が分解され、ペプチドや遊離アミノ酸が増加する。この増加は食肉の熟成に伴う味の向上だけでなく、加熱香気成分生成の前駆体としてステーキ様の香りを含む肉らしい香りの増強に重要な役割を果たしている。

近年、牛肉を熟成した時に生ずる牛肉熟成香の存在が明らかにされ、その生成機構が少しずつ明らかにされてきた。この香りは、精肉店に入ると感じられるミルク様の甘い香りのことで、牛肉のおいしさに重要な役割を果たしている。沖谷らは、この香りが輸入牛ではあまり感じられず、輸入牛がおいしくないと評価される要因であると考え、この香りの生成機構を解析した。まず輸入牛肉が真空包装で輸入されてくることに着目し、牛肉を含気包装と真空包装し、0°Cで25日間貯蔵し、どちらの場合に牛肉熟成香が強いかを官能的に調べた(表1)。その結果、含気包装で貯蔵した肉の方が、牛肉熟成香が強いことが明らかとなり、酸素の存在が重要であると推察された¹¹⁾。次に、微生物の影響を調べた。表2に示すように、防腐剤を塗布して熟成した肉では牛肉熟

表1 含気包装と真空包装で貯蔵した牛肉の熟成香の強さ。

| 熟成香の強さ | 判定回数 |
|-------------|------|
| 含気包装肉>真空包装肉 | 24 |
| 含気包装肉=真空包装肉 | 4 |
| 含気包装肉<真空包装肉 | 0 |

牛肉を0℃で25日間貯蔵した後、官能評価した。文献11から引用。

表2 牛肉ロースを0℃で24日間貯蔵した時の牛肉熟成香の生成に及ぼす抗菌物質処理の影響。

| 抗菌物質 | 牛肉熟成香の強さ | 判定回数 |
|------------------|----------|------|
| クロラムフェニコール | 無処理>処理 | 11 |
| | 無処理=処理 | 1 |
| | 無処理<処理 | 0 |
| NaN ₃ | 無処理>処理 | 11 |
| | 無処理=処理 | 1 |
| | 無処理<処理 | 0 |

文献12から引用。

成香の生成が抑制されることから、微生物の関与も明らかとなった。この微生物は、*Brochothrix thermosphacta* (通性嫌気性低温細菌) と同定されている¹²⁾。さらに、この微生物が、脂肪構成脂肪酸の内、主に一価の不飽和脂肪酸であるパルミトオレイン酸とオレイン酸に作用して生成することが示されている。これらの結果から、牛肉熟成香は、脂肪、赤身、酸素、微生物 (*Brochothrix thermosphacta*) により、熟成中に生成されると推定された¹³⁾。このように、畜種特有の香りの生成機構は少しずつ明らかとなってきたが、豚肉や鶏肉の特有な香りの生成機構は全く明らかにされていない。これらの説明は、肉のおいしさに関わる香りの役割を明らかにする上で重要な課題である。

このように、肉の香りは畜種に共通な肉らしい加熱香気と畜種特有の香りからなり、これらの生成に熟成処理は重要な役割を果たしていると考えられる。

3. 肉の味とおいしさ

味は、主に舌あるいは口蓋に存在する味細胞が刺激されて感じる感覚 (味覚) である。これは、香りと違って、風邪をひいているときでも感じられる感覚である。従って、味だけを感じたい場合には、鼻をつまめばよい。味を発現する呈味成分の多くは、水溶性成分である。この呈味成分は、と殺直後の肉にはそれほど多くないが、一定期間低温で貯蔵する

熟成過程で増加する。これが、熟成に伴う肉の呈味向上の主因である¹⁴⁾。

3.1 肉の味と呈味成分

肉の主な味は、うま味、酸味、肉様の味、こく、まろやかさである。この中で、うま味や肉様の味が強く、こくとまろやかさが十分にある肉はおいしいと感じる。

うま味の発現には、遊離アミノ酸であるグルタミン酸とナトリウムイオンが結合したグルタミン酸ナトリウム (MSG) が重要な役割を果たしている¹⁵⁾。イノシン酸もうま味を有しており、MSGとの共存下では、うま味が相乗的に強くなる。グルタミン酸以外の遊離アミノ酸は、それ自身うま味を発現しないが、MSG (又はアスパラギン酸ナトリウム) および核酸系呈味物質と共存するとうま味を増強させる効果 (うま味の三者相乗効果という) をもつと報告されている¹⁶⁾ (図2)。この増強効果は、各遊離アミノ酸の閾値 (味を感じる最低濃度) 以下の濃度で認められることから、肉中に閾値以下で存在する各遊離アミノ酸も肉のうま味発現に大きく貢献していると推察される。最近、鶏肉のプロテアーゼ分解物から、うま味増強効果を有する6種類のペプチド (EE、EV、ADE、AED、DEE、SPE) が単離されている¹⁷⁾。これらが、熟成した肉中に存在するか否か

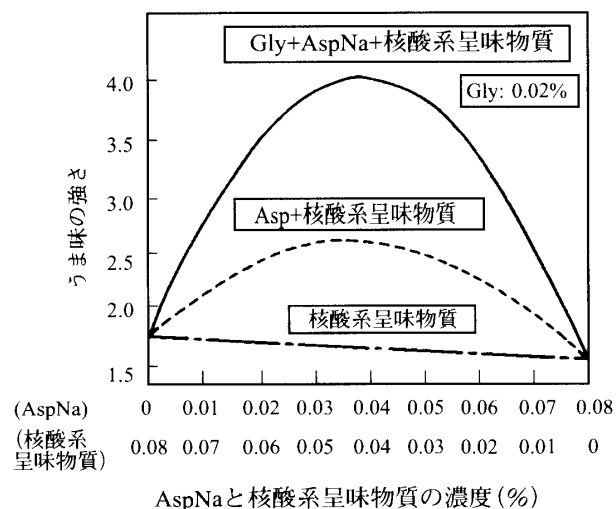


図2 遊離アミノ酸のうま味三者相乗作用 (文献16から引用)。

アスパラギン酸ナトリウム、核酸系呈味物質およびグリシンの混合物によるうま味の強さは、アスパラギン酸ナトリウムおよび核酸系呈味物質の混合物よりも強い。アスパラギン酸と核酸系呈味物質の総濃度は0.08%、グリシンは0.02%で添加された。混合溶液には、1% NaClが添加されている。

肉のおいしさ

は不明である。また、ペプチドのうま味増強効果の機構もわかっていない。後述するように、熟成した肉には、ペプチドが多く存在しているので、うま味増強ペプチドが存在する可能性は高い。肉様の味は、うま味に近い味で、うまみ成分を含んだ複数の成分によって発現されると考えられる。この味は、肉に独特なもので植物性食品には感じられないものである。うまみの発現成分であるIMPは植物性食品には含まれていないので、IMPが肉様の発現に重要であると考えられる。

肉の味にこくやあつみを付与する成分が牛肉の抽出物から見いだされている。この成分は、ゼラチンやトロポミオシン由来のペプチド性の物質であり、加熱時に生成されると報告されている¹⁸⁾が、詳細な構造は明らかにされていない。また、肉スープで感じられるあつみのある酸味は、肉の加熱中にクレアチンとアラニンあるいはクレアチニンと乳酸とが反応して生ずる物質によって発現すると報告されている¹⁹⁾(図3)。加熱により生成される呈味成分を詳細に検討することも今後の重要な課題である。

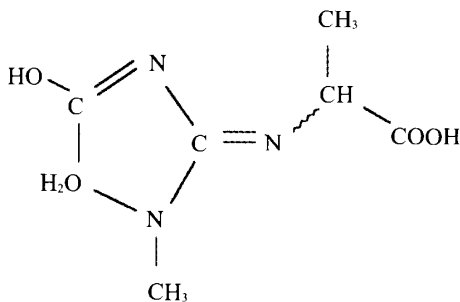


図3 あつみのある酸味 (brothy taste) を付与する成分 (文献 19から引用)。

この成分は、牛肉スープの加熱中にクレアチンとアラニンまたはクレアチンと乳酸から生成されると推察された。

まろやかな味は、ペプチドの酸味抑制作用によりもたらされる。熟成した牛肉を真空包装して、60℃で6時間加熱すると、味がまろやかになることから研究が始まった²⁰⁾。このように牛肉を真空調理法で加熱すると、ペプチドが著しく増加する。そこで、このような肉から取りだされたペプチド画分を、牛肉スープへ添加し、基本味への影響を調べた。その結果、分子量1000-10000を有するペプチド画分が、酸味を抑制することが判明した²¹⁾(図4)。熟成した

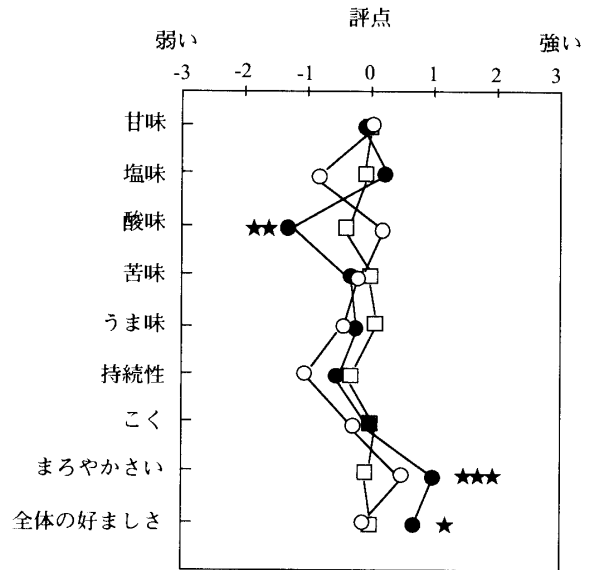


図4 ペプチドの牛肉スープ基本味に及ぼす影響。

未熟成の牛肉から調製した加熱スープに、分画したペプチド (○; 分子量500-1,000, ●; 1,000-10,000, □; 10,000以上) を添加し、官能検査を行った。★★★は、0.1%の危険率で有意差あり、★★は、1%の危険率で有意差あり、★は、5%の危険率で有意差あり。

豚肉を真空調理した場合にも、酸味を抑制するペプチドが生成されることが明らかとなった²²⁾。豚肉の場合には、分子量500-1000のペプチド画分に酸味を抑制するペプチドの存在が見いだされている。このペプチド画分を、ODSカラムを用いたHPLCにかけ、精製した。精製したペプチドの中で、酸味抑制作用をもつペプチドとして、APPPPAEVHEVHEEVH、APPPPAEVHEVVE、APPPPAEVHEVVが単離された(図5)。これらの共通配列であるAPPPPAEVHEV

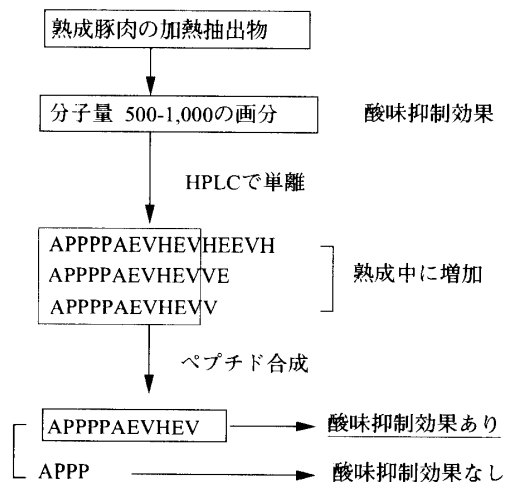


図5 真空調理した熟成豚肉中に存在する酸味抑制ペプチドの構造と作用。

を合成し、味覚センサーで酸味発現への影響を調べた結果、酸味物質の膜への結合を抑制していることが示唆された。ペプチドの酸味抑制機構として、ペプチドが酸味物質に結合して酸味受容体への作用を抑制するあるいは、ペプチドが酸味受容体を覆い酸味物質の結合を抑制する可能性が考えられている。

3.2 熟成に伴う呈味向上と呈味成分の変動

と殺直後の牛肉は、酸味が強くおいしくないが、熟成した牛肉は、酸味が弱くなり、まろやかでおいしくなることが知られている。この現象は、熟成した肉のスープでも認められている。また、牛肉、豚肉および鶏肉を低温で一定期間熟成するとうま味や肉様の味が強くなりおいしくなる。この呈味向上には、熟成に伴う呈味成分の増加が寄与している²³⁾。

熟成に伴う呈味の向上には、肉の主な呈味成分であるイノシン酸、遊離アミノ酸およびペプチドの増加が寄与している。イノシン酸は、と殺直後にはほとんど存在しないが、その後アデノシン5'-三リン酸 (ATP) からADP、AMPを介して生成される。イノシン酸は、さらにイノシンやヒポキサンチンへと分解されるため、いったん増加した後、徐々に減少してゆく。鶏肉のイノシン酸含量は、死後8時間で最大に達する²⁴⁾。牛肉や豚肉でも1~2日以内に最大となる。いずれの肉でも、イノシン酸が最大値を示す時期は、軟らかさやうま味強度から判定される熟成完了時期よりも早い。しかし、熟成完了時に残存しているイノシン酸は、MSGとの相乗作用で、肉のうま味並びに肉様の味形成に重要な役割を果たしている。

肉の熟成中に、遊離アミノ酸は著しく増加する²⁵⁾。牛肉の熟成ではアラニン、ロイシン、バリン、セリン、スレオニン、グルタミン酸が、豚肉ではアラニン、グルタミン酸、セリン、スレオニン、ロイシンが、鶏肉ではアラニン、セリン、グルタミン酸、ロイシン、グリシンが多く増加すると報告されている。グルタミン酸の増加は、肉の熟成によるうま味の増強に大きく貢献している。グルタミン酸以外の各遊離アミノ酸の増加も、MSGとイノシン酸とのうま味三者相乗効果で熟成による呈味向上に大きく貢献していると考えられる。総遊離アミノ酸の増加速度は、鶏、豚、牛肉の順に大きく、それぞれ3.0、0.67、0.40 $\mu\text{mol/g}$ 肉/日である。これらの増加速度は、熟成期間の長さにも反映しており、増加速度の小さい牛肉が最も長い熟成期間を要する事実とよく呼応し

ている。ペプチドも肉の熟成に伴い増加する。牛肉では8日間の、豚肉では5日間の、また鶏肉では2日間の熟成期間に、それぞれのペプチド含量が20 - 25%増加する (図6)。これらの増加は、肉の酸味抑制をもたらし、肉のまろやかさの増大に貢献している。既述した3種類の酸味抑制作用を有するペプチドは、いずれも筋原線維タンパク質であるトロポニンTの

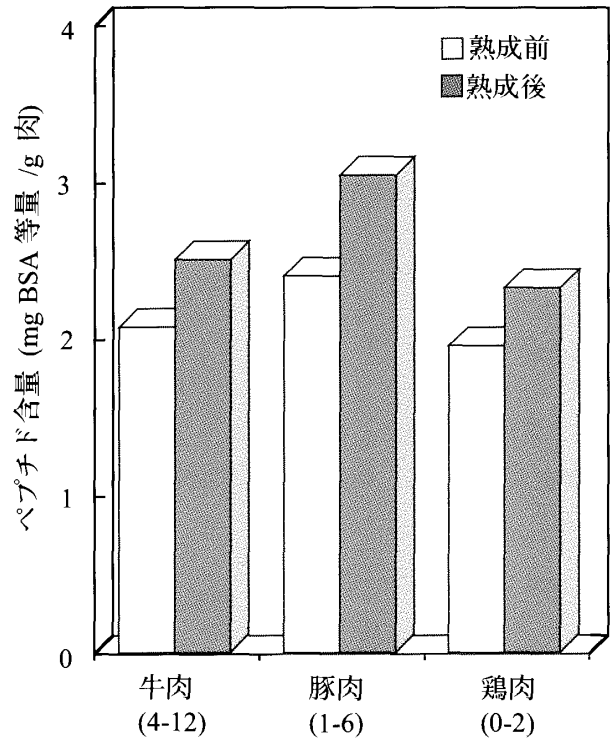


図6 牛、豚、鶏肉を4℃で貯蔵した時のペプチドの変化。

牛肉は、と殺後4日目のものを12日目までの8日間、豚肉は、と殺後1日目のものを6日目までの5日間、鶏肉は、と殺直後のものを2日目までの2日間貯蔵した。貯蔵前後の肉からペプチドを抽出した後、ローリー法で測定した。ペプチド量は、BSA (牛血清アルブミン) 当量として表した。

分解物である。

肉の熟成に伴うペプチドや遊離アミノ酸の増加は、内在性プロテアーゼのタンパク質分解によりもたらされる (図7)²⁶⁾。ペプチドの増加に寄与するエンドペプチダーゼには、酸性で活性の高い“カテプシン”とカルシウムイオンで活性化され、中性で活性の高い“カルパイン”がある。一方、遊離アミノ酸の増加にはアミノペプチダーゼが貢献している。肉中には、基質特異性の異なる数種類のアミノペプチダーゼが存在しているが、この内アミノペプチダーゼC、

肉のおいしさ

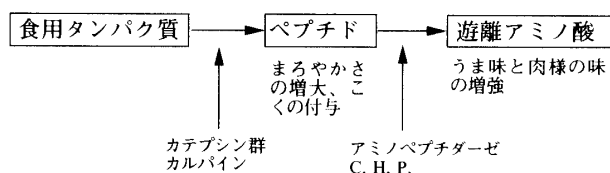


図7 食肉の熟成に伴うペプチド並びに遊離アミノ酸の生成機構。

H, Pの作用が重要である。これらの酵素が十分に作用できる条件で熟成すれば、おいしい肉の味の形成につながるであろう。

以上の知見をまとめると、肉の熟成に伴うペプチドの増加は、まろやかさの増大やくくの付与に、また遊離アミノ酸の増加は、うま味や肉様の味の増強に寄与することにより、肉のおいしさの形成に重要な役割を果たしているといえよう。

おわりに

肉のおいしさに寄与する要因を取り上げ、それぞれがどのようにおいしさに関わっているかを述べた。この中で、おいしさに関わっている食感、香りおよび味は、肉を低温で貯蔵する熟成過程において改良されることを示した。そして、熟成された肉こそが、肉固有の食感、香り、味を有すると考えられる。これらの肉質の多くは、食する前の加熱調理や味付けにおいて改良できないものである。確かに、食のおいしさにおける多様化に伴い、すべての人が同じ熟成肉をおいしいと判定するわけではないが、肉固有の性質を有する熟成肉は多くの人のおいしいと感じるはずである。この総説がおいしい肉を求める人にとって少しでもお役に立てれば幸いである。

文 献

- 1) 沖谷明紘、松石昌典、西村敏英：調理科学 25 (4), 314-326 (1992)
- 2) 高橋興威：食肉の科学 37 (1), 3-14 (1996)
- 3) McKee SR, Hirschler EM and Sams AR: *J. Food Sci.* 62 (5), 959-962 (1997)
- 4) Nishimura T, Hattori A and Takahashi K: *Meat Sci.* 39, 127-133 (1995)
- 5) 西村敏英、西海理之：New Food Industry 41 (10), 17-24 (1999)
- 6) 大高文男：食肉加工ハンドブック (天野慶之他編). p.126-129, 光琳 (1980)
- 7) Hamm R: Advance in Food Research, Vol.10 (Chichester, C.O. et al. eds.), p.355, Academic Press (1960)
- 8) 奥村朋之、犬塚雄介、小川真理子、小川俊也、中村丈志、井手 弘、久保正法、西村敏英: 日本畜産学会 72, (2001)(投稿中)
- 9) Gasser U and Grosch W: *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 186, 489 (1988)
- 10) Caul: In Quarter Master Food and Container Inst., Surveys Progr. Military Subsistence Problems Ser. I. No.9, pp.152 (1957)
- 11) 沖谷明紘、森壽一郎、松石昌典：日畜会報 63, 189-191 (1992)
- 12) 松石昌典、森壽一郎、文 允熙、沖谷明紘：日畜会報 64, 163-170 (1993)
- 13) 松石昌典：食肉の科学 36, 183-198 (1995)
- 14) 西村敏英・奥村朋之 (2000)：食品工業 43 (8), 23-30.
- 15) Kato H and Nishimura T: In Umami: A Basic Taste. Kawamura Y and Kare MR(eds) Marcel Dekker, New York and Basel, pp. 289-306 (1987)
- 16) 横塚 保、斉藤伸生、奥原 章、田中輝男：農化 43, 165-170 (1969)
- 17) Maehashi K, Matsuzaki M, Yamamoto Y and Udaka S: *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 63, 555-559 (1999)
- 18) 黒田素央、島 圭吾、山田典彦、原田 努：日本農芸化学会1996年度大会要旨集. p.4 (1996)
- 19) Shima K, Yamada N, Suzuki E and Harada T: *J. Agric. Food Chem.* 46, 1465-1468 (1998)
- 20) Ishii K, Tsuchida M, Nishimura T, Okitani A, Nakagawa A Hatae K and Shimada A: *J. Home Econ. Jpn.* 46, 229-234 (1995)
- 21) 石井克枝、西村敏英、沖谷明紘、田村由紀子、畑江敬子、島田淳子：家政誌 46, 307-312 (1995)
- 22) 西村敏英 (2001)：化学と生物 39 (3), 177-183.
- 23) Okumura T, Inuzuka Y, Nishimura T and Arai S: *Anim. Sci. Technol. (Jpn)* 67, 360-367(1996)
- 24) Terasaki M, Kajikawa M, Fujita E and Ishi K: *Agric. Biol. Chem.* 29, 208-215 (1965)
- 25) Nishimura T, Rhyu MR, Okitani A and Kato H: *Agric. Biol. Chem.* 52, 2323-2330 (1988)
- 26) Nishimura T: *Food Sci. Technol. Int. Tokyo* 4(4), 241-249 (1998)

<著者紹介>

西村 敏英 (にしむら としひで) 氏略歴

1979年 3月 東京大学農学部農芸化学科卒業

1984年 3月 東京大学農学系研究科博士課程修了

1984年10月 日本学術振興会奨励研究員

1985年 4月 東京大学農学部助手

(この間、平成元年～2年に米国州立アリゾナ大学で
研究員としてプロテアーゼに関する研究に従事。)

1994年 4月 広島大学生物生産学部助教授

2000年 4月 広島大学生物生産学部教授 現在に至る。

