

総説特集 食べ物のおいしさと熟成を科学する - 9

食品の加熱熟成に伴う呈味の変化

—加熱によるコク味発現を中心に—*

黒田 素央・山中 智彦・宮村 直宏**

(味の素㈱ 食品研究所 商品開発センター)

多くの食品は、加熱調理により調製され、提供される。この加熱工程において、食品タンパク質の変性、食品素材からの成分溶出、メイラード反応をはじめとする化学反応など、多くの反応が起こり、食品の呈味が形成されると考えられている。このような食品の中で、スープやソースなど、食材を煮込むことによって調製する食品においては、長時間の加熱によって、特有の香り、風味が発現・増加することが知られている。これらの中で加熱により「コク味」と呼ばれる風味質が増加することが観察されている。本稿では、食品の「コク味」を表現するための用語の整理とコク味表現モデルについて概説を行った後、加熱によって「コク味」が向上する例として、牛肉スープストックあるいは牛肉エキスを取り上げ、最近の研究例について紹介する。具体的には、牛肉スープストックの加熱中に生成し、牛肉スープ特有の「あつみのある酸味」を付与する低分子「コク味」成分の研究例および牛肉エキス中の「コク味」(持続性、濃厚感、広がり)に寄与する高分子成分の解析例と加熱に伴う構造変化について、以下に詳述する。

キーワード：コク味、牛肉スープ、ビーフエキス、トロポミノシン、コラーゲン、タンパク質

1. はじめに

—食品の「コク味」表現の整理—

食品のおいしさを表す表現の一つとして「こく」という言葉が用いられる。甘味、塩味、酸味、苦味、うま味の基本味で、おいしさを表現しきれない場合に、「こく」という表現が使用されている。ただし、私たちは調味料の呈味機能中心に評価を行っているため、「コク味」という表現を使用する。したがって、本稿の説明においては「コク味」という表現に統一させていただきたい。現在、我々のグループでは、各種の食品の「コク味」を表現するモデルの構築について検討を進めている。そこで、本研究の本題の説明を行う前に「コク味」に対する理解を深め

て頂くために、「コク味」表現の整理について説明する。

1.1. 「コク味」表現の整理と味の素コク味表現モデルの作成

「コク味」は、おいしさを表現する時によく用いる言葉であるが、そのイメージにズレを感じる時があり、すり合わせるのには難しい表現と思われる。「コク味」を深める第一歩として、「コク味」を突き詰める道具として開発した、コク味表現モデルについて説明する。

人は「コク味」を、五感に対する刺激をもとにして感じていると考えられる。その中心となるのは味

*Received May 27, 2004; Accepted July 1, 2004

Change in the taste and flavor of food during the aging with heating process. — Generation of "KOKUMI" flavor during the heating of beef soup or beef extract —

**Motonaka Kuroda¹, Tomohiko Yamanaka², and Naohiro Miyamura², ¹Food Research & Development Laboratories, Seasoning & Food Products Company, Ajinomoto Co., Inc., ²Food Products Development Center, Seasoning & Food Products Company, Ajinomoto Co., Inc. 1-1, Suzuki-cho, Kawasaki-Ku, Kawasaki 210-8681, Japan; motonaka_kuroda@ajinomoto.com, Tel:+81-44-233-3300, Fax:+81-44-244-43487

覚・嗅覚である。この味覚・嗅覚への刺激を官能評価で測定される感覚量とむすびつけられれば、食品の「コク味」を定量化できるのではと考えた。そこで、様々な「コク味」表現の整理と、「コク味」の特性を示す評価用語の設定を試みた。「コク味」表現にどのようなものがあるのかについては、調査した最近の報告例^{1,2)}に収集、整理されたものがある。さらに整理を試み、図1のように、1)強さ：味の強弱、2)時間：味・風味の経時変化、3)ひろがり：口腔内のひろがり感、4)ハーモニー：味全体のバランス、複雑さが融合したまとまり、の4項目にまでまとめ官能評価による測定が可能と考えた³⁾。

これらの評価用語を、味細胞や嗅細胞への刺激と関連付けた説明で言い換えると、食品を口に入れた後、舌の5基本味に対応する受容体への刺激（強さ）と、軟口蓋（上あご）や咽頭・喉頭部、舌にある味細胞への刺激および嗅細胞への刺激（ひろがり）と、これらの経時変化（時間）ということになる。これらの刺激と経時変化について、バランスがとれているかどうかを判断し（ハーモニー）、「コク味」の強さが決まってくるということになる。官能評価による測定手法の概略は次のようになる。①強さの経時変化を測定する。強さは基本味ごとに違うので、個別に測定する。基本味標準成分の特定濃度の強さを評点1、3、5点とする。②ひろがりの時間変化を測定する。“ない”、“ややない”、“ふつう”、“ややある”、“ある”の5段階評価にて行う。ある評価用溶液を“ややない”とし、ひろがりを増強する特定の調味料を一定量添加した時のひろがりを“ふつう”とし評価する。③ハーモニーに関しては時間感覚を含めず評価する。“ない”、“ややない”、“ふつう”、“や

やある”、“ある”の5段階評価にて行う。ある評価用溶液を“ややない”とし、「ハーモニー」を増強する特定の調味料を一定量添加した時のハーモニーを“ふつう”とし評価する。評価結果を単にグラフ化すると、合計7グラフとなり、一つのイメージとして頭に入りにくいと考えられたため、図2に示す表現モデルを考え、これを「味の素コク味表現モデル」と名づけた。簡単には「コク味表現モデル」と呼ぶようにした。

1.2. コク味表現モデルの妥当性検証

4項目の評価用語で実際に「コク味」が測定できるのかいくつか検証した。例として、同じ原料を用いた3時間煮込んだ「コク味」が強いチキンコンソメと、30分煮込みの「コク味」の弱いチキンコンソメにて確認した例を示す。各コンソメともBrix、食塩を揃え評価している。「コク味表現モデル」は、図2のようになった。3時間煮込み品に対する30分煮込み品の評価内容と「コク味表現モデル」は次のようにうまくリンクすると考えられる。①“全体に強い呈味”に対し“やや弱い呈味”は、モデルで基本味がうま味、甘味中心に低いところ、②“濃厚”に対し“水っぽい”は、モデルの基本味、ハーモニーが低いところ、③“味が複雑で深みがある”に対し“ある程度のうま味、甘味あるが味がバラバラ”は、モデルでハーモニーが低いところ、④“パンチ、ひろがり、持続性がある”に対し“パンチ、ひろがり、後味がない”は、それぞれモデルの評価時の早い時間に立ち上がる強さ・ひろがりが劣るところ、強さ・ひろがりが評価時後半に低いところ、⑤“コク味が強い”に対し“コク味が弱い”は、モデルの①②③④を総合したところと考えられる。チキンコンソメを長時間煮込むことによって、強さ、ひろがり、経時変化、ハーモニーの全ての数値が増加し、「コク味」の強さの違いがこれら評価用語で表現できている。従来の「コク味」に関係のある表現と4項目の評価用語の関係をまとめると、図3のようになる。ハーモニーと強さを含む表現が厚みなど、ハーモニーと時間を含む表現が先味など、ハーモニーとひろがりを含む表現が広がりなど、と考える。また、厚み・深み・濃厚感などはひろがりも含んでいる場合、パンチ・しまり・シャープは強さも含んでいる場合があると考えられる。「コク味表現モデル

濃厚感	濃厚な味わい、味が濃い、こってりしている	強さ
力強さ	味がしっかりしている、特徴がはっきりしている、メリハリがある	
動物性の味	肉がたっぷり、バター・油が入っている味	
うま味	うま味がある、うま味に近い	時間
持続性	口に残る香りと味、すぐに消えてしまわない、飲んだときにわかるおいしさ	
広がり	口のなかに広がる	ひろがり
まろやかさ	まろやか	ハーモニー
深み	深い味わい、成分がとけあっている、素材が集まって醸し出される、単純でない	
快さ	心地よい、快い	

図1 コク味と関係のある表現（文献²⁾の表を一部改変）。

食品の加熱熟成に伴う呈味の変化

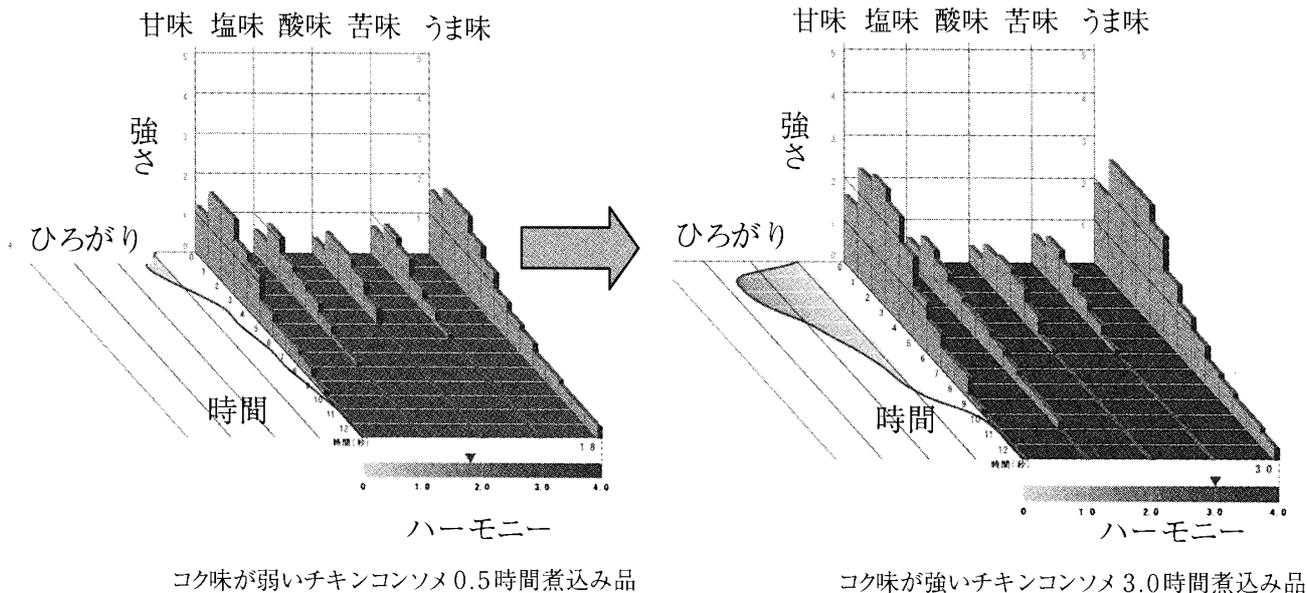


図2 味の素コク味表現モデルでの調味品比較。

～コク味が強いチキンコンソメと弱いチキンコンソメに関して～

ル」を利用し、様々な「コク味」調味料や「コク味」が強い食品について、各々の「コク味」を区別し整理が可能となる。様々な調味料が「コク味表現モデル」にて把握され、そのパターンから「コク味」解析が進むようになっていくと考える。

2. 牛肉スープストック中の低分子「コク味」成分に関する研究

肉を煮込んで得た肉汁はスープ・ソースに“コク味”を付けおいしさを向上させる。肉の呈味成分としてアミノ酸、有機酸、無機塩類や種々ペプチドが知られている。しかし、牛肉汁の呈味は既知物質の配合では再現できない。最近、その再現を目指し未知成分を探索した報告がなされた^{4,5)}。著者らは、牛肉汁の既知成分を調査して得た試験液と実際の肉汁の官能評価による比較から、両者の差となる“コク味”の質を、コンソメスープなどで感じる有機酸の酸味とは異なる酸味様の味質であるとし、“あつみのある酸味”と定めた。次に肉汁に関して、種々分画と官能評価を実施し、“あつみのある酸味”を有する成分の絞り込みを進めた。単離された成分は、FABMS、NMR などによる構造解析、合成品との比較などが実施された。その結果、牛肉汁の“あつみのある酸味”発現に寄与する物質は、図4に示す新規化合物で N-(4-methyl-5-oxo-1-imidazolin-2-yl)sarcosine と確認された。本化合物は牛肉汁に含まれる

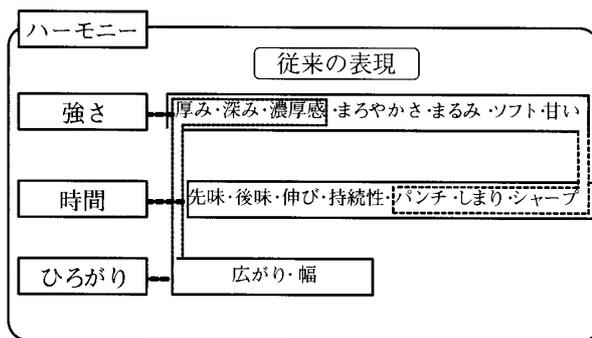
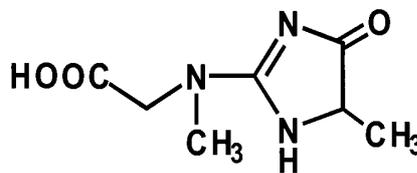


図3 従来表現と「味の素コク味表現モデル」の項目との関係。
コク味に関係のある様々な表現を大まかに分類



N-(4-methyl-5-oxo-1-imidazolin-2-yl)sarcosine

図4 「あつみのある酸味」を呈する成分の構造⁵⁾。

Creatine 関連成分と糖類の分解物が反応して生成すると推定される。また、本化合物単独水溶液は無味であるが、添加されたコンソメスープは有意に無添加スープと識別され、「持続性」「濃厚感」「後味の酸味」が付与されていた。

図5のグラフは、加熱により牛熱水抽出物中の“あ

つみのある酸味”成分が増加することを示した分析結果である。“コク味”についても加熱4時間以降に顕著となる。また、表1にコンソメスープの“あつみのある酸味”成分に関する分析結果を示す。おいしく“コク味”が強い「シェフ調理コンソメ」「ホテルメイドコンソメ」は数値が高く、それに比し淡泊な呈味の市販缶コンソメは数値が低かった。すなわち、本成分は現実に食品に含有され、“コク味”が強い食品ほど高い傾向であった。

3. 市販牛肉エキス中の「コク味」成分の分離および構造解析

上記の「コク味」モデルの説明で述べたように、コンソメスープを長時間煮込むことによって、「厚み」「持続性」の増加により、「コク味」が増加することが示されている。同様に、牛肉スープや牛肉エキスの加熱に伴い「コク味」が増強することが観察されている。本項目では牛肉エキスの加熱に伴う「コク味」発現に着目し、加熱により生成するコク味成分の分離および構造解析についての研究例を紹介する。

3.1. 市販ビーフエキス中の「コク味」成分の分離・精製⁶⁾

市販の牛肉エキスは牛肉の熱水抽出・濃縮・加熱を経て製造されるが、加熱プロセスによって、特有の「コク味」と呼ばれる風味質（後味の持続性、味

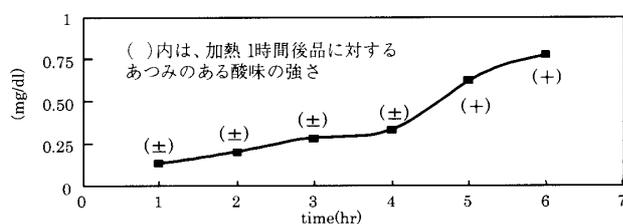


図5 牛肉熱水抽出液中の加熱時間による同定成分の変化⁵⁾。

の厚み・広がりを与与する機能)が増加することが知られている。そこで、市販牛肉エキスから「コク味」に寄与する成分の分離および構造解析を試みた。限外濾過による分子量分画により、上記成分は分子量5,000以上の高分子であることが示された。また、この高分子画分をプロテアーゼ処理した際に「コク味」が低減したことから、牛肉エキスの「コク味」成分はタンパク質であることが推測された。次にイオン交換クロマトグラフィー、 Cu^{2+} -キレートクロマトグラフィー、ゲル濾過クロマトグラフィーによる分画操作を行い、「コク味」に寄与する2種類の画分を分離した(図6)。得られた「コク味」画分についてSDS-PAGE、逆相HPLCによる分析を行ったが、両画分とも単一のバンドやピークは検出されず、膨大な種類の成分の混合物であると推定された(図7)。

3.2. ビーフエキスの高分子「コク味」成分の部分構造解析⁶⁾

上記の画分の構造解析を行うにあたり、以下の考察を行った。前述したように、「コク味」画分は多成分の混合物であることが推測された。また、これらの画分は加熱を経て得られたビーフエキス由来のものであるため、加熱による低分子化や修飾を受けることにより、多成分化が起こったものと推測された。そこで、これらの画分について、特定のアミノ酸の部位で切断する分解酵素で処理することにより、この画分の前駆体由来の断片を得ることが可能ではないかと考えた。実際に、上記の「コク味」画分の一つであるGF-1画分について、Endo-protease Glu-Cで酵素分解を行うことにより、数種のピークが検出することが観察された(図6)。そこで、上記の画分についてEndo-protease Glu-Cによる酵素分解を行い、分解物について4種類の分取HPLCによりペプチド断片の単離を試み、GF-1画分の分

表1 各種コンソメ中の成分含量⁵⁾。

サンプル	同定成分濃度 (mg/dl)	あつみのある酸味の強さ
シェフ調理コンソメ	3.1	+++
ホテルメイドコンソメ	1.7	++
市販缶コンソメ	0.7	±

食品の加熱熟成に伴う呈味の変化

解物から 27 種、GF-5 分解物から 20 種のペプチドをシングルピークとして精製した。得られたペプチドについてアミノ酸配列解析を行った結果、両画分ともにコラーゲンおよびトロポミオシン（筋原繊維の構成タンパク質）を前駆体として生成したものであると推測された（表 2）。コラーゲン、トロポミオシンともに未加熱の状態では、「コク味」を付与する機能を有していなかったが、これらのタンパク

質を牛肉エキス低分子画分 (LMW) 中で加熱することにより、「コク味」が発現することを確認した（表 3）。この結果から、牛肉エキスの有する「コク味」の一部は、コラーゲンとトロポミオシンとの加熱反応物に起因すると推測された。

4. 牛肉エキスの加熱に伴うタンパク質の構造変化

前章において、牛肉由来のタンパク質の加熱により「コク味」が発現することを確認した。未加熱のタンパク質にはこれらの機能が認められなかったことから、牛肉エキスの加熱によって、上記のタンパク質の構造変化が起こり、「コク味」を有する構造に変化したと推測された。そこで、本章においてはモデル系として、低褐変度の牛肉エキスについて加熱を行い、タンパク質（高分子画分）の構造変化について検討を行った。アミノ酸組成分析の結果、牛肉エキスの加熱に伴い、高分子画分中のヒスチジンおよびβ-アラニンが増加することが確認された⁷⁾。β-アラニンはジペプチドであるカルノシン（β-alanyl-histidine）の構成アミノ酸であることから、加熱に伴ってカルノシンが高分子画分中のタンパク

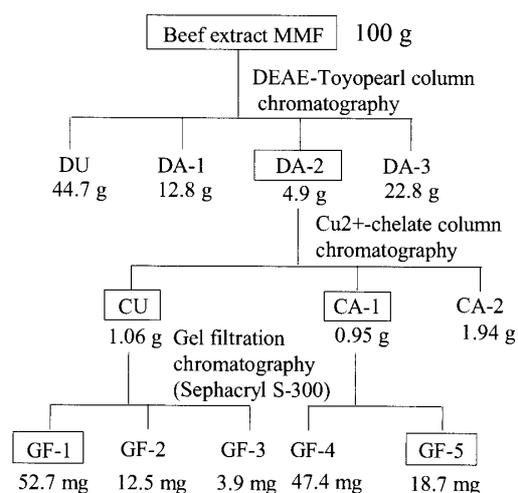


図 6 ビーフエキス高分子画分(MMF)からの「コク味」画分分離フロー。

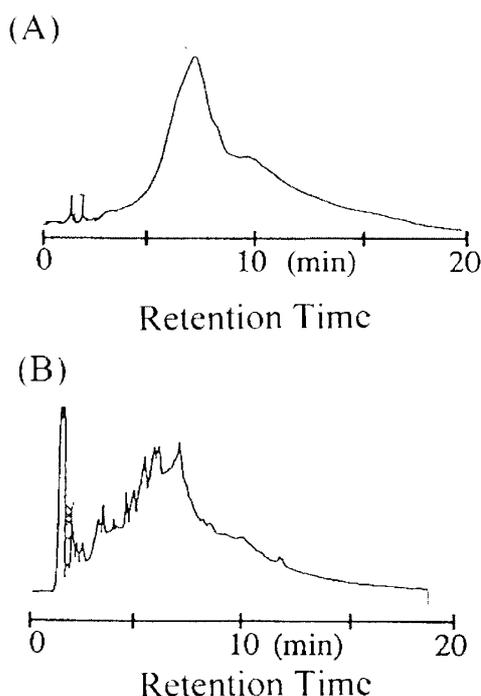


図 7 GF-1 画分 (A) および同画分の酵素分解物 (B) の HPLC クロマトグラム。

表 2 GF-1 および GF-5 酵素分解物から得られたペプチドのアミノ酸配列解析結果。

Peptide Fragment	Amino Acid Sequence	Assignment
(From GF -1 Digest)		
No.1	Ala-Glu-Thr-Arg-Ala-Glu	TM*(α, β) 235-240
No.2	Glu-Ala-Glu-Lys-Ala-Ala-Asp-Glu	TM(α, β) 115-122
No.3	Lys-Lys-Ala-Thr-Val-Ala-Glu	TM(α, β) 76-82
No.4	Lys-Met-Glu-Ile-Gln-Glu	TM(β) 140-145
No.5	Leu-Asp-Lys-Tyr-Ser-Glu	TM(α) 57-62
(From GF -5 Digest)		
No.6	Val-Glu-Lys-Tyr-Ser-Glu	TM(β) 57-62
No.7	Asp-Lys-Tyr-Glu-Glu	TM(α) 218-223
No.8	Val-Tyr-Ala-Gln-Lys	TM(β) 260-264
No.9	Leu-Tyr-Ala-Gln-Lys	TM(α) 260-264

*TM, tropomyosin

表 3 ゼラチン、トロポミオシン加熱物の呈味評価結果。

Samples	Scores of Flavor Intensities		
	Continuity	Mouthfulness	Thickness
Un-heated gelatin	0.2 ± 0.4	0.3 ± 0.5	0.2 ± 0.4
Un-heated tropomyosin	0.3 ± 0.5	0.2 ± 0.4	0.2 ± 0.4
Gelatin/tropomyosin heated in DW	0.3 ± 0.5	0.2 ± 0.4	0.2 ± 0.4
Gelatin heated in LMW	0.3 ± 0.5	0.3 ± 0.5	0.4 ± 0.5
Tropomyosin heated in LMW	0.2 ± 0.4	0.2 ± 0.4	0.3 ± 0.4
Gelatin/tropomyosin heated in LMW	1.7 ± 0.5*	1.4 ± 0.5*	1.5 ± 0.5*

-3, Apparently weaker than control ~ 3, apparently stronger than control.

*Means ± standard deviation (n = 7).

*: significantly different from control at $p < 0.05$.

質に結合したと推定された。また、加熱によって得られた牛肉エキスの高分子画分から、カルノシン重合物の単離およびアミノ酸組成分析、MS⁷⁾、NMR⁸⁾などを用いた構造解析を行った結果、 γ -グルタミン- β -アラニル-ヒスチジンを特定した。加熱による「コク味」発現と平行して、このペプチドの含量が増加することから、上記ペプチドの形成が牛肉エキスの「コク味」発現に寄与している可能性が示唆された^{8,9)}。

5. おわりに

本研究において、牛肉エキスのモデル加熱系における「コク味」の発現について検討を行ってきた。しかし、実際の食品の多くは、肉・野菜・香辛料など多種類の材料について加熱を行っているため、上記に示した以外の膨大な相互反応が起こり、食品の呈味が形成されていると推察される。また、食品の風味形成には、呈味成分の変化のみならず、香气成分の変化や物性などの物理的特性の変化も大きく寄与している。今後も各種食品の「おいしさ」発現を種々の視点から解析することにより、お客様に美味しく、安全な素材を提供したいと考えている。

謝 辞

本研究を遂行するにあたって、味の素(株)ライフサイエンス研究所、商品開発センターおよび食品研究所の多くの皆様のご協力・ご助言を頂きました。この場をお借りして感謝を申し上げます。また、本誌への執筆の機会を与えてくださった、広島大学西村

敏英教授に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 山口静子：日本味と匂学会誌 4, 515-518 (1997)
- 2) 増成隆士，川端晶子編著：“美味学”，建帛社，pp.113 (1997)
- 3) 山中智彦，宮村直宏：食品工業 46, 36-40 (2003)
- 4) Shima K, Yamada N, Suzuki E and Harada T: Novel broth taste modifier isolated from beef broth. *J. Agric. Food Chem.* 46, 1465-1468 (1998)
- 5) 島圭吾：食肉の科学 43, 3-9 (2002)
- 6) Kuroda M and Harada T: Fractionation and characterization of the macromolecular meaty flavor enhancer from beef meat extract. *J. Food Sci.* in press (2004)
- 7) Kuroda M and Harada T: Incorporation of histidine and β -alanine into the macromolecular fraction of beef soup stock during heating. *J. Food Sci.* 65, 596-603 (2000)
- 8) Kuroda M, Ohtak R, Suzuki E and Harada T: Investigation on the formation and the determination of γ -glutamyl- β -alanylhistidine and related isopeptide in the macromolecular fraction of beef soup stock. *J. Agric. Food Chem.* 48, 6317-6324 (2000)
- 9) Kuroda M and Harada T: Distribution of γ -glutamyl- β -alanylhistidine isopeptide in the macromolecular fraction of commercial meat extracts and correlation with the color of the macromolecular fraction. *J. Agric. Food Chem.* 50, 2088-2093 (2002)

<著者紹介>

黒田 素央（くろだ もとなか）氏略歴

1986年3月 筑波大学第2学群生物学類卒業
1988年3月 筑波大学農学研究科 修士修了
1988年4月 味の素株式会社入社現在に至る

山中 智彦（やまなか ともひこ）氏略歴

1991年3月 京都大学農学部食品工学科 卒業
1993年3月 京都大学農学研究科 修了
1993年4月 味の素株式会社入社現在に至る

宮村 直宏（みやむら なおひろ）氏略歴

1981年3月 北海道大学農学部農芸化学科卒業
1983年3月 北海道大学農学研究科修了
1983年4月 味の素株式会社入社現在に至る