

総説特集 うま味研究会 公開シンポジウム

「食べ物のおいしさにおけるうま味の役割-多感覚の相互作用」-4

うま味物質による口中香の感覚強度の増強作用

西村 敏英、江草 愛

(日本獣医生命科学大学 応用生命科学部)

うま味物質は、調味料、だし、醤油などに含まれており、食べ物のおいしさを引き出す上で極めて重要な役割を果たしている。しかし、その役割は十分に解明されているとは言えない。著者らは、最近、うま味物質が、鶏だしエキスの口中香の感覚強度を増強させる効果を見出した。

本稿では、うま味、うま味物質を概説した後、うま味物質による口中香の感覚強度の増強作用並びに食べ物のおいしさ発現におけるうま味物質の役割を紹介する。

キーワード：うま味、うま味物質、口中香、香り感覚の増強作用、鶏だしエキス

はじめに

うま味物質は、食べ物をおいしくするために、日常の多くの調理で使用されている。これは、うま味調味料として使用するだけでなく、色々な風味調味料にも添加されている。また、うま味物質は、調理する際に使用する醤油や味噌、あるいは昆布とカツオ節から取る“だし”にも含まれており、食べ物を調理する過程で盛んに使用されている。このように、うま味物質が添加されることで、食べ物がおいしくなることはよく知られているが、なぜおいしくなるかに関しては、十分に解明されていないのが現状である。

著者らは、最近、鶏だしエキスを用いて、うま味物質が鶏だしエキスのおいしさにどのように関わっているかを調べ、うま味物質が、鶏だしエキスの口中香の感覚強度を増強させることを見出した。

本稿では、うま味とうま味物質を概説した後、うま味物質による香り感覚強度の増強作用並びに食べ物のおいしさ発現におけるうま味物質の役割を紹介する。

うま味と旨みは違う

うま味物質のみの水溶液を口に含むと、口の中で甘味に近い、広がりのあるユニークな味を感じる。また、うま味物質による上あごで感じる刺激は、すぐには消えず、しばらく持続する特徴を有している。このように、うま味物質のみの溶液で感じる味わいを基本味の1つである「うま味」と呼んでいる。

一方、うま味調味料やだしを用いて作った料理では、うま味のユニークな味は、あまり感じることができず、食材から出てきた他の味物質や香り物質の刺激によって、消えてしまうことをよく経験する。この時に感じるおいしさ(味わい)を「旨み」と表現することがある。この時の味わいは、うま味物質単独による味とは全く異なっており、食材由来の味や香りのバランスが取れたおいしい料理になっている。このように、おいしさを感じた時によく使う「旨み」は、食べ物全体の味わいを指しており、基本味である「うま味」とは全く異なるものである。

それでは、うま味調味料によって感じられる「うま味」、昆布やカツオ節から取り出しただしの「うま

Umami compounds enhance the intensity of retronasal aroma sensation in model chicken soup

Toshihide Nishimura and Ai Egusa : Faculty of Food Science, Department of Applied Life Science, Nippon Veterinary and Life Science University, 1-7-1 Kyonanchō, Musashino-shi, Tokyo, 180-8602, JAPAN ; TEL : + 422-31-4151 ; Fax : + 422-33-2094

西村 敏英、江草 愛

味」、さらに醤油に含まれているうま味物質による「うま味」はどこに消えたのであろうか。決して消えたわけではない。料理をおいしくするために使用されているうま味物質の濃度はそれほど高くはないために、単独で感じられるユニークな味が、食材から出る様々な呈味成分や香気成分による味わいに隠れてしまったのである。一方、調理された料理に、高濃度のうま味物質を添加すると、うま味物質によるユニークな味わいを感じることができるが、うま味物質によるユニークな味が突出してしまうと、その料理は台無しになる。うま味物質は、お料理のおいしさを引き出すための「縁の下の力持ち的な役割」を果たしていると言える。

うま味とうま味物質

うま味は、1908年、昆布から抽出されるグルタミン酸のナトリウム塩（MSG）によりもたらされる味であることが池田菊苗博士の研究により見いだされた¹⁾。その後、うま味物質として、1913年に小玉新太郎氏²⁾が鰹節からイノシン酸ナトリウム（IMP）を、1957年に國中明博士³⁾が干しシイタケからグアニル酸ナトリウム（GMP）を発見した。さらに、國中からは、MSGとIMPあるいはMSGとGMPの組み合わせで、水溶液にするとそれぞれのうま味強度の相加ではなく、うま味が相乗的な強さで感じられることを見出し、「うま味の相乗効果」と命名した。その後、山口静子博士は、これらのうま味物質によって感じる味、うま味は、甘味、酸味、塩味、苦味（四基本味）とは味の質が異なることを官能評価によって詳細に検討した^{4,5)}。その結果、うま味は、これまでの四基本味とは異なる味質であることが明らかとなり、1993年に第5の基本味として認められた。

1990年代に入ると、遺伝子技術が進歩し、組織に存在する微量タンパク質をクローニングすることができるようになり、味覚研究にも導入された。その結果、味覚研究の進展が急激に進み、2002年には、うま味物質と結合するヒトのうま味受容体 TIR1/TIR3 が発見された⁶⁾。また、グルタミン酸ナトリウムとイノシン酸ナトリウムの相乗作用に関して、分子レベルで作用メカニズムが推定されるようになってきている⁷⁾。

うま味物質による香り感覚強度の増強作用

味と香りは、食品のおいしさに重要な役割を果たしていることはよく知られており、それぞれの食品のおいしさに寄与する呈味成分や香気成分の解析が盛んにおこなわれてきた。しかし、味と香りの相互作用に関する研究は、それほど多くはない。これまで、香りが味に及ぼす影響については、いくつかの研究がある。例えば、ストロベリー⁸⁾の香りが甘味を増強させる。ストロベリーの香りが甘味溶液の甘味を強めるが、酸味を弱める効果があるという報告である^{8,9)}。また、最近では、磯の香りが塩味を増強させる効果があると報告されている¹⁰⁾。このように、香りが味を強めるとの報告はあるが、味が香りに及ぼす影響はほとんど調べられていない。

そこで、著者らは、色々な料理で、うま味物質が食べ物をどのようにおいしくしているかを知るために、うま味物質の口中香に対する感覚強度への影響を調べることにした。

1. 鶏だしエキスの調製

これまでに、藤村ら¹¹⁾は鶏肉からエキスを抽出し、これに含まれる呈味物質を定量している。また、ホフマンら¹²⁾も、同様にチキンエキスを調製し、呈味成分を調べている。これらの定量結果をもとに、表1にあるような28種類の呈味成分からなるチキンエキスを再構成した。この再構成チキンエキスの味わい、特に口中香の強さを、鶏肉から調製したチキンエキスのものと官能評価で比較した。官能評価における標準溶液は、肉様香気調製物を0.4% NaClに溶かした香り水を1点、鶏肉から調製したチキンエキス（NaCl濃度を0.4%に調整したもの）を5点として用いた。

その結果、再構成チキンエキスの口中香の感覚強度は、4.6点と評価された。従って、28成分による再構成チキンエキスは、チキンエキスをほぼ再現できていることがわかった。また、再構成に使用した呈味成分には、香りを増強させる効果があることが明らかとなった。

2. オミSSIONテストによる香り強度増強呈味物質の探索

次に、再構成チキンエキスを用いて、オミSSION

うま味物質による口中香の感覚強度の増強作用

表1 鶏肉エキスの呈味成分

no.	compound name	concentration (ppm)
1	L-Lysine	23.1
2	L-Glutamic Acid	21.3
3	Glycine	16.8
4	L-Threonine	16.0
5	L-Alanine	14.5
6	L-Proline	13.5
7	L-Serine	13.1
8	DL-Methionine	11.7
9	L-Arginine	9.64
10	L-Aspartic Acid	5.44
11	L-Leucine	5.04
12	L-Phenylalanine	4.00
13	L-Valine	2.68
14	L-Histidine	1.96
15	L-Isoleucine	1.80
16	L-Tyrosine	8.12
17	Inosine	60.0
18	IMP	1328
19	AMP	40.0
20	ADP	13.2
21	ATP	4.80
22	Hypoxanthine	5.60
23	Lactic Acid(85-92%)	814
24	Acetic Acid(2%)	360
25	KOH	190
26	K ₂ HPO ₄	1800
27	MgCl ₂	150
28	CaCl ₂	0.44

*;この呈味成分組成は、文献 11, 12)を参照した。

ンテストとアディクションテストを実施し、香りの感覚強度を増強させる呈味成分の探索並びに特定を行った。官能評価では、肉様香気調製物を溶かした香り水 (Aroma solution; AS) を 1 点、28 成分を含む再構成チキンエキスを 5 点の標準溶液として使用した。両溶液共に、NaCl 濃度が 0.4% となるように調整した。

最初に、オミッショントストを行い、香りを増強させる寄与成分の絞り込みを行った。再構成チキンエキスに含まれる 28 成分のうち、1 成分を除いた 27 成分を 1 点の AS に添加した時の口中香の強さを官能評価で測定した。グルタミン酸 (Glu) あるいはイノシン酸を除いた時に口中香の強さが 2.0 以下の値となり、再構成チキンエキスの強さと比べて、有意に低い値を示した (図 1)。リン酸イオンを除いた時にも 2.5 以下の値を示した。

これら 3 つの成分以外の 1 成分を除いた場合には、口中香の強度は 3 以上を示し、香りの強度に小さな影響しか与えなかった。Ala、Pro、Met、His、Tyr、Lys、Leu、ATP、AMP、K、あるいは Mg のいずれか 1 成分を除いた場合には、3 から 3.5 の値を示した。また、Phe、Arg、Asp、Gly、Thr、Val、Ser、Ile、ADP、Inosine、Hypoxanthin、Lactic acid、Acetic acid あるいは Ca のいずれか 1 成分を除去した場合には、3.5 以上を示した。

以上の結果から、Glu、イノシン酸、リン酸イオンを最も寄与度の高い A グループに、3~3.5 を示した Ala、Pro、Met、His、Tyr、Lys、Leu、ATP、AMP、

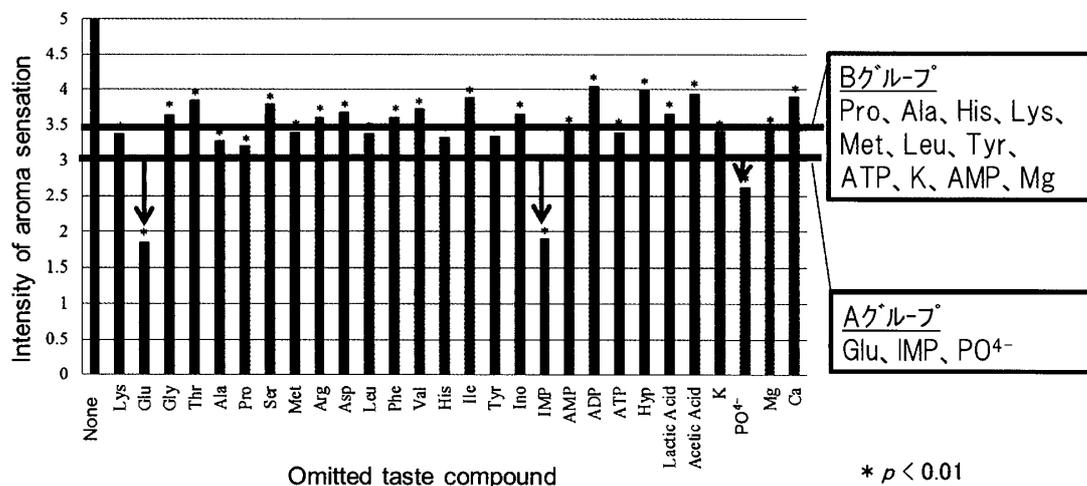


図1 オミッショントストによる口中香の感覚強度の増強効果を有する呈味成分の探索

西村 敏英、江草 愛

K および Mg を B グループ、3.5 以上を示した残りの成分を C グループに分類した。

3. アディクションテストによる香り強度増強呈味物質の特定

前項で絞り込んだ A グループあるいは B グループの呈味成分を、肉様香気調製物を溶かした香り水 (Aroma solution; AS) に添加し、口中香の強さを官能評価で調べた。AS の口中香を 1 点、AS に 28 成分を添加した再構成チキンエキスを 5 点の標準溶液とした。両溶液共に、NaCl 濃度が 0.4% となるように調整した。

最初に、A グループの Glu、イノシン酸あるいはリン酸イオンを 1 種類だけ AS に添加して、口中香の強さを評価した。その結果、いずれも 2~3.2 の間

の評価となり、口中香をそれほど強く感じさせなかった (図 2)。次に、AS に A グループの 3 つの成分をすべて添加して、口中香を評価した結果、3.9 という高い値が得られた (図 3)。A グループのうち、Glu とイノシン酸の 2 成分だけを AS に添加した場合にも、3.7 という高い値が得られた。Glu とリン酸イオンあるいはイノシン酸とリン酸イオンの組み合わせで、AS に添加しても口中香の強さは、2.5 以下であった。これらの結果から、Glu とイノシン酸によるうま味の相乗効果が口中香の感覚強度を強めていることが明らかとなった。

さらに、B グループに分類された 11 成分を、アミノ酸のグループ (B-I)、核酸関連物質のグループ (B-II) およびミネラルのグループ (B-III) に分けてアディクションテストを行い、口中香を増強させる効果

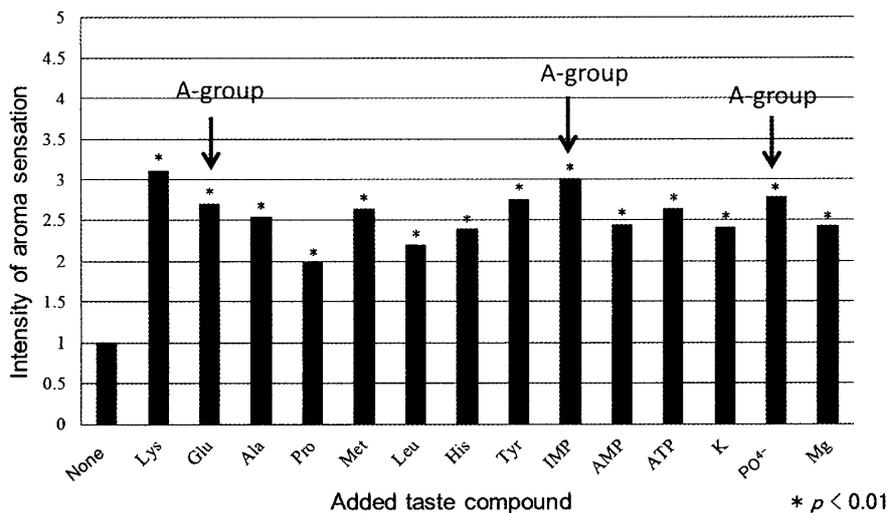


図 2 アディクションテストによる口中香の感覚強度の増強効果を有する呈味成分の確認

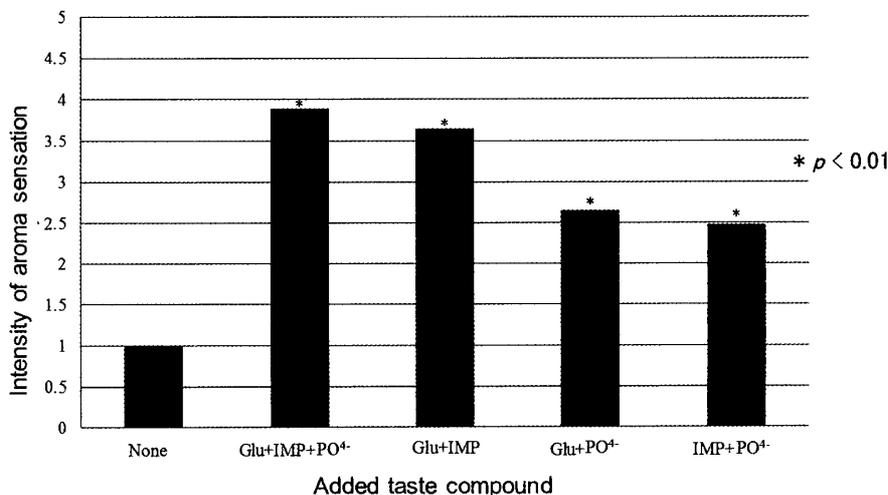


図 3 A グループの成分の添加による口中香の感覚強度の増強効果

うま味物質による口中香の感覚強度の増強作用

を調べた。その結果、A グループの物質と B-I グループの物質を合わせるよりも、A グループの物質と B-II グループの物質あるいは A グループの物質と B-III グループの物質を合わせて AS 溶液に添加すると、口中香の感覚強度が強められることが明らかとなった(図4)。さらに、詳細なアディクションテストにより、Glu、イノシン酸、リン酸イオン、AMP、K および Mg が口中香の感覚強度の増強作用に大きく寄与していることが判明した。

4. うま味物質による香り感覚強度の増強作用

再構成チキンエキスを用いて、呈味物質が口中香の感覚強度に及ぼす影響を調べた結果、うま味物質が口中香の感覚強度を高める効果を有することが明らかとなった。そこで、モデルチキン溶液を用いて、うま味物質の濃度が口中香の感覚強度に及ぼす影響

を調べた。モデルチキン溶液は、鶏だしの香りに寄与する4つの香気成分(2-methylpyrazine, 2-ethyl-4-methylthiazole, 3-methylthiopropional, (E, E)-2, 4-decadienal)¹³⁾にうま味物質(MSG、イノシン酸ナトリウム)を添加して調製した。香気成分の水への添加量を1倍、2倍、4倍にした標準香り水の口中香の強さを1点、2点、4点とした。

MSG濃度が0.3%以下では、MSG濃度に依存して、口中香の感覚強度が強められることが明らかとなった。MSG無添加の時の2.5倍まで、口中香を強めることが明らかとなった(図5)。MSG濃度が、0.3%を超えると、うま味物質によるうま味の強度が強くなるため、口中香がそれ以上に強くは感じられないと推察された。

MSGとイノシン酸(一定濃度)の2成分を香り水に添加すると、MSG濃度が0.05, 0.075 or 0.1%のと

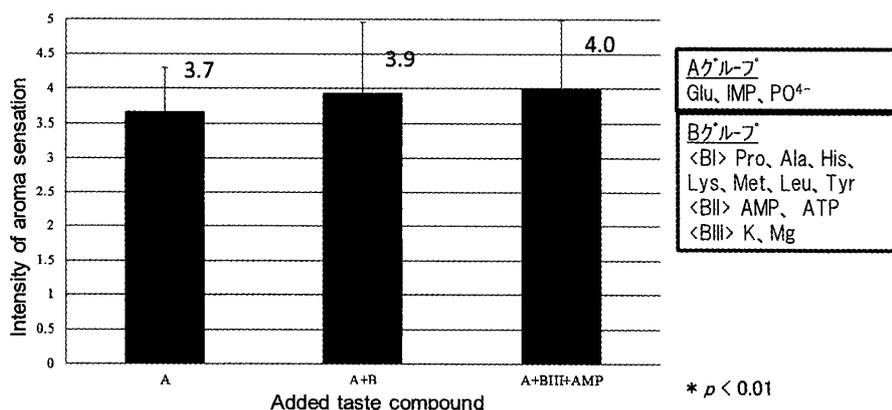


図4 並びにBグループ成分の添加による口中香の感覚強度の増強効果

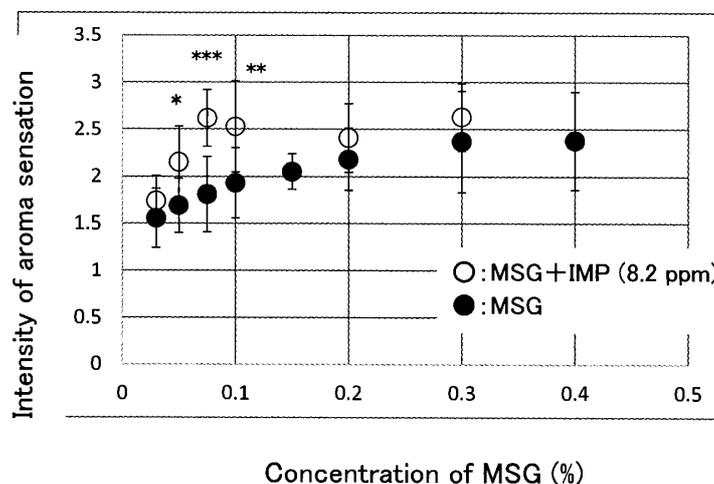


図5 うま味物質の濃度が香り感覚強度に及ぼす影響
 * ; p < 0.05, ** ; p < 0.01, *** ; p < 0.001, n = 10

西村 敏英、江草 愛

ころで、MSG 単独の場合よりも、口中香を強く感じた。MSG 単独の場合と同様に、口中香を 2.5 倍まで強めることが明らかとなった。MSG とイノシン酸によるうま味の相乗効果が、モデルチキン溶液における口中香の感覚強度を強めた可能性が示唆された。

しかし、MSG 濃度が 0.2% 以上では、口中香の強度を高めなかった。これは、ある一定のうま味の強さまでは、口中香を強める効果があるが、それを超えると、うま味の強度が高くなるため、口中香を強める効果が無いことが明らかとなった。

うま味物質は重要な「こく」付与物質

最近、著者らは、「こく」の定義を提案している。「こく」は、味、香り並びに食感による複数の刺激で引き起こされる現象である。味噌汁は、「こく」のある食べ物であるが、うま味調味料の入っていない味噌を湯に溶いて作った味噌汁は風味が弱く、「こく」はほとんど感じられない。しかし、これにうま味調味料を添加すると、風味全体が強くなり、広がりや持続性が生まれ、「こく」が感じられる。普段から「こく」があっておいしいと思っている「カレーライス」や「シチュー」を、鼻をつまんで食べると、「こく」が半減してしまう。これは、鼻をつまむことによって、カレー独特の香りによる複雑さ・濃厚感、持続性や広がりが弱くなり、「こく」の強度が弱くなってしまふからである。このように、「こく」には、味だけでなく、香り、食感によるすべての感覚が関わっているといえる。ただし、それらの刺激がある程度バランスよく与えられるときに「こく」が感じられる。

著者らは、これまでの様々な知見を基に、「『こく』は、味、香り、食感に関する多くの刺激（濃厚感（複雑さ、あつみ：complexity））で生ずるものであるが、それらがある程度バランスよく与えられ、持続性（lastingness）や広がり（mouthfulness）がある時に感じられる味わいである」と提案している^{14,15)}。複雑さ・濃厚感は、「こく」を有する食べ物のベースの部分になる。しかし、呈味成分や香気成分の種類が少なく、ベースの部分が単純な感覚である食べ物には、「こく」は感じられない。また、多くの刺激がベースになる部分で存在しても、持続性や広がりが小さいと「こく」を強く感じられない。最近、タマネギに

存在する植物ステロールが、香気成分を保持し、持続性を高めることにより、「こく」を付与できることを示した¹⁶⁾。さらに、本研究により、うま味調味料が食べ物の口中香の感覚強度を強めることにより、食べ物に広がりや持続性を付与できることが明らかとなった。このように、うま味物質は、ベースとなる部分の香りを強めることで「こく」を付与できることから、最も重要な「こく」付与物質の1つといえる。

まとめ

うま味物質のみの水溶液を口に含むと、口の中で甘味に近い、広がりのあるユニークな味を感じる。この味が基本味の1つである「うま味」である。うま味物質を使って調理したお料理は、食材由来の味や香りのバランスが取れ、独特の味わいをもったおいしい料理になっている。この時に感じるおいしさ（味わい）を「旨み」と表現することがあるが、基本味の「うま味」とは異なるものを指しているの、きちんと区別して使用するべきである。

うま味物質が、食べ物のおいしさをどのように引き出すかは、これまであまり研究されてこなかった。著者らは、うま味物質が鶏だしエキスの口中香の感覚強度を強める現象を明らかにした。この現象は、うま味物質を添加することにより、食べ物の味わい全体を強く感じさせ、食べ物をおいしく感じさせていると考えている。特に、香りの広がりや味の持続性を高める役割を持っている。このような働きを持つうま味物質は、最も重要な「こく」付与物質の1つといえよう。

今後は、うま味物質が口中香の感覚強度を高めるメカニズムを解明する必要がある。

謝辞

本報告の中で、うま味物質による香り感覚強度の増強作用の解明は、味の素（株）との共同研究で実施された。味の素（株）の若林秀彦氏並びに高倉友紀子氏に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) Ikeda, K., On a new seasoning. *J. Tokyo Chem. Soc.*, 30, 820-826 (1909)
- 2) Kodama, S., On a procedure for separating inosinic

うま味物質による口中香の感覚強度の増強作用

- acid. *J. Tokyo Chem. Soc.*, 34, 751-757 (1913)
- 3) Kuninaka, A., Kibi, M., & Sakaguchi, K., History and development of flavor nucleotides. *Food Technol.*, 18, 287-293 (1964)
- 4) Yamaguchi, S., Synergistic taste effect of monosodium glutamate and disodium 5'-inosinate. *J. Food Sci.*, 32, 473-478 (1967)
- 5) Yamaguchi, S., and Kimizuka, A., Psychometric studies on the taste of monosodium glutamate. In L. J. Filer, Jr., et al. (Eds.), *Glutamic acid: Advances in biochemistry and physiology*. New York: Raven Press, pp. 35-54 (1979)
- 6) Nelson, G., Chandrashekar, J., Hoon, M., Feng, L., Zhao, G., Ryba, N. J. P., & Zuker, C., An amino-acid taste receptor, *Nature*, 416, 199-202 (2002)
- 7) Mouritsen O. G., & Khandelia, H., Molecular mechanism of the allosteric enhancement of the umami taste sensation. *FEBS J.*, 279, 3112-3120 (2012)
- 8) Frank, R. A., & Byram, J., Taste-smell interaction are tastant and odorant dependent. *Chem. Senses*, 13, 445-455 (1988)
- 9) Frank, R. A., Wessel, N., & Shaffer, G. S., The enhancement of sweetness by strawberry odor is instruction-dependent. *Chem. Senses*, 15, 576 (1990)
- 10) Manabe, M., Ishizaki, H., Yamaguchi, U., Yoshioka, T., & Oginome, N., Retronasal Odor of Dried Bonito Stock Induces Umami Taste and Improves the Palatability of Saltiness, *J. Food Science*, 79, S1769-S1775, (2014)
- 11) Fujimura, S., Kawano, S., Koga, H., Takeda, H., Kadowaki, M., & Ishibashi, T., Identification of taste-active components in the chicken meat extract by omission test-involvement of glutamic acid, IMP and potassium Ion. *Anim. Sci. Technol. (Jpn.)*, 66, 43-51 (1995)
- 12) Dunkel, A., & Hofmann, T., Sensory-directed identification of β -alanyl dipeptides as contributors to the thick-sour and white-meaty orosensation induced by chicken broth. *J. Agric. Biol. Chem.*, 57, 9867-9877 (2009)
- 13) Takakura, Y., Mizushima, M., Hayashi, K., Masuzawa, T. & Nishimura, T., Characterization of the Key Aroma Compounds in Chicken Soup Stock Using Aroma Extract Dilution Analysis, *Food Sci. Technol. Res.*, 20, 109-113 (2014)
- 14) 西村敏英、江草 愛、「食べ物の『こく』付与因子の分類と新規物質」、*日本味と匂学会誌*, 19, 167-176 (2012)
- 15) 西村敏英、江草 愛、「食肉のおいしさと『こく』」、*BIO INDUSTRY (バイオインダストリー)*, 2015-6, 38-44 (2015)
- 16) Nishimura, T., Egusa, A., Nagao, A., Odahara, T., Sugise T., Mizoguchi, N., & Noshio, Y., Phytosterols in onion contribute to a sensation of lingering of aroma, a *koku* attribute, *Food Chemistry*, 192, 724-728(2016)

<著者紹介>

西村 敏英 (にしむら としひで)

- 1979年 東京大学農学部農芸化学科卒業 (農学士)
- 1984年 東京大学大学院農学系研究科農芸化学専門課程 (博士課程) 修了
(農学博士)
- 1985年 東京大学助手 農学部
- 1994年 広島大学助教授 生物生産学部
- 2000年 広島大学教授 生物生産学部
- 2008年 日本獣医生命科学大学教授 応用生命科学部 (現在に至る)
- 2015年 広島大学名誉教授



江草 愛 (えぐさ あい)

- 1998年 広島大学大学生物生産学部卒業
- 2000年 広島大学大学院生物圏科学研究科博士課程前期修了
- 2003年 広島大学大学院生物圏科学研究科博士課程後期修了(博士:農学)
- 2003年 社団法人 日本食肉加工協会 (現:食肉科学技術研究所)
- 2004年 日本ハム株式会社 中央研究所 研究員
- 2009年 日本獣医生命科学大学助教 応用生命科学部
- 2015年 日本獣医生命科学大学講師 応用生命科学部 (現在に至る)

