— 特 集 —

食品の香り研究の新展開

柑橘風味のする鮎「柑味鮎（かんみあゆ）」の開発

赤壁 善彦

鮎は、“香魚、キュウリ魚”ともいわれ、体表面から発せられる独特のにおい成分により、「キュウリ様」、「スイカ様」と評価される一方で、海魚と比べ川魚特有の生臭さがあると言われている。そこで、この生臭さのイメージを解消し、より嗜好性の高い鮎の開発を目指し、柑橘果皮残渣を利用して養殖を行ったところ、誰もが柑橘の風味を知覚することのできる鮎の開発に成功し、「柑味鮎（かんみあゆ）」と命名した。また、「柑味鮎」と天然や通常の養殖鮎の試食のアンケート結果とにおい識別装置により、においに関する正の相関が確認でき、各鮎のにおいの質を明確に区別できることが分かった。この開発した「柑味鮎」はブランド化され、地元で食材として提供されているのみならず、全国展開され、贈答用商品も流通している。

1. はじめに

私は、この約 20 年間、香り、においをテーマとして、花、草木、藻類^{1), 2)}、キノコ³⁾、昆虫、動物、また、農林畜水産物、加工食品等を材料として研究を続けてきた。これらから放出されるにおいは、植物、昆虫、動物においてフェロモン（同種間で働く物質）^{4), 5)}、アレロケミカル（異種間で働く物質）^{6)~8)}として機能するものもあれば、ヒトにおいては嗜好性、覚醒や鎮静などといった生理応答を引き起こすなど⁹⁾、においの働きは複雑で、研究テーマとして非常に面白い。ところが、このようなにおいをテーマとする大学の研究者は、全国的に見ても意外と少ない。そのため、学外の方を対象とした公開講座、高校生を対象とした出前講義、より専門的な方を対象とした講演などを 5 年以上継続して行い、香り、においの持つ重要性を唱えてきた。また、その内容の特殊性により、香り、においに関する問い合わせや研究依頼を県内外より多くいただいている。これまでも、地元企業の方々と、新しい切り口の商品開発を手掛けてきた。今回、その中で、地域の要望に応えるべく取り組み、得られた成功例の一つとして、食べると口の中に柑橘の風味が広がる「柑味鮎（かんみあゆ）」の開発を人の感覚による官能評価とにおい識別装置（においセンサー）による系統分類法の観点から述べたい。

2. 鮎とは

まず、鮎は、キュウリウオ目に分類され、川と海を回遊する年魚である。成魚は川で生活するが、9 月頃河口へ下り、産卵する。孵化後、仔魚は海水の混ざった河口

域で成育し、4、5 月頃、5-10 センチの稚魚となり、川を遡上する。川の上流や中流に遡上した後は、その場所の石に生えたケイ藻類を主食とする。鮎は、“香魚、キュウリ魚”ともいわれ、体表面から発せられる独特の香りがあるが、これは、この餌由来の脂質が体内で酸化的分解を受け、その結果生じるにおい成分が、「キュウリ様」、「スイカ様」と評価され、鮎独特の香気を形成する^{10), 11)}。よって、育つ河川が違えば餌も違うことから、その鮎自体のにおいが異なり、天然鮎の価値に影響を及ぼす。鮎は、初夏から夏にかけて成魚を塩焼きとして食すが、生の状態でそのまま骨ごと輪切りにした背ゴシでも食べる。また、甘露煮や昆布巻きとしての郷土料理もある。塩焼きでは内蔵の部分、背ゴシでは身表面に鮎独特の香気があると言われており、鮎好きの人々の嗜好性（しこうせい）を高める要因である。ところが、一般に、海魚と比べ川魚には特有の生臭さがあると言われ、鮎も同様の評価である。鮎の調理方法は難しくないものの、川魚の持つイメージもあってか、全国的にみても家庭の食卓に鮎料理が出される機会は少ない。当然、私も、鮎の香りには興味があり、山口県内の河川の違いによる鮎のにおいの比較を行っていた。平成 22 年の春、市内の榎野川漁業協同組合より、養殖ならびに山口県各河川の天然鮎の提供を受け、それぞれの鮎のにおいを分析した。その結果、それぞれの河川で鮎のにおいの違いを明確にし、やはり、鮎はそれぞれの河川の環境（餌）の違いに顕著に影響を受ける魚である事が分かった。その際、漁協の方との雑談中、一般に言われている川魚特有の生臭さのイメージを解消し、消費者から鮎を含めて川魚離れをくい止めたいという要望があった。事実、鮎の生産量

赤壁 善彦（あかかべ よしひこ）

山口大学農学部生物機能科学科 〒753-8515 山口市吉田 1677-1 E-mail : akakabe@yamaguchi-u.ac.jp

(河川からの漁獲量と養殖による収穫量の合計)は、平成13年には19,275トンであったのに対し、24年には7,752トンにまで減少している。中でも、河川からの漁獲量が平成13年では11,148トンに対し、24年で2,557トンと著しく減少し、年々、養殖の占める割合は高くなっている¹²⁾。天然鮎を否定するつもりはないが、養殖鮎に関しては、生産方法に検討課題があり、餌によって体から放出されるにおいが異なり得る鮎自体、大変興味深い食材と考えた。

3. 柑橘の香りについて

一方、山口県は、「萩の夏みかん」が全国的にも有名で、古くから柑橘の生産地であり、多くのオリジナル柑橘品種も生産されている。柑橘の香りは、その品種によって異なり、その品質評価にも影響を及ぼす。山口大学農学部においては、35年以上ぶりに、私が柑橘のにおいの研究に着手した。実は当時、山口県オリジナルの柑橘品種の香りに関しては、全く注目されておらず、香り、においの重要性を唱えるため、山口県農林総合技術センターなどの県の研究機関の協力を得ながら、山口県オリジナル柑橘品種のにおい成分の研究を行い、柑橘の香気特徴を親品種との相関を検証するとともに、その系統分類を試みることを研究目的とした。柑橘の果皮からの香気成分については、すでに多くの品種において研究が行われている。しかしながら、これまでの柑橘の香気評価は、個々の品種のみで行われることがほとんどで、その親品種との系統間での直接比較はあまり見当たらない。一般に、柑橘の香気成分中はlimoneneが主成分であるが、その柑橘の香気特徴は、limonene以外の成分組成の違いにより決まる。より良い品種を求めて、全国的に、品種改良が進められている。例えば、「せとみ(ゆめほっぺ)」は、吉浦ボンカン(*Citrus reticulata* Blanco) ♂と清見(*Citrus unshiu* Mrcov. × *Citrus sinensis* Osbeck) ♀の交雑種で、山口県で改良されたオリジナル柑橘品種である。「せとみ」の香気成分をGC-MSにより同定し、親品種である「吉浦ボンカン」と「清見」との成分組成の比較を行うことによる系統分類とともに、におい識別装置による、におい評価を試みた。山口県オリジナル柑橘の「せとみ」ならびにその親品種である「吉浦ボンカン(♂)」および「清見(♀)」香気成分をGC-MS(Shimadzu QP-5050)分析により同定を行い、成分組成を比較した。次に、各柑橘の全体のおいにおいの質を比較するために、サンプルバックを用いて、におい識別装置(Shimadzu FF2A)により、分析を行った。さらに、得られたデータを統計解析により主成分分析を行った。その結果、におい識別による主成分分析を行ったところ、第一主成分(64.2%)において、「せ

図-1 山口県オリジナル柑橘品種「せとみ」およびその親品種のにおい主成分解析

とみ」は親品種の「清見」とにおいの質が似ている傾向が認められ、第二主成分(27.8%)において「せとみ」は親品種の「吉浦ボンカン」に似ている傾向が見られた(図-1)。しかしながら、総合的に判断すると、「せとみ」は、その親品種と比較して、異なるにおい特徴を有していることが示された。これは、「せとみ」の香気成分は、両親品種の特徴的香気成分をそれぞれ引き継いでいることが認められ、その結果、「せとみ」独自の成分組成を新たに構成していることから支持された。よって、におい識別装置の利用は、各柑橘品種間でのにおいの違い、あるいは親品種間との比較に有効であることが証明され、においの観点から、柑橘品種系統の分類が可能であることも示唆された^{13)~15)}。

実は、これら研究で、柑橘を絞ってジュースを加工する際、果皮残渣は、産業廃棄物として処分されている事を知った。一方で、柑橘果皮の有効利用の問い合わせが私へ寄せられ、果皮には香り成分や機能性の物質も豊富に含まれているため、廃棄するのは「もったいない」と考えていた。

4. 「柑味鮎(かんみあゆ)」の開発とそのにおい評価

ところで、われわれ日本人は通常、焼き魚を食べる時、柑橘(レモン、ユズ、スダチ、カボス、山口県では長門ユズキチなど)を搾って、魚特有のニオイを消すことが食習慣としてある。ということは、焼いた魚に柑橘を搾るのではなく、そもそも飼料に柑橘を配合すれば、特有の生臭さの低減さらには風味自体を改善できるのではないかと考えた。そこで、川魚特有の生臭さのイメージを解消し、より嗜好性の高い鮎の開発を、私と山口市内の

図-2 柑味鮎 (かんみあゆ)
塩焼き (中段), 背ゴシ (下段)

榎野川漁協協同組合との間で、平成 22 年度に開始した。平成 23 年度に、柑橘果皮の搾りかす残渣を利用して鮎の飼料に配合し、試験的に飼育したところ、生臭さがなく、柑橘の香りのする鮎が養殖できることを見いだした。何度と試験を繰り返した結果、生や塩焼きで食べても、口いっぱいに柑橘の香りのする鮎の開発に成功し、同年 7 月に漁協において関係者で試食会の後、旅館、ホテルなどの料理人および飲食関係者を集めて試食会を実施した。その際、アンケートを実施して、今回の開発した鮎と通常の養殖鮎を背ゴシ、塩焼きで食べ比べ、香り、味について、5 点評価を行った。その結果、背ゴシ、塩焼きいずれにおいても、香り、味の評価項目で、通常の養殖鮎と比較していずれも有意に高い評価であることが分かった (図-2, 3A, B)。アンケートののにおに関する記述欄に注目すると、通常の養殖鮎は、「生臭い」という感想が最も多く、続いて、「キュウリのような」という結果であった。一方、開発した鮎は、「爽やか」という評価が圧倒的に多く、続いて、「柑橘を搾ったような」、「酸っぱい」という感想であった。以上のアンケート結

図-3-A 背ゴシの試食アンケート結果
*有意差有り (<0.05)

図-3-B 塩焼きの試食アンケート結果
*有意差有り (<0.05)

図-4 柑味鮎，天然，養殖鮎およびその背ゴシのにおい主成分解析

果より，当初は，生臭さの低減が目的であったが，生臭さどころか，柑橘の風味がしっかりして，誰もがその風味を知覚できることが分かった。このような“におい”に注目した取り組みは，全国的にも例がなく，実際に食べると柑橘の風味をしっかりと感じることでできる，嗜好性の高い水産物の開発は初めてである。

そこで，まずは店舗を限定してこの鮎を提供したところ，テレビや新聞に取り上げられ，多くの問い合わせを受け，評判が高かったため，この開発した鮎を柑橘の風味のする鮎という意味で，「柑味鮎（かんみあゆ）」と命名し，同年に商標登録した。平成24年には山口市内でお披露目を開催し，様々な手法で調理した「柑味鮎御膳」を試食したが，どのような調理方法でも，食べると柑橘の風味を感じることができた。

ところで，この「柑味鮎」は，調理する前の状態は，天然や通常の養殖鮎と同様に，「キュウリ」や「スイカ」のにおいがする。しかし，塩焼きや生の状態でそのまま骨ごと輪切りにした背ゴシで食べると，口の中いっぱいに，柑橘の風味が広がる。そこで，「柑味鮎」，天然，通常の養殖鮎および背ゴシのにおい分類を，先ほどのにおい識別装置を用いて試みた（図-4）。まず，河川の違い（A，F，K）による天然鮎のにおいの違いや養殖鮎（河川F）との比較を鮎一匹そのまま用いて行ったところ，天然鮎A，F，K間に違いが確認できた。「柑味鮎」は，河川Fで生産しているが，そのままの状態であると，通常の養殖（河川F）とにおいが類似していることが認め

図-5 柑味鮎，天然，養殖鮎およびその背ゴシの臭気指数

1-3 柑味鮎，4-6 柑味鮎背ゴシ，7-9 養殖，10-12 天然A，13-15 天然K，16-18 天然F，19-21 天然F背ゴシ

られた。実際に，各鮎のにおいを嗅いでみても，「キュウリ」や「スイカ」のようなにおいは感じられたが，「柑味鮎」において，特に柑橘のにおいが強く感じられることはなかった。そこで，鮎をぶつ切りにして背ゴシの状態にて測定したところ，「柑味鮎」の背ゴシは，その他の鮎とは異なるにおい分布を示し，第一主成分（59.6%）において，そのにおいの質が明確に区別された。天然鮎Fの背ゴシと比較しても，におい分布が大きく異なることが分かった。これは，鮎の体表面からでなく，内部の身の部分から柑橘のにおいが放出されていることを意味する。実際に嗅いでみても，その背ゴシのにおいの違いは歴然で，「柑味鮎」は柑橘のにおいをしっかりと感じることはできたが，通常の鮎は特徴的なにおいが判別できなかった。続いて，臭気指数を調べてみると，「柑味鮎」は通常の養殖鮎とほぼ同程度の臭気指数であり，これらに比べ天然鮎はいずれもにおい強度が弱いことが示された（図-5）。さらに，背ゴシにすると，「柑味鮎」はにおい強度が増すのに対して，天然鮎はにおいの強度が低下した。つまり，天然鮎の特徴的なにおいは体表面から発せられ，身の部分のにおいが弱いものに対して，「柑味鮎」は塩焼きや背ゴシを口に含んで咀嚼する際に，初めて柑橘のにおいが身の内部から放出され，柑橘を絞ったような，ボン酢をかけたような感覚になることが明らかとなった。よって，「柑味鮎」，天然や養殖鮎の全体の体表面および身のにおいは，今回用いたにおい識別装置で明確に系統分類できた。以上の結果より，試食によるアンケート結果とにおい識別装置によるにおいに関する正の相関が確認でき，「柑味鮎」のにおい特徴を官能評価および機器分析結果の両面から証明できた。

5. おわりに

平成24年より，釣り愛好家のみならず，一般の方にも鮎や「柑味鮎」を知っていただくため，6月第一日曜を「あゆの日」と定め，毎年，「あゆの日まつり」を開

催する事にした。この活動により、山口県のブランド鮎としての「柑味鮎」の認知度を高め、川魚の持つイメージの改善、川産の魚介類の正しい知識を広める場を設けた。なお、著者の研究室の学生は、地域連携活動の一環として、ボランティアでまつりの運営に関わっている。第一回目は、6月3日（日）であったが、700名ほどの参加者があった。7月には東京において、「柑味鮎」のお披露目を行い、ブランド化の宣伝を行った。また、「山口市食と地域ブランド形成事業」に採択され、山口市ともに連携することになった。8月には、「柑味鮎」の塩焼き唐揚げの贈答、お土産が完成（山口県内の企業：株式会社井上商店が販売）して、県内のJR駅構内、空港の売店、県内のデパート等で販売が開始された。また、ネット購入も可能である。初年度は、「柑味鮎」は成魚2万尾、稚鮎1万尾を生産した。以上の共同開発の内容は、地元のテレビ、新聞、ラジオで度々紹介された¹⁶⁾。平成25年度には、成魚として5万尾、稚鮎として2万尾を計画し、生産している。6月2日（日）には、「第二回あゆの日まつり」を開催し、昨年同様の多くの参加者があり、「柑味鮎」の塩焼き、稚鮎、真空パックの商品などを販売し、好評を得た。同月、「美食王国やまぐち親善大使」と任命されたフランス料理のピエール・ガニエール氏が訪れ、「柑味鮎」の背ゴシ、塩焼き等を試食し、世界的にみても他にはない食材と高い評価を得た。6-8月には、東京のホテルで、「柑味鮎」のメニュー化が決定し、料理として提供されている。今後は、天然鮎、養殖鮎、そして嗜好性を高めた「第三の鮎」として、「柑味鮎」が山口県のブランド鮎として全国展開することを願っている。鮎は、低脂肪、高タンパクの食材で、しかも「柑味鮎」の柑橘の香りは、食欲も増進するため、夏バテ防止食として奨励している。よって、柑橘果皮の有効利用ならびに川魚離れの歯止めができると大いに期待される。また、以上の生産ノウハウを応用すれば、商品価値や嗜好性の高い、さらには機能性のある農水産物の生産開発が可能である。今後も、地元から、あるいは企業から要請がある限り、このような香り、においに注目した研究開発を行って行きたい。

最後に、「香りは我々の生活を豊かにし、健康維持にも役立つ、目には見えない陰の立役者である。」

謝辞

今回の「柑味鮎」の成功は、勿論、私だけで達成できたわけではなく、樫野川漁協協同組合、山口県の各研究機関、地元加工食品企業（株式会社井上商店）の方々の協力があった成果であり、全国へ向けて誇れる地域連携による成功例と言えよう。ここに、感謝の意を表す。

キーワード：鮎、キュウリ、柑橘、フレーバー

参考文献

- 1) Akakabe, Y., Matsui, K. and Kajiwar, T.: Enantio-selective 2-hydroperoxylation of long-chain fatty acids in marine green algae, *Fish. Sci.*, **67**, 328-332, (2001).
- 2) Akakabe, Y., Matsui, K. and Kajiwar, T.: 2, 4-Decadienals are produced *via* (R)-11-HPITE from arachidonic acid in marine green alga *Ulva conglobata*, *Bioorg. & Med. Chem.*, **11**, 3607-3609, (2003).
- 3) Akakabe, Y., Matsui, K. and Kajiwar, T.: Stereochemical correlation between 10-hydroperoxyoctadecadienoic acid and 1-octen-3-ol in *Lentinula edodes* and *Tricholoma matsutake* mushrooms, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **69**, 1539-1544, (2005).
- 4) Yamamoto, Y., Akakabe, Y., Matsui, K., Shimizu, H. and Kajiwar, T.: Chemo-enzymatic synthesis of both enantiomers of neodictyoprolenol and neodictyoprolene; possible biosynthetic intermediates of sex pheromones in brown algae, *Z. Naturforsch.*, **54c**, 1027-1032, (1999).
- 5) Kajiwar, T., Yamamoto, Y., Akakabe, Y., Matsui, K., Shimizu, H., and Kawai, T.: Biomimetic conversion of (3S)-(-)-neodictyoprolenol to optically pure (1S, 2R)-(-)-dictyopterene B, marine algal sex pheromone, *Z. Naturforsch.*, **58c**, 109-112, (2003).
- 6) Akakabe, Y., Iwamoto, S., Miyamura, S. and Kajiwar, T.: Induction of (Z)-8-heptadecene in marine green alga *Bryopsis maxima* by mechanical wounding, *Fish. Sci.*, **73**, 1057-1060, (2007).
- 7) Akakabe, Y. and Kajiwar, T.: Bioactive volatile compounds from marine algae: feeding attractants, *J. Appl. Phycol.*, **20**, 661-664, (2008).
- 8) 赤壁善彦: 牛の飼料（イタリアンライグラス）に対する嗜好性へのニオイの影響, アロマリサーチ **10**, 58-63, (2009).
- 9) 赤壁善彦: ニオイ成分の人へ与える影響, 香料, **258**, 33-45, (2013).
- 10) Hirano, T., Zhang, C. H., Morishita, A., Suzuki, T. and Shirai, T.: Studies on the odor of fishes - I. Identification of volatile compounds in ayu fish and its feeds, *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**, 547-557, (1992).
- 11) 平野敏行, Zhang, C. H.: 淡水魚の香気, 化学と生物, **31**, 426-428, (1993).
- 12) 農林水産省 内水面漁業生産統計調査
http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/naisui_gyosei/
- 13) Akakabe, Y., Sakamoto, M., Ikeda, Y., and Tanaka, M.: Identification and characterization of volatile components

- of the Japanese sour citrus fruits *Citrus nagato-yuzukichi* Tanaka, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **72**, 1965–1968, (2008).
- 14) Akakabe, Y., Kusunoki, A., Ikeda, Y., and Tanaka, M.: A comparison of volatile components from the peel of Ohshima no. 1 with its parent cultivars, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **72**, 1969–1972, (2008).
- 15) Akakabe, Y., Kusunoki, A., Tanaka, R. and Kanetsune, Y.: A comparison of volatile components of Setomi with its parent cultivars, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **74**, 659–662, (2010).
- 16) 赤壁研究室ホームページ
<http://ds22n.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~akakabe/>

Development of citrus-flavored sweetfish (Kanmiayu)

Yoshihiko AKAKABE

Department of Biological Chemistry, Faculty of Agriculture, Yamaguchi University,
1677-1 Yoshida, Yamaguchi 753-8515, Japan

Abstract We have attempted to develop a characteristic local freshwater product cultivated in Yamaguchi Prefecture in order to contribute to regional fisheries foods. Sweetfish or Ayu is an edible fish, as the name suggests, they are known to have a characteristic odor such as cucumber or watermelon like. However, we have also an image that freshwater fish have fishy and stink odors. To develop an off-flavor deodorizing technique in aquaculture, sweetfish were raised by a food containing peel of citrus fruits. The panelists highly evaluated the raised sweetfish than those of the normal aquaculture and described as citrus and fresh flavorings. The developed sweetfish was named “Kanmiayu” after its citrus flavoring. Principal component analysis of data obtained with an electronic nose indicated that the odor of “Kanmiayu” was significantly different from those of wild and aquaculture fish. Under cooperation with a food company, we have successfully supplied new commercializing sweetfish (Kanmiayu) products.

Key words : Sweetfish, Cucumber, Citrus fruits, Flavor