

論文の内容の要旨

水 圏 生 物 科 学 専 攻
平成 22 年度博士課程 入学
氏 名 藤原 英記
指導教員名 潮 秀樹

論文題目 脂質酸化物が哺乳類の味覚に及ぼす影響に関する研究

食品の味は現在基本五原味（甘、塩、酸、苦、旨）に分類される。味覚は、食物中の成分が、生体にとって必要か、あるいは有害かを、これらの味刺激に基づいて弁別し、食物選択の最終決定を行う感覚である。哺乳類を含む脊椎動物では、味物質は味細胞で感知され、末梢神経系から中枢へと刺激が伝達されて味を感じる。味細胞からは味覚神経が出力するが、舌の前方に位置する茸状乳頭と葉状乳頭の前方部は鼓索神経に、舌の後方に位置する葉状乳頭の後方部と有郭乳頭の味蕾は舌咽神経に繋がる。味細胞には塩味、酸味を受容するとされるイオンチャネルや甘味、うま味、苦味を受容するとされる各種 G タンパク質共役型受容体 (GPCR) が分布し、各呈味物質に対して細胞内情報伝達機構を作動させ、味覚神経へと伝える。近年、甘味やうま味受容体として GPCR である T1Rs が同定され、苦味受容体として T2Rs が同定された。細胞内情報伝達にはイノシトール 3 リン酸 (IP₃) やカルシウムイオンなどのセカンドメッセンジャーが用いられ、細胞内カルシウムストアに存在する IP₃ 受容体カルシウムチャネル、一過性受容体電位チャネルの TRPM5 を

介して、味細胞基底膜側から神経伝達物質が放出されて味覚神経に情報が伝えられることが明らかになっている。一方、嗅覚情報も味の認識に影響を及ぼすことが知られている。甘味飲料に香料を添加すると、甘さが増強されたように感じるが、これらは味覚と嗅覚の収斂が生じていると考えられている。ラットの一次嗅覚野には味覚刺激に応答する細胞群が存在することや、一次味覚野には嗅覚刺激に応答する細胞があることが示されている。

一方、油脂はそのまま口に含んでも特別な味やにおいを感じることはないが、揚げ物や炒め物のように油を使って調理することにより、風味を含めた食品の味わいが強くなることはよく知られたところである。反対に油脂量を低減した低カロリー食品を食べるとどこか物足りなさを感じてしまう。食品において油脂に求められる機能として「おいしさ」は欠かせない要素である。このような背景のもと、植物油には含まれない脂肪酸であるアラキドン酸 (AA) を添加した油脂を用いて調理した炒飯が、添加していないものに比べて有意に「うま味」や「塩味」が強くなることを官能評価で見出した。これらの機能は、炒めたり揚げたりすることで明確に発揮したことから、調理時の加熱によって起こる AA の酸化が関わっていると推察した。

脂質酸化物が味覚に与える影響については、ほとんど報告がないことから、本論文では、ヒトによる官能評価および実験動物としてマウスを使った電気生理学の実験手法と行動学的実験手法によって AA 酸化物が味覚に及ぼす影響について明らかにし、関与成分の同定を目的とした。

AA 酸化物が基本五原味に及ぼす影響を明らかにするため、塩化ナトリウム (NaCl) 水溶液に、酸化させた AA から水抽出した酸化生成物溶液 (酸化 AA 水抽出物) を添加し、ノーズクリップを着用したヒトでの官能評価の結果、酸化 AA 水抽出物を添加した NaCl 溶液は、同濃度の NaCl 溶液よりも「塩味」が有意に強くなった。ただ、ノーズクリップによって匂いの影響を遮断した条件とはいえども、特に揮発性成分が多く含まれる脂質酸化物の評価において、味覚にも強い影響を及ぼすことが知られる嗅覚の関与を完全に除去できていたかは不明であった。

そこで、嗅覚の影響を完全に排除することが可能となるマウスを実験動物として酸化 AA 水抽出物が味覚に及ぼす影響を検証した。まず、マウスの味神経の一つである鼓索神経応答に対して酸化 AA 水抽出物が及ぼす影響を検証したところ、酸化 AA 水抽出物そのものは鼓索神経応答を示さなかった。一方、NaCl 溶液に酸化 AA 水抽出物を添加することで、同濃度の NaCl 溶液のみに対する鼓索神経応答よりも強い応答を示すことが明らかとなった。さらに、同様の結果が、うま

味物質であるグルタミン酸ナトリウム (MSG) や甘味物質であるショ糖についても得られた。

さらに、AA 酸化水抽出物が、嗅覚を消失させたマウスの基本五原味に対する味覚感受性に及ぼす影響を明らかにすべく、行動学的実験手法の一つであるリッキング試験によって解析した結果、酸化 AA 水抽出物存在下で、マウスの塩味 (NaCl)、甘味 (ショ糖)、うま味 (MSG)、苦味 (塩酸キニーネ) に対する味覚感受性が增強された。これらの結果から、酸化 AA 水抽出物によってマウスはこれら呈味物質が有する味を、より強く感知することが示唆された。同時に、上述したヒトでの官能評価結果も少なくとも一部は味覚を介する効果であるものと考えられた。

上記の効果を有する酸化 AA 水抽出物中の有効成分の同定を目的として、SBSE 法によって酸化 AA 水抽出物を GC-MS 分析に供した。同定された成分のうち入手可能な成分に関して、NaCl 水溶液に添加し、マウスの鼓索神経応答で評価した結果、AA の酸化によって比較的大量に生じる hexanal を添加することで有意に NaCl に対する鼓索神経応答が增強され、その効果は hexanal の濃度依存的であることが明らかとなった。同様な効果は MSG に対しても認められる一方、hexanal 自身は鼓索神経応答を誘発させなかった。さらに、リッキング試験によって塩味、うま味、苦味に対して、hexanal が味覚感受性を增強した。

以上の結果から、酸化 AA 水抽出物に含まれる、hexanal が塩味などに対する味覚感受性を增強している有効成分の一つであることが示唆された。すなわち、当初調理評価で見いだされた AA が与える味覚への影響は、調理時の加熱などによって AA が酸化されることが重要であり、さらに酸化されることによって生じる hexanal が有効成分の一つであるものと推定した。

Hexanal が呈味物質による味覚感受性を向上させる機構に関しては、現時点で不明であるが、基本五原味の中で增強効果が観察された味質 (塩味、甘味、うま味、苦味) と観察されない味質 (酸味) とがあったことから、hexanal による味覚増強作用の機構について以下のように考察した。

甘味、うま味、苦味に関しては、味物質が味質に特異性のある味細胞 GPCR によって受容され、三味に共通した細胞内シグナル伝達経路を介して味神経へと情報が伝達されると考えられている。ここに着目すると、hexanal が味細胞内に侵入し、これらシグナル伝達経路を直接活性化する可能性も考えられる。一方、塩味受容はイオンチャンネル型であるとされており、GPCR 型とはシグナル伝達経路が異なる。ただし、味細胞膜の脱分極以降、ATP を介して味神経に伝達する経路および ATP を介してⅢ型細胞からのセロトニン分泌を誘起させる経路に関しては

GPCR 型と共通であると考えられている。これらを考慮すると、hexanal が味細胞膜に発現するイオンチャネル群、味神経に発現する ATP 受容体、あるいはⅢ型細胞に発現する ATP 受容体を活性化するなど、シグナル伝達系の後半共通経路に作用している可能性が考えられた。今後、細胞レベルでの詳細な検討が必要であるものと考えられる。

以上の結果から、本研究によって AA 酸化生成物が塩味、うま味、甘味、苦味の味覚受容を増強させる機能を有しており、hexanal がその有効成分の一つとして同定された。この結果は、油脂を用いた調理で起こり得る脂質酸化によって生じる成分が、油脂の「おいしさ」に味覚を介して寄与することを示すだけでなく、同質の味を低塩、低糖で再現できる可能性を示唆するものである。本研究結果が基礎生物科学的な新規情報の提供だけでなく、近年の飽食の時代とともに問題となっている、食生活に起因する生活習慣病などへの対処法の確立に直接的に寄与することが期待される。