

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：34509

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2016

課題番号：24300252

研究課題名(和文) 茶ポリフェノールの渋味発現機構の解明

研究課題名(英文) Molecular mechanisms for astringency recognition of tea polyphenols

研究代表者

石井 剛志 (ISHII, TAKESHI)

神戸学院大学・栄養学部・准教授

研究者番号：50448700

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,000,000円

研究成果の概要(和文)：茶ポリフェノールの渋味の発現機構を生体成分との分子間相互作用の観点から解き明かすことを目的として研究を実施した。タンパク質(カゼイン)の凝集能やリン脂質膜への結合能を評価するための実験系を構築し、味認識装置やヒト官能試験の結果を基に解析・改良することで、新しい渋味の評価法を開発した。これらの評価法を用いてカテキン類やテアフラビン類の渋味特性を解析し、茶ポリフェノールの渋味の発現機構を提案した。

研究成果の概要(英文)：Astringency is an important determinant of tea taste and is believed to be caused by aggregation of salivary proteins by polyphenols. But the details of molecular mechanisms for astringency recognition of tea polyphenols remain poorly understood. In this study, we characterized the astringency of tea polyphenols based on the new methods for the interaction of polyphenols with casein and phospholipid membranes. Validity and reliability of these methods on the evaluation of tea astringency were confirmed by the comparison with results of the taste sensor and human sensory evaluations. Based on the results obtained by these methods, we proposed a molecular mechanism for astringency recognition of catechins and theaflavins.

研究分野：食品科学

キーワード：渋味 茶ポリフェノール カテキン類 テアフラビン類 分子間相互作用 発現機構

1. 研究開始当初の背景

渋味は、基本味とは異なり、味蕾に存在する特異的な受容体を介さない感覚と考えられており、古くは渋味物質と唾液タンパク質の複合体が凝集・沈殿した際に感覚神経を介して生じる物理的感覚(触覚や痛覚)であると説明されてきた。一方で、電気生理学的研究により渋味が味覚シグナルと同様に味神経を介して脳に伝達されていることが確認されたことから、現在では、渋味とは渋味物質と唾液タンパク質の結合・凝集を介して生体膜に間接的(物理的)に与える刺激と渋味物質と口腔内に存在する生体成分の結合を介して直接的(化学的)に与える刺激によって発現する味覚様の感覚であると予想されている。しかし、物理的刺激や化学的刺激の引き金となる渋味成分と口腔内の生体成分との分子間相互作用の詳細が殆ど明らかになっておらず、渋味の発現機構の詳細については不明な点が多かった。

渋味の感覚は複雑であり、発現機構が明らかになっていない一要因となっている。一般的に、ヒトが渋いと感じる場合には、その感覚を口の中が「引きつる(収斂)」と表現することが多い。しかし、渋味の感覚としては「乾く」、「ザラザラする」、「粘々する」、「痛い」、「酸味様である」、「複雑味である」などの表現もあり、単一ではない。これらの違いは個人差によるものもあるが、緑茶、紅茶、ワイン、渋柿など食品によって渋味の感覚が異なることは経験的にも明らかであり、食品に含まれる物質の渋味特性が大きく影響しているものと推察される。

渋味物質の多くはタンニンと呼ばれる植物由来のポリフェノールであり、タンパク質などの生体成分に強く結合する性質を持つ。その種類は数千種類以上にのぼり化学構造も多種多様であることから、ポリフェノールの渋味の強度や発現機構は物質の構造に起因して、それぞれ異なる可能性が高い。前述したように、渋味の発現には口腔内の唾液タンパク質や舌や口腔粘膜上にある他の生体成分との分子間相互作用が重要であることから、渋味を有するポリフェノールの生体成分との親和性の違いや結合の詳細を明らかにすることができれば、渋味の発現機構に関する知見が得られる可能性が高い。

研究代表者らはこれまでに、食品成分と生体成分の分子間相互作用を機器分析や生化学的手法を駆使することにより精査するとともに、新たな分析法を開発することで分子間相互作用が関与する様々な現象を解明してきた。特に茶の渋味成分であるカテキン類については、タンパク質やリン脂質膜との分子間相互作用を詳細に解析する技術を確立し、構造の違いが物質の極性や反応性に影響することで様々な生理機能の発現を惹起する可能性を示すとともに、リン脂質膜への結合親和性の違いが渋味の強弱に影響することを見出し、技術化した(特許第 5901948)。

2. 研究の目的

茶ポリフェノールの渋味特性を実験的に明らかにするとともに、渋味の発現機構を生体成分との分子間相互作用の観点から解き明かすことを目的とし、研究項目(1)および(2)を実施した。また、得られた成果を利用した出口研究として、茶ポリフェノールを利用した食品開発における基盤技術の確立を目的とし、研究項目(3)を実施した。

<研究項目>

- (1) 茶ポリフェノールの渋味評価
- (2) 茶ポリフェノールと生体成分の分子間相互作用を指標とした評価系の開発
- (3) 渋味マスキング素材の開発

3. 研究の方法

研究項目(1)~(4)の試料として、緑茶、紅茶およびそれらに含まれる茶ポリフェノールであるカテキン類とテアフラビン類を用いた。カテキン類としては、エピカテキン(EC)、エピガロカテキン(EGC)、エピカテキンガレート(ECg)、エピガロカテキンガレート(EGCg)を用いた(図1)。テアフラビン類としては、テアフラビン(TF1)、テアフラビンモノガレート(TF2A, TF2B)およびテアフラビンジガレート(TF3)を用いた(図2)。その他の試料として、茶ポリフェノールの類縁体・部分構造を担う化合物を用いた。

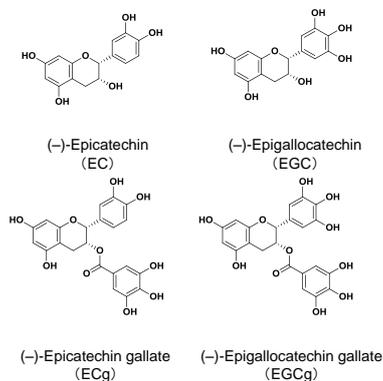


図1 カテキン類の化学構造

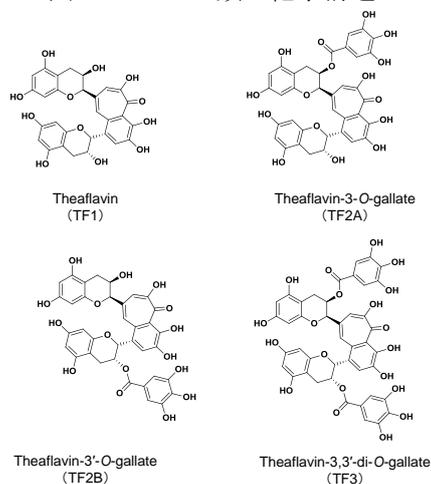


図2 テアフラビン類の化学構造

(1) 茶ポリフェノールの渋味評価

まず、味認識装置によりカテキン類とテアフラビン類の渋味強度を評価した。次にヒト官能試験により、カテキン類とテアフラビン類の渋味の質（味強度、忌避性、呈味性）を評価した。さらに、テアフラビンおよび茶飲料（緑茶および紅茶）を用いた連続摂取試験により渋味の蓄積性を評価した。

(2) 茶ポリフェノールと生体成分の分子間相互作用を指標した渋味評価法の開発

まず、先行研究で開発したリン脂質膜結合 96 穴プレートを用いた渋味の評価法（特許第 5901948）を応用し、カテキン類とテアフラビン類のリン脂質膜結合能を評価した。次に、ポリフェノールの分子会合体の検出法を開発し、カテキン類とテアフラビン類の分子会合能を評価した。さらに、タンパク質凝集能の評価法を開発し、カテキン類とテアフラビン類のタンパク質凝集能を評価した。

(3) 渋味抑制素材の開発と抑制機構解明

大豆および茶葉由来のペプチド素材を作製し、渋味のマスキング効果を評価し、抑制機構について解析した。

4. 研究成果

(1) 茶ポリフェノールの渋味評価

味認識装置により渋味を評価した結果、カテキン類の渋味はガロイル基の存在により強くなり、EC や EGC（ガロイル基を持たない）に比べて ECG と EGCg（ガロイル基を持つ）で強かった。ECg や EGCg の渋味は B 環およびガロイル基のメチル化により減弱した。テアフラビン類の渋味もガロイル基の存在により強くなり、TF1（ガロイル基を持たない）に比べて TF2A と TF2B（ガロイル基を 1 つ持つ）および TF3（ガロイル基を 2 つ持つ）で高かった。TF1 はガロイル基を持たないが、ベンゾトロポロン骨格を持たない EC や EGC よりも渋味が強かった。なお、カテキン類およびテアフラビン類の部分構造を担う化合物の渋味は極めて弱かった。以上より、カテキン類およびテアフラビン類の渋味の発現には、ガロイル基の存在が最も重要であり、ベンゾトロポロン骨格やフラボノイド骨格中の B 環の存在も渋味の発現に影響することが示唆された（図 3）。

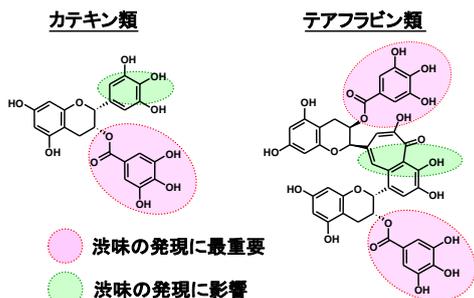


図 3 渋味の発現位寄与する構造因子

ヒト官能試験により渋味の質を評価した結果、テアフラビン類はカテキン類に比べて忌避性が高いことが明らかになった。また、テアフラビン類の味は蓄積し易く、渋味や苦味以外の様々な味を呈するために、味強度がカテキン類よりも強くなる可能性を示した。ガレート型カテキンも蓄積性を示すが、渋味や苦味以外の味は呈さなかった。ガレート型カテキンやテアフラビン類の渋味の蓄積性は緑茶や紅茶の連続摂取により再現されたことから、茶ポリフェノールは渋味特性として蓄積性を有することが示唆された（成果：論文①、⑤、学会発表⑳、㉑および図書①）。

(2) 茶ポリフェノールと生体成分の分子間相互作用を指標した渋味評価法の開発

先行研究で開発したリン脂質膜結合 96 穴プレートを用いた渋味の評価法（特許第 5901948）を応用しリン脂質膜結合能を評価した結果、カテキン類のリン脂質膜結合能はガロイル基の存在により増強され、EC や EGC（ガロイル基を持たない）に比べて ECG と ECGg（ガロイル基を持つ）で強かった。ECg や ECGg のリン脂質膜結合能は B 環およびガロイル基のメチル化により増強した。テアフラビン類のリン脂質膜結合能もガロイル基の存在により増強され、TF1（ガロイル基を持たない）に比べて TF2A と TF2B（ガロイル基を 1 つ持つ）および TF3（ガロイル基を 2 つ持つ）で強かった。リン脂質膜への結合量は TF2B や TF2A（ガロイル基を 1 つ持つ）が TF3（ガロイル基を 1 つ持つ）より多かった。分子同士の会合性を減弱させるジメチルスルホキシド（DMSO）の存在下ではリン脂質膜結合能の差が認められなかったことから、テアフラビン類はその構造に応じて膜表面で分子会合し、蓄積することが明らかになった。リン脂質膜結合能は渋味の発現に必須であるが、その強弱と渋味の強弱は必ずしも一致しないことが強く示唆された（成果：学会発表⑤、⑪、⑫、⑳、㉑、㉒および図書①）。なお、テアフラビン類のリン脂質膜上分子挙動に関する詳細については、挑戦的萌芽研究成果報告書（24650493）において報告した。

ネイティブ電気泳動によるポリフェノール会合体の検出を基盤とした分子会合能の新規評価法を開発した（図 5）。カテキン類とテアフラビン類の分子会合能は、ガロイル基の存在が必須であり、ガレート型ポリフェノールのみで分子会合能が認められた（成果：論文⑦および学会発表㉓、㉔）。

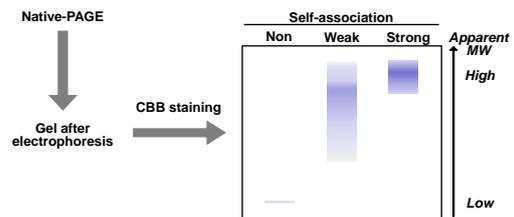


図 4 開発した分子会合能の評価方法

ポリフェノールによるタンパク質凝集は、唾液タンパク質や膜タンパク質の構造変化を通じて渋味の発現に直接的に関与する。そこで、ネイティブ電気泳動によるカゼインミセル凝集体の検出を基盤としたタンパク質凝集能の新規評価法を開発した(図5)。

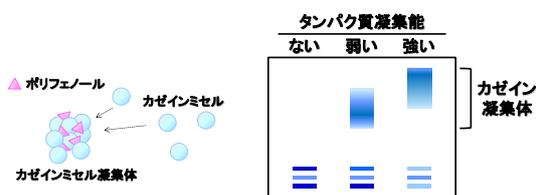


図5 開発したタンパク質凝集能の評価法

開発した方法を用いてカテキン類およびテアフラビン類によるタンパク質凝集反応を解析した結果、リン酸緩衝生理食塩水中(PBS)を反応溶媒として用いた場合には全てのテアフラビン類で凝集能が確認されたが、純水を反応溶媒として用いた場合には非ガレート型テアフラビン(TF1)の凝集能だけが消失した(図6)。アスコルビン酸の存在下において、TF1のPBS中における凝集能は著しく低下したが、TF2A、TF2B、TF3のPBS中における凝集能は殆ど低下しなかったことから、PBS中で認められるTF1の凝集能は共有結合が寄与していることが明らかになった。TF2A、TF2B、TF3では酸化反応が進行しない純水を反応溶媒として用いた場合でもタンパク質凝集能が認められたことから、ガロイル基の存在がタンパク質凝集に重要であることが示唆された(成果:論文②、⑥、学会発表⑦、⑭~⑱、⑳、㉑、㉒)。

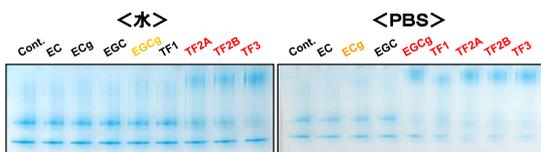


図6 茶ポリフェノールのタンパク質凝集能

ガレート型テアフラビンはタンパク質凝集に酸化反応を必要としないため、消化管内などの嫌気的な条件でも渋味刺激を通じて何らかの生体応答を惹起する可能性がある。そこで、渋味を呈する難吸収性ポリフェノールであるテアフラビン類を実験動物に単回投与したところ、一過性の血圧・血流の上昇が見られることが確認された(成果:論文③、④および学会発表④、⑩)。また、ショウジョウバエを用いた試験により脂肪蓄積抑制作用を有することが明らかになった(成果:論文③、④および学会発表④、⑩)。

(3) 渋味抑制素材の開発と抑制機構解明

茶ポリフェノールを用いた食品開発における基盤技術の確立を目的とし、渋味抑制素材の開発を行った。大豆および茶葉由来のペプチド素材を開発し渋味のマスキング作用

を評価したところ強い渋味抑制作用を示すことを見出した。抑制機構を解析した結果、カテキン類やテアフラビン類と高い親和性を持ち、唾液タンパク質や生体成分への結合を抑制する効果を有するペプチドが複数存在することが明らかになった(成果:学会発表①~③、⑥、⑧、⑨、㉑、㉒)。

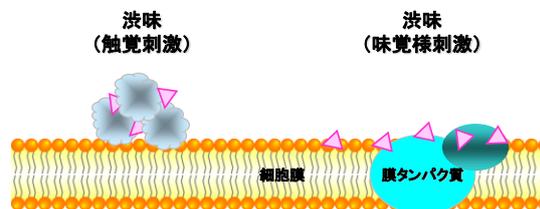


図7 推定した渋味の発現機構

以上の成果を踏まえ、茶の渋味はポリフェノールが口腔内にある唾液タンパク質と結合し凝集体を細胞膜上に沈殿させること(感覚刺激)に加えて(図7左)、口腔表面にある細胞表面に結合して膜タンパク質を非特異的に凝集させることによりタンパク質や膜構造を変化させること(味覚様刺激)で発現する(図7右)との結論を得た。この発現機構に基づけば、渋味の強いポリフェノールはタンパク質凝集やリン脂質膜結合を介して細胞膜に機能的な変化を引き起こす可能性がある物質群であり、その機能的な変化が渋味刺激として口腔内で受容されれば渋味を感じるが、消化管内や吸収後の生体内で受容されれば、細胞膜機能の変化(受容機構の活性化)を通じて何らかの生体応答を惹起する可能性がある。現在、本仮説を検証し渋味の生理的意義を解明に向けた研究を進めている。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計7件)

- ① Nakamura, T., Miyoshi, N., Ishii, T., Nishikawa, M., Ikushiro, S., and Watanabe, T.: Activation of transient receptor potential ankyrin 1 by quercetin and its analogs, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 80, 949-954 (2016). 査読有 DOI: [10.1080/09168451.2015.1132148](https://doi.org/10.1080/09168451.2015.1132148)
- ② Kayashima, Y., Murata, S., Sato, M., Matsuura, K., Asanuma, T., Chimoto, J., Ishii, T., Mochizuki, K., Kumazawa, S., Nakayama, T., and Yamakawa-Kobayashi, K.: Tea polyphenols ameliorate fat storage induced by high-fat diet in *Drosophila melanogaster*, *Biochem. Biophys. Rep.*, 4, 417-424 (2015). 査読有 DOI: [10.1016/j.bbrep.2015.10.013](https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2015.10.013)
- ③ Kudo, N., Arai, Y., Suhara, Y., Ishii, T., Nakayama, T., and Osakabe, N.: A single oral administration of theaflavins increases energy expenditure and the expression of

- metabolic genes, *PLoS One*, 10, e0137809 (2015). 査読有 DOI: 10.1371/journal.pone.0137809
- ④ Aruga, N., Toriigahara, M., Shibata, M., Ishii, T., Nakayama, T., and Osakabe, N.: Responses to a single dose of different polyphenols on the microcirculation and systemic circulation in rats, *J. Funct. Foods*, 10, 355-363, (2014). 査読有 DOI: 10.1016/j.jff.2014.06.025
- ⑤ Yamazaki, T., Sagisaka, M., Ikeda, R., Nakamura, T., Matsuda, N., Ishii, T., Nakayama, T., and Watanabe, T.: The human bitter taste receptor hTAS2R39 is the primary receptor for the bitterness of theaflavins, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 78, 1753-1756, (2014). 査読有 DOI: 10.1080/09168451.2014.930326
- ⑥ Matsuura, K., Usui, Y., Kan, T., Ishii, T., and Nakayama, T.: Structural specificity of electric potentials in the coulometric-array analysis of catechins and theaflavins, *J. Clin. Biochem. Nutr.*, 55, 103-109, (2014). 査読有 DOI:10.3164/jcfn.13-101
- ⑦ 安井美奈、石井剛志: ネイティブポリリアクリルアミドゲル電気泳動を利用した茶ポリフェノール会合体の検出法, *分析化学*, 63, 687-692 (2014). 査読有 DOI:10.2116/bunsekikagaku.63.687
- [学会発表] (計 30 件)
- ① 伊藤圭祐、増田百花、石井剛志: 渋味マスキング剤の開発を志向するロスマリン酸結合性大豆ペプチドの網羅的解析、日本農芸化学会 2017 年度大会、2017 年 3 月 18 日 (京都市)
- ② 伊藤圭祐、石井剛志、中村順行、河原崎泰昌: 茶殻の有効活用を目指した機能性ペプチドの探索、第 32 回茶学術研究会、2017 年 3 月 10 日 (静岡市)
- ③ 増田百花、石井剛志、伊藤圭祐: 大豆ペプチドによるロスマリン酸の渋味マスキング、第 18 回静岡ライフサイエンスシンポジウム、2017 年 3 月 5 日 (静岡市)
- ④ 石井剛志、越阪部奈緒美: 難吸収性ポリフェノールの渋味受容とその生理的意義の解析、フードサイエンスフォーラム第 22 回学術集会 (招待講演)、2016 年 9 月 9 日 (岡山県美作市)
- ⑤ 石井剛志、中山 勉: 渋味を呈する難吸収性ポリフェノールの分子挙動解析—消化管受容を介した生理機能発現機構の解明に向けて—、第 10 回日本ポリフェノール学会学術集会 (招待講演)、2016 年 8 月 4 日 (東京都)
- ⑥ 小池麻友、黒田侑希、伊藤圭祐、石井剛志、中村順行、渡辺達夫、河原崎泰昌: 食素材蛋白質の網羅的ペプチドアレイを用いた苦味マスキング剤の新規探索法—茶殻 RubisCo 由来 EGCG 結合ペプチドの解析例—、日本農芸化学会 2016 年度大会、2016 年 3 月 30 日 (札幌市)
- ⑦ 木村明博、安井美奈、小林彰子、赤川 貢、石井剛志: カテキン類とテアフラビン類のタンパク質凝集反応の分子挙動解析、第 12 回日本カテキン学会年次学術大会、2015 年 12 月 5 日 (福岡市)
- ⑧ 小池麻友、黒田侑希、伊藤圭祐、石井剛志、中村順行、渡辺達夫、河原崎泰昌: 緑茶の苦渋味マスキング剤となる茶殻由来ペプチド、平成 27 年度日本食品科学工学会中部支部大会、2015 年 12 月 5 日 (名古屋市)
- ⑨ Koike, M., Ito, K., Kuroda, Y., Ishii, T., Nakamura, Y., Watanabe, T., and Kawarasaki, Y.: EGCG-binding peptides from green tea leaves as bitterness-masking agents, The 20th Shizuoka Forum on Health and Longevity, 2015 年 10 月 30 日 (静岡市)
- ⑩ 齊藤晃子、中里李沙、柴田政廣、石井剛志、中山 勉、福井敏樹、越阪部奈緒美: テアフラビン摂取後の急性的な循環動態の変化、第 19 回日本フードファクター学会、2014 年 11 月 9 日 (鹿児島市)
- ⑪ 石井剛志、竹内由紀、安井美奈、小林彰子、保田倫子、下位香代子、越阪部奈緒美、中山 勉: テアフラビン類の脂質膜における分子挙動、第 19 回日本フードファクター学会、2014 年 11 月 9 日 (鹿児島市)
- ⑫ 石井剛志、安井美奈、竹内由紀、中山 勉: 脂質膜透過性の低い茶ポリフェノールの会合挙動解析、日本分析化学会第 63 年会、2014 年 9 月 19 日 (東広島市)
- ⑬ Nakayama, T., Matsuura, K., Usui, Y., Kan, T., and Ishii, T.: Structural specificity of electric potentials in the coulometric-array analysis of catechins, methylated catechins and theaflavins, 27th International Conference on Polyphenols, 2014 年 9 月 5 日 (名古屋市)
- ⑭ 石井剛志: 食品および酸化ストレス関連因子による生体タンパク質の翻訳後修飾に関する研究、日本農芸化学会中部支部—日本農芸化学会創立 90 周年・中部支部創設 60 周年記念—170 回例会 (招待講演)、2014 年 7 月 5 日 (静岡市)
- ⑮ 石井剛志: 食品および酸化ストレス関連因子による生体タンパク質の翻訳後修飾に関する研究、日本農芸化学会 2014 年度大会・奨励賞受賞者講演 (招待講演)、2014 年 3 月 27 日 (東京都)
- ⑯ 松浦加奈子、石井剛志、中山 勉: テアフラビンの抗酸化性と酸化安定性の解析、第 29 回茶学術研究会講演会、2014

- 年 3 月 14 日 (静岡市)
- ⑰ Matsuura, K., Usui, Y., Ishii, T., and Nakayama T.: Structural specificity of electric potential in coulometric-array analysis of tea polyphenols, The 5th International Conference on O-CHA (Tea) Culture and Science, 2013 年 11 月 8 日 (静岡市)
- ⑱ Hayashi, M., Yasui, M., Saito, N., Nakayama, T., Ishii, T.: A new method involving detection of protein aggregation for evaluating the astringency of tea polyphenols, The 5th International Conference on O-CHA (Tea) Culture and Science, 2013 年 11 月 8 日 (静岡市)
- ⑲ Yamazaki, T., Sagisaka, M., Matsuda, N., Ishii, T., Nakayama, T., and Watanabe, T.: TAS2R39 is a bitter taste receptor for theaflavins, The 5th International Conference on O-CHA (Tea) Culture and Science, 2013 年 11 月 8 日 (静岡市)
- ⑳ Watase, T., Ikegaya, A., Yugami, T., Hakamata, M., Takagi, H., Kamimura, M., Dohi, S., Tanzawa, N., Shiotani, S., Takahashi, C., Suzuki, T., Nakayama, T., and Ishii, T.: Application of bitterness and/or astringency control material to tea products, The 5th International Conference on O-CHA (Tea) Culture and Science, 2013 年 11 月 8 日 (静岡市)
- ㉑ Shiotani, S., Takahashi, C., Ogawa, M., Shibuya, E., Mitarai, H., Yasui, M., Saito, N., Ito, S., Suzuki, T., Yanai, N., Nakayama, T., and Ishii, T.: Development of a new soybean-protein derived taste-masking agent that lowers bitterness and/or astringency of tea polyphenols, The 5th International Conference on O-CHA (Tea) Culture and Science, 2013 年 11 月 8 日 (静岡市)
- ㉒ 林 美香、安井美奈、加藤大地、中山 勉、石井剛志: タンパク質凝集能を指標とした飲料の渋味評価、日本食品科学工学会第 60 回記念大会、2013 年 8 月 30 日 (東京都)
- ㉓ 安井美奈、加藤大地、中山 勉、石井剛志: ネイティブ電気泳動を利用したポリフェノール会合体の検出法とその応用、日本食品科学工学会第 60 回記念大会、2013 年 8 月 30 日 (東京都)
- ㉔ 林 美香、加藤大地、市川達也、安井美奈、浅沼俊倫、中山 勉、石井剛志: 茶ポリフェノールによるタンパク質凝集機構の解析、第 67 回日本栄養・食糧学会大会、2013 年 5 月 25 日 (名古屋市)
- ㉕ 加藤大地、安井美奈、林 美香、御手洗

晴日、竹内由紀、中山 勉、石井剛志: 茶ポリフェノールのタンパク質凝集能と細胞膜結合能が渋味の発現に及ぼす影響、第 67 回日本栄養・食糧学会大会、2013 年 5 月 25 日 (名古屋市)

- ㉖ 石井剛志、安井美奈、加藤大地、林 美香、新井映子、中山 勉: 茶ポリフェノールの渋味発現に寄与する構造因子の解析、第 67 回日本栄養・食糧学会大会、2013 年 5 月 25 日 (名古屋市)
- ㉗ 松浦加奈子、臼井由美子、石井剛志、中山 勉: クーロアレイ HPLC を用いたカテキン類とそのメチル誘導体の電気化学的解析、第 73 回分析化学討論会、2013 年 5 月 18 日 (函館市)
- ㉘ 林 美香、安井美奈、加藤大地、中山 勉、石井剛志: 渋味物質のタンパク質凝集能と細胞膜結合能の評価法、第 73 回分析化学討論会、2013 年 5 月 18 日 (函館市)
- ㉙ 安井美奈、加藤大地、林 美香、中山 勉、石井剛志: ネイティブ電気泳動を利用したポリフェノール会合体の検出法とその渋味評価への応用、第 73 回分析化学討論会、2013 年 5 月 18 日 (函館市)
- ㉚ 石井剛志: 科学の目で見る茶の苦渋味、世界お茶まつり 2013 春の祭典プログラムお茶の機能性・効用セミナー (招待講演)、2013 年 5 月 3 日 (静岡市)

[図書] (計 1 件)

- ① 石井剛志、中山 勉: 「苦味、渋味」、新版茶の機能—ヒト試験から分かった新たな役割—、農山漁村文化協会、pp. 382-387 (2013)

[その他]

ホームページ等
神戸学院大学食品機能学部門 HP
<http://www.nutr.kobegakuin.ac.jp/~foodsci/index.html>

神戸学院大学 Social in ~地域社会とともに~「渋味のメカニズムを解明してアジアから世界へと発信したい」
<http://www.kobegakuin.ac.jp/gakuho-net/infocus/2015/10.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石井 剛志 (ISHII TAKESHI)
神戸学院大学・栄養学部・准教授
研究者番号: 50448700

(2) 研究分担者

新井 映子 (ARAI EIKO)
静岡県立大学・食品栄養科学部・教授
研究者番号: 90134783

中山 勉 (NAKAYAMA TSUTOMU)
日本獣医生命科学大学・食品科学科・教授
研究者番号: 50150199