

平成 30 年 6 月 26 日現在

機関番号：34509

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12328

研究課題名(和文) 渋味飲料の口腔内リセット作用の分子化学的検証と食事における相性診断技術の開発

研究課題名(英文) Development of a method for compatibility diagnostic of astringent beverages and meals

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) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：茶やワインなどの渋味飲料は、口腔内を“サッパリ”させる効果を有すること、渋味飲料の呈する渋味は過剰になると不快感を伴うが料理との相性によっては緩和され心地よいものとなることが経験的に知られている。本研究では相性の良い料理と飲料が織り成す“口腔内リセット作用”を分子化学的に検証する技術の構築を目的とし研究を実施した。渋味を呈するポリフェノールが会合性と界面活性を備えることを明らかにするとともに、タンパク質による渋味のリセット作用の評価法の構築に成功し、渋味の緩和効果の高い複数の食品タンパク質を見出した。

研究成果の概要(英文)：It has been empirically believed that astringent beverages such as teas and wines cleanse the palate while eating and repeatedly alternating samples of astringent beverages with fatty foods yield ratings of astringency that were lower than if presented alone without alternation. In this study, we developed a method for compatibility diagnostic of astringent beverages and meals, and found several food proteins that alleviate astringency by using this method.

研究分野：食品科学

キーワード：渋味 口腔内リセット作用 食事相性 油脂 タンパク質 茶ポリフェノール カテキン テアフラビ

1. 研究開始当初の背景

食事における料理と飲料の間には相性があり、その良し悪しは食事を楽しむうえで重要である。ヒトは、類似した風味や触感を持つ料理を食べ続け口腔内が呈味成分などに曝され続けることで、感覚特異性飽和（味覚・嗅覚疲労や触覚不感など）や口腔不快感を引き起こし、食欲が低下する。食欲増進の観点からみると、口腔内に残る互いの感覚を速やかに緩和・消去して“サッパリ”させる効果（口腔内リセット作用）を有する料理と飲料の組み合わせは相性が良いといえる。

茶やワインなどの渋味飲料は、口腔内を“サッパリ”させる効果を有することが経験的に知られており、脂っこい料理との相性が良い。渋味飲料の呈する渋味は過剰になると不快感を伴うが、料理との相性によっては緩和され心地よいものとなる。相性の良い料理と飲料が織り成す“口腔内リセット作用”は、味覚疲労や口腔不快感の回避に働くことで食の美味しさ形成、ひいては食文化形成に寄与するが、作用機序が不明なため科学的には実証されていない。一方で、“渋味飲料が口腔内をサッパリさせる効果”や“渋味飲料と脂っこい料理の相性”に関する情報（先入観）は、商業ベースで広く浸透しているため、訓練の有無に関わらず、官能試験では客観的な検証が難しく、十分な検証がなされていなかった。

2. 研究の目的

渋味飲料の口腔内リセット作用を分子レベル（ポリフェノール、油脂、タンパク質およびその他生体成分間の相互作用）で解析・検証し、得られた知見を活かして食事における渋味飲料と料理の相性を客観的に評価・予測できる応用技術を開発することを目的とし、研究項目（1）および（2）を実施した。

<研究項目>

- (1) 渋味を呈するポリフェノールの会合性および界面活性の解析
- (2) タンパク質や油脂による渋味のリセット作用の評価法の開発

3. 研究の方法

研究項目（1）の試料として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）。また、その他の試料として、各種茶ポリフェノールの類縁体・部分構造を担う化合物、フラボノール類のケルセチン、ミリセチンおよびそれらの配糖体や類縁体化合物を用いた。

研究項目（2）の試料として、緑茶、紅茶およびそれらに含まれるカテキン類とテア

フラビン類を用いた。また、その他の試料として、烏龍茶、ブレンド茶、麦茶を用いた。

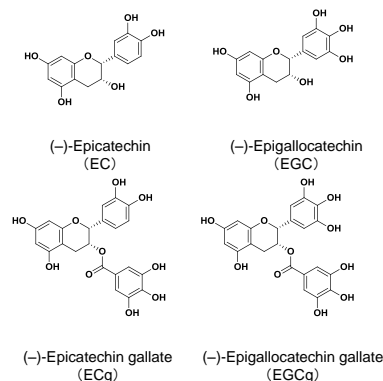


図1 カテキン類の化学構造

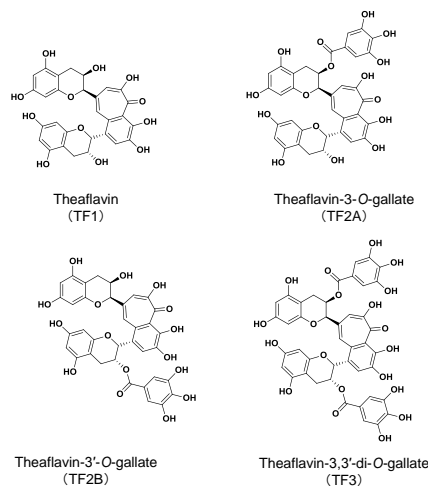


図2 テアフラビン類の化学構造

(1) 渋味を呈するポリフェノールの会合性および界面活性の解析

まず、先行研究で開発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法を利用して、各種ポリフェノールの分子会合能を高分子量領域に検出されるバンドの染色像から評価した。次に味認識装置により各種ポリフェノールの渋味強度を評価した。渋味を呈するポリフェノールについては、カゼイン凝集能を指標とした電気泳動法や HPLC 法により、タンパク質凝集能や親油性・疎水性等を評価した。

(2) 油脂やタンパク質による渋味のリセット作用の評価法の開発

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、まず、タンパク質による渋味のリセット作用の評価法の構築を試みた。さらに、構築した方法を活用して油脂による渋味のリセット作用の評価法の構築を試みた。

4. 研究成果

(1) 渋味を呈するポリフェノールの会合性および界面活性の解析

カテキン類とテアフラビン類の分子会合能は、渋味の強いガレート型カテキンおよびガレート型テアフラビンのみで認められた(図3、成果：論文①および学会発表⑥)。ガレート型の茶ポリフェノールはタンパク質やペプチドに対する親和性が高く、茶ペプチドにより渋味がマスキングできる可能性が示された(成果：学会発表⑦~⑨)。また、両親媒性物質であり、界面活性を備えていることが示された(学会発表①、③)。

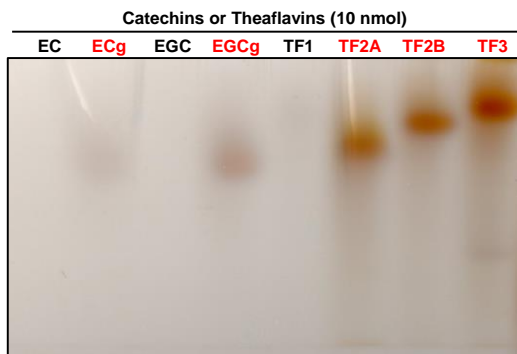


図3 茶ポリフェノールの分子会合能

フラボノール類の分子会合能は、渋味を呈するミリセチンのみで認められ、B環の水酸基が一つ少なく渋味の弱いケルセチンやミリセチンのメチル化体では認められなかった(図4、成果：学会発表④、⑤)。ケルセチンは渋味物質とは異なる挙動が確認された(成果：論文②)。評価したフラボノール類とその類縁体のうち、ミリセチンのみが両親媒性物質として、界面活性を備えていることが示された(学会発表①)。

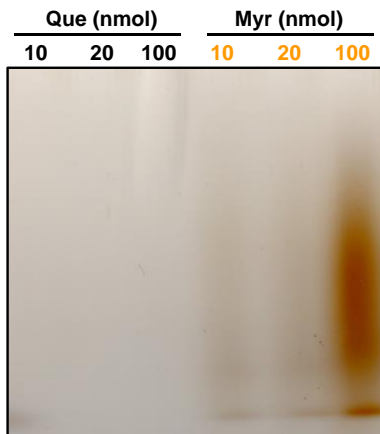


図4 ケルセチンとミリセチンの分子会合能

(2) タンパク質や油脂による渋味のリセット作用の評価法の開発

リン脂質単層膜が結合した96穴プレートを用いて、「油脂やタンパク質によるリン脂質膜からの渋味物質の除去効果」を数値化できる技術を構築し、各種分析条件を整えることでタンパク質や油脂による渋味のリセット作用の評価法を確立した(図5)。

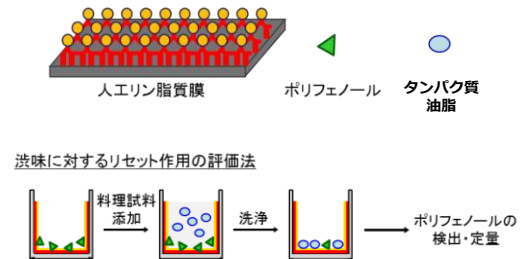


図5 渋味のリセット作用の評価法

構築した評価法を用いて、21種類の食品タンパク質・ペプチド(肉類、魚介類、卵、乳、大豆および穀物由来タンパク質)による渋味のリセット作用を検証し、乳、大豆および卵黄由来のタンパク質・ペプチドに紅茶や緑茶の渋味に対する強いリセット作用を見出した(図6)。

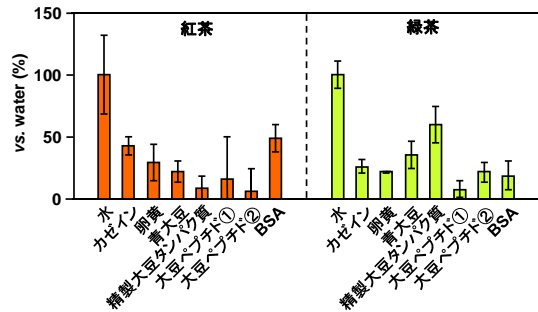


図6 タンパク質による渋味のリセット作用

構築した評価法を用いて、21種類の食品タンパク質・ペプチド(肉類、魚介類、卵、乳、大豆および穀物由来タンパク質)による渋味のリセット作用を検証し、乳、大豆および卵黄由来のタンパク質・ペプチドに紅茶や緑茶の渋味に対する強いリセット作用を見出した(図6)。また、油脂と茶ポリフェノールの親和性を構築した方法により評価し、紅茶や烏龍茶は緑茶、ブレンド茶および麦茶などの飲料に比して油脂に対する親和性が高いこと、紅茶テアフラビン類は高い親和性を示す物質の一つであることを確認した。

現在、油脂による渋味のリセット作用の更なる検証を進めるとともに、渋味物質による口腔内の脂っぽさや旨味に対するリセット作用の評価法の構築を進めている。本研究は、

「渋味飲料が食事の際に世界中で飲料されている理由」を社会・文化的観点や嗜好性の観点ではなく、分子化学的観点から導き出す点がこれまでの研究と大きく異なる。今後の研究進展により方法論が確立し更なる研究成果が得られれば、情報だけが先行している“渋味飲料と料理の相性”に科学的根拠を与えるだけでなく、新しい食事スタイルの提案やそれに伴う渋味飲料の販売・開発など、社会や産業への還元も期待できる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① 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、日本ポリフェノール学会雑誌、6、18-24、2017. 査読無
- ② 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, *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 80, 949-954, 2016. 査読有 DOI: 10.1080/09168451.2015.1132148.

[学会発表] (計9件)

- ① 前迫一輝、辻 愛、小林麻貴、伊藤圭祐、小林彰子、赤川 貢、越阪部奈緒美、石井剛志：渋味を呈するポリフェノールの分子特性解析、日本農芸化学会 2018 年度大会、2018 年 3 月 16 日 (名古屋)
- ② 前迫一輝、豊島亮太、辻 愛、坂本裕香、石井剛志：茶ポリフェノール会合体の形成能と安定性、第 14 回日本カテキン学会年次学術大会、2017 年 11 月 17 日 (大阪)
- ③ 石井剛志：茶ポリフェノールの渋味受容とその生理的意義の解析、第 14 回日本カテキン学会年次学術大会 (招待講演)、2017 年 11 月 16 日 (大阪)
- ④ 豊島亮太、辻 愛、坂本裕香、川畑球一、石井剛志：フラボノイドの分子会合に寄与する構造特性、日本農芸化学会 2017 年度大会、2017 年 3 月 19 日 (京都)
- ⑤ 豊島亮太、武内風香、安井美奈、川畑球一、石井剛志：分子会合性を有するポリフェノールの構造特性、第 21 回日本フードファクター学会学術集会、2016 年 11 月 19 日 (富山)
- ⑥ 豊島亮太、武内風香、安井美奈、川畑球一、石井剛志：茶ポリフェノールの水溶液中における分子会合性、第 32 回茶学術研究会講演会・第 13 回日本カテキン学会年次学術大会合同大会、2016 年 10 月 27 日 (静岡)

- ⑦ 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)
- ⑧ 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 (福岡)、2015 年 12 月 4, 5 日
- 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 (Shizuoka, Japan)

[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>

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

伊藤 聖子 (ITO SEIKO)
静岡県立大学・食品栄養科学部・助教
研究者番号：70466506