

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 4 月 11 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450169

研究課題名(和文) 様々な抗酸化物質の共存下での特異な活性種消去能(相乗・相殺効果)の解明

研究課題名(英文) ESR study of synergistic effects on radical scavenging capacities in the presence of various antioxidants

研究代表者

末石 芳巳(Sueishi, Yoshimi)

岡山大学・自然科学研究科・教授

研究者番号：50135935

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：食品等に含まれている抗酸化物質は、活性種を消去する物質として知られている。抗酸化物質が共存する場合、抗酸化能は、相乗効果、逆に、相殺効果を示すことがしばしば観測されている。本研究では、抗酸化能評価法として、様々な活性種消去能の定量化法(多重活性種消去能決定法)を提案し、抗酸化物質の評価法を確立すると同時に、抗酸化能の特異的效果(相加・相乗・相殺効果)の解明をおこなう。

研究成果の概要(英文)：In foods, antioxidants exist independently. Judging from the evaluation of the antioxidant's activities in the presence of two antioxidants, the synergistic effect between antioxidants is operative. However, the mechanism of the synergistic effects has not been established yet. In this study, by using ESR spin trapping method, various active species scavenging abilities of antioxidants (drug and food) were measured. Based on the results, the mechanism of the synergistic effects for antioxidant abilities was discussed.

研究分野：食品科学

キーワード：抗酸化物質 相乗・相殺効果 スピントラップ 活性種消去

1. 研究開始当初の背景

食品にどの程度の抗酸化能力があるのかわからない場合が殆どである。近年、アメリカを中心に話題になっている測定法がORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity (酸素ラジカル吸収能力 (アルコキシラジカルの消去能を測定))である。米国では、ORAC値を表記した食品が多く販売されており、消費者にその食品がどの程度の抗酸化力があるかを具体的な数値で表している[1]。今後、健康志向が高まっている日本においても、ORACに関する関心が高まるものと思われる。天然物中に、抗酸化物質が単独で存在することは稀であり、多くは複合系である。抗酸化物質が共存した場合、抗酸化物質の作用が相加的に働くだけでなく、共存によって作用が強められたり(相乗効果)、逆に弱められたりする(相殺効果)ことが、しばしば観測されている[2]。

我々は最近、これまでの抗酸化能評価法の欠点を克服し、正確、迅速、簡便なORAC決定法として、スピントラップ法により抗酸化物質と活性ラジカル種との反応を直接追跡した評価法(ORAC-ESR法)を提案した。しかしながら、様々な活性種と抗酸化物質の反応性の違いから、酸素中心ラジカルだけでなく、抗酸化物質による様々な活性種の消去能(多重活性種消去能の測定)について調べることが必要であると考えている。抗酸化物質の抗酸化能の統一的な定量化法が確立しておらず、抗酸化物質の相乗・相殺効果に関する議論が不十分であることは言うまでもない。本研究では、様々な活性種に対する正確な抗酸化能の評価(定量化)法の構築をいちはやくおこない、複合系での総合的抗酸化能を決定した結果に基づき、相乗・相殺効果の解明をおこなうことが、医薬、食品分野の緊急課題である。

2. 研究の目的

活性種の違いにより、抗酸化物質との反応性が異なるため、一種類の酸素中心ラジカルだけでなく、様々な活性種(例えば、活性酸素種、過酸化ラジカルなど)に対する様々な活性種消去能の評価法を構築する。

食品等に含まれている抗酸化物質は、活性種を消去する物質として知られている。天然物中の抗酸化物質が単独で存在することは稀であり、多くは複合系である。抗酸化物質が共存する場合、抗酸化能は、相乗効果、逆に、相殺効果を示すことがしばしば観測されている。本研究では、我々が開発した抗酸化能を評価するESR法を用い、抗酸化能の特異的効果の解明を目指す。具体的には、期間内に以下の点について検討する。

(1) 2種の抗酸化物質共存下(複合系)で、通常用いられる酸素中心ラジカル(アルコキシル)を用い、正確な抗酸化能の評価法を構築する。

(2) 活性種の違いにより、抗酸化物質との

反応性が異なるため、酸素中心ラジカルだけでなく、様々な活性種(例えば、活性酸素種など)に対する多重活性種消去能の評価法を構築し、新たな医薬・食品の抗酸化能評価法を提案する。

(3) 様々な活性種と抗酸化物質との反応性の違いが、生じた抗酸化物質間の反応の違いを招くであろう。様々な活性種の消去に対し、どのような抗酸化物質間に相乗・相殺効果が作用するかを明らかにする。

(4) 得られた結果を総合的に判断し、相乗・相殺効果の機構を解明すると同時に、添加物として抗酸化物質を含んだ新規機能性食品の開発のための情報を得る。

3. 研究の方法

研究計画の概要は次のとおりである。

(1) ESRトラップ法を用い、様々な活性種の抗酸化物質による正確な消去能の定量化法の構築をおこなう。

(2) 複合系での正確な抗酸化能を決定し、抗酸化能が示す相乗・相乗・相殺効果を明らかにする。

(3) 多重活性種消去能決定法を食品サンプルの分析・応用(実用化)に役だてる。

【平成25年度】

25年度には、下記の計画に従い、測定装置の組み立て等、本申請研究の前段階の研究を進める。

(1) 種々の活性ラジカル種発生装置の組み立て。(2) トラップ法による抗酸化物質の多重活性種消去能の評価法の構築。(3) 複合系での抗酸化物質の多重活性種消去能の測定。

(4) 従来抗酸化能評価法による評価値との比較。

【平成26年度以降の計画】

さらに研究を進め、抗酸化物質の多重活性種消去能の評価法を構築し、医薬品、食品の抗酸化能評価法の構築をおこなう。

(1) 複合系での多重活性種消去能の評価法の構築(食品の抗酸化能力の新たな評価法を構築)をおこなう。

(2) 抗酸化能に及ぼす相乗・相殺効果の機構解明をおこなう。

(3) 抗酸化能の総合的評価法の構築(食品への応用) ESRトラップ法による抗酸化能の総合的評価法を食品サンプルに応用(実用化)するよう検討する。食品による活性種の消去能の測定に際しては、下記の検討が必要である。

① 食品からの有効成分の抽出方法の検討など、サンプル作成の検討をおこなう。

② ESRトラップ法を用いた多重活性種消去能の活用方法について検討する。

食品化学分野の第一人者である鶴飼(研究協力者)らと議論を重ね、得られた結果に基づき、食品中の抗酸化物質が持つ総合的抗酸化能評価をおこない、食品の正確な抗酸化能力の評価法を社会に提案する。さらに、古武、

大和田らと議論を重ねながら、生体内での抗酸化物質の反応性（メカニズム等）を明らかにし、疾患発生等、医療に役立つ方法について検討する。

4. 研究成果

本研究における重要な成果は、次の4つの項目に分けて報告する。

(1) 新規活性種捕捉剤の開発および活性種捕捉能の解明 [論文業績 1, 3]: 我々が、ここで用いた抗酸化能評価法は、短寿命活性種の濃度をスピントラッピングにより直接追跡した迅速・正確な抗酸化物質の活性種消去能の定量化法である。従って、様々なニトロ系捕捉剤の活性種捕捉能の解明と有効な捕捉剤の開発も必要な研究である。特に、様々な活性種の捕捉に有効なトラップ剤の開発として、5-位に脂溶性の置換基を導入した2種類の CYPMPO (5-(2,2-dimethyl-1,3-propoxyl cyclophosphoryl)-5-methyl-1-pyrroline N-oxide)を合成し(PhCYP and DBCYP(図.1)), それらの捕捉能を調べた。その結果、5-位にフェニル基を導入した CYPMPO (PhCYP) が通常の CYPMPO に比べて、スーパーオキシドの捕捉能が約 1.4 倍優れていることがわかった。スーパーオキシドの捕捉能は、いずれのトラップ剤も捕捉能が低いため、PhCYP の今後の利用に大いに期待が持てる。

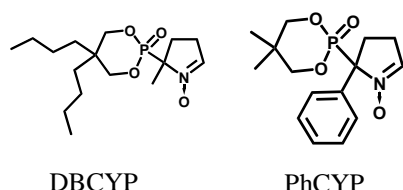


図 1. 5-置換 CYPMPO の構造

(2) 医薬品の抗酸化能評価への応用 [論文業績 2,4,5]: 活性種の違いにより、抗酸化物質との反応性が異なるため、一種類の酸素中心ラジカルだけでなく、6種類の活性種（ヒドロキシラジカル、スーパーオキシド、一重項酸素、過酸化ラジカル、アルコキシラジカル、メチルラジカル）に対する様々な活性種消去能の評価法を構築する。これまでの研究経験に基づき、様々な活性種を発生させ、ESR スピントラップ法により活性種の濃度を追跡した。抗酸化物質が添加されたときと、添加されていないときの ESR スペクトルの強度比の解析より、速度論的な抗酸化能評価がおこなえることがわかった。このスピントラップ法による抗酸化能評価法を我々は MULTIS 法 (multiple free radical scavenging) と名付けた。

医薬品の中でも抗酸化能を利用した薬品が多数ある。脳の損傷の治療に用いられるエダラボン、アルツハイマー病に用いられるドーパも典型的な抗酸化物質であるが[3], その抗酸化能は、詳細に調べられていないまま治療

に使用されているのが現状である。我々は本研究において、エダラボン、ドーパ、チロシンの様々な活性種の消去能を正確に測定し、これらの薬品の抗酸化能を評価すると同時に、様々な活性種との反応速度定数を決定し、活性種との反応機構を議論した。

ドーパ、チロシンの抗酸化能評価においては、L-エナンチオマーと DL-混合物との間で、様々な活性種に対する消去能が異なるという興味深い結果を得た。例えば、ヒドロキシラジカルの消去においては、反応速度定数が拡散速度定数に近い非常に速い速度を示しながらも、DL-混合物の方が L-体よりも消去効率が良いことがわかった。また、ドーパ、チロシンの酸化還元電位からの考察より、スーパーオキシドとの反応は、ビタミン E 等の抗酸化物質と同様に、抗酸化物質の還元反応により反応が進行するのに対し、一重項酸素は電荷移動型の錯体を経由したエネルギー移動により進行することがわかった。その他の活性種とは水素引き抜き反応により反応が進行するものと思われる。

エダラボンの抗酸化能評価においても興味深い結果を得た。エダラボンの様々な活性種の消去能を尿酸、グルタチオン等の抗酸化能と比較したところ、尿酸はスーパーオキシドとアルコキシラジカル、グルタチオンは、一重項酸素の消去能が非常に高いけれども、ここでの6種類の活性種すべてに高い消去能を持ってはいない。それに対し、エダラボンは、ここでの6種類のすべての活性種に高い消去能をもっており、非常に効果的な活性種消去剤であることを示し、有効な医薬品であることがわかった。

本研究において、抗酸化能評価法として構築した MULTIS 法の有効性を十分に示したものであると思われる。MULTIS 法の今後の利用が望まれる。

(3) 相乗・相殺効果の発現に対する考察: 食品中や生体内で抗酸化物質が単独で存在していることは稀であり、その多くは複合系で存在している。そのため、見かけ上抗酸化活性が共存する抗酸化物質間の相互作用によって変化することがある。しかし、抗酸化物質間の相互作用について十分な反応機構の解明はなされていない。本研究では、様々な活性種(RO·, ¹O₂, O₂⁻·)を個別に発生させ、活性種の消去に対する抗酸化物質間の共存効果を、安定ラジカルとの反応性で測定する DPPH 法、不安定ラジカルを直接追跡する ESR 法の2種類の方法を用いて調べ、ラジカル消去反応に対する2種類の水溶性抗酸化物質の共存効果について考察した。

抗酸化物質の共存効果は、個々の抗酸化物質の抗酸化能に基づき(測定値)、DPPH 法では、吸光度の測定から、Shi ら[4]の解析式に従い、30分後の抗酸化能との比較として表した。ESR 法では、光照射により活性種を発生させたのち、5分後に再び照射し、抗酸化能

を測定し、共存効果を検討した。表1の値は、個々の抗酸化物質の抗酸化能との比較値であり、1より大きいものは相乗効果、1より小さいものは相殺効果を表している

表1. 様々な活性種の消去に対する共存効果

	DPPH	RO·	O ₂ ·	¹ O ₂
Caf-Glu	1.50	0.78	0.71	1.06
Caf-Ru	1.21	1.46	1.59	0.96
Glu-NAC	0.72	0.95	0.71	1.07
Chl-NAC	1.18	1.69	0.80	0.49

Caf: Caffeic acid, Glu: Glutathione
NAC: N-acetylcysteine, Ru: Rutin

表1は興味深い結果を示している。例えば、Caf-Glu系において、DPPH法により相乗効果として示されているが、RO·およびO₂·に対しては、相殺効果である。¹O₂の消去においては、Chl-NACを除き、相加効果（共存効果無）である。DPPH法での抗酸化能評価が、様々な活性種との反応の抗酸化物質の共存効果を正確に表していないことがわかる

本研究業績⑤において報告したように、RO·は水素引き抜き反応、O₂·は酸化還元反応、¹O₂は錯形成を通じてのエネルギー移動反応によって進行するものと思われる。一方、抗酸化物質の共存効果は、抗酸化物質の再生反応の関与によって説明されている[4]。水素引き抜き反応によって生じたふたつのラジカル種からの再生機構においては、抗酸化物質の反応点の結合解離エネルギー(BDE)の低い抗酸化物質が高い抗酸化物質を再生すると考えられる。従って、BDEの高い抗酸化物質の消去速度定数が大きければ、相乗効果になると考えられる。実際、カフェイン酸(BDE 78.7 kcal mol⁻¹)とルチン(BDE 72.4 kcal mol⁻¹)においては、BDEの高い方がカフェイン酸であるから、ルチンがカフェイン酸を再生させていることになる。また、RO·消去速度定数を見るとカフェイン酸(7.5×10⁶ M⁻¹s⁻¹)の方がルチン(6.8×10⁶ M⁻¹s⁻¹)より大きい値となっている。つまり、反応性の高いカフェイン酸を再生しているため相乗効果が現れると考えられる。逆に、カフェイン酸/グルタチオン(BDE 87.4 kcal mol⁻¹, k = 2.7×10⁶ M⁻¹s⁻¹)系では、反応性の低いグルタチオンを再生するので、相殺効果が予想され、実験結果をうまく説明している。O₂·との反応においては、抗酸化物質の還元電位と消去速度定数に注目したい。還元電位(E_{red})の小さい方が大きい方の抗酸化物質を再生するものと思われる。Caf (E_{red} = 3.48 eV, k = 0.23×10⁶ M⁻¹s⁻¹), Glu (E_{red} = 5.86 eV, k = 0.0011×10⁶ M⁻¹s⁻¹), Ru (E_{red} = 2.99 eV, k = 0.015×10⁶ M⁻¹s⁻¹)に注目すると、同様に共存効果をうまく説明できる。また、¹O₂消去においては、エネルギー移動であるから、抗酸化物質の量に変化はなく、予想通り、相加効果である。Chl-NAC系では特異な共存効果が観測されている。この系では、二つの抗酸化物質間での赤外吸収スペクトル

のシフトを観測しており、何らかの錯形成が推測され、特異な共存効果の原因と思われる。以上のように、抗酸化物質の共存効果は、消去される活性種および抗酸化物質により異なり、消去反応機構と密接に関係していることを示している。

(4) 食品の抗酸化能評価への応用：

食品の抗酸化能評価に際しては、現在、主にアルコキシラジカル（発生源はAAPH）または測定の手軽さから安定ラジカルであるDPPHの消去能を調べ、様々な活性種の消去能と考えている。しかしながら、活性酸素（ヒドロキシラジカル、スーパーオキシド、一重項酸素）の消去においても、それぞれ違った反応機構により進行するため、明らかに、一つの活性種の消去能を調べ、その他の活性種の消去能とみなすことは困難である。特に、安定ラジカルであるDPPHと不安定な活性ラジカルの反応性が同じとみなすことはできない。食品の抗酸化能評価においても、様々な活性種の消去能を調べた総合的な抗酸化能評価法が必要である。ここでは、抗酸化能評価法として構築したMULTIS法を食品の抗酸化能評価法に応用するため、抗酸化能が高いと言われているローズマリー、シソ、バジルの抗酸化能評価をおこなった。

ローズマリーを粉砕し、抗酸化物質としての有効成分の抽出のための温度・時間を様々な条件下で検討した結果、80℃で1時間での抽出が最も有効であることがわかった。抽出は、ローズマリーの葉（約5g）からリン酸緩衝液（50mL）での抽出をおこなった。ローズマリー(*rosmarinus officinalis* (Majorca Pink) (RM))を2013年11月から2015年11月まで2カ月おきに採取し、その抽出液の抗酸化能をMULTIS法により測定し、ローズマリーの抗酸化能の2年間の変化を追跡した。図2には、2013.11.の抽出液の抗酸化能（活性種消去速度）を基準にした2カ月おきのローズマリーの相対的抗酸化能（相対消去速度比）を表したところ、1~3月の気温の低い時期の抗酸化能が高いことがわかった。

水溶媒によるローズマリー抽出液中の抗酸化物質の主要成分は、Rosmarinic acid(ロズマリニン酸 (3.4%))およびルチン(0.56%)であると報告されている[5]。また、ロズマリニン酸は、加熱により caffeic acid と 3,4-dihydroxyphenyllactic acid に分解することが報告されている[6]。本研究において、80℃に加熱して抽出をおこなっているため、加熱後の混合物、およびローズマリー中の成分である caffeic acid, rutin, chlorogenic acid, rosmarinic acid 化合物の抗酸化能を測定し、比較した(図3)。ロズマリニン酸加熱後にスーパーオキシドと一重項酸素の消去能が著しく増加することがわかった。この抗酸化能の変化は、図3からもわかるように、コーヒー酸の抗酸化能が重要な寄与をしているものと考えられる。さらに、ローズマリー抽出液と上記主要成分

Relative five reactive oxygen species scavenging abilities (X/X(2013.11.)) of RM

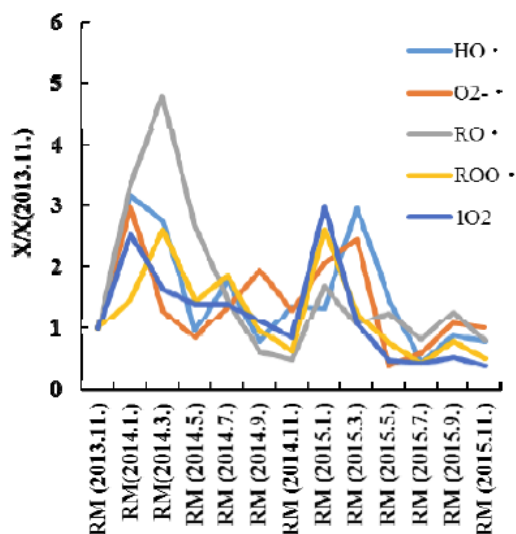


図 2. ローズマリーの抗酸化能評価

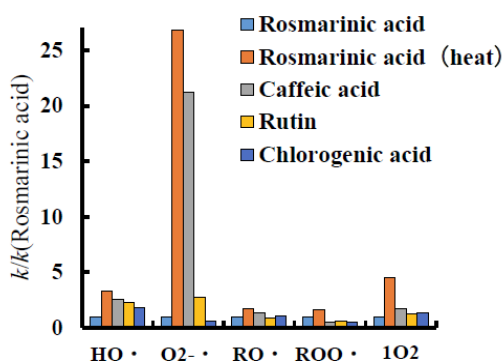


図 3. ローズマリー中の主要成分の抗酸化能の比較 (Rosmarinic acid (heat): Rosmarinic acid を 1 時間, 80°C に加熱後の混合物)

との抗酸化能を比較すると、気温が高い7月に採取したローズマリーの抽出液の抗酸化能は、概ね、ロズマリン酸の抗酸化能であることがわかった。気温の低い時期に採取したローズマリーには、ロズマリン酸以外の何らかの抗酸化能が高い物質が含まれているものと考えられる。

シソ科の抗酸化物質として知られているシソ、バジルからの抽出物の抗酸化能 (6~10月の4か月間) をローズマリー抽出液と比較した。6~8月のシソ、バジルともに、ローズマリーの約2割程度の抗酸化能しか有しないことがわかった。しかしながら、10月に採取したシソ、バジルからは興味深い結果を得た。一重項酸素以外の活性種に対しては、先と同様、ローズマリーの約2割程度の消去能を示したが、10月に採取したものからの抽出物は、ローズマリー抽出液と同程度の一重項

酸素消去能を持っていることがわかった。全般的には、シソ、バジルはローズマリーに比べて、抗酸化能は低く、シソに含まれる主要成分[7]であるロズマリン酸の含有量は少ないものと思われる。このように MULTIS 法は、食品の抗酸化能評価に際しても、非常に有効な方法として今後の展開・応用が望まれる。

参考文献

[1] D. Huang, B. Ou, M. Hampsch-Woodill, JA. Flanagan, and RL. Prior., *J. Agric. Food Chem.*, **50**, 4437 (2002).
 [2] H. Ishikawa, K. Matsumoto, H. Ukeda, T. Shimamura, H. Matsufuji, and T. Yamazaki, *FFI Journal*, **215**, 5 (2010).
 [3] T. Yamamoto, S. Yuki, T. Watanabe, M. Mitsuka, K. Saito, and K. Kogure, *Brain Res.*, **762**, 240 (1997).
 [4] J. Shi, Q. Qu, Y. Kakuda, S.J. Xue, Y. Jiang. S. J. Xue, S. Koide, and Y. Y. Shim, *J. Food Comp. Anal.*, **20**, 603 (2007).
 [5] G. D. Rizea, M. Popescu, D. Ionescu, D. Mihele, and S. Manea. *Rev. Chim.*, **63**, 1085 (2012).
 [6] Y. Nakamura, Y. Ohto, A. Murakami, and H. Ohigashi, *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 4545 (1998).
 [7] H. I. Jun, B. T. Kim, G. S. Song, and Y. S. Kim, *Food Chem.*, **148**, 367 (2014).

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5件)

① Kinetic Evaluation of Spin Trapping Rate Constants of New CYPMPO-type Spin Traps for Superoxide and Other Free Radicals
Y. Sueishi, E. Kamogawa, H. Nakamura, M. Ukai, M. Kunieda, T. Okada, M. Shimmei, and Y. Kotake.
Z. Phys. Chem., **229**, 317-326 (2015).
 Doi: 10.1515/zpch-2014-0610

② Evaluation of Scavenging Rate Constants of DOPA and Tyrosine Enantiomers against Multiple Reactive Oxygen Species and Methyl Radical as Measured with ESR Trapping Method
Y. Sueishi and T. Takemoto
Bioorg. Med. Chem. Lett., **25**, 1808-1810 (2015). Doi: 10.1016/j.bmcl.2014.12.017

③ Effects of Substituent and External Pressure on Spin Trapping Rates of Carbon Dioxide Anion, Sulfur Trioxide Anion, Hydroxyl, and Ethyl Radicals with Various PBN- and DMPO-Type Spin Traps
Y. Sueishi, K. Miyazono, and K. Kozai
Z. Phys. Chem., **228**, 927-938 (2014).
 Doi: 10.1515/zpch-2014-0538

④ A multiple Free-Radical Scavenging (MULTIS) Study on the Antioxidant Capacity of a Neuroprotective Drug,

Edaravone as Compared with Uric Acid, Glutathione, and Trolox

E. Kamogawa and Y. Sueishi

Bioorg. Med. Chem. Lett., **24**, 1376-1379 (2014). Doi: 10.1016/j.bmcl.2014.01.045

- ⑤ Scavenging Rate Constants of Hydrophilic Antioxidants against Multiple Reactive Oxygen Species

Y. Sueishi, M. Hori, M. Ishikawa,

K. Matsu-ura, E. Kamogawa, Y. Honda, M. Kita, and K. Ohara

J. Clin. Biochem. Nutr., **54**, 67-74 (2014).

Doi: 10.3164/jcfn.13-53

[学会発表] (計 2 件)

- ① 須江 美里, 末石 芳巳
スピントラップ法によるローズマリー抽出液(水溶性および脂溶性成分)の抗酸化能評価:第68回日本酸化ストレス学会学術集会, かがしま県民交流センター(鹿児島市) 2015年6月11-12日
- ② 鴨川 英莉沙, 末石 芳巳
ESR スピントラップ法によるヒト血清の抗酸化物質における多重活性種消去能(MULTIS法)評価:第68回日本酸化ストレス学会学術集会, かがしま県民交流センター(鹿児島市) 2015年6月11-12日
- ③ 須江 美里, 末石 芳巳
シソおよびバジル抽出液(水溶性および脂溶性成分)の ESR 法による抗酸化能評価: 2015年日本化学会中国四国支部大会, 岡山大学(岡山市) 2015年11月14-15日
- ④ 柿崎 成, 末石 芳巳
ESR トラップ法を用いたフラボノイド類の抗酸化能評価およびその構造が及ぼす抗酸化能力への影響:2015年日本化学会中国四国支部大会, 岡山大学(岡山市) 2015年11月14-15日
- ⑤ 須江 美里, 末石 芳巳
多重血清種消去能決定法によるローズマリー抽出液の抗酸化能評価法の構築:第67回日本酸化ストレス学会学術集会, 同志社大学(京都市) 2014年9月4-5日
- ⑥ 鴨川 英莉沙, 末石 芳巳
ESR スピンとラッピング法によるウシ血清タンパク質における多重活性種(MULTIS法)の消去能評価:第67回日本酸化ストレス学会学術集会, 同志社大学(京都市) 2014年9月4-5日
- ⑦ 鴨川 英莉沙, 末石 芳巳, 真明 正志, 古武 弥成
スーパーオキシドなどのフリーラジカルに対する新規 CYPMPPO 型スピントラップ誘導体のスピントラップ速度定数の速度論的決定:2014年日本化学会中国四国支部大会, 山口大学(山口市) 2014年11月8-9日
- ⑧ 須江 美里, 末石 芳巳
スピントラップ法によるシソおよびバ

ジル抽出液の抗酸化能評価:2014年日本化学会中国四国支部大会, 山口大学(山口市) 2014年11月8-9日

- ⑨ 鴨川 英莉沙, 末石 芳巳 (依頼講演)
多重活性種消去能決定法による血清の活性種消去能評価:第1回 Multiple Free-Radical Scavenging Capacity (MULTIS) 研究会, 同志社大学(京都市) 2013年4月14日
- ⑩ 鴨川 英莉沙, 末石 芳巳, 木村 杏奈, 菅野 信之, 北原 豪, 佐藤 裕之, 浅沼 武敏, 古武 弥成
多重活性種消去能決定法(MULTIS法)によるウシ血清の活性種消去能評価:第66回日本酸化ストレス学会学術集会, ウィンクあいち(名古屋市) 2013年6月13-14日
- ⑪ 寺本 宗之助, 末石 芳巳
幾つかの抗酸化物質共存下での相乗的活性種消去能の解明:第52回電子スピンスイエンズ学会年会, 大宮ソニックシティ(さいたま市) 2013年10月24-26日
- ⑫ 鴨川 英莉沙, 末石 芳巳, 古武 弥成
ラジカル消去剤として用いられているエダラボンの様々な活性種の消去能評価:第52回電子スピンスイエンズ学会年会, 大宮ソニックシティ(さいたま市) 2013年10月24-26日

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<http://chem.okayama-u.ac.jp/staff/detail/yoshimi-sueishi.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

末石 芳巳 (SUEISHI Yoshimi)

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号: 50135935

(2)研究協力者

古武 弥成 (KOTAKE Yashige)

大和田 滋 (OOWADA Shigeru)

稲角 直也 (INAZUMI Naoya)

真明 正志 (SHIMMEI Masashi)

遠藤 伸之 (ENDOUB Nobuyuki)

鶴飼 光子 (UKAI Mitsuko)