

Symposia | シンポジウムB

📅 Thu. Aug 28, 2025 9:00 AM - 11:45 AM JST | Thu. Aug 28, 2025 12:00 AM - 2:45 AM UTC 🏢 Room B(2F 122)

[SYB2] [B2]生理活性を有する食品中匂い物質の分析とその興味深い機能特性研究

世話人：大畑 素子（日本大学），長田 和実（日本大学）

9:00 AM - 9:10 AM JST | 12:00 AM - 12:10 AM UTC

はじめに

9:10 AM - 9:40 AM JST | 12:10 AM - 12:40 AM UTC

[SYB2-01]

Flavor analysis of fermented Japanese seasonings adaptable to flavoromics

*Yoko Iijima¹ (1. Kogakuin University of Technology & Engineering)

9:40 AM - 10:10 AM JST | 12:40 AM - 1:10 AM UTC

[SYB2-02]

Analysis of Characteristic Aroma Compounds in Black Tea and Exploration of the Functional Properties of Hotrienol

*Moeto Suzuki¹ (1. R&D Unit, Mitsui Norin Co.,Ltd.)

10:10 AM - 10:40 AM JST | 1:10 AM - 1:40 AM UTC

[SYB2-03]

Odor in taste perception; the mechanism and its application to food technology

*Nobuyuki Sakai¹ (1. Graduate School of Arts and Letters, Tohoku University)

10:40 AM - 11:10 AM JST | 1:40 AM - 2:10 AM UTC

[SYB2-04]

A small worm with big insights: the nematode *C. elegans* in functional aroma research

*Issei Yokoyama¹ (1. Graduate School of Agriculture, Kyushu University)

11:10 AM - 11:40 AM JST | 2:10 AM - 2:40 AM UTC

[SYB2-05]

Oregano leaf odor regulates sodium chloride consumption in mice.

*Kazumi Osada¹ (1. College of Bioresource Sciences, Nihon University)

11:40 AM - 11:45 AM JST | 2:40 AM - 2:45 AM UTC

おわりに

Symposia | シンポジウムB

📅 Thu. Aug 28, 2025 9:00 AM - 11:45 AM JST | Thu. Aug 28, 2025 12:00 AM - 2:45 AM UTC 🏠 Room B(2F 122)

[SYB2] [B2]生理活性を有する食品中匂い物質の分析とその興味深い機能特性研究

世話人：大畑 素子（日本大学），長田 和実（日本大学）

9:10 AM - 9:40 AM JST | 12:10 AM - 12:40 AM UTC

[SYB2-01] Flavor analysis of fermented Japanese seasonings adaptable to flavoromics

*Yoko Iijima¹ (1. Kogakuin University of Technology & Engineering)

Keywords : Flavoromics、Fermented seasoning、Flavor compounds、SA-SBSE、Comprehensive flavor analysis

【講演者の紹介】

飯島 陽子（いいじま ようこ）：工学院大学先進工学部応用化学学科教授

略歴：1999年お茶の水女子大学大学院人間文化研究科博士課程修了（博士（学術）），1999年4月よりお茶の水女子大学大学院助手，2001年1月よりアメリカ・ミシガン大学分子細胞発生生物学部博士研究員，2005年4月より公益財団法人かずさDNA研究所研究員，2010年4月より神奈川工科大学応用バイオ科学部栄養生命科学科准教授，教授を経て2021年4月より工学院大学先進工学部応用化学学科教授（現在に至る）

食品のもつ香りは、そのおいしさや嗜好性に最も関与する要素であり、香りの質は揮発性成分群の組成に基づく。近年、国の内外を問わず、食品の香りの質を機器分析、官能評価、嗅覚受容体発現パターンなどの異種データの紐づけによって解明しようとする研究アプローチ（フレーバーオミクス）が増えている。しかし食品の香りは、異なる特徴的な香気特性を持つ様々な成分群のミクスチャーからなり、さらに各香気成分の匂い閾値が異なるため、食品の機器分析データと官能との関係を明らかにするのは未だ難しい課題である。

我々も以前の研究で、多サンプルの香りの異なるトマトジュースを用いて香気組成と官能評価データを同時取得解析し、それらの相関性を調べた（Iijima et al., *Biosci. Biotech. Biochem.*, 80, 2401-2411, 2016）。両者のデータパターンは類似していたため、官能評価用語と香気成分の関連性を期待したが、ある一定の情報は得られたものの、官能評価用語に寄与する成分として挙がってきた候補の中には、閾値や質を考慮すると疑わしい成分もあった。この際、データ取得のハイスループット性、再現性を重視し、HS-SPME（ヘッドスペースガス-固相マイクロ抽出）法を用いて香気抽出を行っていたが、得られた抽出物について、そもそも食品本来の香気再現されていない、検出されない成分もあることが問題であり、フレーバーオミクスに耐えうる機器分析データは、その香気抽出物が「食品本来の香気特性を再現できているのか？」が最も重要であると考えた。

食品本来の香気をよく再現するとして定評が高い香気抽出法として、有機溶媒抽出後SAFE（溶媒支援フレーバー蒸留）により分画して香気抽出物を得る手法が知られている（Engel et al., *Eur. Food Res. Technol.*, 209, 237-241.1999, ここではLE-SAFEと呼ぶ）。しかし、本手法はSAFE装置が特殊、高価であり、サンプルによっては溶媒抽出の際にエマルジョンが生じて前処理が必要であるなど、スループット性が低いという問題点がある。そこで我々は固相抽出素材として知られるFlex-Twister®（ゲステル社）を用いたSA-SBSE-RE（溶媒支援スターバー-溶媒逆抽出）法を取り入れた。サンプルには風味が多様で香気組成も複雑である醬

油やみりん、味噌などの和風発酵調味料を対象にした。これらのサンプルは糖や脂質、メラノイジンなど不揮発性マトリクスを多く含み、LE-SAFE法でさえも前処理が難儀な食品サンプルであることが知られている。これらのサンプルに対してSA-SBSE-RE法で香気抽出液を得て官能評価を行ったところ、SAFE抽出液同等の香気特性を示していた (Iijima et al., *J. Biosci. Bioeng.*, 137, 372-380, 2024)。また、HS-SPME法、LE-SAFE法、SA-SBSE-RE法で得た香気抽出物をGC-MSで分析、比較したところ、SA-SBSE-RE法でもSAFE法による抽出物と同等の成分ピークが検出されることが分かった。サンプル量は、醤油で1ml、みりん5ml、味噌で1gから抽出可能であった。また、これらの成分の中にはHS-SPME法では検出できなかった成分もあった。本抽出法がスループット性、データ再現性にも優れ、フレーバーオミックスのための香気分析に適していると判断し、現在研究を進めている。

Symposia | シンポジウムB

📅 Thu. Aug 28, 2025 9:00 AM - 11:45 AM JST | Thu. Aug 28, 2025 12:00 AM - 2:45 AM UTC 🏠 Room B(2F 122)

[SYB2] [B2]生理活性を有する食品中匂い物質の分析とその興味深い機能特性研究

世話人：大畑 素子（日本大学），長田 和実（日本大学）

9:40 AM - 10:10 AM JST | 12:40 AM - 1:10 AM UTC

[SYB2-02] Analysis of Characteristic Aroma Compounds in Black Tea and Exploration of the Functional Properties of Hotrienol

*Moeto Suzuki¹ (1. R&D Unit, Mitsui Norin Co.,Ltd.)

Keywords : Black tea、Autonomic nervous system、Hotrienol、Aroma compounds

Tea is a beverage produced from *Camellia sinensis*, and is classified into green tea, oolong tea, black tea, depending on the production process. Over 740 aroma compounds have been identified in tea, and it is the complex combination of this wide variety of components that gives each type of tea their distinctive aroma. In particular black tea is a widely enjoyed beverage all over the world, and the composition of the aroma components differs according to the origin of production. It is this region-specific composition that is a key factor in the characteristic aroma profile of each tea production area. As well as providing hydration and nutrition, black tea also serves as a luxury item in that its diverse aromatic characteristics provide a feeling of mental satisfaction. However, the physiological properties of black tea aroma remain largely unexplored. In this presentation, we will introduce our research on the physiological functions of hotrienol, an aroma component of black tea.

Darjeeling tea (DT), known as the “champagne of teas,” is a high-quality black tea popular for its characteristic muscatel flavor. The authors conducted a non-RCT clinical study to examine the psychological and physiological effects of DT aroma inhaled intranasally. Inhalation of DT aroma reduced depression and anxiety, decreased cerebral blood flow, and increased miosis rate and peripheral skin temperature. These results suggest that DT aroma has a sedative effect on central nervous activity and activates the parasympathetic nervous system. In another study, the aroma compounds of DT were analyzed by GC-MS (SPME), revealing that DT contained higher levels of hotrienol compared to tea from other regions.

To mimic the physiological effects of hotrienol intake by drinking black tea, we examined the effects of olfactory stimulation via the retronasal pathway through oral intake of hotrienol in a randomized, double-blind, crossover study involving 44 healthy men and women dissatisfied with their sleep. Tablets containing 0.03 mg of hotrienol, equivalent to the amount in a cup of DT, were prepared for the study. Participants consumed four tablets per day (total 0.12 mg) for two weeks, and the effects on sleep were assessed by Primary Outcomes: OSA Sleep inventory, PSQI; and Key Secondary Outcomes: sleep variables, concentrations of salivary components (CgA, oxytocin, S-IgA, cortisol). Data analysis of 33 participants who met eligibility criteria showed an increase in the score for OSA factor II (initiation and maintenance of sleep) and a reduction in overall PSQI scores, in the test group compared to the placebo group. Analysis of the data for

sleep variables showed that onset latency, bed out latency, awaking time during sleep decreased, and sleep efficiency improved. However, no changes were observed in OSA factors: I (sleepiness on rising), III (frequent dreaming), IV (refreshing), V (sleep length), and in the sleep variables: number of awakenings during sleep, total sleep time, and number of postural changes. These findings suggest that two weeks of oral hotrienol intake may contribute to improvement of sleep quality. The effects of hotrienol on stress biomarkers were also examined in an exploratory study. Single intake increased salivary s-IgA and oxytocin concentrations, and long-term intake (2 weeks) decreased cortisol concentrations in participants with high stress levels (SCL 11-20 points). Study results suggest that the effects of hotrienol on sleep quality are related to its physiological functions on the central-autonomic and endocrine systems via olfactory stimulation. However, the clinical studies presented here are limited by the small number of cases and statistical multiplicity. Further clarification of the functional properties of hotrienol is expected as more reports of clinical studies are accumulated.

Symposia | シンポジウムB

📅 Thu. Aug 28, 2025 9:00 AM - 11:45 AM JST | Thu. Aug 28, 2025 12:00 AM - 2:45 AM UTC 🏠 Room B(2F 122)

[SYB2] [B2]生理活性を有する食品中匂い物質の分析とその興味深い機能特性研究

世話人：大畑 素子（日本大学），長田 和実（日本大学）

10:10 AM - 10:40 AM JST | 1:10 AM - 1:40 AM UTC

[SYB2-03] Odor in taste perception; the mechanism and its application to food technology

*Nobuyuki Sakai¹ (1. Graduate School of Arts and Letters, Tohoku University)

Keywords : Taste、Olfaction、Gustation、Primary Sensory Cortices、Association

【講演者の紹介】

坂井信之（さかいのぶゆき）：東北大学大学院文学研究科心理学研究室教授，総合知インフォマティクス研究センターセンター長

略歴：1998年大阪大学大学院人間科学研究科博士後期課程修了，日本学術振興会特別研究員（広島修道大学），科学技術振興事業団科学技術特別研究員（産業技術総合研究所），神戸松蔭女子学院短期大学・大学・大学院などを経て，2011年10月より東北大学大学院文学研究科准教授，2017年4月より同教授

我々は食品を食べているときに生じる感覚を「味」と呼ぶ。この「味」は味覚に帰属されやすいが，それは間違いであることにはあまり気づかれない。例えばコロナ禍の折に，上気道感染等で匂いの感覚が失われた時に，食品が味気なく感じられた経験を通じて，実感できたという方もおられるかもしれない。一方，味覚の場合には仮に失われても，あまり大きな「味」の変化は感じられないことが多い。今回のシンポジウムでは，この現象について，どのような形で嗅覚と味覚が統合され，どのような形で食品の味が形成されるかについて，動物モデルとヒトの官能評価の2つの視点から議論する。

我々は，ラットが嗅覚刺激と味覚刺激の1～5回の対提示により，容易に連合を形成し，例えば甘味と対提示された匂いのする水を好み，苦味と対提示された匂いのする水を嫌うことを見出した（Sakai and Yamamoto, 2001）。次に，ラットに高濃度食塩水と匂いを対提示すると，ラットはその匂いのする水を避けるが，食塩欠乏状態になったときには，その匂いのする水を摂取するようになることを見出した（Sakai and Imada, 2003）。この結果は，ラットが匂いと塩味の間に連合を形成している，擬人的に表現すれば，「この匂いはしょっぱい」ということを学習できることを示唆している。

ヒトにおいても同様に，香りと味を容易に連合することができ，甘味と対提示された香りは「甘く」感じられるし，酸味と対提示された香りは「酸っぱく」感じられることが報告されている（Stevenson et al., 1998）。多くの先行研究などから，バニラやイチゴのような「甘い香り」は甘味を，レモンやグレープフルーツのような「酸っぱい香り」は酸味をそれぞれ増強させることが見出されている。我々は「甘い香り」を後鼻腔的（retronasally）に提示した時だけでなく，前鼻腔的（orthonasally）に提示した時も，同様に甘味を増強させることができることを報告した（Sakai et al., 2001）。この結果は，我々の脳内で嗅覚情報と味覚情報が一次感覚野間で連合されていることを示唆する。この示唆は，ラットでは一次味覚野を破壊された動物は上記の味覚嗅覚連合を獲得できなくなること（Sakai and Yamamoto, 2001, Sakai and Imada, 2003）からも支持された。

その後の研究から、ヒトで醤油の香りは、MSGと同様に塩味を増強させることができるが、MSGが末梢的に塩味を増強させるのに対して、醤油の香りは中枢的に塩味を増強させることを明らかにした（Onuma et al., 2018）。この結果から、香りを使った味覚増強（あるいは抑制）は、生後の食経験による影響を強く受けること、すなわち文化的に規定されることが示唆される。

一方で、ラットを使った研究から、ラットは味覚と嗅覚の間に質的連合を形成することも可能ではあるが、専ら情動的連合が優勢であることも示唆された（Onuma and Sakai, 2016）。

味覚と嗅覚の連合は、食品の味において現象論的に非常に重要であるが、そのメカニズムについてはまだよくわかっていないことも多い。また、経験に強く依存するため、ヒトにおける応用可能性についても制限がある。今回これらについてディスカッションしてみたい。

Symposia | シンポジウムB

📅 Thu. Aug 28, 2025 9:00 AM - 11:45 AM JST | Thu. Aug 28, 2025 12:00 AM - 2:45 AM UTC 🏠 Room B(2F 122)

[SYB2] [B2]生理活性を有する食品中匂い物質の分析とその興味深い機能特性研究

世話人：大畑 素子（日本大学），長田 和実（日本大学）

10:40 AM - 11:10 AM JST | 1:40 AM - 2:10 AM UTC

[SYB2-04] A small worm with big insights: the nematode *C. elegans* in functional aroma research

*Issei Yokoyama¹ (1. Graduate School of Agriculture, Kyushu University)

Keywords : Odor、the Maillard reaction、*C. elegans*、Aging、Olfactory response

【講演者の紹介】

横山 亍成（よこやま いっせい）：九州大学大学院農学研究院 助教

略歴：2021年3月北里大学大学院動物資源科学専攻博士後期課程修了，同年9月まで株式会社フード・ペプタイト，2022年3月まで北里大学獣医学部特任助手，2024年3月まで日本学術振興会特別研究員PD（日本大学生物資源科学部），2025年3月まで北里大学獣医学部特任助教を経て，同年4月より九州大学大学院農学研究院助教（現在に至る）

1. 食品の加熱香気とその生理的作用

香りは我々の日常生活のさまざまな場面において存在し，生活の質を左右する．特に食品における香りは，そのおいしさを決定する重要な要因のひとつであり，我々ヒトが抱く食品への第一印象や食行動へのきっかけとなる．食品の製造工程や調理過程における加熱処理において，食品の香りは大きく変化する．この加熱による食品成分間反応の中でも，アミノ化合物と還元糖が関与するメイラード反応は，食品の品質だけでなく嗜好性向上にも高く貢献する．一方，演者らのグループはこのメイラード反応生成香気の吸入による生理的作用に注目し，その主要成分がもたらす影響についてラットやヒトにおいて報告してきた．メイラード反応生成香気は，食卓での加熱調理や加工食品から日常的に吸入することが予想され，その刺激による老化や嗅覚認知機能への影響が予想された．しかし，このような実験の評価系では，動物の飼育コストおよび実験者負担の増加，そして動物福祉の問題が懸念される．

2. 小さな生物 線虫*C. elegans*が拓く，大きな研究の世界

線虫*Caenorhabditis elegans* (*C. elegans*) は，老化研究の代表的なモデル生物である．線虫は体長わずか1 mmと小さい生物ではあるが，筋肉，神経系，消化管など哺乳動物と同様の基本的な組織を有しており，生化学や遺伝学分野に留まらず，近年では食品機能・栄養学的な分野においても活躍する．また，本モデル生物は約70%のヒトと共通する遺伝子を有していることが知られ，ヒトの疾患モデルとしての活用も期待されている．さらに，2024年にノーベル生理学・医学賞の受賞に至った「マイクロRNA」の発見は，線虫で見出された大きな成果であることは記憶に新しい．こうした線虫の特徴を活かした研究成果は，いくつかの社会実装にまで結びついている．その中でも，線虫の嗅覚に注目したヒトや伴侶動物におけるがん診断への応用は社会へ広く浸透している．演者は，この高い嗅覚機能を有する線虫をモデル生物として，メイラード反応生成香気を示す抗老化作用などの新たな機能性について評価することができないかと着想した．

3. 線虫を用いたメイラード反応生成香気の機能特性解明

香気刺激による老化への影響を線虫モデルで検討するにあたり，演者は線虫がメイラード

反応生成香気に対してどのような挙動を示すかに注目した。これは香りに対する好き・嫌いといった嗜好が線虫にも存在し、誘引・忌避といった行動出力をもたらすからである。そこで、野生型の線虫を用いて、香気提示後の走化性行動について評価を行った。その結果、未加熱試料（アミノ酸と還元糖の混合溶液）に対する行動変化は認められなかったが、加熱（メイラード反応）後の試料に明らかな誘引行動を示すことが判明した。さらに、線虫における嗅覚シグナルの伝達不全を呈する変異体（*odr-3*）では見られないことから、この誘引行動が線虫の嗅覚シグナルを介して引き起こされていることを突き止めた。

本講演では、ヒトだけでなく、線虫にとっても魅力的な香りであるメイラード反応生成香気の継続的な曝露による老化への影響について詳しく紹介するとともに、哺乳類との関連性についても論じる。

Symposia | シンポジウムB

📅 Thu. Aug 28, 2025 9:00 AM - 11:45 AM JST | Thu. Aug 28, 2025 12:00 AM - 2:45 AM UTC 🏠 Room B(2F 122)

[SYB2] [B2]生理活性を有する食品中匂い物質の分析とその興味深い機能特性研究

世話人：大畑 素子（日本大学），長田 和実（日本大学）

11:10 AM - 11:40 AM JST | 2:10 AM - 2:40 AM UTC

[SYB2-05] Oregano leaf odor regulates sodium chloride consumption in mice.

*Kazumi Osada¹ (1. College of Bioresource Sciences, Nihon University)

Keywords : sodium reduction、genera *Origanum*、carvacrol、2-bottle choice test、bed nucleus of the stria terminalis

【講演者の紹介】

長田和実（おさだかずみ）：日本大学 生物資源科学部, 食品開発学科 特任教授

略歴：2025年4月－現在：同, 特任教授に就任2019年4月－2025年3月：日本大学 生物資源科学部, 食品開発学科 食品栄養学研究室, 教授 2004年4月－2019年3月：北海道医療大学, 歯学部 口腔生物学系 生理学分野, 准教授 1997年4月－2004年3月：大正製薬, セルフメディケーション科学研究所, 主任研究員 1999年4月－2000年9月：Monell Chemical Senses Center, Visiting Scientist 1995年4月－1997年3月：東北大学農学部, 栄養学研究室 受託研究員 1990年4月－1995年3月：大正製薬（株）本社企画部配属 1986年4月－1990年3月：東北大学大学院農学研究科 食糧化学専攻 1982年4月－1984年3月：明治大学大学院農学研究科 農芸化学専攻 1978年4月－1982年3月：明治大学, 農学部, 農芸化学科

「適塩」は現在社会に残された栄養学上の重要なテーマの一つである。本研究は、マウスに匂いをかがせて減塩効果を確認し、匂い中の活性成分を同定し、そのメカニズムを解明することを目的とする。嗅覚情報は辺縁系などに直接入力し、情動の発現、視床下部ホルモン分泌、自律神経調節などに強力に作用するため、生得的、効果的な塩味調節作用を発揮する可能性がある。食品の匂いが塩味調節作用を持つことを示唆する研究は多いが、活性物質の同定に至った研究は少なく、減塩を促進する匂い物質の解明が求められている。本研究は食品中の匂い成分を用いた食塩摂取調節に新たな可能性を追求するものである。

まず、マウスの二瓶選択実験の系を作成し、自作の匂い発生器と二瓶選択法を用いて C57BL/6J 雌マウスに対して水と 0.15 M NaCl 水溶液の 24 時間の摂取率を計測し食品中において成分の適塩作用を確認した。その結果、オレガノ（*Oregano*）、再仕込み醤油、ベーコン燻煙臭、などに活性があり、中でもオレガノの活性は高かった。次にオレガノの揮発性成分を固相マイクロ抽出法および GC-MS を用いて揮発性物質プロファイルを明らかにし、揮発性有機酸やアルコール類、モノテルペン類などが含まれていることが分かった。このうち、全体の 66% は Carvacrol であった。気相中の匂い成分を簡便正確に定量する方法を開発し

（Osada, et.al. 2021: Biosci Biotechnol Biochem. 2021;85(12):2343-51.），Carvacrol を一定の濃度で 24 時間継続的にマウスに暴露する実験系を用いて Carvacrol が *Oregano* の活性成分の主体であることを突き止めた。

次に、*Oregano*（Carvacrol）の顕著な適塩作用に着目し、適塩効果の濃度依存性、雌雄差、について研究した。*Oregano* の匂いによりマウスの食塩水嗜好率の低下は雌雄共に誘起された。一方 Carvacrol 単独の場合、雌では適塩作用を誘起したが、オスでは弱かった。また 24 時間の食塩水摂取量の抑制は濃度依存的に起こったが、適塩活性を発揮する閾値はメスの

方が低かった。したがってOreganoの効果は雌雄同様に見えるがCarvacrol 単独では雄の活性が低いことから、少なくとも雄に関してはCarvacrol以外の揮発性成分も減塩効果に関与している可能性が示唆された。

オレガノの十分な適塩効果を確認した後に、嗅球、扁桃体、視床下部などを採取して各組織のcDNAを定量PCRに供した。食塩摂取に関与するホルモンや神経伝達物質等のシグナル物質及びその受容体を解析したところ、オレガノ群にて嗅球と扁桃体のセロトニン受容体の有意な増加が確認され、セロトニン神経系の活性化が適塩効果と関連することが示唆された。さらに視床下部ではオレキシン系の低下とオキシトシンの弱い増加が見られた。これら脳内シグナル系の転写活性の増加を介して適塩作用が発揮されているものと解される。

最後に、免疫組織化学的手法を用いて、Oregano揮発成分が塩分の食欲を司る脳領域に及ぼす影響を探った。その結果、Oregano揮発成分が塩分摂取の中枢である分界条床核腹側部（VST）を雌雄ともに有意に刺激することが確認された。これらの結果は、Oreganoの揮発成分の嗅覚刺激が、VSTに作用して適塩作用を誘導していることを示唆している（Osada, et.al. 2025: Biosci Biotechnol Biochem. Apr 89(5):776-786）。現在Oregano（Carvacrol）VST以外の食塩調節中枢に対する作用についても検討しており、匂いによる適塩誘起サーキットを明らかにする研究を進めている。