

The 40th Annual Meeting of
the Japan Trace Nutrients Research Society
第 40 回日本微量栄養素学会学術集会

Program and Abstracts

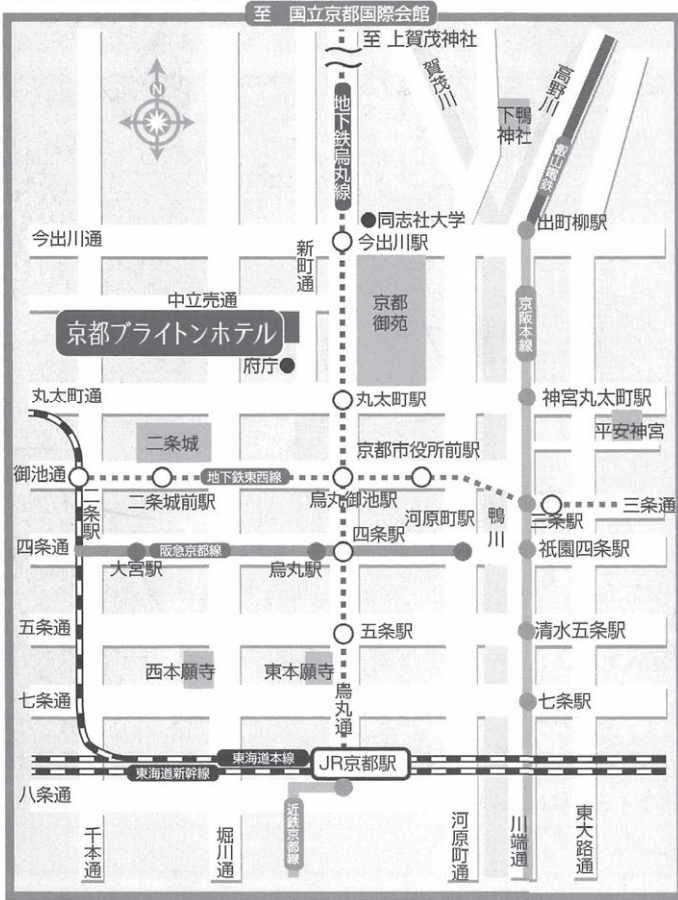
講演要旨集

Saturday, June 24, 2023
Kyoto

Japan Trace Nutrients Research Society
日本微量栄養素学会

京都ブライトンホテルへのアクセス

●ホテル周辺案内図



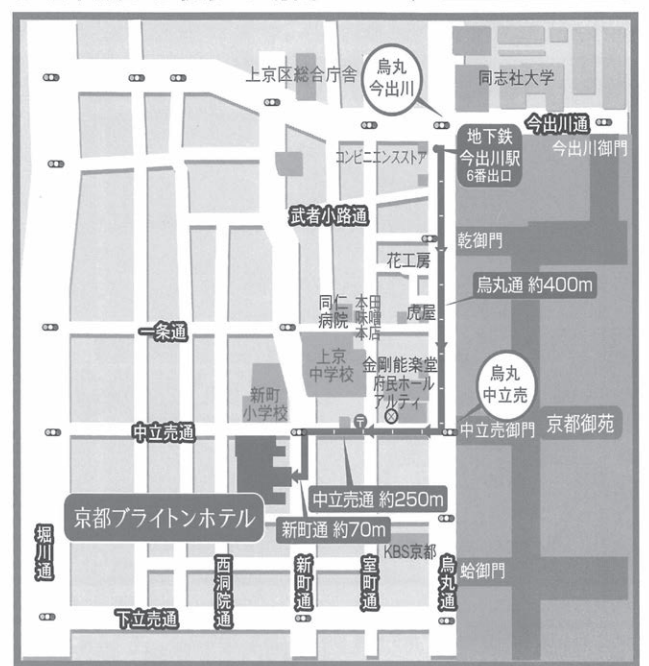
■交通案内

- お車をご利用の場合
JR京都駅より約15分
阪急烏丸駅より約10分
京阪本線三条駅より約10分/京阪本線出町柳駅より約7分
大阪国際空港より約60分

(時)	烏丸御池駅発(分)	ホテル発(分)	(時)	烏丸御池駅発(分)	ホテル発(分)
8	20・40	10・30・50	15	00・20・40	10・30・50
9	00・20・40	10・30・50	16	00・20・40	10・30・50
10	00・20・40	10・30・50	17	00・20・40	10・30・50
11	00・20・40	10・30・50	18	00・20・40	10・30・50
12	00・20・40	10・30・50	19	00・20・40	10・30・50
13	00・20・40	10・30・50	20	00・20・40	10・30・50
14	00・20・40	10・30・50	21	00・20・40	10・30

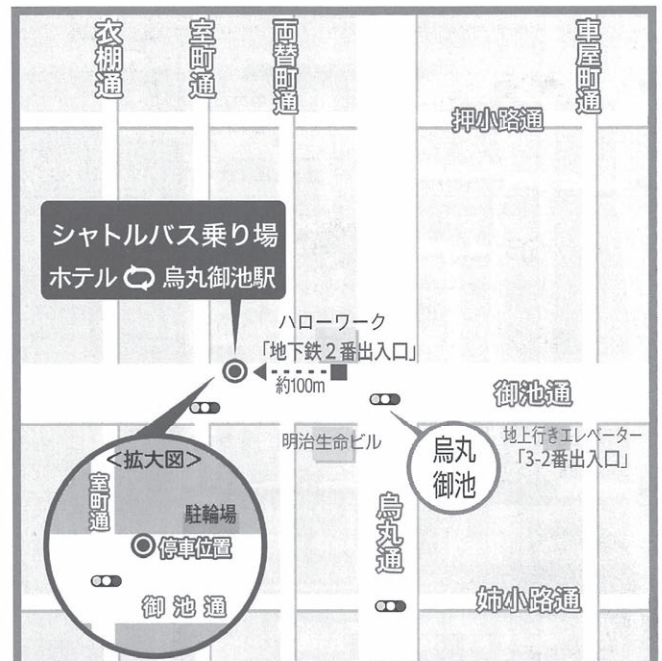
- 烏丸御池駅2番出入口(地上)を出て直進約100m地点にマイクロバスがまいります。(御池通沿い室町通手前付近)
- 所要時間は約7分です。※交通事情により遅れることもあります。
- 行事などにより、発着時刻、発着場所を変更する場合があります。

●地下鉄から徒歩の場合



- 地下鉄今出川駅⑥番出口より徒歩約8分

●シャトルバスご利用の場合



※地上行きエレベーターは、「3-2番出入口」にございます。

- 11:10 ~ 11:23 O-6 各種海藻資材の添加が粗飼料基質条件下の *in vitro* 第一胃発酵に及ぼす影響
田島栞¹⁾, 紺野琢磨²⁾, 石原賢司³⁾, 世古卓也³⁾, 二村和視⁴⁾, 大石風人¹⁾,
広岡博之¹⁾, 熊谷元*¹⁾
(¹⁾ 京都大学農学研究科, ²⁾ リファインホールディングス (株),
³⁾ 国立研究開発法人・水産技術研究所, ⁴⁾ 静岡県水産・海洋技術研究所)
- 11:23 ~ 11:49
口頭発表
座長：小切間美保 (同志社女子大学)
- 11:23 ~ 11:36 O-7 製造方法と原料の違いがブラン由来フィチンのミネラル組成に及ぼす影響
金 梓聞*, 吉田宗弘
(関西大学化学生命工学部食品栄養化学研究室)
- 11:36 ~ 11:49 O-8 COVID-19 入院患者における血清亜鉛値と栄養学的リスク因子と関連について検討
山田信子*^{1,2)}, 黒川典子³⁾, 本庶祥子^{2,4)}, 松本鉄也¹⁾
(¹⁾ 大阪教育大学大学院教育学研究科, ²⁾ 医学研究所北野病院 栄養部,
³⁾ 武庫川女子大学食物栄養科学部, ⁴⁾ 医学研究所北野病院 糖尿病内分泌内科)
- 11:49 ~ 12:50
昼食・評議員会
- 12:50 ~ 13:10
総会
- 特別講演 I**
座長：吉田宗弘 (関西大学)
13:10 ~ 14:10 日本に生息するカキ類の生態と養殖技術
安岡法子
((地独) 大阪府立環境農林水産総合研究所 水産技術センター)
- 特別講演 II**
座長：栗原達夫 (京都大学)
14:10 ~ 15:00 食品中のセレンの分子種と栄養有効性
吉田宗弘
(関西大学化学生命工学部食品栄養化学研究室)
- 15:00 ~ 15:10
休憩
- 15:10 ~ 15:42
ポスター要旨発表
座長：栗原達夫 (京都大学)
- 15:42 ~ 16:40
ポスターセッション
- P-1 大気汚染肺傷害モデルを用いたカラハリスイカ果汁 (WWMJ) の新機能解析
船山梨音子*¹⁾, 中島綾香²⁾, 鈴木健吾²⁾, 渡辺真以¹⁾, 塩田沙智恵¹⁾,
下田実可子¹⁾, 川原正博¹⁾, 田中健一郎¹⁾
(¹⁾ 武蔵野大薬・生命分析, ²⁾ 株式会社ユーグレナ)

- P-2 亜鉛 / 銅による神経細胞死に対するセレン含有アミノ酸の保護作用
湯澤彩帆*, 中野由加里, 下田実可子, 川原正博, 田中健一郎
(武蔵野大薬・生命分析)
- P-3 モリンガ *Moringa oleifera* の健康機能の定量的評価
岩見結衣*, 吉田宗弘
(関西大学化学生命工学部食品栄養化学研究室)
- P-4 セレン強化リョクトウスプラウトのセレン源としての有効性
王 婷婷*, 西村聡史, 細見亮太, 福永健治, 吉田宗弘
(関西大学化学生命工学部食品栄養化学研究室)
- P-5 レンコンデンブンの栄養評価
黄 欣儀*, 細見亮太, 福永健治, 吉田宗弘
(関西大学化学生命工学部食品栄養化学研究室)
- P-6 鉄過剰食がラット肝臓における鉄代謝関連遺伝子発現に及ぼす影響
百田英暉*, 舟場正幸
(京大院農 動物栄養)
- P-7 ニワトリにおける血漿中低分子代謝物質濃度を用いたビタミン B₁₂ 栄養の評価
野澤智晴*¹⁾, 白石純一²⁾, 井尻大地³⁾, 友永省三¹⁾
(¹⁾ 京大院農・動物栄養, ²⁾ 日獣大, ³⁾ 鹿児島大)
- P-8 亜鉛欠乏に伴う小腸粘膜固有層内の免疫細胞の動態および炎症反応の検討
林 星華*, 木戸 尊将, 柳澤 裕之, 須賀 万智
(東京慈恵会医科大学 環境保健医学講座)
- P-9 腸管での亜鉛吸収に機能する亜鉛トランスポーター ZIP4 の発現を促進する食品由来因子の探索
安部文香*¹⁾, 門間敬子^{1,2)}, 神戸大朋³⁾, 橋本彩子²⁾
(¹⁾ 京都女子大学大学院家政学研究科, ²⁾ 京都女子大学家政学部,
³⁾ 京都大学大学院生命科学研究科)
- P-10 妊婦(妊娠中期)における日光曝露、ビタミン D 摂取量及び血清ビタミン D 濃度の実態調査
林直哉*¹⁾, 陳せいれん¹⁾, 平野百恵¹⁾, 亀田隆²⁾, 溝畑秀隆³⁾
(¹⁾ 神戸松蔭女子学院大学人間科学部食物栄養学科, ²⁾ 亀田マタニティ・レディースクリニック, ³⁾ 元 神戸松蔭女子学院大学人間科学部食物栄養学科)
- P-11 味覚応答を利用した市販調味料の特性についての研究
前川隆嗣*¹⁾, 香西彩加¹⁾, 湯浅正洋²⁾, 榎原周平³⁾, 根来宗孝³⁾, 渡邊敏明^{1,3)}
(¹⁾ マエカワテイスト(株)前川 TSH 研究所, ²⁾ 神戸大学大学院, ³⁾ 大阪青山大学)

- P-12 **カキ肉エキスの摂取はマウスの糞ムチン排泄量を増加させる**
細見亮太*¹⁾, 石田達也²⁾, 松井博之²⁾, 松田芳和²⁾, 吉田宗弘¹⁾, 福永健治¹⁾
(¹⁾ 関西大 化学生命工, ²⁾ 日本クリニック (株))
- P-13 **タンパク質糖化反応に対する遊離アミノ酸の影響評価**
杉原憲*¹⁾, 加藤志郎²⁾
(¹⁾ 香川大学大学院農学研究科, ²⁾ 香川大学農学部)
- P-14 **中高年のサプリメント摂取によって起こるカルシウム過剰摂取が老人性認知症に及ぼす影響**
吉田香*¹⁾, 魏民²⁾, 鈴木周五²⁾, 藤岡正喜²⁾, 長谷川千尋¹⁾, 中川歩¹⁾, 南美帆¹⁾, 寺本勲²⁾
(¹⁾ 同志社女子大学生生活科学部, ²⁾ 大阪公立大学大学院医学研究科)
- P-15 **摂取食品数を用いて微量栄養素摂取量をセルフモニタリングする簡易評価法の検討**
小切間美保*, 三宅里佳, 伊藤繭, 太田菜々子, 本田愛子
(同志社女子大学)
- P-16 **ヒドロキシアセトフェノンの酵母増殖阻害回復機構の解明**
根來宗孝*¹⁾, 澤村弘美²⁾, 榎原周平¹⁾, 渡邊敏明^{1,2)}
(¹⁾ 大阪青山大学, ²⁾ 兵庫県立大学)

16:40 ~ 17:19

口頭発表

座長：神戸大朋 (京都大学)

16:40 ~ 16:53

- O-9 **必須微量元素セレンの栄養性における腸内細菌叢の関与**
高橋 一聡*¹⁾, 小椋 康光²⁾
(¹⁾ 千葉大院園芸, ²⁾ 千葉大院薬)

16:53 ~ 17:06

- O-10 **亜鉛欠乏ラットの小腸におけるムチン濃度低下とアポトーシスの関係**
木戸 尊將*, 林 星華, 柳澤 裕之, 須賀 万智
(東京慈恵会医科大学 環境保健医学講座)

17:06 ~ 17:19

- O-11 **中等度亜鉛欠乏と食餌摂取制限が腎臓中スロンボポエチン mRNA 発現量に与える影響**
許斐亜紀*¹⁾, 横井克彦²⁾
(¹⁾ 山梨学院大学 健康栄養学部 管理栄養学科,
²⁾ 聖徳大学大学院 人間栄養学研究科)

17:19 ~ 17:45

口頭発表

座長：吉田香 (同志社女子大学)

17:19 ~ 17:32

- O-12 **神経発達期におけるキヌレニン代謝産物増加が胎児へ及ぼす影響**
村上由希*¹⁾, 今村行雄^{1,2)}, 笠原好之³⁾, 吉田千尋³⁾, 桃野友太³⁾, 方軻¹⁾, 酒井大輔⁴⁾, 小西行郎^{5,6)}, 西山利正¹⁾
(¹⁾ 関西医大, ²⁾ 京大, ³⁾ 東北大, ⁴⁾ 金沢医大, ⁵⁾ 同志社大, ⁶⁾ 理研)

17:32 ~ 17:45 O-13 ニッケル欠乏がホームケージ内でのラットの行動に及ぼす影響
横井克彦*^{1,2)}, 許斐亜紀³⁾, 北川茉友²⁾, 大木美和²⁾
(¹⁾聖徳大学大学院 人間栄養学研究科,²⁾聖徳大学 人間栄養学部 人間栄養学科,
³⁾山梨学院大学 健康栄養学部 管理栄養学科)

17:45 ~ 18:11

口頭発表

座長：舟場正幸（京都大学）

17:45 ~ 17:58 O-14 微量栄養素の簡易的測定のための電極材料の開発
藤井俊輔*¹⁾, 増本幸二¹⁾, 吉田朗子²⁾, 西原洋知²⁾, 伊藤徹二³⁾
(¹⁾筑波大学医学医療系小児外科,
²⁾東北大学材料科学高等研究所・多元物質科学研究所,³⁾産業技術総合研究所)

17:58 ~ 18:11 O-15 市販納豆が有する Dipeptidyl peptidase 4 阻害活性について
辻聡*¹⁾, 館博²⁾
(¹⁾高崎健康福祉大学 農学部生物生産学科 (高崎健大農),
²⁾一般財団法人日本醤油技術センター (日醬技))

18:11 ~ 18:16

閉会の辞

次期会頭：栗原達夫

18:30 ~ 19:30

懇親会

特別講演 I

日本に生息するカキ類の生態と養殖技術

安岡 法子

((地独) 大阪府立環境農林水産総合研究所 水産技術センター)

イタボガキ科カキ類は世界各地で 60 種程度現生するとされており、世界中の沿岸域に広く分布する。水産重要種を多く含むのは、マガキ属 (*Crassostrea*) とオハグロガキ属 (*Saccostrea*)、そしてイタボガキ属 (*Ostrea*) の 3 属で、カキ類は好んで食べられる水産物の 1 つである。日本国内では、2 種 (マガキ *Crassostrea gigas* とイワガキ *Crassostrea nippona*) が主に食用とされ、各地で養殖に取り組まれている。かつては小型底びき網漁業においてイタボガキ *Ostrea denselamellosa* が漁獲され食用とされていたが、現在では資源量が激減し市場には流通していない。一部地域ではオハグロガキ *Saccostrea mordax* やコケゴロモガキ *Ostrea circumpicta* も食用とされているが、市場に流通することはないようである。その他にも、岩礁潮間帯に生息するトゲをもった小型のケガキ *Saccostrea kegaki* という種もいる。このように「カキ」と言っても、様々な種類が存在している。本講演では、日本に生息する様々なイタボガキ科カキ類の生態や分布、養殖技術に関する研究について紹介したい。

(1) カキ類の繁殖生態

マガキ属のカキ類では性転換することが報告されている。例えばマガキは西日本では夏 (5～8 月頃) が繁殖期とされ、海水中にメスが放卵、オスが放精する。海水中で受精された卵が幼生になり、2～3 週間ほど浮遊生活を送る。幼生が定着し、成長して翌年には性成熟し、その際に 7 割ほどの個体がオスとして成熟する。その後オスとしての繁殖期が終わり、再度繁殖期を迎えた際にメスになる、といった性転換をするとされてきた。一方で、同一個体を自然環境下で追跡してみると、メスからオスに変わる個体や、少数ではあるが繁殖期の中でも性転換する個体も確認できた。さらに、自然環境下で密度と性の関係を調べてみると、高密度で生息しているマガキはオスが多く、オスからメスへの性転換が起こりにくいことが明らかになった。このようにマガキは柔軟な性転換を行うことが示された。

(2) 絶滅危惧種イタボガキ

イタボガキは陸奥湾以南から東シナ海に分布し、内湾の潮間帯下部から水深 35 m 付近までの海域に生息するとされる。本種は瀬戸内海や三河湾湾口部ではかつて豊富に生息し、主に小型底びき網漁業で漁獲された。しかし、現在ではほとんど漁獲されないため市場に流通していない。さらに生息環境の悪化などから、現在では日本ベントス学会によるレッドデータブックで絶滅危惧 IB 種として掲載され、環境省によるレッドリストにおいても絶滅危惧 I 類に選定されている。大阪湾では 1980 年以降の本種の確実な採集記録が存在しなかったが、2021 年におよそ 40 年ぶりに採集され、その後も多産するわけではないが生息を確認している。各地の採集記録をまとめると、イタボガキの現在の主たる分布域は、大阪湾を含む瀬戸内海東部・西部、能登半島七尾湾および有明海の一部の海域であると考えられた。

(3) カキ類の新たな養殖技術

カキ類の養殖方法には現在に至るまで様々な改良が施されており、現在の日本においては筏式垂下法や延縄式垂下法が主流となっている。どちらもホタテガイの貝殻に付着させた種ガキ (種苗) を吊るす方式である。また、カゴに 1 個体ずつバラバラになった種カキを入れ養殖するシングルシード養殖も広まりつつあり、延縄式でカゴを吊るすことで筏を置くことのできない波当たりの強い海域でも養殖が可能となっている。近年、カキ養殖の広まりつつある大阪湾において、新たな養殖技術に関する取り組みについて紹介したい。

特別講演 II

食品中のセレンの分子種と栄養有効性

吉田 宗弘

(関西大学化学生命工学部食品栄養化学研究室)

演者は1975年7月に京都大学農学部栄養化学研究室に配属され、卒業研究のテーマとして「食品中のセレンウム（セレン）の栄養学的研究」を選択した。半世紀に近い時が経過し、結果的に一種のライフワークとなった「食品中のセレンの存在形態（分子種）とその栄養有効性」について、この分野における研究の流れと自身が行ってきた結果を述べてみたい。

1. 1975年当時のセレンの栄養学的研究

セレンが動物にとって必須の栄養素である可能性が示されたのが1957年、セレン単独欠乏が実験動物に重篤な健康障害を起こすことが立証されたのが1969年、過酸化脂質分解の役割を担うグルタチオンペルオキシダーゼ（GPX）がその構造中にセレンを含んでいることが立証されたのが1972年であった。当時、実験で用いられるセレン化合物の大半は亜セレン酸であったが、セレン欠乏動物に種々の高セレン食品を投与した場合に、その効力に違いがあることは知られていた。とくに、マグロ肉をセレン源とした場合に低効果であるが、これを灰化して投与すると効果が回復することが示されていた。このことは、食品に含まれるセレンの形態（分子種）が多様であり、かつその生理機能（栄養有効性）にも違いのあることを意味していた。

2. 大学院生時代に得た結果

セレン源として複数の食品を用いた実験で、カツオ加工品中のセレンの有効性が低いこと、およびカゼインと大豆たんぱく質に含有されるセレンがクロマト上では、それぞれセレノシスチンとセレノメチオニンであることを示唆するデータが得られた。その後、大豆たんぱく質については、京都大学食糧科学研究所との共同研究により、含有されるセレンがセレノメチオニンであることをGC-MSで示すことができた。

3. ICPMSを検出器としたHPLC (HPLC-ICPMS)によるセレン分子種の同定

1990年代以降、HPLC-ICPMSを用いることで、高セレン含有量の天然物については、含有セレンの分子種の迅速な同定が可能となった。これにより、セレン酵母やセレンを強化したスプラウト、野菜類などのセレンの分子種の同定を行い、メチルセレノシステインやセレノホモランチオニンなどの存在が確認できた。これに伴い、これらのセレン強化天然物について、含有セレンの有効性を栄養試験で確認することも数多く実施した。さらに、ICPMSの感度の上昇に伴い、セレン含有量の比較的高い一般の動物性食品についてもセレンの分子種の確認を行い、食品から摂取するセレンの多くがセレノメチオニンであることを示すこともできた。

口頭発表

O-1

腸管上皮細胞における亜鉛吸収の分子機構

渡辺理久^{*1)}, 藤代瞳²⁾, 神戸大朋¹⁾

(¹⁾ 京大院・生命科学・生体情報応答学, (²⁾ 徳島文理大・薬)

【目的】 必須微量栄養素の1つである亜鉛は、多様な生理機能の発現に不可欠である。健康維持のため、日々の食事より亜鉛を充足させることが肝要であるが、我が国においては不足しやすい栄養素として知られる。腸管での亜鉛吸収率は30%程度と低く、亜鉛欠乏を予防するためにも、その機序を理解する意義は大きい。腸管での亜鉛吸収にはZIP4やZNT1といった亜鉛トランスポーターが関わるということが知られているが、腸管上皮細胞への亜鉛取り込みに機能するZIP4に比べ、腸管上皮細胞から門脈へ亜鉛を排出すると考えられるZNT1の働きについては直接的な知見はほとんど得られていない。そこで本研究ではヒト小腸上皮モデル細胞であるCaco2細胞を用いて、腸管での亜鉛吸収におけるZNT1の働きを明らかにすることを目的に解析を実施した。

【方法】CRISPR/Cas9を用いてZNT1欠損Caco2株を作製した。亜鉛添加した培地中で野生株と欠損株を24時間培養し、ウェスタンブロットにて亜鉛依存的な発現を示すMTの発現の差違について解析した。また、放射性同位体⁶⁵Znを用いて細胞内亜鉛動態に関して解析を行った。続いて、Caco2細胞にTet-on Systemを導入し、Dox添加によりZIP4を誘導発現させる細胞を樹立した。この細胞をTranswell Plateを用いた培養にて分極させ、Dox添加24時間後に免疫染色とウェスタンブロットを行い、ZNT1の挙動について解析した。

【結果および考察】 分極化させたCaco2野生株では側底膜にZNT1が局在し、亜鉛添加時にその発現が増大した。また、欠損株においては、野生株に比べて、培養液中の亜鉛濃度の増加に伴ってMTの発現が増大することが確認され、細胞内亜鉛濃度が著しく増加していることが示唆された。さらに、欠損細胞においては、放射性同位体⁶⁵Znの細胞外への排出が減少しており、ヒト小腸上皮細胞でZNT1が側底膜で亜鉛排出能に寄与していることが確認された。また、ZIP4誘導発現CaCo2株において、Dox添加に応じて基底膜におけるZNT1の発現が増大したことから、頂端膜でのZIP4の発現が側底膜のZNT1発現を増大させることが明らかとなった。以上の結果から、腸管上皮細胞においては、食事の亜鉛が頂端膜からZIP4を介して細胞内に取り込まれ、この細胞内に取り込まれた亜鉛の増加に伴って側底膜のZNT1の発現が増加し、門脈へと亜鉛を効率的に排出する、といったZIP4駆動型のZNT1発現調節機構が存在することが示唆された。

O-2

マガキ (*Crassostrea gigas*) 加工残渣中セラミドアミノエチルホスホン酸の構造解析

杉本光輝^{*1,2)}, 糸乗前³⁾, 細見亮太¹⁾, 石田達也⁴⁾, 松井博之⁴⁾, 吉田宗弘¹⁾, 福永健治¹⁾

(¹⁾ 関西大 化学生命工, (²⁾ 東洋大 食環境科, (³⁾ 滋賀大 教育, (⁴⁾ 日本クリニック (株))

【目的】 カキは「海のミルク」とも呼ばれ、ミネラル、グリコーゲンやタウリンなど様々な機能性成分を含有する。これらの機能性成分をさらに効率的に享受することを目的に、栄養・機能性成分を抽出、濃縮したカキ肉エキスが販売されている。一方、エキス抽出後に残るカキ肉残渣は廃棄物として処理されている。カキ肉残渣には、カキ肉の主成分である脂質やタンパク質が高濃度で残存しており、環境問題の観点からもこれを有効活用することが望まれる。

先行研究において、カキと同様に軟体動物二枚貝綱であるホタテガイやセタシジミはスフィンゴホスホノ脂質の一種であるセラミドアミノエチルホスホン酸 (CAEP) を特徴的に含有することが明らかになっている。本研究では加工残渣に含有するスフィンゴ脂質の生理機能や安全性等を明らかにする際に必要な情報を得ることを目的として、マガキ (*Crassostrea gigas*) 加工残渣を試料とし、含有するCAEPの化学構造解析を行なった。

【実験方法】 日本クリニック (株) より供与されたマガキ加工残渣からBligh & Dyer法および冷アセトン沈殿法にてリン脂質を抽出、分画した後、アルカリおよび酸加水分解することで粗スフィンゴ脂質画分を得た。次に、Diethyl-(2-hydroxy-propyl) aminoethyl および Diethylaminoethyl を単体としたカラムクロマトグラフィーを行い、粗CAEP画分を得た。さらにCH₃Cl/MeOH/H₂O系濃度勾配溶出法によるシリカゲルカラムクロマトグラフィーでCAEPを精製した。Trimethylsilyl誘導体化によるスフィンゴイド塩基 (LCB) 分析、メチルエステル化による脂肪酸組成分析を行い、構造を解析した。

【結果および考察】 薄層クロマトグラフィーで50%硫酸 (脂質全般)、ニンヒドリン (アミノ基)、モリブデン酸アンモニウム (リン酸) で呈色し、Dragendorff試薬 (第3級アミン) で非呈色、かつ当研究室が所有するCAEP標準 (ホタテガイ由来) とRf値が一致するスポットをCAEPとして分析したところ、マガキ加工残渣由来リン脂質のうち26%がCAEPで構成されていた。構造解析の結果、マガキ由来CAEPの脂肪酸組成はC16:0 (68%)、C17:0 (5%)、C18:0 (27%)であった。さらにLCB組成はd16:1 (24%)、d18:1 (13%)、d18:2 (39%)、d20:1 (4%)、d20:2 (12%)であった。既に化学構造が報告されている二枚貝由来CAEPではLCBの炭素数は16~19が多いが、マガキ由来CAEPはd20:1やd20:2を特徴的に有することが分かった。

O - 3

NiFe 活性中心を失ったヒドロゲナーゼ様酵素の機能解明に向けた研究

高野将光*¹⁾, 井上真男^{1,2)}, 青野陸¹⁾, 三原久明¹⁾

(¹⁾ 立命大・生命科学, (²⁾ 立命大・R-GIRO)

【目的】ミトコンドリア呼吸鎖複合体 I の祖先と推定される呼吸型 [NiFe] ヒドロゲナーゼは、嫌気性微生物において水素生成と共役してプロトン濃度勾配を形成し、ATP 合成を駆動する。*Geobacter sulfurreducens* に見出された Ehr は呼吸型 [NiFe] ヒドロゲナーゼに配列相同性を示すが、NiFe 活性中心の形成に必要なアミノ酸残基が保存されていない。本研究では、なぜこのような活性中心を失った呼吸酵素の遺伝子が存在するのか？を問いとして、ゲノム情報を用いた大規模配列解析と *ehr* 遺伝子欠損株の表現型解析を行った。

【方法】相同性検索によって 20 万を超える原核生物ゲノムから EhrL 触媒サブユニットのアミノ酸配列を抽出した。多重配列アラインメントを元に分子系統樹を構築し、分類群と生物圏の情報を統合した。遺伝学的解析については、*G. sulfurreducens* の *ehr* 遺伝子欠損株をマーカーレス組換え法により作製し、複数の培養条件で表現型を解析した。

【結果・考察】Ehr は約 3 万の原核生物ゲノムに存在し、バクテリアでは 70%、アーキアでは 60% の生物門が保有しており、陸圏、水圏、ヒト腸内などの様々な環境に分布することが分かった。*ehr* 遺伝子クラスターには、4 つのプロトン輸送サブユニット EhrABCD、2 つの触媒サブユニット EhrLS が完全に保存されていた。EhrL の NiFe 活性中心形成モチーフはごく一部を除いて完全に欠失しており、EhrS の鉄硫黄クラスター形成モチーフの数にも多様性が見られた。EhrL の分子系統は、[NiFe] ヒドロゲナーゼおよび呼吸鎖複合体 I の両者とも異なっており、独立した系統群を形成していた。これらの結果は、Ehr が第 3 の呼吸鎖複合体 I 型酵素サブファミリーであり、環境微生物に広く保存され、電子伝達やプロトン輸送に関与することを示唆する。*G. sulfurreducens* において *ehr* 遺伝子欠損株が得られたことから、少なくとも、標準培地における本菌の生育には必須でないことが分かった。現在のところ、野生株との間に増殖速度の顕著な違いは見られていないが、凝集性などにおいてわずかな違いが見られており、ストレス耐性への関与が示唆された。

O - 4

幼若マウスにおける過剰ビオチン・リシンの発育およびビオチン体内動態に及ぼす影響

中尾安澄*¹⁾, 原朋宙¹⁾, 梁美恵¹⁾, 湯浅正洋²⁾, 榎原周平¹⁾, 根来宗孝¹⁾, 渡邊敏明¹⁾

(¹⁾ 大阪青山大学, (²⁾ 神戸大学大学院)

【目的】ビオチンはカルボキシラーゼの補酵素として炭酸固定反応に関与し、糖新生、脂肪酸やアミノ酸の合成、エネルギー代謝において重要な役割を果たしている。リシンは 9 種類ある必須アミノ酸の一種である。他の必須アミノ酸と同じく、内臓や筋肉・骨・脳など体にとって必要なタンパク質合成や肝機能強化などの役割を担っている。本研究では幼若雄性マウスにビオチンおよびリシン過剰飼料を長期間摂取させ、発育およびビオチンの体内動態への影響について検討した。

【方法】4 週齢の ICR 系雄性マウスを実験に用いた。動物室は 12 時間の明暗サイクル(明期:6:00-18:00)とし、室温 23 ± 2℃、湿度 50 ± 10% に設定した。マウスは 4 群 (n=4) に分け、一匹ずつブラケットケージに入れて飼育した。対照群には CE-2 飼育飼料 (日本クレア (株)、東京)、実験群には CE-2 飼育飼料にビオチン (5g/kg・飼料)、リシン (5g/kg・飼料)、あるいはビオチン (5g/kg・飼料) + リシン (5g/kg・飼料) を添加した飼料を与えた。体重の増加量及び飼料の摂取量を毎日計測した。5 週間後に屠殺して、血清、肝臓、脾臓、腎臓、精巣、褐色脂肪細胞を採取した。ビオチンは乳酸菌 (*L. plantarum* ATCC 8014) を用いた微生物学的定量法、リシンは高速液体クロマトグラフ法で測定した。

【結果と考察】対照群に対する全期間の摂取量はビオチン群で 94.7%、リシン群で 102.1% およびビオチン+リシン群で 101.5% であった。飼育群による差異はみられなかった。体重増加量において、ビオチン群では少なかったが対照群と比較して有意ではなかった。臓器重量において、ビオチン群は他の飼育群と比較して脾臓と肝臓の重量が少なかったが、相対重量に差異はみられなかった。血清中のビオチン濃度について、ビオチン群は対照群の約 40 倍の濃度を示したが、ビオチン+リシン群は対照群の約 10 倍の濃度であった。このことから、過剰のリシンがビオチンの吸収や排泄に影響している可能性が示唆された。

O - 5

乳酸菌 *Leuconostoc mesenteroides* LT-38 の Homocysteine S-methyltransferase :

アポ化条件の検討と Zn 含有量の定量的解析

原田 奈波^{*1)}, 金 梓聞¹⁾, 吉田 宗弘^{1,2)}, 山中 一也^{1,2)}, 老川 典夫^{1,2)}

(¹⁾ 関西大学大学院理工学研究科, (²⁾ 関西大学化学生命工学部)

【目的】先に当研究室では、乳酸菌 *Leuconostoc mesenteroides* LT-38 のゲノム中に存在する LEUCM_01974 が Homocysteine S-methyltransferase (EC 2.1.1.10; Lm-HMT) をコードすることを発見し、Lm-HMT は乳酸菌として報告例のない L-Homocysteine から L-Methionine を生成する反応を触媒することを明らかにした。Lm-HMT は Betaine homocysteine methyltransferase (EC 2.1.1.5) と同様に Zn²⁺-dependent thiolmethyltransferase に属し、Zn が補因子として機能していると予測される。そこで本研究では、Lm-HMT の Zn 含有量の定量的解析を行うとともに、Zn の触媒能への関与を解明することを目的としている。

【方法】Lm-hmt の形質転換体 *Escherichia coli* M15 (pREP4)-pQE30-Lm-hmt を、IPTG 存在下 LB+カルベニシリン+カナマイシン培地で 18℃、24h 振盪培養し Lm-HMT を発現誘導した。得られた菌体から可溶性画分を調製し Lm-HMT を Ni-NTA カラムで精製した。HMT 活性は、L-Homocysteine と S-Methyl-L-methionine を基質とし、30℃、pH 7.0 で反応し、生成する L-Methionine を σ -phthalaldehyde、N-Acetyl L-cysteine を用いて蛍光誘導体化後、逆相高速液体クロマトグラフィーを用いて定量し測定した。1U は、L-Homocysteine から 1 分間に 1 μ mol の L-Methionine を生成する酵素量とした。分子質量の測定にはゲルろ過カラム (Shodex KW-803) を用いた。アポ化条件は、1, 10-Phenanthroline を用いて検討した。

【結果】Lm-HMT の最適反応温度は 30℃、最適反応 pH は 7.5 であることが明らかとなった。またゲルろ過の結果、Lm-HMT (計算分子質量: 36,660 Da) は分子質量約 32 kDa の位置に溶出し、モノマーであることが明らかとなった。ICP-MS 分析の結果、Lm-HMT (= 6.9×10^{10} mol) は Zn を $39.7 \times 10^3 \mu\text{g}$ (= 6.1×10^{10} mol) 含有しており、Lm-HMT は 1 mol あたり約 1 mol の Zn を含有していることが明らかとなった。また Lm-HMT は、15 mM 1, 10-Phenanthroline を含む 20 mM Tris-HCl buffer (pH 7.5) に対して 4℃ で 7 日間透析することによりアポ化することが明らかとなった。アポ酵素は HMT 活性を消失しており、Lm-HMT の触媒反応には Zn が必須であることが明らかとなった。

【考察】Lm-HMT の酵素科学的諸性質は、既報の微生物及び植物由来の HMT と類似していた。一方 Zn 含有量は、*Escherichia coli* の HMT (Ec-HMT) では X 線結晶構造解析から 1 mol あたり 3 mol の Zn を含有していると報告されているが、Lm-HMT では 1 mol あたり 1 mol の Zn を含有しており相違がみられた。Ec-HMT では Zn との結合が不安定なため直接的な Zn の定量解析が行われておらず 3 つの Zn の機能は特定されていないが、本研究の Lm-HMT の ICP-MS による Zn 定量の結果、HMT の触媒反応に必須の Zn は 1 原子であることが明らかとなった。また Lm-HMT は、一般に Zn 酵素のアポ化に用いられる温度や時間で、1, 10-Phenanthroline 存在下処理してもアポ化せず、Lm-HMT には Zn が強固に結合していると考えられ、Lm-HMT の高い安定性は今後さらなる HMT の酵素科学的性質の解明に大きな利点をもたらすことが期待される。

O - 6

各種海藻資材の添加が粗飼料基質条件下の *in vitro* 第一胃発酵に及ぼす影響

田島 菜¹⁾, 紺野 琢磨²⁾, 石原 賢司³⁾, 世古 卓也³⁾, 二村 和視⁴⁾, 大石 風人¹⁾, 広岡 博之¹⁾, 熊谷 元^{*1)}

(¹⁾ 京都大学農学研究科, (²⁾ リファインホールディングス (株),

(³⁾ 国立研究開発法人・水産技術研究所, (⁴⁾ 静岡県水産・海洋技術研究所)

【目的】近年、海藻の反芻家畜飼料としての利用に関する研究が盛んであるが、その成分組成は種によって多様である。本研究では、わが国の沿岸部で採取される海藻の成分組成を調べた上で、粗飼料基質条件下の *in vitro* 第一胃発酵に及ぼす影響を調査した。

【方法】5 種の実藻 (アカモク、ムカデノリ、ツルシラモ、テングサ、コンブ) を収穫期である 2021 年 3 ~ 6 月に採取し、60℃ で通風乾燥後、粉碎して試験に供した。ライグラスストロー 0.5 g 乾物 (DM) 量に各試料を 2.8% および 5.6% 添加し、人工唾液と綿羊から採取したルーメン液を 4 : 1 の割合で混合した培養液 40 mL を加え、39℃ の嫌気条件下で 48 時間培養し、各種第一胃発酵特性を調べた。

【結果および考察】各試料乾物中 CP が 4.0 ~ 21.3%、中性デタージェント繊維 (NDFom) が 13.7 ~ 36.3%、粗灰分 (CA) が 8.7 ~ 33.5%、非繊維性炭水化物 (NFC) が 34.9 ~ 51.7%、NaCl が 3.4 ~ 18.1% の範囲にあり、全般に NDFom が低く、CA、NFC および NaCl が高い他、特にツルシラモの CA と NaCl が各々 33.5% と 18.1% で最も高かった。各試料乾物中カルシウムが 0.02 ~ 1.04%、リンが 0.08 ~ 0.25%、マグネシウムが 0.04 ~ 1.02%、カリウムが 1.27 ~ 1.43%、銅が 7.7 ~ 683.5 mg/kg、亜鉛が 25.8 ~ 100.7 mg/kg で、カリウム以外は試料による変異が大きく、特にツルシラモの銅含量が 683.5 mg/kg で極めて高かった。試料を添加した区の *in vitro* 第一胃発酵特性を、基質のみ培養した対照区と比較すると、総ガス産生量はアカモク 2.8% 区、5.6% 区およびコンブ 5.6% 区が対照区より高く (p<0.05、各々対照区の 103、108 および 104%)、総ガス産生量に占めるメタン産生割合はツルシラモ 2.8% 区および 5.6% 区が対照区より低かった (p<0.05、各々対照区の 88 および 86%)。基質の DM 消失率はアカモク 2.8% 区、ムカデノリ 5.6% 区、ツルシラモ 2.8% 区および 5.6% 区が対照区より高かった (p<0.05)。培養液上清中の総短鎖脂肪酸 (SCFA) 濃度はすべての添加区が対照区を上回った (p<0.05)。粗飼料基質条件下においていずれの実藻の添加によっても第一胃 SCFA 産生を高める他、海藻の種によっては総ガス産生量や DM 消失率をも向上させることが示された。ツルシラモの高い CA、NaCl および銅含量とメタン低減能が示された。

O-7

製造方法と原料の違いがブラン由来フィチンのミネラル組成に及ぼす影響

金 梓聞*, 吉田宗弘

(関西大学化学生命工学部食品栄養化学研究室)

【目的】 フィチン酸は植物種子の成熟期に形成され、休眠中の種子では全リンの60～90%を占めている。種子中のフィチン酸はフィチンと呼ばれ、主にアリューロン層に集積されており、カルシウムやマグネシウムの混合塩であると考えられてきた。しかし、我々の先行研究により、「フィチン酸カルシウム」として販売されているフィチンには、相当量のマンガンや亜鉛が含まれていることが判明しており、フィチンのミネラル組成が複雑である可能性が示唆されている。日本では、穀類の副産物であるブランから多様な方法でフィチンが生産されており、原料ブランのミネラル組成と製造方法の違いが生産されたフィチンのミネラル組成に影響を及ぼしていることが考えられる。本研究では、コメおよびコムギのブランから異なる製法を用いて調製したフィチンのミネラル組成を比較した。

【方法】 市販の新鮮なコメブラン（米ぬか）とコムギブラン（小麦ふすま）を購入し、フィチン生産の原料とした。それぞれについてフィチン酸を1%塩酸で抽出し、エタノール沈殿法、苛性ソーダ中和法、石灰乳添加法または塩基性マグネシウム添加法を用いてフィチンを調製した。原料と調製したフィチンを灰化し、ミネラル成分を計測した。

【結果】 苛性ソーダ中和法およびエタノール沈殿法で調製したフィチンは、原材料とほぼ同様のミネラル組成比であることが確認された。アルカリ土類金属を添加した場合、得られるフィチンの量は増加し、使用する金属の種類によって、それらの大半はフィチン酸カルシウムあるいはフィチン酸マグネシウムであった。しかし、アルカリ土類金属添加の場合も含めて、すべてのフィチンには一定量のマンガン、鉄及び亜鉛が含まれていた。

【考察】 製造法と原料の違いによって、製品フィチンのミネラル組成が変化することが分かった。しかし、十分量のアルカリ土類金属を添加しても、得られるフィチン中にフィチン酸のマンガン、亜鉛あるいは鉄の結合塩が混在していた。フィチン酸の多価陽イオンに対する親和性は、 $\text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Fe}^{3+} > \text{Ca}^{2+}$ と報告されていることから、ブランの酸抽出液に含まれる多種類のミネラルは、中和によるpHの変化とともに、カルシウムやマグネシウムが過剰に存在してもフィチン酸のリン酸基に逐次結合することが考えられる。すなわち製品フィチンのミネラル組成は種子中のフィチンのミネラル組成を反映したものと見える。種子に含まれるフィチンは、リンの貯蔵形態とされるが、他の必要なミネラル成分を保持する機能も担っていると思われる。

O-8

COVID-19入院患者における血清亜鉛値と栄養学的リスク因子と関連について検討

山田信子*^{1,2)}, 黒川典子³⁾, 本庶祥子^{2,4)}, 松本鉄也¹⁾

(¹⁾ 大阪教育大学大学院教育学研究科, (²⁾ 医学研究所北野病院 栄養部,

³⁾ 武庫川女子大学食物栄養科学部, ⁴⁾ 医学研究所北野病院 糖尿病内分泌内科)

【目的】 COVID-19入院患者における血清亜鉛値と栄養学的リスク因子と関連について検討した。

方法：2021年4月～12月まで、当院に入院したCOVID-19患者の124名を対象とした。除外基準はデータの欠損、COVID-19擬陽性にて入院後陰性が確認された患者、重症化にて転院後再入院とした。調査項目は以下、電子カルテデータから、患者の年齢、性別、身長、体重、病歴に関する情報（併存疾患糖尿病・高血圧・脂質異常症の有無）である。入院時の採血項目は、Alb (g/dL)、LDL-C (mg/dL)、HDL-C (mg/dL)、HbA1c (%）、25-ヒドロキシビタミンD (ng/mL)、Mg (mg/dL)、亜鉛 (μg/dL)、Ca (mg/dL)を確認した。栄養状態の評価としてPNI (prognostic nutritional index)をAlbとリンパ球数により算出した。COVID-19重症度の分類は、新型コロナウイルス感染症・診療の手引きの重症度分類を用いた。重症化のリスク因子として亜鉛にも注目し、亜鉛欠乏症の診療指針2018（日本臨床栄養学会）に基づき、血清亜鉛値の正常基準80～130μg/dL、潜在性亜鉛欠乏60～80μg/dL未満、亜鉛欠乏症60μg/dL未満の3群で検討した。結果と考察：対象は124名（男性77名、女性47名）、年齢中央値51歳であった。BMI 24.1 (kg/m²)、Alb 3.9 (g/dL)、CRP 1.17 (mg/dL)を示した。PNI (40 ≤)は39と低値な結果となった。血清25(OH)D濃度15.7 (ng/mL)、亜鉛56.5 (μg/dL)と低値を示した。COVID-19の重症度は、軽症21例、中等症(1:2)83例、重症20例、血清亜鉛値3群においては、正常5例、潜在性40例、欠乏症79例であった。亜鉛欠乏症の症状として問診結果が得られた100例中、味覚障害有は53例であった。血清亜鉛値3群で比較した場合、Alb (g/dL)、CRP (mg/dL)、PNI、亜鉛 (μg/dL)に有意差を認めた。新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)の感染者においては、入院時のPNIは低値であり、血清亜鉛値結果から、ほとんどが潜在性亜鉛欠乏症、亜鉛欠乏症を示した。しかし、血清亜鉛値の日内変動や食事摂取量など考慮していないため、正確な検証を行う必要がある。

ポスターセッション

P - 1

大気汚染肺傷害モデルを用いたカラハリスイカ果汁 (WWMJ) の新機能解析

松山梨音子*¹⁾, 中島綾香²⁾, 鈴木健吾²⁾, 渡辺真以¹⁾, 塩田沙智恵¹⁾,
下田実可子¹⁾, 川原正博¹⁾, 田中健一郎¹⁾
(¹⁾ 武蔵野大薬・生命分析, ²⁾ 株式会社ユーグレナ)

【目的】世界の大气汚染による年間死者数が喫煙による死者数を上回ったことが報告され、大气汚染による健康被害に対する注目が上昇している。また、大气汚染による健康被害を減らすことは、持続可能な開発目標 (SDGs) にも掲げられているが、大气汚染による健康被害を予防する方法は確立されていないため、解決策を提案することは急務である。一方、カラハリスイカはアフリカのカラハリ砂漠に自生する野生種スイカの一つで、インフルエンザ予防効果や肝保護効果などの機能を有する事が明らかとなっているが、大气汚染肺傷害に対する有効性は明らかとなっていない。そこで、本研究では大气汚染物質依存の急性肺傷害に対する WWMJ の有効性を解析した。

【方法】本研究では、大气汚染肺傷害に対する WWMJ の有効性を *in vivo*, *in vitro* 実験系を用いて解析した。*in vivo*: 雄性 ICR マウスに大气粉塵 (国立環境研究所より入手) を経気道投与する事により、急性肺傷害を作成した。肺傷害の程度は、気管支肺胞洗浄液 (BALF) 中の炎症性細胞数などを測定する事により評価した。*in vitro*: RAW264 細胞に大气粉塵を添加した時の活性酸素 (ROS) 産生は、H2DCFDA を用いて解析した。

【結果】雄性 ICR マウスに大气粉塵を経気道投与すると、肺胞洗浄液中の炎症細胞数 (特に好中球)、タンパク質量が有意に増加したが、WWMJ を経口投与 (1 時間前投与) することにより、これらの増加が有意に抑制された。また、大气粉塵依存に肺組織中の TNF- α , IL-1 β などの炎症性サイトカインの発現増加が見られたが、WWMJ はこれらの発現増加を有意に抑制した。次に、活性酸素 (ROS) に着目して解析した結果、マウス肺、及び RAW264 細胞において大气粉塵依存の ROS 産生が見られたが、WWMJ はこれらの系における ROS 産生を抑制した。また、好中球細胞外トラップ (NETs) の指標である dsDNA 量増加や好中球遊走に関与するケモカイン発現増加が、WWMJ により抑制される事を見出した。

【考察】以上の結果から、WWMJ は抗酸化作用を介して、大气粉塵による急性肺傷害を抑制する事が示唆された。したがって、我々は、WWMJ が大气汚染による健康被害の予防法となる可能性があると考えている。

P - 2

亜鉛 / 銅による神経細胞死に対するセレン含有アミノ酸の保護作用

湯澤彩帆*, 中野由加里, 下田実可子, 川原正博, 田中健一郎
(武蔵野大薬・生命分析)

【目的】亜鉛 (Zn)、銅 (Cu)、鉄などの微量元素は、生体内に存在し、正常な生命機能を維持するために重要な役割を果たしている。一方、微量元素の体内バランスが、何らかの原因で崩壊すると、脳神経系、消化器系、呼吸器系などに異常をきたし、種々の疾患の発症原因になることが数多く報告されている。これまでに、我々は種々の金属が共存した時の神経毒性に注目して解析を行い、Cu が活性酸素 (ROS) 産生促進作用を介して Zn 依存の神経毒性を増強することを見出している (Tanaka K et al, Front Neurosci. 2017)。一方、セレンはグルタチオンペルオキシダーゼ (GPX) などの抗酸化酵素の合成に必要な超微量必須元素であるが、Zn/Cu による神経細胞死に対する効果は検討されていなかった。そこで本研究では、Zn/Cu による神経細胞死に対するセレン含有アミノ酸 (セレノメチオニン: Se-Met) の効果を解析した。

【方法】細胞生存率は、CellTiter-Glo2.0 Assay (Promega) を用いて測定した。小胞体ストレス関連因子、及びリン酸化型 JNK (活性型)、GPX1 の発現は、リアルタイム RT-PCR 法、あるいは Western blotting 法を用いて解析した。ROS 産生は H2DCFDA を用いて測定した。GPX1 siRNA (Santa Cluz) は Opti-MEM、及び Lipofectamine RNAiMAX Transfection 試薬を用いて細胞に導入した。

【結果】GT1-7 細胞 (マウス視床下部由来不死化神経細胞) に Zn/Cu を処置すると細胞死が誘導されたが、Se-Met により Zn/Cu による神経細胞死が抑制された。また、Se-Met は Zn/Cu 依存の小胞体ストレス応答、及び JNK 活性化を抑制した。これらの経路の上流として知られる酸化ストレスに着目して解析した結果、Se-Met が Zn/Cu 依存の ROS 産生を顕著に抑制することを見出した。そこで、Se-Met の ROS 産生抑制機構として抗酸化酵素の誘導が関与する可能性を解析した結果、Se-Met が抗酸化酵素の 1 つである GPX1 を誘導する事を見出した。一方、GPX1 siRNA 前処置により、Se-Met の細胞死抑制効果が消失した。

【考察】以上の結果から、Se-Met は GPX1 誘導作用を介して、Zn/Cu 依存の ROS 産生、及び神経細胞死を抑制することが示唆された。したがって我々は、Se-Met が神経細胞死の関与する脳血管性認知症などの神経疾患に対して有効性を示す可能性があると考えている。

P - 3

モリンガ *Moringa oleifera* の健康機能の定量的評価

岩見結衣*, 吉田宗弘

(関西大学化学生命工学部食品栄養化学研究室)

【目的】 標準和名がワサビノキであるモリンガ *Moringa oleifera* は、アジア、アフリカ、中南米の熱帯・亜熱帯地域において、その葉や未成熟な種鞘などが食糧、種子が油糧として用いられている。モリンガの葉は、ビタミン、ミネラル、抗酸化成分などを豊富に含む一種のスーパーフードに位置付けられ、わが国においてもモリンガの葉を用いた青汁が多数販売されている。しかし、モリンガの葉が含有する微量栄養素や機能性成分を定量的に評価した研究は見当たらない。本研究では、モリンガの葉、およびこれを原料とした青汁に含まれる各種ミネラル、ビタミンC、抗酸化性成分を測定し、他の植物を原料とした青汁や茶葉と比較することにより、モリンガの葉が持つ健康機能を定量的に評価した。

【方法】 モリンガ生葉は小笠原島で栽培されていたものを通販により購入し、凍結乾燥粉末とした。また、モリンガ葉を原料とする3製品を含む、青汁粉末17製品と抹茶および煎茶粉末(各1)も通販により購入した。モリンガ葉以外の青汁製品14種の原料植物は、アシタバ、オオムギ、クワ、ケール、ボタンボウフウ、マツ、ヨモギ(各2)である。各試料のミネラル(K、Ca、Fe、Mn、Zn、Cu)は、粉末のまま蛍光X線分析装置を用いて定量した。また、各試料の5%メタリン酸抽出液中のビタミンC(アスコルビン酸)はHPLCを用いて定量した。さらに、各試料の水抽出液中の総ポリフェノール濃度は、フォーリン・チオカルト法で測定し、抗酸化活性は、DPPH Antioxidant Assay Kit(同仁化学)を用いて測定してTroloxを基準とした相対値TEACを算出した。

【結果と考察】モリンガと茶葉を含めた市販粉末試料3gあたりの含有量は、Kが15~126 mg、Caが2~83 mg、Feが<0.1~1.6 mg、Mnが0.02~9.95 mg、Znが0.03~0.14 mg、Cuが0.01~0.06 mg、ビタミンCが<0.01~7.80 mgであり、マツ葉粉末のMnを除いて、摂取源として意味のあるものはなかった。モリンガ生葉から調製した粉末は、ビタミンCがやや高値(8.89 mg/3 g)であったが、ミネラル含有量は市販モリンガ粉末と差がなかった。各試料の水抽出液の抗酸化活性は総ポリフェノール濃度と概ね相関していたが、その値は茶葉粉末がもっとも高値であった。以上より、モリンガ葉は、ミネラル、ビタミンC濃度が他の青汁用植物葉と同様に低値であること、抗酸化活性が茶葉を大きく下回ることから、その健康機能に特筆すべき点は認めないと判断した。

P - 4

セレン強化リョクトウスプラウトのセレン源としての有効性

王 婷婷*, 西村聡史, 細見亮太, 福永健治, 吉田宗弘

(関西大学化学生命工学部食品栄養化学研究室)

【目的】 高等動物においてセレンは、セレノシステイン残基を含むグルタチオンペルオキシダーゼ(GPX)などのセレノプロテインとして多様な役割を担っている。一方、植物はセレン化合物の高い反応性を積極的に利用しないため、セレンに曝露された場合にはそれを反応性の低い様々な分子種に変換することで有害影響を軽減している。われわれは、亜セレン酸曝露環境下でスプラウトを栽培した場合、ほとんどの植物はメチルセレノシステインを主な分子種として生成するが、イネ科やマメ科植物では、セレノメチオニンなどの分子種が生成し、なかでもリョクトウは特異的にセレノホモランチオニンを生成することを認めた。本研究では、セレノホモランチオニンのセレン供給源としての有効性を評価する目的で、セレン強化リョクトウスプラウトをセレン欠乏マウスに投与して、腎臓・肝臓・血清のセレン量とGPX活性を測定し、亜セレン酸投与の場合と比較した。

【方法】 リョクトウ *Vigna radiata* の種子を24時間超純水に浸漬した後、セレン濃度10 ppmの亜セレン酸ナトリウム溶液を含ませた脱脂綿の上に置き、12日間25℃で栽培した。得られたスプラウトを凍結乾燥粉末とし、含有されるセレンの分子種をHPLC-ICPMSで確認した。24匹の4週齢ICR雄マウスに、3週間トルラ酵母を基本にしたセレン欠乏飼料を投与後、8匹ずつの3群に分けた。1群には引き続きセレン欠乏基本飼料、残りの2群には、基本飼料にセレン濃度0.2 ppmの亜セレン酸またはセレン強化リョクトウ粉末を添加した飼料を与え、さらに1週間飼育した。

【結果と考察】 HPLC-ICPMSによる分析により、調製したセレン強化リョクトウスプラウト中のセレン分子種は90%以上がセレノホモランチオニンであることを確認した。セレン欠乏マウスへのセレン(亜セレン酸またはセレン強化リョクトウスプラウト)投与は、臓器中のGPX活性とセレン濃度を大きく上昇させた。亜セレン酸投与群とリョクトウ投与群を比較すると、血清セレン濃度においてリョクトウ群が亜セレン酸群よりも有意に低値であったが、血清を含む各臓器のGPX活性と腎臓・肝臓のセレン濃度においては、亜セレン酸群とリョクトウ群との間に差は認められなかった。以上より、セレノホモランチオニンのセレン源としての有効性は亜セレン酸に比較して大きく劣るものではないと判断した。

レンコンデンプンの栄養評価

黄 欣儀*, 細見亮太, 福永健治, 吉田宗弘
(関西大学化学生命工学部食品栄養化学研究室)

【目的】ハス (*Nelumbo nucifera*) の地下茎が肥大したレンコンは東アジアにおいて古くから食用とされてきた。日本においてレンコンは野菜に区分されるが、固形成分の大半はデンプンであり、イモの一種と考えることもできる。このようにレンコンは高デンプン食品であるが、レンコンデンプンを積極的に利用した食品は、蓮根餅を除いて見当たらない。また、レンコンデンプンの消化性や栄養価についての情報もきわめて少ない。本研究では、レンコンデンプンの消化性と栄養価を他のデンプン（トウモロコシデンプン、クズデンプン、キャッサバデンプン）と比較した。

【方法】レンコン、クズ、キャッサバのデンプンは一般に販売されているもの、トウモロコシデンプンは動物飼料用に販売されているものを用いた。レンコンデンプンのみがレンガ色に着色しており、酸化鉄の混入が疑われたことから、蛍光 X 線分析装置を用いて鉄の分析を行った。各デンプンの試験管内での消化試験は Englyst らの方法に基づいた。すなわち、一定量のデンプンにアミラーゼとグルコアミラーゼ溶液を加え、37℃で 120 分間震盪して消化を進行させ、消化液中の D-グルコース濃度を経時的に定量した。タンパク質含有量が低い飼料において、デンプンの栄養価が低いと、成長に使われるタンパク質がエネルギーとして消費されるため、成長が抑制される。このことを利用して、各デンプンの栄養価をラットによる栄養試験により評価した。具体的には、タンパク質源としてカゼインを 12%、各デンプンを 50% 含む飼料を調製し、6 匹ずつの 4 群に分けた 4 週齢の Wistar 系雄ラットに 4 週間与えた。飼育期間中の体重を測定するとともに、飼育終了後に血液、肝臓、腎臓、脂肪組織を採取した。採取した血液について血清生化学検査を行った。肝臓と腎臓については原子吸光度法にて鉄を測定した。

【結果と考察】消化試験では、トウモロコシデンプンの消化性が、レンコン、クズ、キャッサバデンプンをやや上回っていたが、栄養試験では、デンプンの種類にかかわらずラットの成長状況はほぼ同等であった。鉄の含有量はレンコンデンプンが他のデンプンに比較して 2～3 倍高かったが、レンコンデンプンを与えたラットの肝臓、腎臓、血清の鉄濃度は他のデンプンを与えたラットと同等であった。以上の結果は、レンコンデンプンの栄養価がトウモロコシデンプン、クズデンプン、キャッサバデンプンと同等であること、混入している鉄の生体への影響がほとんどないことを示している。

鉄過剰食がラット肝臓における鉄代謝関連遺伝子発現に及ぼす影響

百田英暉*, 舟場正幸
(京大院農 動物栄養)

【目的】ヘプシジンは鉄過剰防衛機能を担う肝臓由来ホルモンである。鉄過剰を感知した肝類洞内皮細胞では BMP6 産生が増加し、これが肝実質細胞に作用し、ヘプシジン発現の誘導が起こる。実際、マウスに鉄過剰飼料を与えた場合、肝臓において *Bmp6* ならびにヘプシジン mRNA 量は増加する。しかしながら、これらの多くの試験では、マウスの鉄要求量 (35 mg/kg) の 500 倍を超える鉄過剰飼料を使用しており、より穏やかな鉄過剰飼料を給与した場合にも同様の現象が起こるのか不明である。本試験は、ラットの鉄要求量 (35 mg/kg) の 100 倍までの鉄過剰飼料給与がラットの肝臓鉄代謝関連遺伝子発現に及ぼす影響を検討した。

【方法】AIN-93G に準拠した鉄含量の異なる 4 種類の飼料 (対照: 41 mg/kg、Fe-1000 (1084 mg/kg)、Fe-2000 (1985 mg/kg)、Fe-3000 (2922 mg/kg)) をクエン酸第二鉄添加により調製し、5 週齢の Wistar 系雄ラットに 4 週間不断給餌し、蒸留水を自由給水した。試験期間終了後、肝臓中鉄濃度を原子吸光度法により、肝臓における鉄代謝関連遺伝子発現量を RT-qPCR 法により検討した。

【結果】鉄過剰飼料給与は摂食量、増体量、飼料効率、ならびに臓器 (肝臓、脾臓、腎臓) 重量に影響を及ぼさなかった。一方、飼料中鉄濃度の用量依存的に肝臓中鉄濃度は増加した。このことと一致して、鉄負荷に応じた遺伝子発現減少が知られているトランスフェリン受容体 (*Tfrc*) mRNA 量は鉄過剰食摂取により総じて減少した。Fe-1000 および Fe-2000 群のヘプシジン mRNA 量は対照群と比べて高値を示したが、Fe-3000 群では対照群と違いはなかった。ヘプシジン発現変化とは異なり *Bmp6* および *Id1* (BMP 応答遺伝子の一つ) mRNA 量は対照群と明確な違いを示さなかった。肝炎のリスクファクターの一つに酸化ストレスがあり、鉄蓄積は酸化ストレスを誘導する。また、炎症性サイトカインである IL-6 はヘプシジン発現を誘導するため、鉄蓄積による IL-6 産生がヘプシジン発現に寄与した可能性を考えた。しかしながら、酸化ストレスマーカー *Ho-1* の mRNA 量は鉄負荷で増加することはなく、むしろ Fe-1000 群で減少した。また、*Il-6* mRNA 量は検出下限付近あるいは未満であった。

【考察】要求量の 30-60 倍程度の鉄過剰食摂取でも鉄負荷は起き、ヘプシジン発現誘導は起きたものの、それは *Bmp6* および *Il-6* 発現では説明できなかった。一方、要求量の 90 倍程度の鉄過剰でヘプシジン発現は増加しなかった。鉄負荷に応じた *Bmp6*/*Il-6* 非依存的なヘプシジン発現、ならびに Fe-3000 群でヘプシジン発現が亢進しない理由を今後解明する必要がある。

P - 7

ニワトリにおける血漿中低分子代謝物質濃度を用いたビタミン B₁₂ 栄養の評価

野澤智晴^{*1)}, 白石純一²⁾, 井尻大地³⁾, 友永省三¹⁾

(¹⁾ 京大院農・動物栄養, ²⁾ 日獣大, ³⁾ 鹿児島大)

【目的】ニワトリにおいて、ビタミン B₁₂ は必須栄養素である。近年、公的機関が定める要求量以上のビタミン B₁₂ の給与が卵用鶏の卵生産性を向上させることが報告されている。また、肉用、卵用鶏ともに、種鶏業者はこの要求量を超えた量でのビタミン B₁₂ 給与を生産現場に推奨している。ヒトでは、ビタミン B₁₂ の欠乏指標として血中メチルマロン酸濃度の高値が用いられているが、ニワトリにおいて血中メチルマロン酸濃度の高値が欠乏指標に有用なのか検討されていない。以上に基づき、本研究では、ニワトリにおけるビタミン B₁₂ 欠乏飼料の給与が、血漿メチルマロン酸濃度の高値を示すのかを調べた。更には、その他の低分子代謝物質に及ぼす影響も調べ、不足指標となりうるのか併せて考察した。

【方法】植物を主原料として日本飼養標準の要求量を満たすように幾つかの栄養素を添加した飼料を対照飼料とし、この飼料組成に基づくビタミン B₁₂ を添加しない飼料をビタミン B₁₂ 欠乏飼料とした。0日齢の肉用鶏 (Ross308) オスヒナを50羽ずつ、対照群およびビタミン B₁₂ 欠乏飼料給与群の2区に分けて群飼した。24時間照明、自由摂食・自由飲水条件下で飼育した。3、9および14日齢に血漿を採取し、体重、浅胸筋および肝臓重量を測定した。ガスクロマトグラフ質量分析計を用いた血漿中メチルマロン酸濃度の定量分析および低分子代謝物質濃度の網羅的半定量分析を行った。

【結果】ビタミン B₁₂ 欠乏飼料給与による体重、浅胸筋重および肝臓重量への影響は認められなかった。血漿中メチルマロン酸濃度は、日齢に伴って増加した。3および9日齢では飼料の影響は認められなかったが、14日齢においては同日齢の対照飼料給与に比して欠乏飼料給与による高値が認められた。低分子代謝物質の半定量分析では、14日齢の血漿において64成分を同定することができた。その中で、欠乏飼料給与による2-ケトグルタル酸の低値およびタウリンの高値が認められた。

【考察】血漿における幾つかの低分子代謝物質濃度が、ビタミン B₁₂ 欠乏飼料の給与にตอบสนองして変動したため、これらの血中濃度から成長遅滞を及ぼさない段階のビタミン B₁₂ 不足を検出できる可能性が示唆された。但し、メチルマロン酸の血中濃度は日齢の影響が大きく、指標として用いるためには日齢の影響についてより詳細な検討を行う必要性が示唆された。

P - 8

亜鉛欠乏に伴う小腸粘膜固有層内の免疫細胞の動態および炎症反応の検討

林 星華*, 木戸 尊將, 柳澤 裕之, 須賀 万智

(東京慈恵会医科大学 環境保健医学講座)

【目的】日本のみならず世界的に必須微量元素「亜鉛」の摂取は不足している。我々の亜鉛欠乏ラットを用いた先行研究において、腸管バリアである分泌 IgA とその産生に関与するリンパ球が減少し、腸管内からグラム陰性桿菌が透過していることを見出した。そこで、本研究では、亜鉛欠乏ラットを用いて、小腸粘膜固有層内の免疫担当細胞（樹状細胞、マクロファージ、好中球）の動態を観察し、グラム陰性桿菌の受容体である Toll-like receptor 4 (TLR4) および炎症性サイトカイン (IL-1 β) を計測した。

【方法】SD ラット (各群 N = 5) に標準食 (亜鉛含有 0.01%) または亜鉛無添加食 (亜鉛含有 0%) を毎日 17g ずつ 6 週間与えた群と、6 週間亜鉛無添加食で飼育した後に 4 週間標準食を与え亜鉛の補充療法を行った群の計 3 群を設定した。飼育期間終了後、小腸を摘出し、免疫組織化学染色を用いて、粘膜固有層内に分布する CD11 (貪食系細胞)、myeloperoxidase (好中球)、CD68 (マクロファージ)、CD103 (樹状細胞)、TLR4 (Toll 様受容体)、IL-1 β (炎症性サイトカイン) の陽性細胞数を計測した。

【結果】亜鉛欠乏群では、体重増加が抑制され、血清亜鉛値が有意に低下した一方、血清銅値が有意に上昇した。免疫組織化学染色において、亜鉛欠乏群で CD11、myeloperoxidase、CD103、IL-1 β 陽性細胞数が有意に増加し、TLR4 陽性細胞数の増加傾向を認めたが、CD68 陽性細胞数は有意な変化を認めなかった。亜鉛補充群の免疫担当細胞は標準食群と同等であったが、IL-1 β 、TLR4 陽性細胞数は亜鉛欠乏群と同等であった。

【考察】亜鉛欠乏ラットの腸では、グラム陰性桿菌が腸管上皮を透過したために、TLR4 陽性細胞・好中球・樹状細胞などの貪食系細胞が増加し、炎症性サイトカインが増大したと考えられる。亜鉛補充療法を施したラットでは、炎症反応は改善しなかった。このことから、4 週間の亜鉛補充では腸管の炎症性サイトカインを改善するまでには至らないことが示唆された。

P - 9

腸管での亜鉛吸収に機能する亜鉛トランスポーター ZIP4 の発現を促進する食品由来因子の探索

安部文香^{*1)}, 門間敬子^{1,2)}, 神戸大朋³⁾, 橋本彩子²⁾

(¹⁾ 京都女子大学大学院家政学研究所, (²⁾ 京都女子大学家政学部, (³⁾ 京都大学大学院生命科学研究科)

【目的】 亜鉛は生命活動において不可欠な必須微量元素であり、亜鉛を欠乏すると皮膚炎や味覚障害をはじめとした多岐にわたる症状が引き起こされる。近年、我が国においても 10 - 30% の人々に亜鉛欠乏のリスクがあるとの報告もされており、亜鉛栄養の改善が極めて重要である。食物由来の亜鉛吸収には、小腸上皮細胞の頂端膜に局在し、亜鉛の取り込みに機能する亜鉛トランスポーター ZIP4 が必須の役割を果たす。ZIP4 の発現は亜鉛状態に応じて調節されており、亜鉛欠乏時は頂端膜に蓄積し、亜鉛吸収に機能する。一方、亜鉛十分時は細胞内へ速やかにエンドサイトーシスされ、分解を受けて亜鉛の吸収が抑制される。本研究では亜鉛欠乏の予防を目的として、ZIP4 の発現量を増加させ、亜鉛の吸収効率を向上させる食品由来因子を探索した。

【方法】 ZIP4 の発現を促進させる食品由来因子のスクリーニングには、ZIP4 の発現において腸管上皮細胞と類似した亜鉛応答性を示すマウス肝細胞である Hepa 細胞を用いた。食物由来サンプル抽出物を終濃度 0.02 - 0.5% となるよう培地中に添加し、24 時間培養後、全細胞を回収し、抗 ZIP4 モノクローナル抗体を用いたウェスタンブロッティングにより ZIP4 の発現を検出した。見出した ZIP4 の発現量を増加させる食物由来サンプル抽出物については、亜鉛濃度に応じて発現が上昇するメタロチオネインプロモーター制御のもとルシフェラーゼを発現する形質を導入した Luc-Hepa 細胞を樹立し、ルシフェラーゼアッセイにより細胞内への亜鉛取り込み効果を評価した。また、MTT アッセイを用いて、見出した食物由来サンプル抽出物の細胞毒性を評価した。

【結果・考察】 スクリーニングの結果、複数の種実類抽出物、香辛料抽出物に ZIP4 の発現量を増加させる効果が見られた。見出した食物由来サンプル抽出物は、ZIP4 の分解を抑制することでその発現量を増加させ、また、細胞内亜鉛レベルを上昇させると示唆された。さらに、これらのサンプル抽出物は、ZIP4 発現促進効果を示す終濃度において、強い細胞毒性は認められなかった。今後、ZIP4 の発現量が増加する機序について詳細に検討するとともに、サンプル中に含まれる ZIP4 の発現を促進する活性成分を同定する必要がある。

P - 10

妊婦（妊娠中期）における日光曝露、ビタミン D 摂取量及び血清ビタミン D 濃度の実態調査

林直哉^{*1)}, 陳せいれん¹⁾, 平野百恵¹⁾, 亀田隆²⁾, 溝畑秀隆³⁾

(¹⁾ 神戸松蔭女子学院大学人間科学部食物栄養学科, (²⁾ 亀田マタニティ・レディースクリニック, (³⁾ 元 神戸松蔭女子学院大学人間科学部食物栄養学科)

【目的】 ビタミン D は、脂溶性ビタミンの一種で植物性食品や動物性食品から摂取する。また、日光の紫外線照射を受けて体内でビタミン D 合成が誘発される。ビタミン D は、食事からのカルシウムとリンの吸収を促進、カルシウムと共に骨粗鬆症の予防などに役立つ。ビタミン D 欠乏は、骨粗鬆症だけでなく、糖尿病、高血圧、がん、冬季うつなど様々な疾患リスクを上げると報告されている。妊婦の血清ビタミン D 濃度の分布は、まだ明らかにされていない。妊婦のビタミン D 欠乏は周産期異常のリスクを高める。また、妊婦のビタミン D の適切な摂取は、児の成長発達に欠かせない。この研究では、妊婦を対象として、食事摂取状況、ビタミン D 高含有食品の知識、紫外線対策と血清ビタミン濃度の関連を調査した。

【方法】 2022 年 6 月 27 日から 8 月 24 日、神戸市内の亀田マタニティ・レディースクリニックに通院する妊婦（妊娠中期）24 名を対象に、自己記入式のアンケート、食事摂取頻度調査（FFQg）、血清ビタミン D（25-ヒドロキシビタミン D）濃度を測定した。血清ビタミン D（25-ヒドロキシビタミン D）濃度によりビタミン D 欠乏群と非欠乏群に分け、アンケート・食事摂取状況の調査、紫外線対策を用いて解析した。

【結果】 妊婦（妊娠中期）24 名中 15 名（71%）がビタミン D 欠乏群であった。妊婦の食事摂取状況、ビタミン D 高含有食品の知識、肝油・ニジマス・鮭・マッシュルーム・イワシ・卵・牛肉などビタミン D 高含有食品の摂取、日光曝露・紫外線対策などは妊婦の血清ビタミン D 濃度とは関係がなかった。ビタミン D を多く含む食品は、妊婦 24 名中 19 名（79%）が知らない。妊婦 24 名（100%）がビタミン D 摂取目安量 8.5 (μ g/日) を摂取できていない。紫外線対策の内容は、日焼け止めクリーム 17 名（71%）、日傘 14 名（58%）であった。

【考察】 妊婦（妊娠中期）の約 7 割はビタミン D 欠乏状態が明らかになった。健康の保持・増進のためビタミン D 欠乏を回避するには、食事からのビタミン D 摂取量を増やす栄養指導や日光曝露・紫外線対策の工夫でビタミン D 合成を増やす生活指導が望まれる。

味覚応答を利用した市販調味料の特性についての研究

前川隆嗣^{*1)}, 香西彩加¹⁾, 湯浅正洋²⁾, 榎原周平³⁾, 根来宗孝³⁾, 渡邊敏明^{1,3)}⁽¹⁾ マエカワテイスト (株) 前川 TSH 研究所, ⁽²⁾ 神戸大学大学院, ⁽³⁾ 大阪青山大学

【目的】近年、味認識装置、いわゆる「味覚センサー」によって種々の食品の科学的な評価が行われている。著者らは、味覚応答によって、店舗提供うどんだしでは先味である塩味やうま味が強くなっており、うどんだしのコクが強く出されていることを確認した。そこで、本研究では市販のだし・つゆを対象に、味覚センサーを用いて「しょうが醤油」および「白だし」の味覚応答を調べた。

【方法】試料として、ビタミン B₁ (VB₁) を添加していない「しょうが醤油」(マエカワテイスト (株) および O 社)、一方 VB₁ を添加している「しょうが醤油」(S 社および H 社) を対象とした。また VB₁ を添加していない「白だし」として、マエカワテイスト (株) 「無添加白だし しあわせ」、M 社、H 社、F 1 社、VB₁ を添加している「白だし」(F 2 社) を用いた。また「無添加白だし」(マエカワテイスト (株)) には「白しょうゆ」も使われていない。対照として、「濃縮うどんだし」(マエカワテイスト (株)) を基準にした。これらのサンプルについて、味認識装置 TS-5000Z ((株) インテリジェントセンサーテクノロジー、厚木市) を用いて 8 種類の味覚応答を数値化した。

【結果と考察】VB₁ 添加しょうが醤油 (S 社、H 社) では、苦味雑味および苦味が 5 ~ 10 倍以上の応答がみられ、酸味ピークが低値を示した。白だし (F 2 社) でも VB₁ を添加しているため、苦味雑味および苦味にピークが認められた。しかし、これらのピークは白だし (マエカワテイスト (株) 「無添加白だし」、M 社、H 社、F 1 社) では見られず、VB₁ 無添加と一致していた。実際濃縮うどんだしに VB₁ を添加した場合、チアミン塩酸塩では苦味雑味および苦味のほかに酸味が上昇した。チアミンラウリル硫酸塩では、苦味雑味などの味覚応答は上昇したが、酸味は低下した。このように、VB₁ はだしの中では苦味雑味を上昇させ、呈味特性を大きく変えるファクターとなることが示唆された。また「白だし」についても「添加白だし」(マエカワテイスト (株)) に比較して、他 3 社 (M 社、H 社、F 1 社、F 2 社) のいわゆる「白だし」では酸味および渋味刺激が高く、塩味が低値を示した。これは原料として「白しょうゆ」などを使用していることが示唆された。

参考

○しょうが醤油
—B1
「しょうが醤油」
(マエカワテイスト (株))
「しょうが醤油」
(株) 岡直三郎商店) O 社
+B1
「しょうが醤油」
(堺屋醤油 (株)) S 社
「生姜醤油」
(橋本醤油 (株)) H 社
○白だし
—B1
「無添加白だし しあわせ」
(マエカワテイスト (株))
「プロが使う味 白だし」
(株) Mizkan) M 社
「京風割烹白だし」
(ヒガシマル醤油 (株)) H 社
「白だし (四季の恵)」
(七福醸造 (株)) F1 社
+B1
「白だし (四季の彩)」
(七福醸造 (株)) F2 社
○白だし
—白しょうゆ
「無添加白だし しあわせ」
(マエカワテイスト (株))
+白しょうゆ
「プロが使う味 白だし」
(株) Mizkan) M 社
「京風割烹白だし」
(ヒガシマル醤油 (株)) H 社
「白だし (四季の恵)」
(七福醸造 (株)) F1 社
「白だし (四季の彩)」
(七福醸造 (株)) F2 社
—B1、—白しょうゆ
「濃縮うどんだし」
(マエカワテイスト (株))

カキ肉エキスの摂取はマウスの糞ムチン排泄量を増加させる

細見亮太^{*1)}, 石田達也²⁾, 松井博之²⁾, 松田芳和²⁾, 吉田宗弘¹⁾, 福永健治¹⁾⁽¹⁾ 関西大 化学生命工, ⁽²⁾ 日本クリニック (株)

【目的】これまでに演者らは、カキ肉エキス (OE) の摂取によってラットおよびマウスの腸内 *Lactobacillus* 属の構成比が増加することを報告している (微量栄養素研究; 2016, 2017)。さらに OE は、腸内細菌叢と腸内細菌による短鎖脂肪酸生成に影響を及ぼすことによって、マウスの急性および慢性大腸炎の諸症状を緩和することを報告している (Foods; 2022)。腸管ではムチンで構成される粘液層を中心として腸内細菌の腸管組織への侵入を防止しており、この腸管バリア機能の破綻は、炎症性腸疾患の原因の一つとなる。そこで本研究では、腸管バリア機能の形成に関わるムチンに対する OE の影響を評価するため、OE の摂取がマウスの糞ムチン量および腸管ムチン関連遺伝子発現に及ぼす影響を検討した。

【実験方法】実験動物は 4 週齢雄性 C57BL/6J マウスを用い、実験群は対照および OE 群 (それぞれ 10 匹) を設けた。対照群は AIN93G 餌料、OE 群は AIN93G 餌料に OE を 5% (w/w) 添加したものを給餌した。水および餌料は自由摂取とした。飼育 28 日間後、常法により採血し、脾臓、遠位回腸、遠位結腸を採取した。飼育 27 ~ 28 日の間にマウスが排泄した糞を全量回収した。糞ムチン量は Fecal Mucin Assay Kit (コスモ・バイオ (株)) を用いて測定した、遠位回腸および遠位結腸については、Total RNA を抽出、cDNA 合成後、Mucin (*Muc*) 1 および 2 遺伝子発現量をリアルタイム PCR 法で測定した。

【結果および考察】飼育期間中のマウスの餌料摂取量、体重増加量、解剖時の脾臓重量には両群間で差は見られなかった。OE 群の糞重量は、対照群と比較して増加する傾向が見られた ($p = 0.05$)。さらに、糞中ムチン量は、対照群と比較して、OE 群で有意な増加した ($p < 0.01$)。遠位回腸の遺伝子発現解析では、*Muc1* 発現は変化しなかったが、*Muc2* 発現は OE 群で有意に上昇した ($p < 0.01$)。一方、遠位結腸では、*Muc1* および *Muc2* ともに両群間で差は見られなかった。

これらの結果から、マウスにおける OE の摂取は、腸管を守る粘液の主成分である糞中ムチン量の増加と、分泌型ムチン遺伝子である *Muc2* の遠位回腸での発現上昇が見られた。このことから、OE の摂取により、腸管でのムチン分泌量の増加によるバリア機能向上の可能性が示された。

タンパク質糖化反応に対する遊離アミノ酸の影響評価

杉原憲^{*1)}, 加藤志郎²⁾

(¹⁾ 香川大学大学院農学研究科, ²⁾ 香川大学農学部)

【背景・目的】糖化反応は還元糖とアミノ化合物の非酵素的な反応であり、生体内では主にグルコースなどの還元糖とタンパク質中のアミノ酸との間で糖化反応が起こる。 Schiff塩基の形成を経てアマドリ化合物となり、さらに酸化・脱水・縮合・架橋反応など種々の化学反応によりカルボニル化合物などの中間体の生成および終末糖化産物 (advanced glycation end-products: AGE) の生成へと至る。また、AGEはアルコール代謝や脂質酸化によって生じるアルデヒドやケトンとタンパク質間のカルボニル化によっても生成することが明らかになってきている。AGEには生成経路の異なる多種類の物質が存在し、現在では40種類以上が同定されている。これらは様々な疾病等との関連も示唆されており、反応抑制効果を有する物質の探索が為される中で、数種の遊離アミノ酸が糖化反応に対する抑制作用を示すことが報告されているが不十分な点も多く、また各種アミノ酸を用いた網羅的評価の報告は乏しい現状にある。本研究では、L-AlaをはじめとするL-アミノ酸(15種)およびその鏡像異性体であるD-アミノ酸(15種)の計30種類を用いて、糖化反応に及ぼす影響の基礎的な評価を試みた。

【方法】タンパク質としてウシ血清アルブミン(BSA)、還元糖としてD-グルコース、D-フルクトース、D-グリセルアルデヒドを用いて糖化反応を行い、反応産物を蛍光光度およびSDS-PAGEにより分析した。その際、各種アミノ酸を添加することで影響を評価し、抗糖化能を示す陽性対照としてはアミノグアニジンを用いた。

(結果・考察) 蛍光分析では反応時に生成される遊離アミノ酸と遊離還元糖間の反応産物が蛍光強度に大きく影響を与えることが示唆され、遊離アミノ酸添加による網羅的影響評価系として必ずしも適切ではないと考えられた。SDS-PAGE分析の結果、糖化反応試料中に架橋形成したBSAであると考えられる新たなバンド(約85kDa付近)が検出され、陽性対照のアミノグアニジンおよびL-Hisの添加により、同バンドの検出強度が有意に低下した。D-Hisにおいても同様の効果が認められたがL-Hisと比較して弱く、これらの結果から、糖化反応過程における架橋形成に対する抑制効果という点でHisのL体とD体間で相違があるという可能性が示唆された。

中高年のサプリメント摂取によって起こるカルシウム過剰摂取が老人性認知症に及ぼす影響

吉田香^{*1)}, 魏民²⁾, 鈴木周五²⁾, 藤岡正喜²⁾, 長谷川千尋¹⁾, 中川歩¹⁾, 南美帆¹⁾, 寺本勲²⁾

(¹⁾ 同志社女子大学生生活科学部, ²⁾ 大阪公立大学大学院医学研究科)

【目的】近年の健康志向に伴い市場には様々な健康食品やサプリメントが流通し、消費量が年々増加している。我々はこれまでの研究で特に中高年女性においてサプリメントを複数種類、毎日、3年以上継続飲用する割合が多いことを明らかにしている。食品と合わせた摂取によりミネラルの過剰摂取が起こる可能性がある。鉄過剰による肝疾患、リン過剰によるカルシウム吸収障害等がこれまでも報告されているが、近年、疫学調査でカルシウムサプリメント摂取により高齢女性の認知症リスクが上昇する可能性があることが報告されている。中高年者では健康寿命延伸を目指してロコモティブシンドローム(ロコモ)の予防に関心を持つ人が増えており、ロコモ予防のためのサプリメントが市場に増えてきている。そこで、本研究では、ロコモ関連のサプリメントを市場より購入し、ミネラル量を測定してカルシウム等の過剰摂取の可能性を検証した。さらに、加齢マウスにカルシウムを長期間投与した後、行動試験によりカルシウム過剰摂取が学習・記憶能に及ぼす影響を調べた。

【方法】市場より購入したロコモ関連サプリメント(グルコサミン系、カルシウム系、BCAA系、漢方)中のミネラル濃度を原子吸光度法により測定し、パッケージ表示の1日摂取目安量をもとに1日ミネラル摂取量を求めた。

ICR系26週令雌マウスに0、1000、2000、3000ppmカルシウム水溶液を30週間飲水投与し、短期記憶の指標となるY字迷路試験、視覚認知記憶の指標となる新奇物質探索試験(ORT)、長期記憶の指標となる受動的回避試験を行った。

【結果および考察】パッケージ記載のメーカーが示す1日目安量をもとに、1日当たりのミネラル摂取量を算出すると、カルシウム系サプリメントでカルシウム、マグネシウム、鉄量が多く、食事摂取基準のEARやRDAを上回るものもあった。このことから、食品とサプリメントとの併用、複数のサプリメントの飲用によりミネラルの過剰摂取となり健康障害が引き起こされる可能性が示唆された。また、マウスによる行動試験により、カルシウム2000、3000ppm投与でORTでの学習・記憶能に低下傾向が見られ、カルシウム過剰摂取により学習・記憶能の低下が起こる可能性が示された。以上の結果より、食品との併用によるサプリメント飲用によりカルシウム過剰摂取となり認知症が起こる可能性が示唆された。

P - 15

摂取食品数を用いて微量栄養素摂取量をセルフモニタリングする簡易評価法の検討

小切間美保*, 三宅里佳, 伊藤繭, 太田菜々子, 本田愛子
(同志社女子大学)

【目的】健康日本 21 (第二次) 最終評価の栄養・食生活における目標達成状況において「適切な量と質の食事をとる者の増加」が達成できなかつたと報告された。食生活を改善するには生活者自らが、適切な食事の量と質の判断ができる必要があるが、不足しがちな微量栄養素量を評価することは困難である。我々はすでに、小児や高齢者が毎食の食事評価を行う方法として、1食当たりの食品数を指標とした簡易法を検討してきた。評価方法の基礎データには日本食品成分表を用いた栄養素量の算出値を用いるが、微量栄養素は調理操作による減少があり、それを考慮した検討は行っていなかった。そこで本研究では、調理食品の掲載が増加した日本食品標準成分表 2020 年版 (八訂) (以下、八訂) を用い、過去の食事調査サンプルを使用して食品数による微量栄養素量の簡易評価法を検討した。

【方法】食事調査のサンプルは、30～74歳の地域住民 122 名 (男性 46 名, 女性 76 名) の 3 日間の食事調査記録とし、八訂の生の食品および調理食品それぞれを用いて栄養素量を算出し、各栄養素の調理による変化を確認した。栄養素は日本人の食事摂取基準 2020 年版で策定されたものとした。食品数は 1 食の単位で数えた値の平均値とし、調理食品を用いた 1 日あたりのエネルギーおよび栄養素摂取量それぞれとの回帰分析を行った。食品数と各栄養素との回帰式から、日本人の食事摂取基準 2020 年版で策定されている推定平均必要量 (EAR) を摂取するために必要な食品数を見積もった。次に、エネルギー摂取量との回帰式から過剰摂取にならない上限値を推定した。

【結果及び考察】調理前と比較して調理後では、分析した 32 の栄養素のほとんどが減少し、特にビタミン C、鉄の減少率が高かった。令和元年国民健康・栄養調査の栄養素等摂取状況の結果で中央値が EAR を下回っていたビタミン A、B₁、B₂、C、カルシウム、マグネシウム、鉄、亜鉛について、EAR を摂取するための 1 食あたりのおおよその食品数を検討した結果、男性 10 食品、女性 9 食品であった。推定エネルギー必要量を摂取するための食品数は、男性 11～12 食品、女性 9～10 食品であったことから、男性は 10～12 食品、女性は 9～10 食品を目安にすることで、エネルギーの過剰摂取を予防しながら必要な栄養素を摂取できる可能性が示唆された。

P - 16

ヒドロキシアセトフェノンの酵母増殖阻害回復機構の解明

根来宗孝*¹⁾, 澤村弘美²⁾, 榎原周平¹⁾, 渡邊敏明^{1,2)}
(¹⁾ 大阪青山大学, ²⁾ 兵庫県立大学)

【目的】アセトフェノン類縁体はコーヒー残渣抽出物などに含まれており、広い抗真菌活性を有している。また、アセトフェノン類縁体である *p*-ヒドロキシアセトフェノン (*p*-HAP) は酵母を用いてバイオエタノールを生産する際、原料となる麦などに含まれているため、増殖阻害効果を示し、エタノールの生産量を減少させることが問題となっている。しかしながら、*p*-HAP の酵母に及ぼす薬理作用については、詳細が明らかになっていないので今回検討を試みた。

【実験方法】やまぐち・桜酵母 (山口県産業技術センター所有株) (出芽酵母: *Saccharomyces cerevisiae*) をモデル細胞として供試し、増殖度の測定は、マイクロプレートリーダーを用いて、600nm の吸光度を測定した。0～30 mM *p*-HAP を含む Y-1 培地を 37℃ で維持し経時的に吸光度を記録した。添付マニュアルに準じて Epoxy-activated sepharose 6B に *p*-HAP をカップリングし、1mL のベッド容積のカラム (*p*-HAP-sepharose) を作製した。15 mM *p*-HAP 添加培地で培養した酵母から蛋白質を抽出し、*p*-HAP-sepharose アフィニティークロマトグラフィーを実施した後、複数の *p*-HAP 親和性蛋白質を得た。得られた蛋白質を断片化し、質量分析計を用いて計測後、PMF法による蛋白質を同定した。この中で特に NADPH dehydrogenase2 および Nicotinamidase の存在に着目し、*p*-HAP 添加培地に NADPH およびニコチン酸を補充することによる酵母増殖能に与える影響について確認した。

【結果と考察】*p*-HAP は酵母増殖を顕著に抑制した。*p*-HAP-sepharose 結合蛋白質として NADPH dehydrogenase 2 および Nicotinamidase が同定されたので、*p*-HAP 添加培地に NADPH およびニコチン酸を加えて酵母の培養を行った結果、いずれの添加群でも増殖の回復が確認された。従って、*p*-HAP による増殖抑制には、酵母が細胞内の [NADP⁺]/[NADPH] といったレドックス代謝産物の変化およびナイアシン代謝が関与している可能性が示唆された。今後の課題として、NADPH dehydrogenase 2 以外の *p*-HAP 親和性蛋白質にも着目し、*p*-HAP による酵母増殖抑制に関する薬理作用の解明を進めていきたい。

口頭発表

O-9

必須微量元素セレンの栄養性における腸内細菌叢の関与

高橋 一聡*¹⁾, 小椋 康光²⁾

(¹⁾ 千葉大院園芸, ²⁾ 千葉大院薬)

【目的】セレンは天然に多様な化学形態で存在しており、それぞれの生理的性質はその化学形態に依存している。すなわち、どんな化学形態のセレンを摂取し体内で利用するかが栄養素としての働きに大きな影響を与える。一方、腸内細菌叢は経口摂取した栄養素を代謝することにより、宿主の栄養状態に影響を及ぼしている。本研究では、腸内細菌叢によるセレン代謝が宿主のセレン吸収や利用に与える栄養学的影響の評価を目的とした。

【方法】セレン欠乏餌を摂取させて飼育したセレン欠乏ラットを作製した。腸内細菌叢の影響を評価するため、セレン欠乏ラットに抗生物質カクテルを投与することで腸内細菌叢減弱モデルラットを作製した。作製したモデルラットへ9種類の天然由来セレン化合物を投与し、宿主体内のセレンの栄養状態を反映する血中セレンタンパク質をHPLCと誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS)を接続させたLC-ICP-MSによって解析することで各セレン化合物の栄養利用効率を評価した。また、ラットの糞便から分離培養した腸内細菌へセレン化合物を曝露し、培地中のセレン化合物をLC-ICP-MSにて解析することで腸内細菌叢によるセレンの代謝を評価した。

【結果及び考察】腸内細菌叢を減弱させていないラットへ9種類の各セレン化合物を投与した際は、各セレン化合物は一部を除き同等の栄養利用効率を示した。一方で、腸内細菌叢減弱モデルラットへ投与した際には、腸内細菌叢が存在する場合と異なる栄養利用効率を示すセレン化合物が見出された。これらの結果は、宿主のセレン代謝において腸内細菌叢の関与を示唆しているものと考えられた。具体的には、腸内細菌叢は宿主のセレン代謝に影響を与えており、セレンの栄養性における化学形態依存性を緩和していると考えられた。分離培養した腸内細菌においては、曝露したセレン化合物をセレノメチオニンへと代謝していた。すなわち、多様なセレン化合物を基質に特定のセレン化合物へと代謝していることが明らかとなった。このことから、食事に含まれる多様な化学形態のセレンを摂取しても、腸内細菌叢による代謝を経ることで宿主は効率的に栄養源としてセレンを利用できることが示唆された。

O-10

亜鉛欠乏ラットの小腸におけるムチン濃度低下とアポトーシスの関係

木戸 尊将*, 林 星華, 柳澤 裕之, 須賀 万智

(東京慈恵会医科大学 環境保健医学講座)

【背景】日本のみならず世界的に必須微量元素「亜鉛」の摂取は不足している。我々の亜鉛欠乏ラットを用いた先行研究において、腸管バリアである分泌IgAとその産生に関与するリンパ球が減少し、腸管内からグラム陰性桿菌が透過していることを見出した。そこで、本研究では、もう一つの腸管バリアであるムチン(MUC-2)に着目し、亜鉛欠乏ラットの腸管粘液中のMUC-2濃度を測定し、その産生に関与する杯細胞を観察した。さらに、亜鉛欠乏ラットに亜鉛補充を施し、腸管バリアに対する効果を評価した。

【方法】SDラット(各群N=5)に標準食(亜鉛含有0.01%)または亜鉛無添加食(亜鉛含有0%)を毎日17gずつ6週間与えた群と、6週間亜鉛無添加食で飼育した後に4週間標準食を与え亜鉛の補充療法を行った群の計3群を設定した。飼育期間終了後、小腸から粘液を採取し、MUC-2濃度を測定した。さらに、小腸粘膜の病理学的変化を観察するために、アルシリアンブルー染色とTUNEL染色およびを行い、小腸粘膜上皮と杯細胞数を観察し、FACS解析のViability Fixable Dyeを用いて死細胞数を計測した。

【結果】亜鉛欠乏群の小腸の重量(2cm当り)は標準食群より有意に減少し、アルシリアンブルー染色陽性の杯細胞数とMUC-2濃度も有意に減少した。TUNEL染色におけるアポトーシス細胞は、亜鉛欠乏群の小腸粘膜上皮に多く認められ、FACS解析による死細胞数も有意に増加した。その一方で、亜鉛欠乏ラットに亜鉛補充を施すことで、上記の全て測定項目は標準食群と同等まで回復した。

【考察】亜鉛欠乏ラットの小腸では、腸管上皮細胞と杯細胞がアポトーシスを起こすことで減少し、その結果、杯細胞から産生されるムチン濃度が減少した。一方、亜鉛欠乏ラットに亜鉛補充を施すと、腸管上皮細胞や杯細胞のアポトーシス亢進が改善し、ムチン濃度も回復した。このことから、亜鉛欠乏状態では、分泌IgAによる腸管バリアだけでなく、ムチンによる腸管バリアに対しても影響を及ぼすことが明らかになった。

O - 11

中等度亜鉛欠乏と食餌摂取制限が腎臓中スロンボポエチン mRNA 発現量に与える影響

許斐亜紀^{*1}, 横井克彦²

(¹ 山梨学院大学 健康栄養学部 管理栄養学科, ² 聖徳大学大学院 人間栄養学研究科)

【目的】中等度亜鉛欠乏によって血中エリスロポエチン濃度が著しく減少し、中等度亜鉛欠乏もしくは食餌制限によって腎臓中エリスロポエチン濃度、腎臓中エリスロポエチン mRNA 発現量に有意な異常が生じ、関連する低酸素誘導性因子 (hypoxia-inducible factor : HIF) の mRNA 発現量にも影響が出ていることを明らかにしてきた。本大会ではエリスロポエチンに関連する可能性があるスロンボポエチンの mRNA 発現への亜鉛中等度欠乏および食餌制限の影響について検討した。

【方法】3週齢SD系雄性ラット30匹を、体重が等しくなるように対照群 (Control 群 : AIN93G)、亜鉛欠乏群 (ZD 群 : 飼料中亜鉛濃度 4.5 ppm)、食餌量低下の影響を検討するための Pair-Fed 群 (PF 群 : AIN93G) の3群に割り付け、対応する飼料及びイオン交換水を与え4週間飼育し、腎臓を皮質と髄質に分け採取した。それぞれのスロンボポエチンの mRNA 発現量を quantitative RT-PCR により測定した。亜鉛欠乏時および食餌量低下時には total RNA 量自体が低下することをこれまでに報告している。そこで、得られたデータは対組織重量当たりで比較している。データに正規性があり、等分散性が認められなかったため、ANOVA 後に protected Welch' s t-test により群間比較を行った。危険率は5%未満を有意とした。

【結果】腎臓髄質中スロンボポエチンの対組織重量当たりの mRNA 発現量は、PF 群が Control 群に比べて有意に増加していた。ZD 群と Control 群の間には差はみられなかった。腎臓皮質中スロンボポエチンの対組織重量当たりの mRNA 発現量には全群間に有意な差がみられなかった。

O - 12

神経発達期におけるキヌレニン代謝産物増加が胎児へ及ぼす影響

村上由希^{*1}, 今村行雄^{1,2}, 笠原好之³, 吉田千尋³, 桃野友太³, 方軛¹, 酒井大輔⁴, 小西行郎^{5,6}, 西山利正¹
(¹ 関西医大, ² 京大, ³ 東北大, ⁴ 金沢医大, ⁵ 同志社大, ⁶ 理研)

【目的】必須アミノ酸であるトリプトファン (Trp) を代謝するキヌレニン (Kyn) 経路では、脳において様々な生理活性を持つ代謝物が産生される。近年、妊娠期の母体の Trp-Kyn 代謝経路の変動が胎児脳の発達に影響を及ぼし、その後の児の精神疾患発症に関わることが明らかになりつつある。そこで、本研究は、高濃度 Kyn の母獣への投与により Trp-Kyn 代謝産物をかく乱させ、胎児脳への影響を明らかにすることを目的とした。

【方法】300 mg/kg Kyn を母獣の腹腔内に胎生 12.5 (E12.5) から E19.0 まで連続投与した。その後、生まれた仔マウスの網羅的行動解析を行った。また E18.5 の母体血、胎盤、胎児血ならびに胎児脳における Trp-Kyn 代謝産物を高速液体クロマトグラフィーにて測定した。さらに生後 (PND) 0 日の脳において、Cleaved-caspase3 陽性細胞を免疫染色にて検出した。

【結果】母獣への Kyn 連続投与により、母獣血、胎盤、ならびに胎児血において投与後 90 分以内で、Kyn ならびにキヌレン酸 (Kynurenic acid; Kyna) の有意な増加がみられたが、12 時間後の母体血においては Control レベルまで減少した。また胎児脳では、胎児血と同様に Kyn, Kyna が有意に増加した。網羅的行動解析の結果、新規物体認知機能、社会行動ならびに社会認知機能が低下していた。さらに強制水泳試験での無動時間が有意に増加した。PND0 前脳では、Cleaved-caspase3 陽性細胞が Kyn 投与により増加した。

【考察】母獣血の Trp-Kyn 代謝産物の変動により、仔マウスで認知機能と社会性の低下、抑うつ行動がみられたことから、妊娠期の高い Kyn, Kyna が仔マウスの脳発達に影響を及ぼし、行動へ影響を及ぼしている可能性が示唆された。また PND0 のマウス前脳において、Cleaved-caspase3 陽性細胞が増加していたことから、仔の行動に影響を及ぼす何らかの重要な細胞が Kyn 投与により損失していた可能性が考えられる。今後、Kyn 投与によって損失した細胞の同定と、それによる神経機能への影響を明らかにしていく予定である。

O - 13

ニッケル欠乏がホームケージ内でのラットの行動に及ぼす影響

横井克彦^{* 1, 2)}, 許斐亜紀³⁾, 北川茉友²⁾, 大木美和²⁾

(¹⁾ 聖徳大学大学院 人間栄養学研究科, (²⁾ 聖徳大学 人間栄養学部 人間栄養学科,

(³⁾ 山梨学院大学 健康栄養学部 管理栄養学科)

【目的】ニッケル欠乏ラットでは、精子産生の低下や精子の運動能の低下、視覚・味覚・嗅覚の異常、高血圧等を生ずることを明らかにしてきたが、行動への影響は明らかではない。そこで、ホームケージ内での行動に着目し、研究を実施した。

【方法】SD系4週齢雌ラット48匹を2x2の2要因デザインに割り付けた。実験要因は、飼料中Ni(0.5 mg/kgと無添加)並びに塩化ナトリウム(NaCl)(過剰添加分なしと過剰添加分4%(w/w))とした。体重が見合ったラット2匹を、暗期に1 luxになるよう赤色LEDで照明したアクリル製ケージで飼育し、上方設置カメラで飼育67日目ないし68日目の暗期にビデオ録画した。今回は暗期開始後2から4時間のビデオを観察して、双方向のファイティングと片方のみのアタック(強制的グルーミングを含む)を秒単位で記録した。また、ビデオはANY-mazeソフトウェアで解析し、1秒ごとのfreezing scoreを得た。なお、freezing scoreは動きの指標で、動きが全くないときに0で、概ね300以下の数値となる。データは2元配置分散分析および単相関で解析し、危険率5%未満を有意とした。

【結果】双方向のファイティング回数および時間は、ニッケル欠乏で有意に上昇した。片方のみのアタックの回数は、食塩過剰で有意に上昇し、その時間は上昇する傾向があった。行動の内容は分からないが、大きな動きを示すfreezing scoreが100を超えたピークの数および時間は、ニッケル欠乏で有意に上昇した。なお、ファイティング回数とfreezing scoreが100を超えたピークの数、ファイティング時間とfreezing scoreが100を超えた時間の間には有意な正の相関があった。観察されたファイティングでは噛みつきはなく、首筋へのアタックを含むplay-fightingであった。play-fightingは成熟とともに消失していく行動である。観察したラットの週齢は13週を超えており、ニッケル欠乏によって行動の成熟が阻害されることが示唆された。

O - 14

微量栄養素の簡易的測定のための電極材料の開発

藤井俊輔^{* 1)}, 増本幸二¹⁾, 吉田朗子²⁾, 西原洋知²⁾, 伊藤徹二³⁾

(¹⁾ 筑波大学医学医療系小児外科, (²⁾ 東北大学材料科学高等研究所・多元物質科学研究所, (³⁾ 産業技術総合研究所)

【目的】健康および疾病における微量栄養素の重要性は広く認識されているが、これまでの測定方法は煩雑なものが多く、検体量や測定時間の点で、あらゆる患者にリアルタイムで利用することは困難であった。簡易血糖測定装置に代表される酵素センサーは、酵素の持つ高い選択性と反応性を利用することで、微量な検体から短時間で標的物質を定量することが可能である。血糖だけでなく、他の微量栄養素に関しても酵素センサーの開発を進めることにより、微量栄養素測定に対するこれらの問題を解決することができると考えられた。そこで、我々は様々な酵素センサーの開発にあたって、微量栄養素測定に適した汎用性の高い電極材料の開発を目的とした。

【方法】酵素センサーの電極材料に求められる特性として、多孔性と導電性に着目し、多孔性シリカ球(porous silica spheres; PSS)に薄く炭素を被覆することで導電性を持たせた炭素被覆PSS(carbon-coated PSS; C/PSS)を開発した。まずC/PSSの材料特性を検討した。さらに、スクリーン印刷技術を用いてC/PSSをプレート基板上に電極化し、新たなセンサチップを作製した。このセンサチップに酵素の一例として、グルコースデヒドロゲナーゼ(GDH)、グルコースオキシダーゼ(GOD)を用いて、電気化学的分析によりそのセンシング性能を検討した。

【結果】C/PSSの材料特性を調べた結果、シリカ球上にグラフェン様の炭素が1層で被覆されていた。さらに、PSS本来の多孔性や表面積が保たれていることが判明し、酵素吸着に適していると考えられた。さらに、C/PSSを作用電極としたセンサチップを用いて、GDHやGODによるグルコース検出の性能を検討した結果、従来の白金電極や炭素ペースト電極と比較して、出力電流が大きく、測定精度も優れている結果が得られた。

【考察】C/PSSはその材料特性から酵素吸着に相応しい性質を有した電極材料と考えられた。C/PSSを作用電極としたセンサチップは従来の電極材料よりも優れた電気化学的性質を示しており、微量栄養素測定に適した酵素センサーの開発につながると考えられた。

市販納豆が有する Dipeptidyl peptidase 4 阻害活性について

辻聡^{*1}, 舘博²

(1) 高崎健康福祉大学 農学部生物生産学科, (2) 一般財団法人日本醤油技術センター)

【背景・目的】世界中で患者数が増加する2型糖尿病の治療薬の一つにDipeptidyl peptidase 4(DPP4)阻害薬がある。DPP4阻害薬と同様の働きを示す様々なペプチドが食品から報告され、摂食による糖尿病への予防効果が期待されている。そこで、我々はペプチドを多く含む発酵食品に着目し、DPP4阻害物質を探索している。その中で納豆が高いDPP4阻害活性を示し、発酵によって生成されたLys-LeuとLeu-ArgがDPP4阻害活性を示すことを明らかにした。また、数社の納豆がDPP4阻害活性を有するペプチドを含むことを示した。しかし、納豆の製造企業は国内に数多く存在し、様々な納豆菌と大豆を用いて多様な商品が製造されている。そのため、本研究では多数の市販納豆を測定し、DPP4阻害活性について調査したので報告する。

【実験方法】

1. 供試試料

市販されている20社79種(ひきわり16種、極小粒13種、小粒20種、中粒13種、大粒17種)の納豆及び、市販納豆菌3株を使用して大豆6種を使用して研究室内で常法により作成した納豆18種を用いた。

2. DPP4阻害活性の測定

過去の報告に基づき、納豆試料溶液を調製し、超純水を用いた対照区とDPP4活性を比較し、各納豆のDPP4阻害活性を算出した。

【結果及び考察】測定した20社79種の納豆はDPP4阻害活性を有しており、DPP4阻害活性の平均値は $70.88 \pm 8.56\%$ と高い値を示した。過去の報告にて試験に供した納豆と合わせて、計97種の納豆が全てDPP4阻害活性を有していたことから、市販納豆は全てDPP4阻害活性を示すことを強く示唆した。納豆の原料大豆の違いによるDPP4阻害活性を比較すると、国産と外国産では両群間に有意差は無く、大豆原産国はDPP4阻害活性に影響を与えないと考えられる。また、大豆の粒径による納豆のDPP4阻害活性は、ひきわり $74.07 \pm 6.34\%$ 、極小粒 $72.03 \pm 5.14\%$ 、小粒 $68.77 \pm 8.23\%$ 、中粒 $70.02 \pm 10.21\%$ 、大粒 $70.15 \pm 11.10\%$ であった。ひきわりや極小粒のDPP4阻害活性が高い傾向が見られ、標準偏差も小さい。しかし、どの粒径も商品間でDPP4阻害活性の差が大きく、大豆粒径以外にもDPP4阻害活性に影響を及ぼす要因が考えられた。同一納豆菌株を使用した市販納豆にはDPP4阻害活性の強弱に差が見られた。しかし、同一納豆菌株を使用して複数種の大豆を用いて納豆を製造した場合、各納豆間のDPP4阻害活性に有意差は得られなかった。納豆の製造条件がDPP4阻害活性の強弱に影響を及ぼす要素があると推定した。本研究は科学研究費補助金基盤研究(C)22K05544および全国納豆協同組合連合会の助成(2019年度、2020年度)を受けたものである。

日本微量栄養素学会役員名簿

会長 吉 田 宗 弘 (関西大学)
理事 老 川 典 夫 (関西大学)
神 戸 大 朋 (京都大学)
栗 原 達 夫 (京都大学)
小切間 美 保 (同志社女子大学)
三 原 久 明 (立命館大学)
監事 舟 場 正 幸 (京都大学)
吉 田 香 (同志社女子大学)

第 40 回日本微量栄養素学会 学術集会実行委員名簿

会頭 吉 田 宗 弘 (関西大学)
委員 老 川 典 夫 (関西大学)
神 戸 大 朋 (京都大学)
栗 原 達 夫 (京都大学)
小切間 美 保 (同志社女子大学)
舟 場 正 幸 (京都大学)
三 原 久 明 (立命館大学)
吉 田 香 (同志社女子大学)

日本微量栄養素学会事務局

〒603-8331 京都市北区大將軍西町1番地
日本クリニック株式会社内
TEL (075) 465-3560
FAX (075) 465-3566
E-mail bureau@jtnrs.com
2023年5月30日発行

牡蠣を知ると

「美」と「健康」が見えてくる。

牡蠣(かき)は「海のミルク」と呼ばれています。ビタミン、ミネラル、アミノ酸などの40数種類の栄養素をバランスよく含んでいます。そのため、海のミルク、海の玄米などと呼ばれているのです。

一万年前から牡蠣は、人類に愛され、貝塚には牡蠣の殻がたくさん見つかっています。栄養豊富な牡蠣を季節に関係なく、お召し上がりいただけるよう科学で設計しなおした日本クリニックのかき肉エキス。この一粒に約40年の歴史と19の特許が凝縮されています。



かき肉エキス
主要栄養素

【炭水化物】
グリコーゲン

【ミネラル】
亜鉛・ナトリウム
カルシウム・鉄・カリウム
リン・マグネシウム・銅
マンガン・セレン
総クロム・リチウム
コバルト

【ビタミン】
ビタミンB1
ビタミンB2・ビタミンB6
ビタミンB12・ビタミンC
葉酸・ビオチン
イノシトール・ナイアシン
コリン

【アミノ酸】
タウリン・アルギニン・リジン
ヒスチジン・フェニルアラニン
チロシン・ロイシン・イソロイシン
メチオニン・バリン・アラニン・グリシン
プロリン・グルタミン酸・セリン
スレオニン・アスパラギン酸
トリプトファン・シスチン
オルニチン

牡蠣を超えた「かきの栄養」 THE OYSTER EXTRACT SINCE 1974



【牡蠣】



【オイスター-Z】



【バランスター-Z】



【バランスター-WZ】

（JCOE専売品）

<http://www.japanclinic.co.jp>

牡蠣の神秘を科学で届ける——かき肉エキスのバイオニア
 **日本クリニック株式会社**

■本社／〒603-8331 京都市北区大將軍西町1番地
■食養相談室／TEL075-465-3553
■営業部／札幌・仙台・東京・名古屋・関西・広島・福岡 ■工場／京都府宮津市