

令和 2 年 6 月 22 日現在

機関番号：34605

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15K00900

研究課題名(和文) 食嗜好性の獲得と変化における化学感覚とくに味覚感受性の役割に関する解析的研究

研究課題名(英文) Studies on the role of taste sensitivity in acquisition and change of food preference

研究代表者

上地 加容子 (UEJI, KAYOKO)

畿央大学・健康科学部・教授

研究者番号：50390208

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：人を対象にした研究では、味覚感受性の経年的変化を計測するために以前開発した「畿央大学式味覚テスト」を更に改良し、保存性があり、溶液を用いない「新型畿央大学式味覚テスト」の開発を行った。

一方、動物実験では、幼若ラットがフレーバー嗜好学習及び嫌悪学習を獲得する能力があることをすでに明らかにしているが、本研究課題では、糖の種類や濃度により嗜好性や嫌悪性に違いのあることが認められた。幼若期の学習は、溶液の種類や濃度の違いにかかわらず成熟するまで学習を記憶しており、離乳直後の幼若期の食経験が成長後も持続することの一端を実験的に明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の味覚閾値の測定法は、溶液を用いた従来の方法に代わり、溶液を用いない新しい簡便な測定法を開発するところに独創性がある。味覚感受性の発達と年齢との関連性及び味覚感受性と食嗜好性の関連性が明らかになれば、その意義は大きく、本研究で用いる簡便な測定法は、保健センターや学校などでの食育啓蒙活動にも活用できるものと考えられる。動物実験により、幼少期の食嗜好性が成長後も脳に保持されることを示すことができれば、脳科学的に価値ある発見であるのみならず、実際の食育推進活動においても、幼少期からおいしく、楽しく食べることの大切さを主張する際の科学的な根拠となるものである。

研究成果の概要(英文)：As for human taste sensitivity test, we have tried to develop a new and convenient "Kio's Taste Test". In this method, we did not use taste solutions, but used dried corn starch containing each of 5 basic taste stimuli, which can be stored for several months and solved easily in the mouth.

As for animal experiment, our previous study showed that weanling rats could establish conditioned flavor preferences when low, but not high, concentrations of sucrose solutions were used as associative rewarding stimuli. The present study showed that a conditioned flavor preference was established to saccharin in weanling rats on the basis of flavor-taste association. Low and high concentrations of different sugars, such as glucose, fructose, galactose, maltose, lactose, were used to find that conditioned flavor preference and aversion were different among these different sugars and between low and high concentrations. We are now analyzing the data to lead a reasonable conclusion.

研究分野：生活科学、食生活、食行動

キーワード：Flavor Learning Preference Infancy

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

食べ物に対する嗜好性(おいしく好ましく思い積極的に摂取したいと思うこと)は、生得的に生じるものと学習により後天的に獲得されるものがある。生得的な要因としては、種々の感覚要素の中でも香り(匂い)と味が重要である。事実、生得的に好ましい香り、忌避的な香りがあり、味に関しても、体が必要とする物質の味である甘味、塩味、うま味は好ましいもの、有害な物質の味である酸味や苦みが忌避される。このような味質の違いによる嗜好性はよく知られているが、味覚の感受性(閾値)は、個人差や性差、同一個人であっても年齢による相違があり、嗜好性の差を生じさせている可能性がある。我々はこの点に着目し、味覚測定法を開発して各年齢層による味覚感受性を調べ始めている。食べ物の嗜好性に及ぼす学習効果は味覚嗜好学習や味覚嫌悪学習としてよく知られている。しかし、脳機能が大人ほど発達していない幼児期に食べ物の嗜好学習が可能かどうか、可能であった場合、それが記憶に留められ、成人になってもその嗜好性が保持されているのかどうかに関しては、明確な実証的研究に基づく根拠は出されていない。しかし、近年、我々は、味と匂いの連合学習においてその可能性を示唆するデータを得つつある(Ueji & Yamamoto, 2011; 上地、山本 2011, 2014)。味覚感受性の経年的変化を念頭に置き、学習効果を利用しつつ栄養のバランスを考えた食の嗜好性を高める方策を確立することは食育の推進や生涯を通じての望ましい食習慣の形成のための科学的基盤ともなり、極めて重要であると考えられる。

2. 研究の目的

健康を実現するための食生活の基盤は、食べ物の好き嫌いや偏食がなく、多様な食べ物に対して高い嗜好性を持ち、おいしく食べることにある。本研究では、食嗜好性の獲得とその変化にかかわる要因の中で、化学感覚(味覚・嗅覚)、特に味覚感受性の重要性と食嗜好との相関性を明らかにする。味覚感受性は経年的にいかに変化するのか、個人差はどうかなどを新規に開発する味覚検査法を用いて年齢横断的に計測し、同時に取得する食嗜好調査結果と対応させ分析する。動物を用いての嗜好学習や人の脳機能計測などの客観的な実験データも組み込んで総合的に解析することにより、乳幼児期からの食育推進や高齢者の食生活改善のための科学的基盤を構築することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

- (1)味覚感受性の定量的な測定法として我々の開発した畿央大学式味覚テストに替わるより簡便かつ有用な新しい発想に基づく「溶液を用いない味覚テスト法」を開発する。
- (2)それらを用いて、年齢横断的に味覚閾値(検知閾と認知閾)を測定する。同時に調べる各被験者の食嗜好調査結果と対応させて、食嗜好性と味覚感受性の関係を明らかにする。
- (3)離乳直後のラットが甘味物質や脂質、だし等の味の違いや匂の違いで嗜好学習獲得に差異ができるか否か、それが成長期や高齢期まで保持できるか否かを調べる。

4. 研究成果

(1)改良型味覚テスト法の開発

簡便で保存性に優れ、運搬しやすいラムネ(錠剤型)による畿央式味覚検査法を開発し、2016年より卓上型打錠機を導入した新たなラムネの作成方法を開始することで、連続したラムネの作成を可能にした。水分含量を市販のラムネの水分量に近づけるべく乾燥温度と時間の見直しを行い、濃度の検討を行った。2018年度には甘味、塩味、酸味を完成させ、2019度は苦味、うま味を作成し、当初の目的である基本5味の味覚検査用のラムネの開発を行った。今後の課題として、ラムネの口どけが悪く、溶けにくいといったことが挙げられる。そのため、2020年度は乾燥条件を検討する予定である。



図1 卓上型打錠機

(2)味覚感受性の測定

改良型畿央式味覚検査法を用いて、味覚閾値(検知閾と認知閾)を測定しているが、ラムネ(錠剤型)の改良に重点を置いているため、被験者は2年連続20歳代にすることで、比較検討を行っている。今後は、味覚閾値の測定を年齢横断的に実施する予定である。

(3) 幼若ラットを用いた嗜好学習獲得

我々は、幼若期の食経験が成長後の食行動にいかに関与を及ぼすかに関心を持ち研究を進めている。そのための基礎実験として、幼若期ラットがフレーバー学習を獲得できるかどうか、獲得した学習が成長後も保持しているかどうかを調べた。フレーバー学習とは、香り(フレーバー)を有する溶液を摂取させたとき、快感を覚えればその香りが好きになり、不快感を覚えればその香りが嫌いになる学習をいう。嗜好学習になるか嫌悪学習になるかは、その溶液をおいしく思うかまずいと判断するのか(味覚)、摂取後の気分が快か不快か(摂取後効果)で決定される。3週齢ラットに、グレープあるいはチェリーの香りづけをしたサッカリン溶液を摂取させた後、グレープとチェリーの香りの水を2ピン法として与え、その飲み量から学習獲得能を評価した。離乳直後のラットは、低濃度糖溶液と連合した香りに対して嗜好学習を獲得し、成長後も保持することを既に報告した¹⁻⁶⁾。このようなフレーバー嗜好学習を獲得するのは、糖溶液の好ましい味覚効果によるのか、摂取後のエネルギー効果によるものなのかを探るために、ノンカロリーでスクロース溶液と同等の甘味を持つサッカリン溶液を用いて行動実験を行うとともに鼓索神経応答も記録し、比較検討した。0.1%サッカリン溶液と水を2ピン法で与え、摂取量と嗜好比率(全摂取量に対する割合)を求めた。図2に示すように学習期で最初に提示したCS+sはCS-wより有意に少ない摂取量を示した。しかし、提示2回目、3回目の摂取量は増加し、CS-wと同じ摂取量となった。離乳期ラットは最初に経験したサッカリンの味に対して新奇恐怖を引き起こした可能性がある。

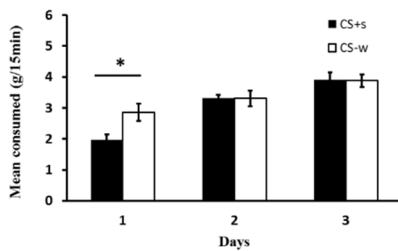


図2 3週齢ラットの0.1%サッカリン溶液に対するフレーバー学習期の摂取量。CS+の香りの水(CS+w)と、CS-の香りの水(CS-w)に対する15分間の平均摂取量±SEM。* $P < 0.05$

図3Aに離乳期ラットにおけるフレーバー嗜好学習後のテスト期における平均摂取量を示す。サッカリン溶液と連合した香りのついた水(CS+w)を蒸留水と連合した香りのついた水(CS-w)より有意に多く摂取した($P < 0.01$ t -test)。すなわち、水と連合した香りよりサッカリンと連合した香りを好んだ(嗜好比率、66%)ことから、離乳期ラットはフレーバー嗜好学習を獲得したことが示された。

Bは、離乳期ラットにおける0.1%サッカリン溶液と水に対する2ピン選択実験の平均摂取量を示す。0.1%サッカリン溶液は、水よりも有意に摂取量が多く($P < 0.01$)、その嗜好比率は73%であった。更に、実験1に用いた3週齢のラットを20週齢(平均体重±SEM、243.0±28.7g)まで成長させた後、実験1と同様のテストと0.1%サッカリンと水の2ピン選択の実験を行った。Cは、実験1のラットを20週齢まで成長させた時点での、CS+wとCS-wに対する平均摂取量を示す。CS-wの香りよりもCS+wの香りを好む傾向にあったが(嗜好比率、59%)、有意差は認められなかった($P = 0.46$)。成長後はフレーバー嗜好学習を保持していないことを示している。

Dは、実験1のラットを20週齢まで成長させた時点での0.1%サッカリン溶液と水の2ピン選択実験における平均摂取量を示す。0.1%サッカリン溶液を水よりも有意に好んだ($p < 0.01$)。嗜好比率は71%であり、離乳期ラットの73%とほぼ同じであった。

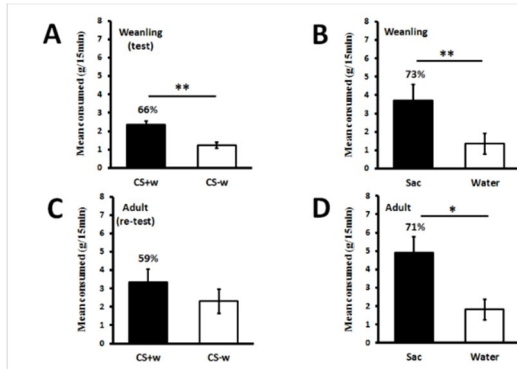


図3(A) 3週齢ラットの0.1%サッカリン溶液に対するフレーバー学習獲得後のテスト期の摂取量±SEM。** $P < 0.01$

(B) 3週齢ラットの0.1%サッカリン溶液と水に対する15分間の平均摂取量±SEM。** $P < 0.01$

- (C) 20 週齢まで成長させた時点での 0.1% サッカリン溶液に対するテスト期の摂取量 \pm SEM。
- (D) 20 週齢まで成長させた時点での 0.1% サッカリン溶液と水に対する 15 分間の平均摂取量 \pm SEM。* $P < 0.05$

実験 2 は、行動実験とは別に 3 週齢の Wistar 系雄性ラット 5 匹を用い、ペントバルビタール麻酔下で通法⁷⁾に従い、鼓索神経束から電気生理学的手法により味応答を記録した。図 5 は、3 週齢ラットから得られた鼓索神経積分応答の例である。0.1% サッカリンの応答は、等しい嗜好性を示す (未発表) 2% スクロースより大きな応答を示すこと、Na チャネル阻害薬のアミロライドの存在下でむしろ応答が大きくなることなどが明らかとなった。0.1M NH_4Cl の応答量に対する相対値として 5 匹の平均応答量 \pm SEM を示すと、0.1M NaCl、0.1M NaCl+0.1mM アミロライド、0.1% サッカリン、0.1% サッカリン+0.1mM アミロライド、2% スクロース、30% スクロースに対して、それぞれ 1.6 ± 0 、 0.9 ± 0.1 、 0.4 ± 0.1 、 0.5 ± 0.1 、 0.1 ± 0 、 0.9 ± 0.1 という値であった。0.1% サッカリンは 2% スクロースより約 4 倍大きな応答量を示した。

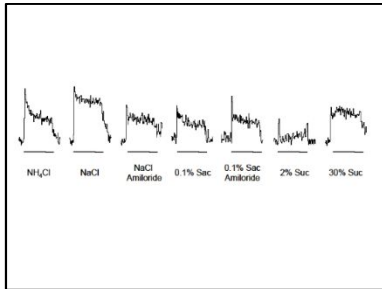


図 4 3 週齢ラットから得られた各種味刺激に対する鼓索神経応答。Sac : サッカリン、Suc : スクロース

以上、本研究結果をまとめると、フレーバー嗜好学習の獲得は、エネルギー摂取効果によるものか、好ましい味覚効果によるものかを探るために、ノンカロリーでスクロース溶液と同等の嗜好性を持つサッカリン溶液を用いたところ、離乳期ラットはサッカリンの味でフレーバー嗜好学習を獲得することがわかった。しかし、20 週齢まで成長させたあとではその学習を記憶していなかった。離乳期ラット、成熟ラットともにサッカリンに対して高い嗜好性を示したことから、学習獲得には好ましい味覚情報のみでは長期の学習効果は得られないこと、長期学習には摂取後のエネルギー摂取効果が重要であることが示唆された。

次に、各種濃度のグルコース、フルクトース、ラクトースなどの糖溶液を摂取させた後、グレープとチェリーの香りの水を 2 ビン法として与え、その飲み量から学習獲得能を評価した。先行研究の 2% スクロースと同様に、2% グルコース溶液と連合した香りに嗜好学習を獲得し、ガラクトース、フルクトース、ラクトース溶液では学習が認められなかった。また、3 週齢で学習を獲得したフレーバー嗜好学習は 20 週齢においても保持していた。

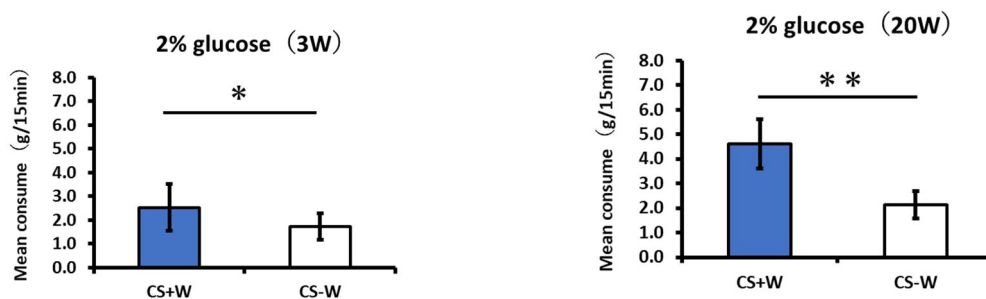


図 5(左) 3 週齢ラットの 2 グルコース溶液に対するフレーバー学習獲得後のテスト期の摂取量 \pm SEM。* $P < 0.05$

(右) 20 週齢ラットの 2 グルコース溶液に対するフレーバー学習獲得後のテスト期の摂取量 \pm SEM。** $P < 0.01$

10%濃度のグルコース溶液では嗜好学習を獲得し、ガラクトース、フルクトース、ラクトース溶液では連合した香りに嫌悪学習を獲得した。成長後もその学習を保持していた。

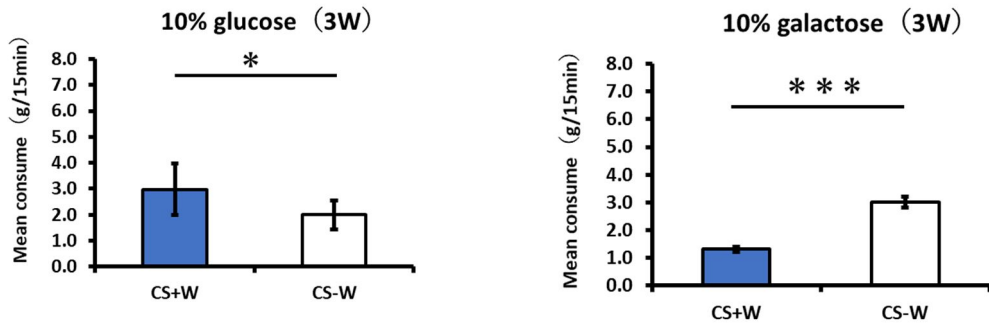


図6(左) 3週齢ラットの10%グルコース溶液に対するフレーバー学習獲得後のテスト期の摂取量±SEM。* $P < 0.05$
 (右) 3週齢ラットの10%ガラクトース溶液に対するフレーバー学習獲得後のテスト期の摂取量±SEM。*** $P < 0.001$

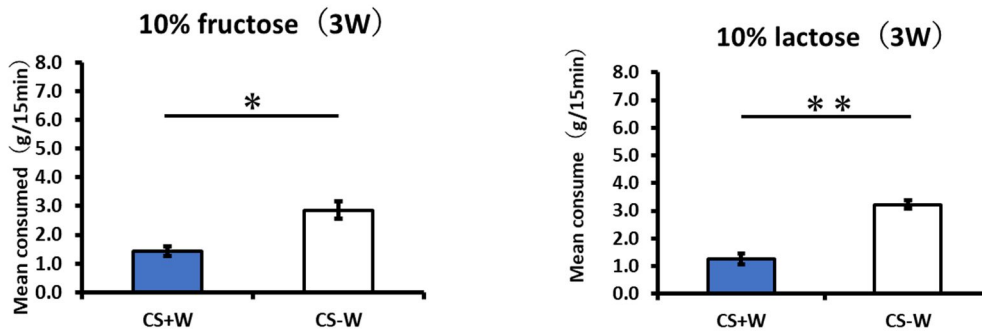


図7(左) 3週齢ラットの10%フルクトース溶液に対するフレーバー学習獲得後のテスト期の摂取量±SEM。* $P < 0.05$
 (右) 3週齢ラットの10%ラクトース溶液に対するフレーバー学習獲得後のテスト期の摂取量。CS+の香りの水(CS+w)と、CS-の香りの水(CS-w)に対する15分間の平均摂取量±SEM。** $P < 0.01$

これらの結果から、糖の種類と濃度によりフレーバー嗜好学習は獲得されるが、濃度が濃くなると不快感を呈し、嫌悪学習に結び付くこと、その学習効果は成長後まで保持されることが分かった。幼若期特有の食嗜好性を考慮した食事を与えることが重要であることが実証された。

<引用文献>

上地加容子、山本 隆：幼若ラットと成熟ラットにおけるフレーバー嗜好学習について。味と匂誌 17, 285-288(2010)
 上地加容子、山本 隆：幼若ラットにおける嗜好学習と溶液濃度の関連性について。味と匂誌 18, 315-318(2011)
 Yamamoto T, Ueji K: Brain mechanisms of flavor learning. *Front Sys Neurosci* 5, 1-7 (2011)
 Ueji K, Yamamoto T: Flavor learning in weanling rats and its retention. *Physiol Behav* 106, 417-422 (2012)
 上地加容子、山本 隆：幼若ラットにおける嗜好学習と溶液濃度の関連性について。味と匂誌 19, 389-392(2012)
 上地加容子、山本 隆：幼若ラットと成熟ラットにおける高濃度甘味溶液に対する嗜好性について。味と匂誌 20, 229-302(2013)
 Yamamoto T, Kawamura Y: A model of neural code for taste quality. *Physiol Behav* 9, 559-563(1972)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Yuji Minematsu, Kayoko Ueji and Takashi Yamamoto	4. 巻 8
2. 論文標題 Activity of frontal pole cortex reflecting hedonic tone of food and drink: fNIRS study in humans	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-018-34690-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 上地加容子・山本 隆	4. 巻 第51回大会Proceeding集
2. 論文標題 幼若ラットにおけるうま味と連合したフレーバー学習の獲得とその成因について	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本味と匂学会誌	6. 最初と最後の頁 47 - 50
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山本 隆	4. 巻 23
2. 論文標題 離乳期のフレーバー学習について	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 日本味と匂学会誌	6. 最初と最後の頁 103 - 109
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ueji K, Minematsu Y, Takeshita D, Yamamoto T.	4. 巻 41
2. 論文標題 Saccharin Taste Conditions Flavor Preference in Weanling Rats.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Chem. Senses	6. 最初と最後の頁 135-141
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 上地加容子
2. 発表標題 幼若ラットにおける甘味のフレーバー学習効果について
3. 学会等名 日本栄養食糧学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上地加容子・山本 隆
2. 発表標題 幼若ラットにおけるうま味のフレーバー学習効果について
3. 学会等名 第71回日本栄養・食糧学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 上地加容子・山本 隆
2. 発表標題 幼若ラットにおけるうま味と連合したフレーバー学習の獲得とその成因について
3. 学会等名 第51回日本味と匂学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 上地加容子・山本 隆
2. 発表標題 食べ物の嗜好性による脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化の分析
3. 学会等名 第64回日本栄養改善学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 上地加容子・山本 隆
2. 発表標題 幼若ラットにおけるうま味と連合したフレーバー学習効果について
3. 学会等名 第56回日本栄養・食糧学会近畿支部大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 上地 加容子 山本 隆
2. 発表標題 幼若ラットにおけるうま味溶液を用いたフレーバー嗜好学習について
3. 学会等名 第70回日本栄養・食糧学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 上地 加容子 山本 隆
2. 発表標題 Conditioned flavor preferences with umami solutions in weanling rats
3. 学会等名 17th International Symposium on Olfaction and Taste
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 峰松祐至、上地加容子、山本 隆
2. 発表標題 食べ物の味と嗜好性による脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化の分析
3. 学会等名 第14回日本栄養改善学会近畿支部
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 小西佳奈、上地加容子、山本隆
2. 発表標題 子どもの食嗜好性と畿央大学式味覚テストによる味覚感受性の検討
3. 学会等名 第14回日本栄養改善学会近畿支部
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 上地加容子、山本 隆
2. 発表標題 コハク酸によるおいしさの増強効果についての検討
3. 学会等名 第62回日本栄養改善学会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 上地加容子、山本 隆
2. 発表標題 Various food stuffs interact with umami substances ; a human sensory test-
3. 学会等名 第12回アジア栄養学会議
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 山本 隆	4. 発行年 2017年
2. 出版社 建帛社	5. 総ページ数 167
3. 書名 楽しく学べる味覚生理学 : 味覚と食行動のサイエンス	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	峰松 祐至 (MINEMATSU Yuji) (30712096)	畿央大学・健康科学部・特任助教 (34605)	
研究分担者	山本 隆 (YAMAMOTO Takashi) (60028793)	畿央大学・健康科学部・教授 (34605)	