

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H01606

研究課題名（和文）持続的食生活確立のための農産物・昆虫素材の高品質化および社会的普及

研究課題名（英文）Quality Improvement and Social dissemination of Agricultural Products- and Insects-derived Materials aiming at the Sustainable Food Life

研究代表者

松村 康生 (Matsumura, Yasuki)

京都大学・生存圏研究所・研究員

研究者番号：50181756

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、農産物及び昆虫由来の素材の機能特性や生理機能を検証することにより、その食品加工素材としてのポテンシャルを評価した。

農産物微粒子については、増粘剤やPickering乳化剤としての機能を有することを明らかにした。セルロースあるいはキチンナノファイバーについては、その腸管における流動挙動および腸内細菌叢、生理学的パラメーターに与える効果に関する解析により、腸管免疫の賦活化に寄与する可能性を示した。昆虫素材である蚕蛹については、小麦粉製品における小麦粉代替効果やゲル化素材としての有用性を見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

農産物や昆虫素材から製造された微細化粒子については、これまで加工食品に添加する応用例は多いものの、その物性改変効果などについて学術的に機構解明した例はほとんどなかった。本研究により、これら微粒子の加工特性がどのように発現し、どのような要因で制御されているのか、明らかにすることが出来た。さらに、食品素材由来の高分子ナノファイバーの腸管における流動挙動を観察し、その腸内環境や代謝系に与える影響を、初めて明らかにした。

以上の成果は、農産物や昆虫由来の素材の食品加工への利用を強力に推進するための基盤的データを提供するものであり、食料不足問題の解決に対し大いに貢献するものであることを確信している。

研究成果の概要（英文）：In this project, we evaluated the potential of agricultural products- and insects-derived materials for food application. Atomized particles of agricultural products were shown to have functions as thickening agents and Pickering type emulsifiers. Cellulose and chitin nanofibers exhibited the possibility that they contribute to the activation of gut immune system by analyzing the flow behavior in gut as well as the effects on microbiota and physiological parameters of nanofibers. We found that silkworm pupae-derived materials can be used as gelling agents and a substitute for wheat flour in wheat products.

研究分野：食品科学、コロイド科学、界面科学、食品構造学、タンパク質化学

キーワード：加工・調理 農産物微粒子 蚕蛹パウダー セルロース・キチンナノファイバー 乳化 増粘剤 腸内環境 消化管におけるイメージング

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

2030年に世界の人口は90億人に達すると予想されており、深刻な食料不足が懸念されている。その解決のためには、牛肉などの生産に膨大なエネルギーを要する食材の摂取量を減らし、植物性の素材を人の食物として利用する割合を大きくする必要がある。一方、農産物のみでは気候条件の悪化などの環境要因、栄養成分のアンバランスなどの健康要因に対処できるか不安が残る。そこで、家畜動物に比べ生産効率に優れ、良質なタンパク質、脂質、ビタミン、ミネラルを豊富に含む昆虫の食料化にも期待がもたれている。しかしながら、野菜を中心に植物素材の摂取は低下の傾向にあり、昆虫素材も、外観やイメージなどの点で一般消費者に広く受け入れられるには至っていない。そのような状況の下、様々な調理・加工技術を用いることにより、これまで以上に農産物、昆虫の活用度を高め、人々の持続的な食生活を維持するための魅力的な素材を創出することが求められていた。

### 2. 研究の目的

本研究では、穀類、豆類、野菜類、キノコ類などの農産物及び昆虫由来の素材の機能特性や腸内環境に与える効果を検証することにより、その食品加工素材としてのポテンシャルを評価することを目的とした。そのために、食品加工【松村・松宮】、調理【香西・宮本】、生理機能【谷】の専門家が、それぞれの強みを活かしながら協力して研究を進める体制を構築した。

### 3. 研究の方法

#### (1) 農産物微粒子の調製及びその調理・加工特性の検討

##### 農産物微粒子の調製

玄米、白米、トウモロコシ、カボチャ、レンコン、干し椎茸、ゴボウ、大豆をドライバーストおよび小型微細化機を用いて粉碎し、微細化粉末を得た。市販の微粒子試料(市販パウダー)としてカボチャ、紫イモ、ニンジン、レンコン、ショウガ、ユズ(外皮)、レモン(外皮)、トウモロコシ、ほうれん草、小松菜、ブロッコリー、ゴボウの微粒子(三笠産業株式会社)、うるち玄米、ヒジキ微粒子(株式会社いせこ)を購入した。以上は主として調理特性に用いた素材である。それとは別に、微粒子による乳化を検討する目的でウメとアボカド微粒子を購入した。試料の微粒子の粒度分布はレーザー回折式粒度分布測定装置を用いて測定し、粒子径を求めた。

##### 農産物微粒子の調理特性の検討

微細化パウダーに関しては、加熱粘性試料の調製は、脱イオン水蒸留水に微細化粉末試料を3.8~10.7%加え、均一に分散させ、ホットスターラーで300rpmで20分間加熱攪拌し、放冷後目開き600 $\mu$ mの篩を通した。粘性特性の測定はコーンプレート式E型回転粘度計で行い、流動特性を調べ、ずり応力および粘度を算出した。市販パウダーについては、さらに高濃度の流動特性も観察した。

##### アボカド及びウメ微粒子の Pickering 乳化

アボカド、ウメ微粒子の Pickering 乳化<sup>1)</sup>が可能かどうかを検証するために、それぞれのパウダーの最終濃度を2%に固定化し、油の濃度を様々に変化させてエマルジョンが調製できるのか観察を行った。水相と油相はヒスコトロンを用いて混合した後、均質化装置を用いて微細化することによってエマルジョンを調製した。その際に、それぞれのパウダーを水相、油相に添加し、どちらに分散させた時に優れた乳化特性が得られるのか検討した。

#### (2) 高分子ナノファイバーの腸内環境及び代謝系に与える影響

##### ナノファイバーの蛍光標識及び消化管におけるイメージング

カルボキシメチルセルロースナノファイバー(CMC-NF)に3-Bromopropylamine Hydrobromideを添加してアミノ基導入を行った。アミノ化したCMC-NFを、NHS-フルオレセインまたはNHS-IRDye800を添加し、蛍光標識CMC-NFを調製した。キチンナノファイバー(CHI-NF)は、NHS-IRDye800と反応させて蛍光標識した。

8週齢の雄 ddY マウスを予備飼育後、5日間食餌制限を与えた。明期の15分間と、暗期に入った直後の2時間のみ給餌した。時間制限給餌を行ったマウスにIRDye800で標識したナノファイバーを経口投与して一定時間後に消化管を摘出し、近赤外蛍光イメージングにより消化管内での分布を解析した。内容物の分布はLAS4000により透過画像を撮影した。画像処理はImageJを用いて行った。透過画像において消化管の中心に多数の点をプロットし、これらの点を結んだROI上の輝度を数値化して輝度値のグラフを作成した。また、小腸と胃の幽門の境界を0、肛門を1として、小腸から肛門までの長さを規格化した。各規格化長さでの輝度値を積算した合計値を1とし、輝度についても規格化を行った。

##### ナノファイバー投与が腸内細菌叢と代謝に与える影響

時間制限給餌を行ったマウスに対して、2g/kg-b.w.グルコースを投与する時間を0分として、その所定時間前に生理食塩水または0.9%IRDye800-CMC-NFを投与し、その後、経時的に血糖値の測定を行った。また、グルコースの代わりに、レシチンを乳化剤として配合した2.5g/kg-b.w.コーン油を投与し、同様に経時的に血漿中のトリグリセリド量を測定した。

4週齢の雄 C57BL/6 マウスに、 $\alpha$ -セルロースまたは解繊度の違う2種類のCMC-NFを含む高

脂肪高シヨ糖食 (HFHSD) を 8 週間給餌した。飼育期間中の体重と摂食量を測定した。糞便を回収し、粉碎処理後、0.1% Tween20 含有 PBS で抽出された上清に含まれる IgA 量を ELISA 法により定量した。摘出した盲腸から内容物を回収し、腸内細菌叢の組成を 16S rRNA メタゲノム解析により、短鎖脂肪酸量をガスクロマトグラフィー質量分析により解析した。

### (3) 昆虫素材の食品加工への応用可能性

#### 蚕蛹粉の小麦粉製品における小麦粉代替効果

蒸しパン、パウンドケーキの小麦粉の一部を蚕蛹粉 (以下蚕パウダー) に置換し製造したものと、きな粉、そば粉、米粉、片栗粉に置換し製造したものとの間で、形状、膨化などを比較した。蚕パウダー、低脂肪蚕パウダーおよびきな粉に置換した試料は、焼成前の生地粘度および焼成後の物性測定を行うとともに、置換できる割合の検討を行った。

#### 蚕蛹由来の素材の機能特性の検討

冷凍保存した蚕蛹の殻と中身を分離し、中身について、その加熱ゲル化性および泡沫特性を検討した。また、脱脂した蚕蛹粉よりタンパク質の効率的な抽出法の確立を試みた。

## 4. 研究成果

### (1) 農産物微粒子の調製及びその調理・加工特性の検討

#### 農産物微粒子の調製

微細化試料の粒度分布測定および顕微鏡観察より平均粒子径は 20~30 μm 程度であった。市販パウダーのメジアン径はヒジキが 7 μm と最も小さく、他は 13~19 μm の範囲にあり、微細化試料のメジアン径 6~74 μm より範囲が狭かった。

#### 農産物微粒子の調理特性の検討<sup>2)</sup>

微細化試料に関して、加熱後の分散液の粘性係数は、濃度が高いほど大きく、粘度と濃度は、ほぼ直線関係があった。レンコン以外の試料では粘度変化に対する濃度の影響が馬鈴薯デンプンより小さいことが示唆された。流動性指数は濃度によらず同一試料内では同程度の数値を示す傾向がみられ、微粒子の素材によってほぼ一定の値を持つことが示唆された。レンコンの 0.69 が最も大きく、トウモロコシの 0.28 が最も小さく、他はこの範囲にあった。粘度の温度依存性をアンドレードの式に近似させた結果、高い相関がみられた。レンコン以外の試料では馬鈴薯デンプンより温度依存性が小さく、調理後の温度低下による粘度上昇が緩やかであった。レンコンと馬鈴薯デンプンは温度低下に伴う粘度上昇が大きかった。さらに微細化試料は馬鈴薯デンプンにみられる食塩添加による粘度低下がないことが明らかになった。以上より、微粒子の加熱粘性試料の粘性は濃度依存性と温度依存性が馬鈴薯デンプンより小さく、食塩の影響も少ないことから調理操作と調理後の変化ともに扱いやすいことが明らかになった。

市販パウダーについても同様の検討を行った。加熱粘性試料で粘性が得られたのは玄米、紫イモ、カボチャ、ショウガ、レンコン、ニンジン、ユズ、レモンであり、添加量を増やすとどの試料も流動性がなくなってペースト状にまとまり、攪拌すると流動性をもつ特徴が認められた。流動性がなくなる (ゲル化) 濃度は試料により異なり、玄米、紫イモ、ショウガは 10.7~12.3%、ニンジン、レモンは 15.3~16.7%、カボチャ、ユズで 18%、レンコンは 18% 以上であった。粘性特性をみると市販パウダーも濃度が高くなるほどヒステリシスループが大きくなったことから微細化することで加熱粘性試料はチキソトロピーの性質を示すと考えられた。市販パウダーの加熱粘性試料と (1) の微細化試料のその粘度を比較すると、レンコンを除き市販パウダーのほうが小さい傾向にあり、同じ食材であっても内部構造が脆弱傾向にあることが示唆されたが、冷凍耐性は確認できた。以上より、市販パウダーは食品由来の色や香りを付与でき、微粒子の特徴を活かした増粘剤となりうるということが明らかになった。

#### アボカド及びウメ微粒子の Pickering 乳化

微粒子濃度を 2% に固定化して油濃度を増やしていった場合、ウメについては、水相・油相どちらに添加した場合でも 60% の油を乳化するのが限界であった。一方、アボカドの場合は、水相に微粒子を分散して乳化した場合は、やはり 60% が限界であったが、油相に添加した場合には、70% の油からもエマルションを調製することが可能であった。図 1 に 種々の濃度の油を加えて調製したエマルションの平均粒子径を示す<sup>3)</sup>。粒子の添加相に関わらず、アボカドの方が、どの油濃度でも平均粒子径が小さく、より小さな油滴が生成していたこと、すなわち乳化力に優れていることを示す。興味深いことに、ウメの場合は、水相添加の方が、アボカドの場合は、油相添加の方が、

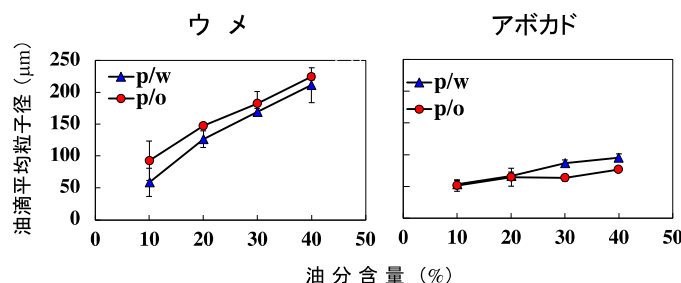


図1 ウメ及びアボカド微粒子を用いて調製したエマルションの平均粒子径  
微粒子の最終濃度は2%、油分含量は0~40%。  
(p/w)は微粒子を水相に、(p/o)は油相に分散した場合。

より小さな平均粒子径を示した。これらエマルションを 2 週間保存した際には、ウメの方は、油に粒子を添加したエマルションが、水相添加に比べ不安定化の程度が大きかったのに対し、アボ



カドでは、油相添加エマルションの方がより高い安定性を示した（データ示さず）。以上の結果より、果実微粒子はPickering粒子として働き、油を乳化できること、そして、その効果は添加する相によって違いが生じることを明らかにした。その原因として、ウメの場合は親水性成分が多い一方で、アボカドの場合は親油性成分に富むことから、それぞれの成分の水や油への親和性に由来すると考えられる。その後の研究で、アボカドのエマルションを対象として、水相のpHや塩濃度がエマルションの安定性に及ぼす影響を検討したところ、水相にアボカド粒子を分散して乳化したエマルションの方が、油相に分散したものに比べて、pHや塩濃度の影響を受けやすい、すなわち不安定化を生じやすいことも明らかにしている<sup>4)</sup>。以上の結果から、食品加工で使用される様々な条件下でPickeringエマルションを調製する場合、その添加相を選択することでエマルションの安定性を制御出来ることを明らかにした。

## (2)高分子ナノファイバーの腸内環境及び代謝系に与える影響

### ナノファイバーの蛍光標識及び消化管におけるイメージング

食物繊維は、近年、第六の栄養素としてその健康機能が着目されている<sup>5, 6)</sup>。谷らのグループは、植物由来セルロースの誘導体であるCMC-NFを高脂肪食に混ぜて長期摂取すると、脂肪の蓄積が抑制されることを見出してきた。本研究では、消化管内でのCMC-NFの流動挙動と栄養素の吸収の関係を明らかにするために、CMC-NFの蛍光標識手法を開発し、消化管内におけるCMC-NFの流動挙動を可視化した。また、昆虫由来CHI-NFの流動挙動についても解析した。

CMC-NFへのアミノ基の導入によりCMC-NFの粘度値は低下したものの、アミノ基に蛍光色素を付加した際に、粒度分布や粘度値が大きく変化することはなかった。CHI-NFについては、NHS-IRDye800を用いて蛍光標識したが、物性評価において微アルカリ溶液下ではCHI-NFの粘度が高くなり、また粒子径も大きくなることが判明した。

時間制限給餌マウスにおいて消化管内でのIRDye800標識ナノファイバーの近赤外蛍光イメージング解析に成功した（図2）。内容物の分布は、小腸の上流では一塊として移動しており、

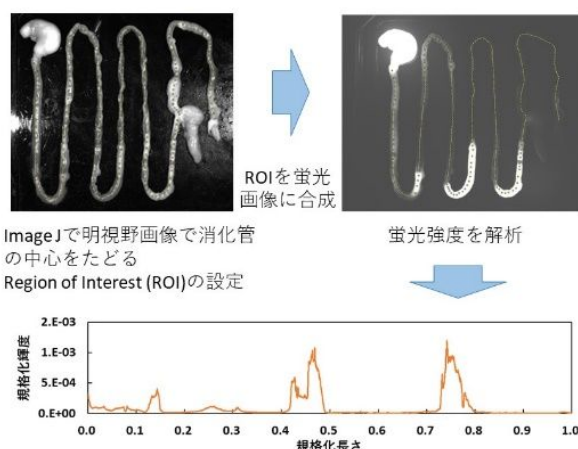


図2 マウス腸管内を移動する蛍光標識ナノファイバーの可視化

その移動速度は粘度に依存していたが、下流側においては、複数の塊に分散して移動しており、上部に比べ粘度の影響は小さくなっていた。一方、CHI-NFの場合は、3種類の異なる濃度で比較したところ、濃度による流れ挙動の差が見られなかった。また、同濃度のCMC-NFを用いて投与15分後の挙動を比較した結果、両者の挙動が明らかに異なることが判明した。

ナノファイバー投与が腸内細菌叢と代謝に与える影響

CMC-NFの流動挙動が糖と脂質の吸収に及ぼす影響を調べた結果、グルコースを投与する15、5、1.5分前に0.9%のIRDye800-CMC-NFを

投与しても、血糖値の上昇を有意に抑制することはなかった。一方で、IRDye800-CMC-NF投与の1.5分後、すなわち、CMC-NFが胃の直下に存在する条件下でコーン油を投与した際には、血中トリグリセリド濃度の上昇抑制が見られたが、CMC-NFがさらに下流側に進んだ、投与の5分後にコーン油を投与した場合には抑制効果はほとんど見られなかった。この結果から、CMC-NFの消化管内での位置を制御することで、脂質の吸収を抑制できることを見出した。

HFHSDの摂食量は3群間で差は観察されなかったものの、体重はCMC-NF群において低値を示した。糞便中のIgA量はCMC-NF群において増加傾向を示した。短鎖脂肪酸の全量においてもCMC-NF群において有意に差があったが、これらの指標に対しては解繊度の違いによる差は見られなかった。しかし、腸内細菌叢の比較では、 $\alpha$ -セルロース群に対してCMC-NFの2群は大きく異なり、また、解繊度の違いによっても有意に2つのクラスターに分類された。これらの結果から、解繊されたCMC-NFは太い繊維と比較して腸内環境を改善することが示され、腸管免疫の賦活化にも寄与する可能性を示唆した。

## (3)昆虫素材の食品加工への応用可能性（本研究の成果については特許出願準備中であるため、具体的なデータは示さず、表と文章のみの内容となる）

### 蚕蛹粉の小麦粉製品における小麦粉代替効果

組成中の小麦粉を各粉（蚕パウダー、きな粉、そば粉、米粉、片栗粉）に50%置換および100%置換した蒸しパンの膨化率をコントロールと比較した。蚕パウダー、きなこ、片栗粉100%置換では脆く崩れ、膨化率算出ができなかったが、50%置換では蚕パウダーが、他の代替粉よりも膨化率を保持していた。一方、パウンドケーキでは、片栗粉100%置換で膨化率が減少を示したが、その他の粉、配合率では膨化率の大きな減少は示さず、蚕パウダーでも置換が可能であった。

以上の結果を踏まえ、蚕パウダー、低脂肪蚕パウダーおよびきな粉を小麦粉と置換した試料の焼成前生地粘度および焼成後物性測定を行い、蚕パウダーの置換できる割合検討を行った。蒸しパンでは、焼成前の生地粘度を比較したところ、蚕パウダーおよび低脂肪蚕パウダーでは置換率が高くなるほど粘度は減少したが、40%置換まではコントロールと比較して差が認められなかった。一方、きな粉は置換率が高くなるほど固くなる性状を示した。焼成後の生地物性では、40%置換までは蚕パウダー、低脂肪蚕パウダーともに荷重が低下するもののコントロールと同様の傾向を示したが、40%置換率を超えると、蚕パウダーでは硬く脆い様子が観察され、低脂肪蚕パウダーでは歪みのピークが認められず、弾力がなく脆い蒸しパンとなっていた。パウンドケーキでは全ての粉において、置換率が高くなるにつれ粘度が減少し、なかでも蚕パウダーは顕著に減少を示した。焼成後の物性比較では、全ての置換率で固さが減少していたが、全ての粉においては40%置換率までわずかに生地弾力を保つ傾向が見受けられた。

表1 使用した粉の成分

|          | エネルギー<br>(kcal) | タンパク質<br>(g) | 脂質<br>(g) | 炭水化物<br>(g) |
|----------|-----------------|--------------|-----------|-------------|
| 薄力粉      | 350             | 8.0          | 1.5       | 76.0        |
| 蚕蛹粉      | 551             | 54.7         | 35.3      | 3.5         |
| 蚕蛹粉(低脂肪) | 454             | 73.6         | 17.1      | 1.3         |
| きな粉      | 443             | 35.5         | 22.2      | 34.3        |

以上の結果および表1に示す粉の成分値より、蒸しパンでは、生地に加える水分が多いことから、置換率が高くなるほど小麦粉中のグルテン減少により、ふんわり感がなく、崩れやすくなる。きな粉が40%まで形状を維持したのはきな粉に含まれる炭

水化物量が影響している可能性が考えられた。また、パウンドケーキでは、蚕パウダーに含まれる脂質含量の高さが生地粘度を緩めているが、焼成時には生地中の気泡を膨化させやすい状態となったのではないかと考えられた。また、物性測定においてコントロールとよく似た物性を示したきな粉は、きな粉中の炭水化物量が生地の固さを保持したが、きな粉に含まれる脂質により脆さも加えられたと考えられた。蚕パウダーおよび低脂肪蚕パウダーを添加したパウンドケーキの硬く脆い形状は、両者の粉中のタンパク質含量が高いことに起因している可能性も考えられた。これらの結果より、蚕パウダーを用いた蒸しパン、パウンドケーキの調製では、小麦粉との粉置換率は40%までが適当であると示唆された。

#### 蚕蛹由来の素材の機能特性の検討

蚕蛹を食品加工に応用するためには、その機能特性を明らかにする必要がある。冷凍保存した蛹に対して圧力を加えることにより、キチン質に富む外殻とタンパク質に富む中身を効率的に分離した。中身について、均質化処理を施した後、加熱することによりゲル化するかどうか検討を行った。ある温度を境としてゲル化することが確認され、この温度が蚕蛹タンパク質の変性温度である可能性が示唆された。ゲルの物性は卵白や乳清タンパク質ゲルに近い挙動を示した。また、均質化した中身に対して空気を含ませるように攪拌をした場合、十分に泡立つことが確認された。以上のように、蚕蛹の中身は、ゲル化性や泡沫特性など機能特性に富む成分からなることが示唆された。また、蚕蛹粉末より効率的にタンパク質を抽出する条件を見出した。今後、大量にタンパク質を分離し、その機能特性を他の食品タンパク質と比較検討する必要がある。

#### <引用文献>

- 1) Wang et al. (2015) Fabrication and Characterization of antioxidant Pickering emulsions stabilized by zein/chitosan complex particles (ZCPs). *J. Agric. Food Chem.*, **63**(9), 2514-2524.
- 2) 谷澤容子その他. (2020). 各種農産食品微粒子の起泡素材および乳化素材としての食品加工・調理への利用. *日本調理学会誌*, **53**, 319-329.
- 3) H. Hsinhsuan et al. (2021) Utilization of dried Japanese apricot fruit powders as an emulsifying agent: The importance of the powder-dispersed phase in emulsification. *J. Food Engineer.*, 294, 110411 (全12ページ).
- 4) H. Hsinhsuan et al. (2021) Effects of powder -added phase on emulsifying properties of avocado powder under acidified and salted conditions. *Colloids Surfaces. (A):Physicochemical and Engineering Aspects*, 625, 126848 (全13ページ).
- 5) Weickert MO. & Pfeiffer AF. (2018) Impact of dietary fiber consumption on insulin resistance and the prevention of type 2 diabetes. *J. Nutr.*, **148**(1), 7-12.
- 6) van der Gronde T. et al. (2016) Systematic review of the mechanisms and evidence behind the hypocholesterolaemic effects of HPMC, pectin and chitosan in animal trials. *Food Chem.*, **199**, 746-759.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| 1. 著者名<br>Ho Hsinhsuan, Ishii Toya, Matsumiya Kentaro, Iwasa Maki, Matsumura Yasuki  | 4. 巻<br>294                 |
| 2. 論文標題<br>Utilization of dried Japanese apricot and avocado fruit powders as an emulsifying agent: The importance of the powder-dispersed phase in emulsification | 5. 発行年<br>2021年             |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Food Engineering  | 6. 最初と最後の頁<br>110411-110411 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.jfoodeng.2020.110411   | 査読の有無<br>有                  |
| オープンアクセス<br>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<br>-                   |
| 1. 著者名<br>Ho Hsinhsuan, Ishii Toya, Matsumiya Kentaro, Nambu Yuko, Matsumura Yasuki  | 4. 巻<br>625                 |
| 2. 論文標題<br>Effects of powder-added phase on emulsifying properties of avocado powder under acidified and salted conditions   | 5. 発行年<br>2021年             |
| 3. 雑誌名<br>Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects   | 6. 最初と最後の頁<br>126848-126848 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.colsurfa.2021.126848   | 査読の有無<br>有                  |
| オープンアクセス<br>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<br>-                   |
| 1. 著者名<br>松村康生、石井統也  | 4. 巻<br>95(1)               |
| 2. 論文標題<br>食品微粒子による界面安定化 乳化系を対象として   | 5. 発行年<br>2021年             |
| 3. 雑誌名<br>科学と工業  | 6. 最初と最後の頁<br>23-32         |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>無                  |
| オープンアクセス<br>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<br>-                   |
| 1. 著者名<br>松村康生   | 4. 巻<br>226(2)              |
| 2. 論文標題<br>エマルション研究開発における新しいアプローチ -構造の形成、維持、崩壊の視点から  | 5. 発行年<br>2021年             |
| 3. 雑誌名<br>FFIジャーナル (食品・食品添加物研究誌)   | 6. 最初と最後の頁<br>101-104       |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>無                  |
| オープンアクセス<br>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<br>-                   |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>石井統也、松宮健太郎、松村康生              | 4. 巻<br>26(2)         |
| 2. 論文標題<br>食品分野における微粒子乳化の最前線           | 5. 発行年<br>2021年       |
| 3. 雑誌名<br>FFIジャーナル(食品・食品添加物研究誌)        | 6. 最初と最後の頁<br>118-129 |
| 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)<br>なし          | 査読の有無<br>無            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>谷澤容子、矢吹実奈子、石井統也、松宮健太郎、松村康生、香西みどり      | 4. 巻<br>53            |
| 2. 論文標題<br>各種農産食品微粒子の起泡素材および乳化素材としての食品加工・調理への利用 | 5. 発行年<br>2020年       |
| 3. 雑誌名<br>日本調理科学会誌                              | 6. 最初と最後の頁<br>319-329 |
| 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

[学会発表] 計7件(うち招待講演 1件/うち国際学会 1件)

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>篠倉 美香、高橋 路子、吉田 和利、宮本 有香、木村 万里子 |
| 2. 発表標題<br>豆粉添加パンの食後血糖上昇抑制効果とその影響因子       |
| 3. 学会等名<br>日本栄養食糧学会 近畿支部大会                |
| 4. 発表年<br>2021年                           |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>谷史人                            |
| 2. 発表標題<br>新規機能性食素材としてセルロースナノファイバーは役立つのか? |
| 3. 学会等名<br>2020食品工業倶楽部月例会(招待講演)           |
| 4. 発表年<br>2020年                           |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>前川和響、新谷 祈、辻 雄大、蕙澤 崇、池川雅哉、谷 史人       |
| 2. 発表標題<br>イメージング質量分析法を用いた大豆オイルボディーの消化分解過程の可視化 |
| 3. 学会等名<br>第45回日本医用マスメクトル学会年会                  |
| 4. 発表年<br>2020年                                |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Nuntanut Popuang, Takenobu Ogawa, Fumito Tani   |
| 2. 発表標題<br>Reversibility of cellulose nanofibers in the presence of trehalose between wet and desicated states |
| 3. 学会等名<br>2019 International Conference on Nanotechnology for Renewable Materials (国際学会)                      |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|                                     |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>山本彩葉、小川剛伸、谷 史人           |
| 2. 発表標題<br>蛍光標識したナノファイバーの消化管内動態の可視化 |
| 3. 学会等名<br>日本食品科学工学会第66回大会          |
| 4. 発表年<br>2019年                     |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>松田玲奈、山野上実希、小川剛伸、谷 史人             |
| 2. 発表標題<br>セルロースナノファイバーの経口投与が糖質と脂質の吸収に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名<br>日本食品科学工学会第2回関西支部大会               |
| 4. 発表年<br>2019年                             |



|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>西村真歩、藤原夏陽、西村公雄、宮本有香                             |
| 2. 発表標題<br>スーパーオキシドアニオンラジカル発生源添加によるパン生地品質改良効果について          |
| 3. 学会等名<br>2019(令和元)年度 一般社団法人 日本家政学会関西支部 第41回(通算第97回)研究発表会 |
| 4. 発表年<br>2019年  |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                   | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)              | 備考 |
|-------|---|------------------------------------|----|
| 研究分担者 | 松宮 健太郎<br>(Matsumiya Kentaro)<br>(60553013) | 京都大学・農学研究科・准教授<br><br>(14301)      |    |
| 研究分担者 | 谷 史人<br>(Tani Fumito)<br>(70212040)         | 京都大学・農学研究科・教授<br><br>(14301)       |    |
| 研究分担者 | 宮本 有香<br>(Miyamoto Yuka)<br>(70399252)      | 神戸女子大学・家政学部・准教授<br><br>(34511)     |    |
| 研究分担者 | 香西 みどり<br>(Kasai Midori)<br>(10262354)      | お茶の水女子大学・基幹研究院・名誉教授<br><br>(12611) |    |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|