

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H00813

研究課題名(和文) 栄養・機能性成分を効果的に摂取できる次世代型食品分散系の創製および至適設計

研究課題名(英文) Optimum design and production of next-generation food dispersions, effectively ingestible nutritional and functional ingredients

研究代表者

小林 功 (Kobayashi, Isao)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品研究部門・上級研究員

研究者番号：70425552

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)： 独自構造の微細加工デバイスを用い、新たな食品分散系の作製および安定性評価を系統的に行った。改良型マイクロチャネルホモジナイザーの利用により、各相の組成および操作圧力がエマルションの作製特性に及ぼす影響を明らかにした。新たに開発した非対称貫通型マイクロチャネルを用いた乳化試験により、親水性植物性タンパク質による安定化された単分散エマルションの安定作製を可能にしたとともに、作製された単分散エマルションの基本特性も明らかにした。また、植物由来素材から構成される機能性油脂を含有した高濃度エマルションおよび糊化澱粉分散液により安定化されたエマルション等の新たな食品分散系に関する基礎特性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果の学術的意義は、下記の通りである。非対称構造の微細貫通流路を利用した複数の先端乳化手法において、各相の組成および操作条件が乳化特性に及ぼす影響を系統的に解析できた。また、植物由来素材である機能性油脂および糊化澱粉分散液を用い、新たな食品分散系の作製に適した条件を評価できた。

本研究により、栄養・機能性成分を含有する新規食品分散系に関する基礎的知見が明らかにされたことで、次世代食品分散系の作製および基本特性の至適設計につながる指針が得られた。一連の研究により得られた知見は、栄養・機能性成分の効果的摂取が可能な食品分散系の設計・開発への寄与が期待される。

研究成果の概要(英文)： Preparation and stability evaluation of novel food dispersions were systematically investigated using microfabricated devices each with a unique structure. The use of an improved microchannel homogenizer elucidated the effects of composition of each phase and operating pressure of a coarse emulsion on formulation characteristics of a fine emulsion. Microchannel emulsification using newly developed asymmetric straight-through microchannels enabled stable production of monodisperse emulsions stabilized by hydrophilic plant proteins. Their fundamental properties were also clarified. Furthermore, we elucidated the fundamental properties of novel food dispersions: highly concentrated emulsions containing a plant-derived functional oil and emulsions stabilized by gelatinized starch dispersions.

研究分野：食品工学

キーワード：食品分散系 乳化 マイクロチャネル 単分散エマルション 生産性 植物由来素材 糊化澱粉 保存安定性

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 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) ヒトの健康の維持・増進は、健康寿命の延伸と深く関わっており、ライフステージ、食事、および運動・休養などの要因が影響を及ぼしている。摂食した食品中の成分は、体内での消化・吸収を経て利用可能な状態になる。そのため、食品の組成および諸特性の制御は、栄養・機能性成分を効果的に吸収利用するために重要であるとともに、食欲の制御にも有効であると考えられる。粒子サイズ、微細構造、組成、および安定性が精密設計された革新的な次世代型食品分散系は、栄養・機能性成分を体内の目的部位に効果的に送達可能な機能性食品(素材)として有用であるといえる。次世代型食品分散系は、物理的安定性の低さなどの理由により作製困難であると言われてきた。

(2) サイズ分布が極めて狭いエマルション(相対標準偏差:5%未満)を希望する粒子サイズで作製可能な乳化技術の1つとして、マイクロチャンネル(MC)乳化がある(引用文献)。MC乳化の利用により、機能性脂質などを内包した単分散マイクロ分散系の作製が可能になった(引用文献)。筆者らは、サイズ分布が狭いエマルション(相対標準偏差:最小10%程度)であって、MC乳化よりも桁違いに高い生産性で作製可能なMCホモジナイザー(図1)を提案した(引用文献)。MCホモジナイザーは、原理的に高濃度エマルションの連続作製に対応可能な技術である。

(3) 精密に設計された微細構造を持つ食品分散系の作製技術に関しては、エマルションのサイズを可変できる乳化デバイスの至適構造の解明やエマルションの安定性向上などの課題は少なくない。例えば、分散相粒子が最密充填(70 vol%程度)に近い状態で存在する「超高濃度エマルション」は、栄養・機能性成分の内包率および保存安定性の向上に有効であると報告されている(図2)(引用文献、引用文献)。しかし、機能性油脂を含有した高分散相濃度エマルションに関する知見は不足している。

(4) 以上の背景により、「栄養・機能性成分を効果的に摂取可能な次世代型食品分散系は、原理的に実現可能なのか」という問いに対し、基礎的かつ系統的な検討が必要であると言える。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、粒子サイズ、微細構造、組成、および安定性が精密に設計された次世代食品分散系の作製および諸特性などについて系統的に明らかにすることを目的とする。また、脂質などの栄養・機能性成分を効果的に摂取可能な次世代型食品分散系の創製および至適設計に有用な指針を得る。

3. 研究の方法

(1) 微細加工デバイスを利用した新規乳化手法: 新規乳化手法であるMCホモジナイザーは、粗エマルションを非対称貫通型MCアレイに圧入して液滴を微細化することによりエマルションを作製することができる。本研究で用いたシリコン製の非対称貫通型MCアレイ基板(WMS11-1)の上下面サイズは24 mm四方であり、基板中心部に13,372本の非対称貫通型MCが配置されている。各非対称貫通型MCは、入口側の円形MC(直径10 μm、深さ170 μm)と出口側のマイクロスロット(短辺10 μm、長辺70 μm、深さ30 μm)から構成されている。水中油滴(O/W)エマルションの作製は、表面に親水化処理を施した非対称貫通型MCアレイ基板を装着したモジュールなどから構成されているMCホモジナイザーを用いて実施された(図3)(引用文献)。

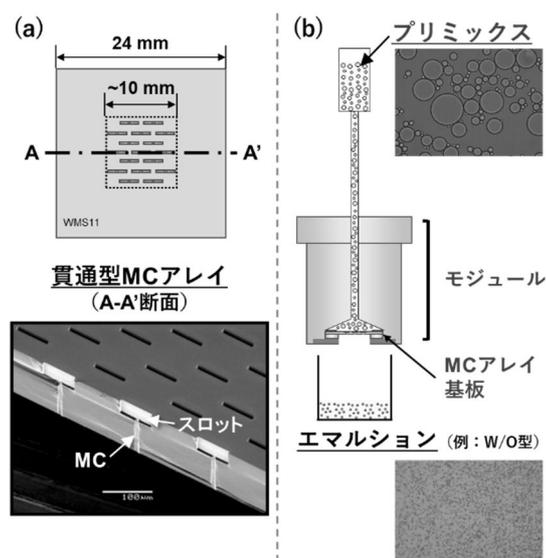


図1 MCアレイ(a)およびMCホモジナイザーを利用したエマルションの作製例(引用文献)

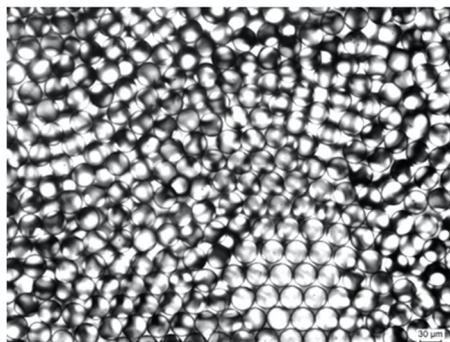


図2 単分散超高濃度エマルションの顕微鏡画像(引用文献)

ちなみに、前記モジュールは、気密性が高い状態で攪拌翼を動作可能な機構を有している。粗エマルションは、連続相（9.0 wt% ポリエチレングリコール（平均分子量 約 20,000）、1.0 wt% Tween20 水溶液）および分散相（中鎖脂肪酸トリグリセリド（MCT）または精製大豆油）をスターラーで攪拌（900 rpm, 1 min）して作製された。本研究で適用した分散相の体積分率は 10～30 vol% である。O/W エマルションは、モジュール内部で緩やかに攪拌（200 rpm）された粗エマルションを非対称貫通型 MC アレイに圧入（操作圧力 10～50 kPa）して作製された。その際、O/W エマルションの作製速度（g/h）をもとに透過流束を算出した。また、作製された O/W エマルションの平均粒子径（ $d_{4,3}$ ）および粒度分布について、レーザー回折式粒子径分布計を用いて測定した。

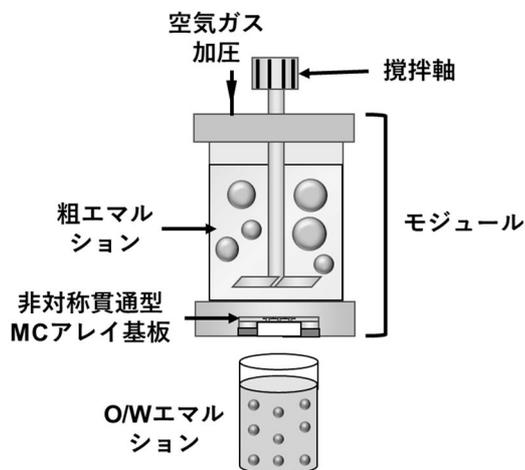


図3 改良型 MC ホモジナイザーを用いた O/W エマルション作製の模式図（引用文献）

（2）次世代型食品分散系の作製に資する微細

加工デバイス：既存の非対称貫通型 MC アレイでは、入口側 MC の断面は円形であった。円形断面は流路抵抗を高めるうえで有利であるが、分散相中に分散している微小粒子による閉塞が生じるリスクが高くなる。そこで、本研究では、入口側 MC の断面を低アスペクト比の長方形に改良した非対称貫通型 MC アレイ（WMS18）新たに開発した（図4）（引用文献）。本 MC アレイ基板の上下面サイズは 15 mm 四方であり、基板中心部に 4,941 本の非対称貫通型 MC が配置されている。各非対称貫通型 MC は、入口側の長方形 MC（短辺 7 μm 、長辺 21 μm 、深さ 28 μm ）と出口側のマイクロスロット（短辺 7 μm 、長辺 56 μm 、深さ 272 μm ）から構成されている。改良した非対称貫通型 MC アレイ基板を用いた MC 乳化実験では、分散相として精製米糠油を用い、連続相として植物タンパク質分離から抽出した親水性タンパク質を含むリン酸緩衝液（pH 7.0）を用いた。微小液滴の作製は、非対称貫通型 MC アレイを介して分散相を連続相中に圧入させて行った。なお、シリンジポンプにおける分散相の供給流量は 0.5 mL/h に設定し、連続相の供給流量は供給タンク中の液面を上下させて調節した。

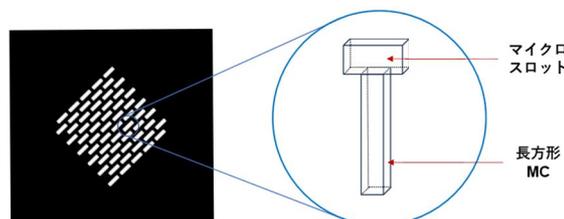


図4 改良した非対称貫通型 MC の模式図（引用文献）

（3）機能性油脂を含有した新規食品分散系：ヴァージンココナッツ油（VCO）は、中鎖脂肪酸を多く含む機能性脂質である。本研究では、分散相として市販の VCO を用いた高濃度エマルションの作製特性について検討した（引用文献）。連続相として乳化剤（Tween 20、ホエイタンパク質分離物、もしくはカゼインナトリウム）を 1.0 wt% の濃度で Milli-Q 水に添加したものをを用いた。高濃度 O/W エマルションは、分散相および連続相を容器に投入した後、高速回転ホモジナイザー（Polytron PT10-35 GT）を用いて作製された。高速回転乳化の条件は、ブレードの回転数、温度、および時間がそれぞれ 12,000 rpm、25℃、および 5 min であった。分散相の体積分率については、40～80 vol% の間で変化させた。作製された O/W エマルションにおいて、平均粒子径（ $d_{4,3}$ ）および粒度分布の測定、ならびに示唆操作熱量計を用いた VCO 液滴と連続相の結晶化挙動の解析を実施した。

（4）植物由来素材を利活用した新規食品分散系：植物由来素材である澱粉を加温した水中に分散させることにより、糊化澱粉分散液を調製可能である。糊化した葛澱粉の分散液を連続相として用いることにより、O/W エマルションを作製できることが報告されている（引用文献）。本研究では、農産物由来澱粉（インディカ米、ジャポニカ米、小麦、トウモロコシ、ジャガイモ、サツマイモ）を用いて、糊化澱粉分散液中に精製大豆油を分散させた O/W エマルションの作製特性について検討した（引用文献）。糊化澱粉分散液の調製は、各澱粉粉末（3 wt%）を 85～90℃ に加熱した Milli-Q 水（97 wt%）に添加して 20 分間攪拌（プロペラ攪拌機を用いて 500 rpm）することにより行った。糊化澱粉分散液と精製大豆油の界面張力は、懸滴法を用いて測定した。O/W エマルションの作製における分散相の割合は、10～25 wt% であった。高速回転ホモジナイザーを用いた予備乳化（10,000 rpm, 5 min）した後、粗エマルションの高圧乳化（Microfluidizer MH-110; 100 MPa, 5 回処理）を行い、O/W エマルションを作製した。糊化澱粉分散液により安定化された O/W エマルションの保存安定性を評価するため、O/W エマルション試料を 25℃ で 4 週間保存した間に、粒子径分布、 ζ -電位、および粘度の測定に供試した。

単分散 O/W エマルションの平均粒子径が *in vitro* 胃腸消化性に及ぼす影響について検討した。連続相として植物由来乳化剤を 1.0 wt% 添加した水溶液、分散相として精製大豆油を用いた。膜

乳化などを用いて、液滴サイズが異なる単分散 O/W エマルション (分散相体積分率 10 vol%) を作製した。各エマルション試料と人工胃液を等量混合させ、恒温振とう機を用いて *in vitro* 胃消化試験 (37 °C, 2 時間) を行った。その後、胃消化試験後の試料に等量の人工小腸液を加え、pH スタット法による *in vitro* 小腸消化試験 (37 °C, 2 時間) を行った。小腸消化試験中の NaOH 滴定量から遊離脂肪酸 (FFA) 放出率を算出した。

4. 研究成果

(1) 微細加工デバイスを利用した新規乳化手法: 大豆油滴を含む粗エマルションに関して、操作圧力 10 kPa で圧入した場合、 $d_{4,3}$ が 14.8 μm の O/W エマルションが作製された。この時、エマルション透過流束は 0.4 $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ であった。操作圧力がエマルションの平均粒子径に及ぼす影響について検討した結果、分散相が大豆油の場合において、操作圧力が 10 ~ 30 kPa の範囲で $d_{4,3}$ が 14 μm 程度の O/W エマルションを得られることが示された (図 5)。一方、操作圧力が 40 kPa 以上の場合では、 $d_{4,3}$ が 24 ~ 41 μm 程度の多分散エマルションが得られた。平均液滴径の傾向が変化する閾値が存在する理由について検討したところ、閾値よりも高い操作圧力における粗エマルション中の微小油滴は MC 内部で伸長し、液滴分裂の抑制による微細化液滴の増大もしくは通過が起きていると推察される。エマルション透過流束は、操作圧力の上昇に伴い直線的に増加することが認められた。操作圧力が 30 kPa におけるエマルション透過流束は 1.8 $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ であり、プリミックス膜乳化と同程度の高効率生産が可能であることが分かった。MCT 液滴を含むエマルションの場合、操作圧力が 40 kPa 以下における $d_{4,3}$ は 15 μm 程度と変化しなかったが、操作圧力が 50 kPa において平均粒子径の増大が認められた (図 5)。

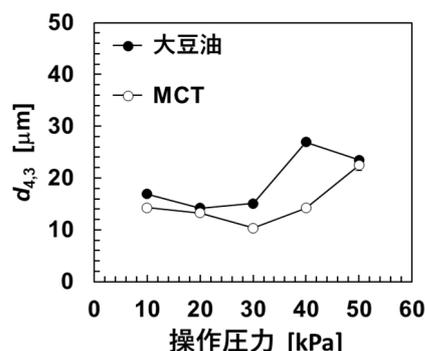


図 5 MC ホモジナイザーの操作圧力が O/W エマルションの平均粒子径に及ぼす影響

以上の結果より、分散相の種類によらず、作製された O/W エマルションの平均粒子径の傾向が変化する閾値の存在が明らかとなった。ちなみに、各操作圧力におけるエマルション透過流束は、分散相の種類による差異は見られなかった。非対称貫通型 MC アレイ基板を装着した MC ホモジナイザーの利用により、分散相濃度 30 vol% の O/W エマルションの高効率作製が可能となった。作製された O/W エマルションの平均粒子径は MC 直径の 1.5 倍程度であり、MC 乳化により作製された O/W エマルションの平均粒子径 (引用文献) の 2 分の 1 程度であることも示された。

(2) 次世代型食品分散系の作製に資する微細加工デバイス: 新たに開発した非対称貫通型 MC アレイ基板 (WMS18) を用いて、親水性植物タンパク質により安定化された O/W エマルションを作製した結果を以下に報告する。連続相に含まれる親水性植物タンパク質 (大豆由来、えんどう豆由来、そら豆由来) の種類によらず、Relative Span Factor (RSF) 値が 0.3 未満の単分散 O/W エマルションを作製できた。作製された単分散 O/W エマルションの $d_{4,3}$ は、いずれも 26 ~ 28 μm 程度であり、大きな違いは観察されなかった。上記の $d_{4,3}$ および RSF の値は、乳化剤として Tween 20 を用いて作製された単分散 O/W エマルションと同様であった。植物由来の親水性タンパク質により安定化された単分散 O/W エマルションのゼータ電位は約 -28 mV であり、静電的反発力はさほど大きくないことが示唆された。温度の影響について検討した結果、大豆由来とえんどう豆由来の親水性タンパク質の場合では、O/W エマルション試料の $d_{4,3}$ および RSF は、保存温度 (30 ~ 90 °C) の影響を受けなかった。一方、そら豆由来の親水性タンパク質の場合では、O/W エマルション試料の $d_{4,3}$ が緩やかに増大したとともに、90 °C で保存した試料の RSF も大幅に上昇した。O/W エマルション試料の pH の影響に関しては、pH が 3.0 ~ 5.0 の範囲で微小油滴に吸着したタンパク質が沈殿する様子が観察された。これは、等電点付近の pH において微小液滴が凝集しやすいことと符合する。pH が 6.0 以上の場合ではほとんど変化せず、微小油滴は高い安定性を有していた。NaCl 濃度が高い場合、解離した各イオンによる遮蔽効果により微小油滴が凝集すると予想されたものの、NaCl 濃度が 200 mM 以下の条件では有意な差異は認められなかった。

以上の結果より、新たに開発した微細加工デバイスを用いた MC 乳化は、親水性植物タンパク質により安定化された単分散 O/W エマルションの作製に有用であることが示された。また、本研究により得られた知見は、高品質な植物由来食品エマルションの設計・開発に資するものと期待される。

(3) 機能性油脂を含有した新規食品分散系: 異なる乳化剤と分散相体積分率で調製した高濃度 VCO/W エマルションの $d_{4,3}$ は 7 ~ 35 μm 程度であった。本研究で作製された VCO/W エマルションの $d_{4,3}$ は、分散相体積分率の増加に伴い徐々に減少した。ほとんどの VCO エマルションの RSF 値は 1.1 ~ 1.5 であった。ホエイタンパク質分離物により安定化された超高濃度 O/W エマルション (分散相体積分率 80 vol%) の場合のみ RSF 値が 3 程度に上昇し、大幅に多分散化したことが示唆された。DSC を用いた測定結果より、VCO の結晶化が 15 °C 付近で開始したことが、結晶化

の開始を示すピーク (T_{onset}) の出現により分かった。連続相の結晶化は、VCO の凝固点よりはるかに低い $-15 \sim -20$ の間で開始した。また、小さなピークが $-5 \sim 5$ の間に観察された。これは、熱流束の値が VCO の結晶化時の値に近かったため、VCO 液滴の結晶化による可能性が示唆された。

以上の結果より、 $40 \sim 80$ vol% の高濃度 VCO/W エマルジョンの作製が可能であることを示した。高濃度 VCO/W エマルジョンは、常温もしくは中低温で VCO を液状に維持するために有用な分散系と期待される。

(4) 植物由来素材を利活用した新規食品分散系：糊化澱粉分散液により安定化された O/W エマルジョンの $d_{4,3}$ はインディカ米澱粉系が $0.87 \mu\text{m}$ と最も小さく(図7)、ジャポニカ米澱粉系が $1.47 \mu\text{m}$ 、サツマイモ澱粉系が $1.49 \mu\text{m}$ 、トウモロコシ澱粉系が $10.32 \mu\text{m}$ 、ジャガイモ澱粉系が $24.01 \mu\text{m}$ 、小麦澱粉系が $26.95 \mu\text{m}$ であった。界面張力測定の結果より、糊化澱粉分散液は二相間の界面張力を低下させる能力があることが示された。本研究において界面張力が最も低下したのはインディカ米系とジャポニカ米系の糊化澱粉分散液であった。作製された O/W エマルジョンを4週間の保存した後、すべてのエマルジョン試料において、クリーミング、 $d_{4,3}$ 値のわずかな増大、および粘度の上昇が観察された。糊化澱粉分散液により安定化された O/W エマルジョンのゼータ電位は $-25 \sim -39$ mV 程度であり、微小油滴間の静電的反発力が作用していることが示唆された。また、分散相の割合を変化させた場合において、インディカ米系の糊化澱粉分散液により安定化された O/W エマルジョンの $d_{4,3}$ は、それぞれ $1.57 \mu\text{m}$ (分散相重量分率 15 wt%)、 $2.09 \mu\text{m}$ (同 20 wt%)、および $14.13 \mu\text{m}$ (同 25 wt%) であった。分散相重量分率が 15 wt% のエマルジョン試料の場合では、4週間保存後も $d_{4,3}$ 値はほとんど変化しなかった一方、クリーミングが観察された。

以上の結果より、最小で $1 \mu\text{m}$ 弱の $d_{4,3}$ および負のゼータ電位を有する糊化澱粉分散液により安定化された O/W エマルジョンを作製可能であることが示された。本研究により得られた知見は、澱粉素材を活用した新たな食品エマルジョンの設計・開発に資するものと期待される。

作製された単分散 O/W エマルジョンにおいて、胃消化後の $d_{4,3}$ は作製直後と同様であった。小腸消化後における微小油滴の FFA 放出率は、平均液滴径の縮小に伴い上昇する傾向が示された。作製した単分散エマルジョンにおける FFA 放出率は、液滴表面積との間に正の相関がみられた。

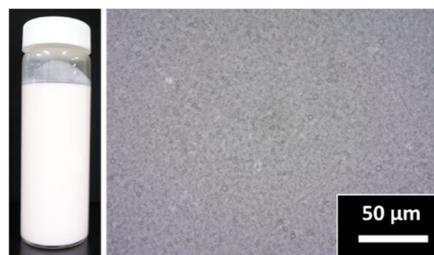


図7 糊化澱粉分散液により安定化された O/W エマルジョン (インディカ米系)

< 引用文献 >

- Khalid, N. et al., Microchannel emulsification: A promising technique towards encapsulation of functional compounds, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **58**, 2364–2385 (2018).
- Kobayashi, I. and Ichikawa, S., Microchannel emulsification and improvement of the stability of food-grade monodisperse emulsion droplets through layer-by-layer deposition, *Japan J. Food Eng.*, **16**, 89–96 (2015).
- Li, R. et al., Preparation of monodisperse water-in-oil emulsions using microchannel homogenization, *Part. Sci. Technol.*, **41**, 930–939 (2023).
- Matos, M. et al., Characterization, stability, and rheology of highly concentrated monodisperse emulsions containing lutein, *Food Hydrocoll.*, **49**, 156–163 (2015).
- Seah, K. et al., Preparation and characterization of highly concentrated monodisperse emulsion using straight-through microchannel emulsification, 15th Int. Hydrocoll. Conf., (2020).
- 梅田拓洋ら、貫通型マイクロチャンネルを用いた O/W エマルジョン液滴の微細化特性, 日本食品工学会第 22 回年次大会, P-38 (2021).
- Park, J. et al., Comparative study of plant protein-stabilized O/W emulsions formulated by microchannel emulsification and rotor-stator emulsification, 70th Annu. Meet. Japan Soc. Food Sci. Technol., 3C14a03 (2023).
- Xu, M. et al., Effect of type of azuki bean based-food on their *in vitro* digestibility using a Gastric Digestion Simulator, 70th Annu. Meet. Japan Soc. Food Sci. Technol., 2C7p03 (2023).
- Zhao, Y. et al., Formulation and characterization of oil-in-water emulsions stabilized by gelatinized kudzu starch, *Int. J. Food Prop.*, **20**, 1329–1341 (2017).
- Singh, A. et al., Formulation and characterization of soybean oil-in-water emulsions stabilized using gelatinized starch dispersions from plant sources, *Molecules*, **29**, 1923 (2024).
- Ma, Z. et al., Comparative study of oil-in-water emulsions encapsulating fucoxanthin formulated by microchannel emulsification and high-pressure homogenization, *Food Hydrocoll.*, **108**, 105977 (2020).

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 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Hanxiao Wang, Mitsutoshi Nakajima, Marcos A. Neves, Kunihiko Uemura, Setsuko Todoriki, Isao Kobayashi	4. 巻 40
2. 論文標題 Formulation characteristics of monodisperse structured lipid microparticles using microchannel emulsification	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Particulate Science and Technology	6. 最初と最後の頁 196 ~ 206
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/02726351.2021.1929612	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 Jiao Yan, Zhao Yuntai, Chang Ying, Ma Zhaoxiang, Kobayashi Isao, Nakajima Mitsutoshi, Neves Marcos A.	4. 巻 9
2. 論文標題 Enhancing the Formation and Stability of Oil-In-Water Emulsions Prepared by Microchannels Using Mixed Protein Emulsifiers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Nutrition	6. 最初と最後の頁 822053
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fnut.2022.822053	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 該当する

1. 著者名 Singh Ankita, Umeda Takumi, Kobayashi Isao	4. 巻 29
2. 論文標題 Formulation and Characterization of Soybean Oil-in-Water Emulsions Stabilized Using Gelatinized Starch Dispersions from Plant Sources	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 1923 ~ 1923
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/molecules29091923	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4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Mengyuan Xu, Teetach Changwatchai, Takumi Umeda, Marcos A. Neves, Isao Kobayashi
2. 発表標題 Formulation and characterization of concentrated coconut oil-in-water emulsions
3. 学会等名 日本食品科学工学会 令和5年度関東支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hanxiao Wang, Mitsutoshi Nakajima, Marcos A. Neves, Kunihiko Uemura, Setsuko Todoriki, Isao Kobayashi
2. 発表標題 Formulation and Storage Characteristics Of Structured Lipid Microparticles: a Comparative Study Using Microchannel Emulsification and Rotor-stator Emulsification
3. 学会等名 日本食品科学工学会第68回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梅田 拓洋, 植村 邦彦, 小林 功
2. 発表標題 貫通型マイクロチャネルを用いたO/Wエマルション液滴の微細化特性
3. 学会等名 日本食品工学会第22回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Jinhyun Park, Takumi Umeda, Tetsuya Araki, Isao Kobayashi
2. 発表標題 Comparative study of plant protein-stabilized O/W emulsions formulated by microchannel emulsification and rotor-stator emulsification
3. 学会等名 日本食品科学工学会第70回記念大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔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	市川 創作 (Ichikawa Sosaku) (00292516)	筑波大学・生命環境系・教授 (12102)	

6. 研究組織（つづき）

	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	Neves Marcos (Neves Marcos) (10597785)	筑波大学・生命環境系・准教授 (12102)	

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