

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 17 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07824

研究課題名(和文) 食用高分子電解質複合体を活用したハイドロコロイドの凝集制御と高度安定化

研究課題名(英文) Aggregation control and stabilization of hydrocolloid foods using edible polyelectrolyte complexes

研究代表者

黒岩 崇 (Kuroiwa, Takashi)

東京都市大学・工学部・教授

研究者番号：60425551

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：食品に含まれる多糖類やタンパク質の多くは、水溶液で多価カチオンやアニオン、両性イオンを生じる高分子電解質である。本研究では、これらの食用高分子電解質を複合化させることで得られる高分子電解質複合体に着目して次の成果を得た。

- (1) キトサンと脂肪酸の自発的な複合化現象を利用してサブミクロンサイズの分散微粒子を作製する手法を開発し、その優れた安定性および物質保持特性を明らかにした。
- (2) パーム油含有エマルジョンの油滴表面にカゼインタンパクとキトサンからなる高分子電解質複合層を形成させることで、エマルジョンの分散安定性を顕著に向上できることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

乳製品、果汁飲料、ドレッシング類のような乳化・混濁食品の多くは、多糖類やタンパク質をはじめとする可食性高分子電解質が食品の安定化に寄与しているコロイド分散系である。本研究では、食品由来の高分子電解質が他の食品成分と複合化して得られる高分子電解質複合体の形成過程を積極的に制御しこれを活用することで、コロイド食品の安定化および機能化を達成できることを示した。この成果の学術的意義は、高分子電解質と食品成分の相互作用に注目してコロイド食品の分散・凝集挙動を明らかにした点にある。実際の食品の加工および流通・保存時における安定性向上につながる点で、応用面でも高い波及効果が期待できる有意義な成果が得られた。

研究成果の概要(英文)：Many polysaccharides and proteins constituting various foods are polyelectrolytes, that generate polycations, polyanions and polymeric zwitterions in aqueous solutions. In this study, development and functionalization of food colloidal dispersion systems using complexation of edible polyelectrolytes were investigated. The main findings are as follows.

- (1) A simple method for preparing submicrometer-sized fine particle dispersion via self-complexation of chitosan and fatty acids was developed. Long-term stability and high encapsulation ability of chitosan-fatty acid complex particles could be demonstrated.
- (2) Remarkable stabilization of palm oil-in-water emulsions was achieved using a polyelectrolyte complex layer consisting of casein proteins and chitosan.

研究分野：生物化学工学、食品工学、コロイド・界面化学

キーワード：食品工学 食品コロイド 乳化・分散 高分子電解質 安定性 複合化 カゼインタンパク キトサン

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

食品の構成成分である多糖類、タンパク質および核酸といった生体高分子の多くは、その分子内にアミノ基、カルボキシ基、リン酸基、硫酸基などの解離性基を多数有し、水溶液中でポリカチオン、ポリアニオンおよび多価両性イオンを生じる高分子電解質である(図1)。これらの高分子電解質は、分散微粒子、両親媒性分子や他の高分子成分などのコロイド粒子と静電的に相互作用することで高分子電解質複合体を形成する。イオン化部位の特性に応じて多様な条件下で自発的に複合体を形成し、外部刺激に応答して様々な挙動を示すことから、エレクトロニクス、センサー、ドラッグデリバリーシステム等の技術分野でその応用が検討されている。

一方、食品分野では、高分子電解質およびその複合体という観点から食品中の高分子成分の挙動を評価し、食品の新規開発および高機能化について検討した例は未だ少ない。たとえば、乳製品、果汁飲料、ドレッシング類のように水を多く含む乳化・混濁食品の多くは、多糖類やタンパク質をはじめとする可食性高分子電解質が食品の安定化に寄与しているハイドロコロイド系である。これらの高分子電解質が、一定の条件下で他の食品構成成分(微小油滴、不溶性微粒子、乳化剤および高分子成分など)と複合化することで多様な高分子電解質複合体を形成しコロイド分散系を構成していると考えられる。しかし、多糖類やタンパク質が他の食品成分と相互作用し複合体を形成する過程や、ハイドロコロイド食品の品質、特に実用上重要なコロイド粒子の分散安定性に及ぼす影響については不明な点が多い。したがって、「生体高分子電解質の複合化とコロイド分散系のダイナミクス」という視点からハイドロコロイドの挙動を明らかにする研究は、実際のコロイド食品の特性を理解し品質向上を達成する上で有意義である。

研究代表者は、近年、生体由来分子を基盤とするコロイド分散系の精密作製と高機能化に関する研究を行う中で、多糖類やタンパク質といった生体高分子電解質の複合化現象とこれに基づくハイドロコロイドの分散・凝集挙動に着目した研究を展開してきた。特に、高分子電解質を含む分子会合体・複合体の形成過程とその微細構造の分析評価を主眼とする研究を行う中で、異相系および分散系における高分子電解質の界面挙動やこれに起因するコロイド化学的現象の理解と応用に関心を持つに至った。これらの背景に基づき、「高分子電解質の複合体形成」をキーワードに、新たな切り口からハイドロコロイド食品の高度安定化に寄与する知見が得られるとの着想を得て、本研究課題に着手した。

2. 研究の目的

ハイドロコロイドを含む多くの液状食品にとって、その分散安定性は極めて重要な品質指標であり、食味、外観、保存性、流通性に大きな影響を及ぼす一般的なハイドロコロイド食品には、水と油からなるエマルション、水に微粉体が懸濁されたサスペンション、界面活性剤ミセル、微小な高分子ゲルが分散したマイクロゲル分散液などがみられる。いずれのタイプにおいても、水溶液中におけるコロイドスケールの分散質の特性がその分散安定性に大きな影響を及ぼすことから、その分散・凝集挙動を理解することは重要である。そこで、本研究では、次の3点を明らかにすることを目的とした。

(1) 食品コロイド系における可食性高分子電解質の複合体形成プロセスの解明

水溶液中でポリイオンとしてふるまう多糖類(キトサンやセルロース誘導体など)およびタンパク質(カゼインなど)を中心に、これらが水溶液中で乳化剤、懸濁油滴、水不溶成分および他の高分子とともにどのようなプロセスを経てどのような高分子電解質複合体を形成するかを明らかにする。

(2) 食品コロイド系の分散・凝集に及ぼす高分子電解質の添加効果の検証

上記の食用高分子電解質が食品中の成分と相互作用して形成する複合体が、コロイド粒子の分散・凝集挙動にどのような影響を及ぼすかについて検討する。粒子径を精密に制御したモデルコロイド分散系を作製し、その分散・凝集プロセスを可視化することで詳細な評価を行う。

(3) 高分子電解質複合体を利用したコロイド食品の安定性向上

上記の検討を踏まえ、コロイド食品の分散安定性を高める操作因子を抽出し、コロイド食品の高度安定化に資する知見を得る。

3. 研究の方法

(1) キトサンと脂肪酸の複合化による高分子電解質複合微粒子の作製

平均分子量および脱アセチル化度が種々異なるキトサンを1~10 g/Lの濃度で種々のpHの酢酸緩衝液に溶解した。このキトサン水溶液20 mLに、エタノールに溶解した種々の脂肪酸を滴下し、所定の条件下で撹拌することでキトサン-脂肪酸酸複合微粒子を作製した。キトサンのグル

生体由来の高分子電解質

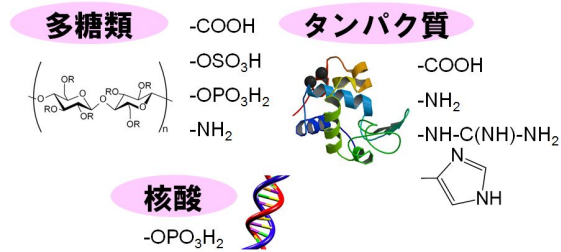


図1. 生体由来の高分子電解質に含まれる様々な解離性官能基。

コサミン残基あたりの脂肪酸添加モル量を「混合モル比」とし、種々の混合モル比で微粒子を作製した。続いて、この方法により作製したキトサン-脂肪酸複合微粒子分散液に対して、エバポレーターを用いた濃縮、および凍結乾燥機を用いた凍結乾燥を行った。濃縮および凍結乾燥後の試料に再び分散媒（水または種々の緩衝液）を添加し、作製直後と同濃度の微粒子再分散液を得た。

(2) マイクロチャンネル乳化法による均一径エマルションの作製と高分子電解質複合層の形成

乳化剤としてカゼインナトリウムを添加した 0.2 M の NaCl 水溶液を連続相、加熱し融解させたパーム油を分散相としてマイクロチャンネル (MC) 乳化を行った。シリコン製 MC 基板およびガラス板を組み込んだ乳化モジュールにシリンジポンプを使用して連続水相および分散油相を供給し、MC を介して連続相中に分散相を圧入することで oil-in-water 型 (O/W) エマルションを作製した。乳化の際は、ヒーターおよび温水を用いて油相流路および乳化モジュールを加熱することでパーム油の固化を防いだ。Water-in-oil-in-water (W/O/W) エマルションの作製は、超音波分散機を使用した 1 次乳化および MC 乳化装置を用いた 2 次乳化を組み合わせた二段階乳化法により行った。内部水相には 0.4 mM のカルセインを含む 0.2 M NaCl 水溶液を、油相にはポリグリセリンポリリシノレートを含むパーム油を、外部水相にはカゼインナトリウムを含む 0.2 M NaCl 水溶液を使用した。

得られた O/W エマルションまたは W/O/W エマルションの連続相 (外部水相) に含まれる未吸着のカゼインナトリウムを希釈後、種々の濃度のキトサン水溶液と混合し、油滴の表層にキトサンとカゼインナトリウムからなる高分子電解質複合層を形成させた。キトサンを添加していないエマルションと、高分子電解質複合層を形成させたエマルションを所定の条件下で静置保存し、油滴の外観および粒子径を評価した。

(3) 分析方法

コロイド粒子の粒子径は、倒立顕微鏡およびフリーアングルデジタルマイクロスコープを使用した観察およびレーザー回折式粒度分布計を用いた粒子径測定により評価した。赤外吸収スペクトルおよび蛍光スペクトルは、フーリエ変換赤外分光計および分光蛍光光度計を用いて測定した。コロイド粒子のゼータ電位は光散乱電気泳動式ゼータ電位計を用いて測定した。

高分子電解質複合体の微細構造は、走査-透過型電子顕微鏡 (STEM) 観察および高エネルギー加速器研究機構放射光実験施設の BL-6A ステーションを利用した小角 X 線散乱測定により評価した。X 線の波長は 1.5 Å とし、得られた 2 次元散乱画像に基づき解析用ソフトウェアを用いて散乱パターンの解析を行った。

クルクミン、カプサイシン、 α -トコフェロールの定量は、紫外可視分光光度計で測定した紫外-可視吸収スペクトルに基づき、予め作成した検量線を用いて行った。

4. 研究成果

(1) キトサンと脂肪酸による高分子電解質複合体の作製と特性解明

カニヤエビなどの外殻を原料として得られるカチオン性の高分子電解質であるキトサンと、動植物油脂由来の長鎖脂肪酸を水溶液中で複合化させ、安定なコロイド分散系を作製することを試みた。キトサン水溶液に、長鎖脂肪酸のエタノール溶液を滴下し混合するだけの極めて簡便な操作で、サブミクロンサイズの粒径をもつ安定な分散微粒子を作製できることを見出した (図 1)。使用する脂肪酸の種類、キトサンと脂肪酸の混合モル比、キトサンの分子量、キトサンの濃度、作製温度および pH といった操作因子が微粒子の形成挙動および微粒子の特性に顕著な影響を及ぼすことを明らかにした。また、100 °C での加熱と室温への冷却、-80 °C での凍結と融解、2 カ月わたる室温保存 (図 2) を経ても、粒子径分布がほとんど変化せず、本微粒子は食品の製造・保存過程において想定される様々な条件下で優れた分散安定性を有していることが明らかとなった。

続いて、キトサン-脂肪酸複合微粒子の構造解析および形成メカニズムの解明に取り組んだ。フーリエ変換赤外分光分析および小角 X 線散乱分析をはじめとする各種機器分析の結果、本微粒子は、イオン化したキトサンと脂肪酸との間にはたらく静電的相互作用と、脂肪酸の炭

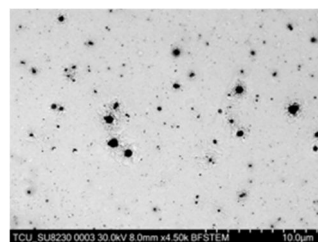


図 2. キトサンとオレイン酸の複合化により作製したサブミクロン微粒子の STEM 画像。

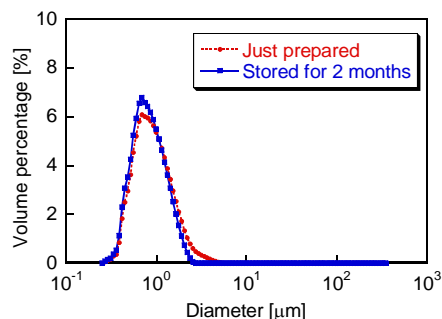


図 3. キトサンとオレイン酸の複合化により作製したサブミクロン微粒子の安定性 (作製直後と 2 カ月後の粒子径分布を比較)。

化水素基間の疎水性相互作用を駆動力として形成すること、平均粒径 600-800 nm 程度の微粒子の内部には数 nm 程度の周期構造が形成されていることが示された。また、蛍光プローブ分子を用いた蛍光スペクトル解析により、微粒子形成に必要な最小の混合モル比（臨界混合モル比）が存在すること、脂肪酸種により臨界混合モル比の値が異なることを示した。さらに、本微粒子の粒径および微細構造は、濃縮・還元および凍結乾燥・再分散操作を経ても維持され、微粒子の形状や分散特性を維持したまま濃縮や粉末化が可能であることを明らかにした。

上記のキトサン-脂肪酸複合微粒子の作製方法をベースとし、水難溶性の栄養機能成分を担持した微粒子の作製およびその特性評価にも取り組んだ。微粒子作製に用いる脂肪酸としてオレイン酸を選定し、水難溶性の栄養機能成分としては、ウコン由来のクルクミン、トウガラシ由来のカプサイシン、およびビタミン E の主要成分である α -トコフェロールなど、いずれも水に対する溶解度が極めて低い食品成分を使用した。各種栄養機能成分のキトサン-オレイン酸複合微粒子への取り込み挙動を調べるため、添加する栄養機能成分の濃度および複合微粒子作製に用いるオレイン酸の濃度を種々変えて実験を行った結果、(a) 複合微粒子に担持できる栄養機能分量には上限があること、(b) 微粒子が安定的に作製できる条件においては、この上限値はオレイン酸濃度を増やすことで増大できること、が明らかとなった。この結果から、これらの栄養機能成分はキトサン-オレイン酸複合微粒子内部に形成される疎水性領域、すなわちオレイン酸が疎水性相互作用により会合構造を形成していると推察される領域に保持されていることが示唆された。さらに、 α -トコフェロールを添加して得られた複合微粒子は、1 か月以上安定な分散状態を維持できることを明らかにした（図 4）。これらの結果から、本研究で開発したキトサン-脂肪酸複合微粒子が、食品に新たな機能性を付与する素材として高いポテンシャルを有することを示すことができた。

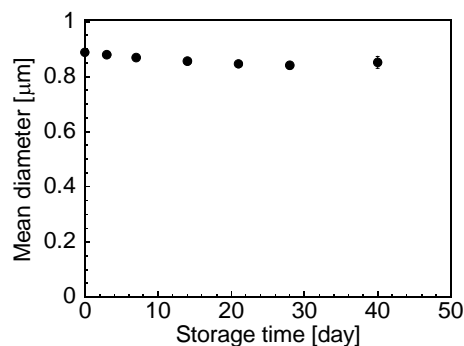


図 4. α -トコフェロールを担持したキトサン-オレイン酸複合微粒子の粒径の経時変化。

(2) 高分子電解質複合層を利用したエマルジョンの安定化

乳由来の両性ポリイオンであるカゼインタンパク（カゼインナトリウム）を乳化剤とし、常温付近で固化・融解する植物油であるパーム油を分散相とする O/W エマルジョンを作製し、分散油滴表面に高分子電解質複合層を形成させることで、エマルジョンの分散安定性を向上させる方法について検討した。エマルジョンの不安定化過程を可視化し、高分子複合層の添加効果を明らかにするためには、液滴サイズの制御された均一径エマルジョンをモデルエマルジョンとして用いることが望ましい。そこで、まず、MC 乳化法により、サイズが均一なパーム油を含む O/W エマルジョンの作製について検討した。デッドエンド型、クロスフロー型、および非対称貫通型といった種々の形状のシリコン製 MC アレイチップを用いた MC 乳化法において、油滴形成に及ぼす温度、塩濃度、分散相供給速度などの諸操作因子の影響を明らかにし、サイズ均一性の高いパーム油含有 O/W エマルジョンを作製することに成功した（図 5）。

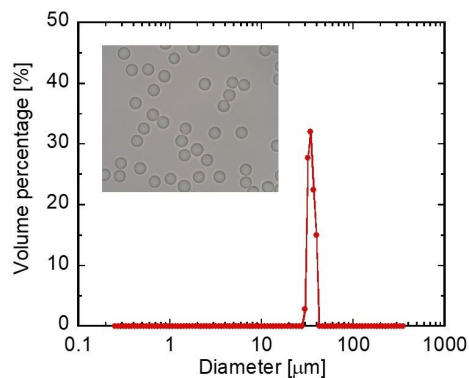


図 5. 非対称貫通型 MC アレイチップを用いた MC 乳化法により作製したパーム油含有 O/W エマルジョンの液滴径分布。

続いて、均一径パーム油エマルジョンを高分子電解質複合層で被覆する手法について検討した。エマルジョン中のパーム油滴の表面に吸着しているカゼインナトリウムの負電荷と、カチオン性多糖類であるキトサンの正電荷を利用し、油滴表面に高分子電解質複合層を形成させることでエマルジョンの安定化を試みた（図 6）。油滴のゼータ電位や油滴径分布を指標としてキトサンの添加量を種々変化させた実験を行った結果、油滴表面がキトサン-カゼイン複合層で被覆され、なおかつ均一な油滴径分布が維持される条件を明らかにすることができた。この条件

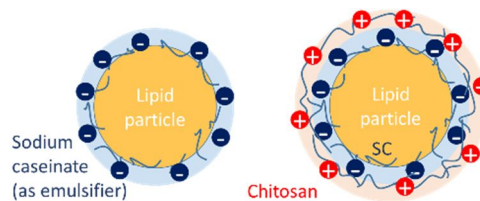


図 6. カゼインナトリウムを乳化剤として安定化されたパーム油滴（左）およびキトサンとカゼインナトリウムの複合化による高分子電解質複合層で被覆したパーム油滴（右）の模式図。

でキトサンとカゼインナトリウムからなる高分子電解質複合層を形成させることで、長期保存中における油滴/油脂微粒子の粒径増大とパーム油の結晶化を顕著に抑制することができた（図7）。

さらに、上記の検討結果に基づき、油相にパーム油を含む W/O/W エマルションの安定化についても検討した。乳化温度を適切に制御したマイクロチャネル乳化法により、W/O/W エマルションを作製し、これに食用高分子電解質としてキトサンを複合化させた高分子電解質複合層を形成させたところ、高分子電解質複合層の形成により W/O/W エマルションの室温保存時における油滴の合一や凝集が顕著に抑制されることが明らかとなった。

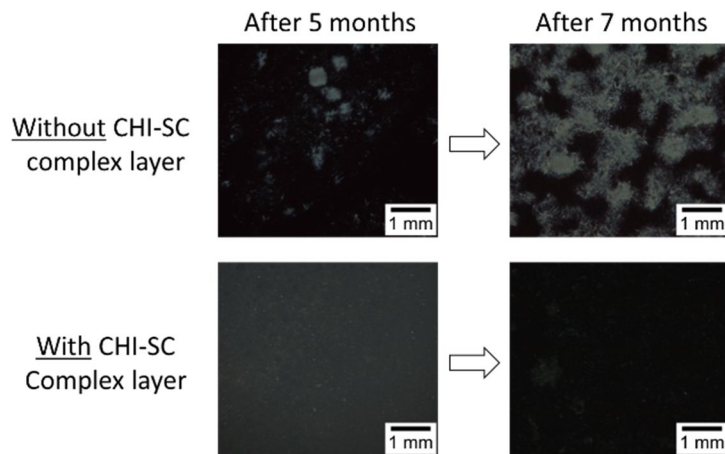


図7. パーム油含油 O/W エマルションの安定性に及ぼすキトサン-カゼインナトリウム(CHI-SC)複合層の添加効果（偏光顕微鏡画像）。上段が CHI-SC 複合層なし、下段が CHI-SC 複合層あり。

以上、本研究では食品由来の高分子電解質の複合化現象を利用したコロイド分散系の作製と利用について検討を行い、優れた安定性を有する可食性コロイドを作製することに成功した。高分子電解質の複合化を利用するプロセスは、特殊な試薬や装置を必要とせず、常温・常圧で簡便にコロイド分散系の安定化を実現できる点で、シンプルな原理でありながら加工技術としての汎用性が高いという特徴がある。今後、本アプローチを様々な食品コロイド系の機能化・安定化に適用し、詳細な実験データを蓄積していくことで、コロイド食品の高度安定化と実用性の高い食品加工技術の開発に資する知見が得られると期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 黒岩崇	4. 巻 18
2. 論文標題 食用ナノ/マイクロ分散系の作製と利用に関する研究	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本食品工学会誌	6. 最初と最後の頁 161-167
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11301/jsfe.17506	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 Akihiko Suzuki, Takashi Kuroiwa, Kaname Horikoshi, Akihiko Kanazawa, Sosaku Ichikawa	4. 巻 159
2. 論文標題 Freeze-dryable lipid vesicles with size tunability and high encapsulation efficiency prepared by the multiple emulsification-solvent evaporation method	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Colloids Surf. B: Biointerfaces	6. 最初と最後の頁 412-418
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.colsurfb.2017.07.092	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 Maho Katayama, Takashi Kuroiwa, Kenya Suzuno, Ayumi Igusa, Toru Matsui, Akihiko Kanazawa	4. 巻 105
2. 論文標題 Hydration-aggregation pretreatment for drastically improving esterification activity of commercial lipases in non-aqueous media	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Enzyme Microb. Technol.	6. 最初と最後の頁 30-37
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.enzmictec.2017.06.007	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 Miki Ito, Midori Uehara, Ryota Wakui, Makoto Shiota, Takashi Kuroiwa	4. 巻 18
2. 論文標題 Preparation characteristics of water-in-oil emulsion using olive oil as a continuous phase in microchannel emulsification	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Jpn. J. Food Eng.	6. 最初と最後の頁 103-111
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11301/jsfe.17489	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 Emmanuel Chekwube Ossai, Takashi Kuroiwa, Kaname Horikoshi, Yuya Otsuka, Junki Terasawa, Akihiko Kanazawa, Seigo Sato, Sosaku Ichikawa	4. 巻 96
2. 論文標題 Lipid vesicle preparation using W/O/W emulsions via solvent evaporation: the effect of emulsifiers on the entrapment yield of hydrophilic materials	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Oil Chemists' Society	6. 最初と最後の頁 1405-1416
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/aocs.12275	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 Keita Hayashi, Kazutoshi Morimoto, Toshiyuki Kamei, Eiko Mieda, Sosaku Ichikawa, Takashi Kuroiwa, Sakiko Fujita, Hidemi Nakamura, Hiroshi Umakoshi	4. 巻 181
2. 論文標題 Effect of dyhydrocholic acid conjugated with a hydrocarbon on a lipid bilayer composed of 1,2-dioleoyl-sn-glycero-3-phosphocholine	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Colloids and Surfaces B: Biointerfaces	6. 最初と最後の頁 58-65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.colsurfb.2019.05.009	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 黒岩 崇, 市川創作	4. 巻 19
2. 論文標題 ダブルエマルジョンを利用した脂質ベシクルの作製	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 オレオサイエンス	6. 最初と最後の頁 197-201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5650/oleoscience.19.197	査読の有無 無
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28件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Yaeko Okuyama, Takashi Kuroiwa, Akihiko Kanazawa
2. 発表標題 Preparation of monodisperse solid-fat microspheres and their stabilization by surface modification using chitosan
3. 学会等名 The 14th International Chitin and Chitosan Conference & 12th Asia-Pacific Chitin and Chitosan Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Kuroiwa, Yuto Kawauchi, Ryutaro Moriyoshi, Tatsuhito Suzuki, Akihiko Kanazawa
2. 発表標題 Preparation and characterization of chitosan-fatty acid complex particles as a novel carrier material for hydrophobic bioactive molecules
3. 学会等名 The 14th International Chitin and Chitosan Conference & 12th Asia-Pacific Chitin and Chitosan Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木達仁, 黒岩崇, 市川創作, 金澤昭彦
2. 発表標題 キトサン-オレイン酸複合微粒子の粒子特性と分散安定性に対する操作因子の影響
3. 学会等名 化学工学会第50回秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今野裕史, 黒岩崇, 市川創作, 金澤昭彦
2. 発表標題 多相乳化-液中乾燥プロセスによる脂質ベシクルへの水溶性酵素の内包化
3. 学会等名 化学工学会第50回秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奥山柳英子, 黒岩崇, 金澤昭彦
2. 発表標題 タンパク質-多糖複合層の形成による固体油脂マイクロスフィアの安定化
3. 学会等名 化学工学会第50回秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 黒岩崇, 樋口佳樹, 河内勇人, 市川創作, 金澤昭彦
2. 発表標題 キトサン-脂肪酸複合微粒子における疎水性領域の形成と脂溶性機能成分の担持効率
3. 学会等名 化学工学会第50回秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木達仁, 黒岩崇, 金澤昭彦
2. 発表標題 キトサン-脂肪酸複合微粒子分散液の凍結乾燥と再分散処理における粒子特性への影響因子
3. 学会等名 日本食品工学会第19回(2018年度)年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奥山柳英子, 黒岩崇, 金澤昭彦
2. 発表標題 キトサン被覆した均一径固体油脂マイクロスフィアの作製と安定性評価
3. 学会等名 日本食品工学会第19回(2018年度)年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今野裕史, 黒岩崇, 市川創作, 金澤昭彦
2. 発表標題 ダブルエマルジョンの液中乾燥処理による脂質ベシクルへの酵素の内包化と特性評価
3. 学会等名 日本食品工学会第19回(2018年度)年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 黒岩崇, 樋口佳樹, 金澤昭彦
2. 発表標題 カプサイシンを担持したキトサン-オレイン酸複合微粒子の形成挙動と分散安定性の評価
3. 学会等名 日本食品工学会第19回(2018年度)年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今野裕史, 市川創作, 金澤昭彦, 黒岩 崇
2. 発表標題 多相エマルジョン法を利用した酵素内包ジャイアントベシクルの作製と特性評価
3. 学会等名 日本膜学会第40年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Miki Ito, Takashi Kuroiwa, Akihiko Kanazawa
2. 発表標題 High-speed analysis of droplet formation in microchannel emulsification using vegetable oils
3. 学会等名 The 17th Congress of Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 黒岩 崇, 鈴木達仁, 河内勇人, 森吉竜太郎, 金澤昭彦
2. 発表標題 キトサン-脂肪酸複合微粒子への機能性成分の担持と濃縮・凍結乾燥後の分散安定性
3. 学会等名 化学工学会第49回秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊藤美希, 黒岩 崇, 金澤昭彦
2. 発表標題 植物油を利用したマイクロチャネル乳化による単分散エマルジョン形成に及ぼす要因解析
3. 学会等名 化学工学会第49回秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊藤美希, 黒岩 崇, 金澤昭彦
2. 発表標題 マイクロチャネルを利用した植物油脂含有単分散エマルジョンの作製
3. 学会等名 日本食品工学会第18回(2017年度)年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木達仁, 黒岩 崇, 河内勇人, 金澤昭彦
2. 発表標題 キトサン-オレイン酸複合サブミクロン粒子の濃縮および粉末化における分散安定性
3. 学会等名 日本食品工学会第18回(2017年度)年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 黒岩崇
2. 発表標題 食用ナノ/マイクロ分散系の作製と利用に関する研究
3. 学会等名 日本食品工学会第18回(2017年度)年次大会(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yaeko Okuyama, Takashi Kuroiwa, Akihiko Kanazawa
2. 発表標題 Improved stability of solid-fat microspheres by electrostatic biopolymer deposition technique
3. 学会等名 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirofumi Konno, Sosaku Ichikawa, Akihiko Kanazawa, Takashi Kuroiwa
2. 発表標題 Development of microbioreaction systems in lipid vesicles prepared by the multiple emulsification-solvent evaporation method
3. 学会等名 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroki Shino, Tatsuhito Suzuki, Azumi Iida, Akihiko Kanazawa, Takashi Kuroiwa
2. 発表標題 One-step encapsulation of water-insoluble bioactive compounds into chitosan-oleic acid complex particles and their characteristics as food dispersions
3. 学会等名 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今野裕史, 黒岩崇, 市川創作, 金澤昭彦
2. 発表標題 酵素封入ダブルエマルジョンを利用した脂質ベシクル内酵素反応系の構築と特性評価
3. 学会等名 日本食品工学会第20回(2019年度)年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 土野紘輝, 鈴木達仁, 飯田あづみ, 金澤昭彦, 黒岩崇
2. 発表標題 脂溶性栄養機能成分を担持したキトサン-オレイン酸複合微粒子の安定性評価
3. 学会等名 日本食品工学会第20回(2019年度)年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥山椰英子, 黒岩崇, 金澤昭彦
2. 発表標題 可食性高分子複合層の形成が固体油脂マイクロスフィアの安定性に及ぼす影響
3. 学会等名 日本食品工学会第20回(2019年度)年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 羽田野哲史, 黒岩崇, 市川創作
2. 発表標題 多相エマルション法の液中乾燥工程における脂質ベシクル形成機構の解析
3. 学会等名 日本膜学会第41年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今野裕史, 市川創作, 金澤昭彦, 黒岩崇
2. 発表標題 酵素と膜脂質を含有するダブルエマルションを利用したベシクル内酵素反応系の構築
3. 学会等名 日本膜学会第41年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒岩崇
2. 発表標題 生体分子間相互作用を利用した食品用分散系の作製と機能化
3. 学会等名 高分子と水・分離に関する研究会・2019年度界面動電現象研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒岩崇
2. 発表標題 消化吸収動態を考慮した栄養機能成分キャリアの開発と食品デザインへの展開
3. 学会等名 バイオ計測技術コンソーシアム第125回定例会講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒岩崇
2. 発表標題 生体由来成分を利用したマイクロ・ナノ分散系の作製および機能開発
3. 学会等名 FOOMA JAPAN 日本食品工学会フォーラム2019（招待講演）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 松井徹，上田誠，黒岩崇，武田穰，徳田宏晴	4. 発行年 2018年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 232
3. 書名 生物化学工学の基礎	

〔産業財産権〕

〔その他〕

高分子・バイオ化学研究室 <機能性バイオ分子> ホームページ
<http://www.esse.tcu.ac.jp/labs/bio>
東京都市大学研究者情報データベース
<http://www.risys.gl.tcu.ac.jp/Main.php?action=profile&type=detail&tchCd=5001799>

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
--	---------------------------	-----------------------	----