

Tech Solution Launch

健康食品が抱える課題に挑む 水溶化技術と受託事業

小森 紀明 | ライフサイエンス本部 研究部
基礎研究グループ

健康食品分野において、抗酸化作用や免疫調節など機能が期待される有効成分の活用が進んでいる。

しかしその一方で、これらの成分は水に溶けにくいものが多く体内での吸収性や製品への応用性に課題を抱えている。

とくに脂溶性成分は飲料等に配合しにくく

製品設計の自由度を制限する要因となってきた。

こうした背景から有効成分を水中に安定的に分散・溶解させる水溶化技術への関心が高まっている。

本稿では、当社が開発した界面制御技術による水溶化手法の特長とその技術を活用した受託事業の取り組みについて詳しく紹介する。

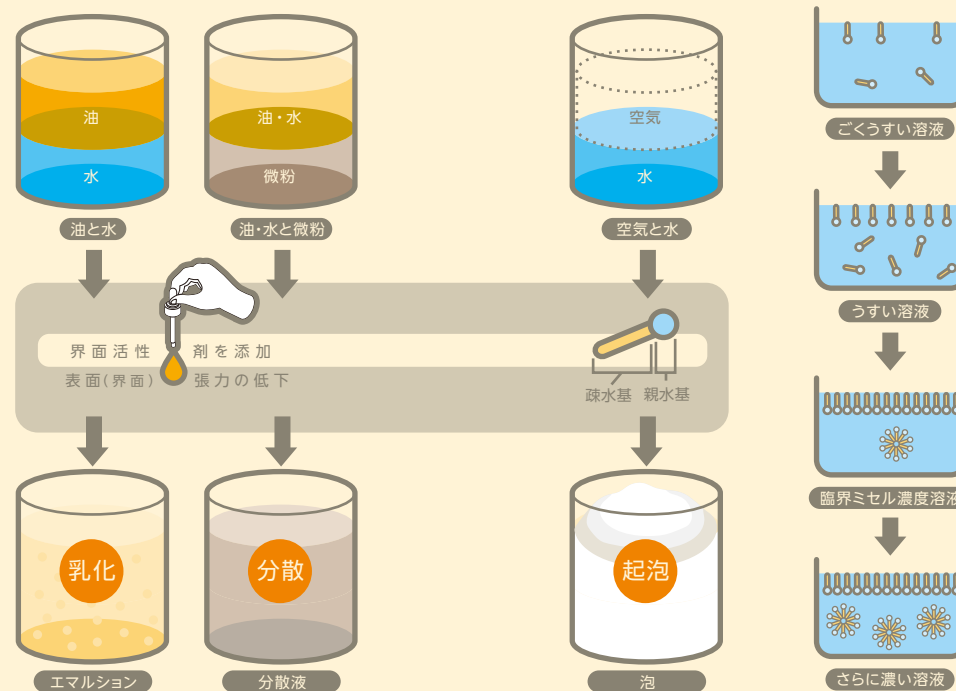


図1 界面活性剤の機能と水溶液中での

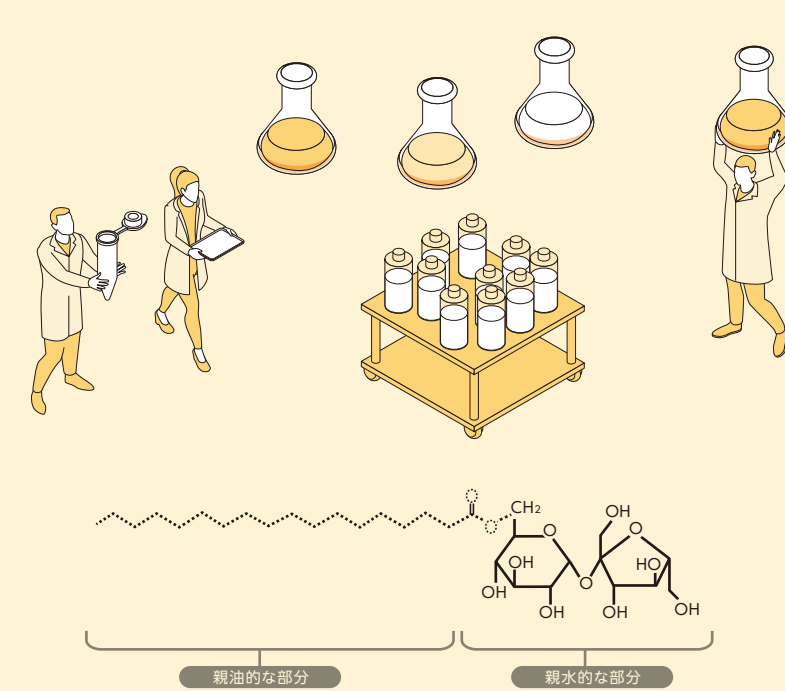


図2 ショ糖脂肪酸エステル(SE)の構造

はじめに

近年、消費者の健康志向の高まりを背景に、機能性表示食品をはじめとした健康食品の市場規模は年々増加している¹⁾。健康食品の素材では、スポーツ・運動機会の増加によりプロテイン市場が拡大しているほか、コロナ禍以降における生活の変化が見られる中、ロコモティブシンドローム対策素材や、細胞などにダメージを与える活性酸素に作用するビタミン・ポリフェノールなどの抗酸化食品に対して注目が集まっている²⁾。

しかしながら、これらの機能性素材の中には、水に溶けにくいことを原因として、消化管においてほとんど吸収されず、体内で本来の機能を十分に発揮できないものが数多く存在する。このような難溶性物質の水への溶解性を改善する手法として、界面活性剤が形成するミセルによる可溶化や、固体分散体化による非晶質化などが検討されている^{3), 4)}。本稿では、これ

らのうち、界面活性剤や糖類を併用することにより、難溶性の機能性食品素材を水に透明に溶解させることが可能となる当社の界面制御技術と、本技術を生かして今年から本格稼働する新規受託事業について紹介する。

界面活性剤による可溶化技術

界面活性剤の役割

界面活性剤は両親媒性の構造、すなわち疎水性(親油性)部分と親水性部分を分子中にあわせ持っている。界面とは図1に示すように、油と水や空気と水といった異なる性質を持つ2つの物質の間に存在する境界面を指す。また、界面活性剤は前記の通り両親媒性の構造を有することにより、「乳化」「分散」「起泡」といったさまざまな機能を発揮する。水溶液中の界面活性剤の濃度が低い場合には、界面活性剤分子が表面に集合・配列し

やすい性質を持っているが、界面活性剤の濃度が高くなっていくと、界面活性剤分子が集合しミセルと呼ばれる集合体を形成する。このミセル形成時の濃度を臨界ミセル濃度(CMC)と呼ぶ。ミセル形成時に油を添加すると、油がミセル中に取り込まれ、外見では油が水に溶けたように見える。このような現象を可溶化と呼んでいる。当社ではこのように可溶化能力に優れた界面活性剤製品を多数そろえており、次項にて食品添加物の一つである当社の乳化剤について述べる。

当社製品ショ糖脂肪酸エステル(SE)

ショ糖脂肪酸エステル(SE)は日本で工業化がスタートした乳化剤であり、当社では1970年に本格的な製造設備を建設した。SEは、親水的な部分としてのショ糖と親油的な部分としての脂肪酸とが、エステル結合によって縮合してなる乳化剤である図2。ショ糖が持つ8つの水酸基が脂肪酸

ミセル化の様子

とエステル化反応することにより、モノエステルからオクタエステルが生成する。反応制御によって幅広いエステル化度をとることができる点がSEの特長の一つである。特にHLB^{*1}が比較的高いSEは水中油滴型(O/W)食品への乳化剤用途使用例が多く、難溶性物質の可溶化剤として有用な機能を示し、食品加工において広く使用されている。

難溶性の機能性素材水溶化

難溶性の機能性食品素材

難溶性の機能性食品素材のモデル物質として、カンナビジオール(CBD)、β-カリオフィレン(BCP)の2種を例に紹介する図3。CBDは麻に含まれる植物性カンナビノイドの一種であり、麻の品種にもよるが、一般的に花穂や葉に多く存在すると言われている。CBDにはストレスや不安の軽減、リ

ラックス、睡眠などに関する作用が報告されている⁵⁾。BCPは、炎症の調節や免疫機能に重要な役割を果たしているCB2受容体に結合して活性化させることから、CBDと類似した作用を示すことが報告されている⁶⁾。これらCBDやBCPは脂溶性の物質であり、水には難溶となっているため、例えば現行のCBD製品はオイル製剤が主流となっている。そのような背景から高濃度水溶性製剤の調製を可能とすることで、飲料・ゼリーなどの水系製品への展開が可能となり、最終製品の設計自由度を広げることが期待される。次項では当社で実施した難溶性物質の水溶化検討結果について説明する。

可溶化製剤の開発

液体製剤について、CBDでは含有率4%、BCPについては含有率10%の製剤を作製することが可能であった。また、有効成分換算でCBDあるいは、BCPを0.1wt%となるように水

に溶解した際の「透明性」の評価を定量的に実施した。JIS K0101濁度試験法に則り、各難溶性物質水溶液の660nmにおける透過率を測定することで評価した。

透過率は、レシオビーム分光光度計U-5100(日立ハイテック社製)により測定した。CBD、BCPともに透過率95%以上で透明に可溶化することができた図4・図5。

また、粉末製剤についても開発を実施している。CBDの例を図6に示す。CBDの含有量は8%であり、液体製剤同様に有効成分換算でCBDが0.1wt%となるように水に溶解した際には、透過率95%以上で透明に可溶化することができている。こちらの技術はBCPなどにも応用可能である。

乳化製剤の開発

当社で開発した自己乳化製剤についても紹介する。自己乳化製剤とは、乳化剤であるDetergent相と油であるOil相から成るO/Dエマルジョン

*1 HLB (Hydrophilic lipophilic balance): 界面活性剤の親水性と親油性のバランスを示す数値。HLB値は0から20までの値をとり、0に近いほど親油性が高く、20に近いほど親水性が高くなる。

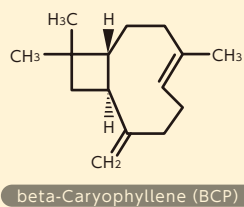
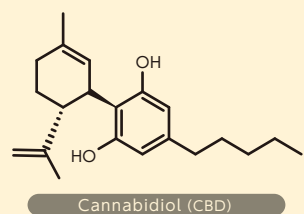


図3 CBDおよびBCPの構造

高濃度製剤化
CBD 4%

製剤性能
CBD液体製剤
CBD含有率：4%

水に希釈
(0.1wt%)

可溶化結果
CBD
0.1wt%水溶液
透過率 (OD660nm)
: 95.1%

高い
透明性

図4 CBD液体製剤
高濃度かつ透明に可溶化

高濃度製剤化
BCP 10%

製剤性能
BCP液体製剤
BCP含有率：10%

水に希釈
(0.1wt%)

可溶化結果
BCP
0.1wt%水溶液
透過率 (OD660nm)
: 99.8%

高い
透明性

図5 BCP液体製剤
高濃度かつ透明に可溶化

高濃度製剤化
CBD 8%

製剤性能
CBD粉末製剤
CBD含有率：8%

水に希釈
(0.1wt%)

可溶化結果
CBD
0.1wt%水溶液
透過率 (OD660nm)
: 99.6%

高い
透明性

図6 CBD粉末製剤
粉末からの透明可溶化



図7 D相乳化剤の水溶化模式図

高濃度製剤化
CBD 15%

製剤性能
CBD
自己乳化製剤
CBD含有率：15%

水に希釈
(0.1wt%)

可溶化結果
CBD
0.1wt%水溶液

均一に
分散

図8 CBD D相乳化剤
均一に分散した白濁状態

製剤のことをいう。自己乳化製剤は、Water相に添加すると手攪拌などの簡易攪拌でO/Wエマルジョンを形成させられることが特徴であり^{図7}、食品用途においてもこの自己乳化製剤技術を応用することが可能である。CBDにおいては15%という高含有の製剤の開発に成功している。^{図8}に水溶化製剤と同様に有効成分換算でCBD0.1wt%とした際の水溶液写真を示す。可溶化製剤と違い透明溶解はしていないものの、粒子径が約0.2μmと既存品の粒子径と比較しても非常に細かいために、高含有であっても水中に安定分散させることが出来ている。

新規受託事業

水溶化受託

昨年、これまで当社で培ってきた水溶化検討の取り組みをもとに、当社で難溶性物質可溶化の受託製造が実施できる体制を整えた。具体的には、先述のような配合を実施できる60L混合釜の導入をはじめとして、乳化設備についても新たに設置を行った。これにより、お客さまが透明溶解を要望される際は「可溶化」を、成分の配合量を高めたい意向があり、均一に分散していれば必ずしも透明溶解である必要がない場合には「乳化」処方をご提案することも可能

となる。噴霧乾燥機についても取り揃えたため、水に添加した際にきれいに溶解する可溶化粉末製剤の開発も可能となった。

天然物抽出エキス製造受託

グループ会社である池田薬草株式会社はGMP認証工場として、長年にわたりエキス抽出～濃縮～粉末化までの一貫製造に取り組んできた実績を有している。これまでに同社で培ってきた技術をもとに、エタノールなどの溶剤が使用可能な抽出設備を今年新たに当社工場へ導入した。抽出設備の大きさは200Lの中規模スケールとなっている。抽出後のエキス濃縮、精製用のろ過、エキスの粉末化

などにも対応しており、数kg/バッチのエキス粉末を製造することができる。本設備導入により、溶剤抽出で得られる難溶性物質成分を当社の界面制御技術で可溶化させた製剤作製へ展開するといった新たな価値創造が可能になった。今後は各原料特性に応じた最適処方提示できるよう、ラボ試作から本格製造までサポート可能な体制を整える予定としている。

おわりに

今回はCBD、BCPの素材を例に挙げたが、食品中の機能性成分として知られているポリフェノール、カロテノイド、ビタミンの中には水に難溶であ

る化合物が非常に多くこれらの素材についても検討を進めている。水溶性を持たせることで生体内での吸収性向上への寄与が期待されるほか、水溶液の透明性が高いことから飲料などの食品形態での外観向上も期待できる。当社は顧客の課題解決に貢献できるよう、新規受託事業を通して技術開発をさらに推進していく。



小森 紀明
Noriaki Komori
ライフサイエンス本部
研究部 基礎研究グループ長

参考文献

- 1) 株式会社矢野経済研究所：2025年健康食品市場に関する調査
https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/3760
- 2) 株式会社矢野経済研究所：健康・機能性食品素材市場の実態と展望 (2025)
- 3) 酒井秀樹. 化学と教育, 69, 162-165 (2021)
- 4) 石本憲司, 他. オレオサイエンス, 20 (2), 53-60 (2020)
- 5) Joseph M. et al. : SNL., Published online 2018 Apr 26
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5938896/>
- 6) Henry B. et al. : Int. J. Mol. Sci., 23 (24), 15470 (2022)