

研究課題名	食物アレルギー対応食品製造のための新しい高圧噴霧技術の開発
フリガナ	オオタ マサキ
代表者名	大田 昌樹
所属機関 (機関名) (役職名)	東北大学大学院環境科学研究科 准教授
本助成金による 発表論文、学会発表	[1] 大田昌樹*, 天然物抽出分離のための高圧二酸化炭素の応用, 化学工学会東北支部ニュースレター, 111, 4-7 (2020) [2] 大田昌樹*, 自然環境に順応する化学工学テクノロジーの創製, 東北大学大学院環境科学研究科ニュースレター, 21, 6 (2020). [3] 大田昌樹*, 自然環境に順応する化学工学テクノロジーの創製, 東北大学大学院環境科学研究科アクティビティレポート 2019, 52-53 (2020).

研究結果要約

食物アレルギー対応食品への消費者のニーズは高く、これに応えるべくアレルギー低減化食品、ひいてはアレルギー除去食品の開発に期待が高まっている。このようなニーズに応えるべく合目的な方法論の開拓を目指し、本申請では、高圧流体を用いた噴霧技術によるせん断力を応用した新しい工学的アプローチを採用し、特に液体試料（牛乳）の低アレルギー化ないしアレルギー除去に挑戦した。

まず、合目的な機能を保持する高圧二酸化炭素を用いた噴霧実験装置の開発に着手した。当該装置の構成は、高圧二酸化炭素供給部、牛乳などを想定した液体原料供給部、さらにはこれらの流体を混合する混合部、さらには急減圧を可能とする背圧弁システムとした。このとき、混合流体の温度制御も可能とする仕様とした。トラップは室温で保持し、背圧弁から連続的に吐出される仕組みを採用した。結果として、高圧二酸化炭素噴霧によるせん断場の付与に成功し、25℃にて牛乳中

ガゼインを約 10%低減することができた。さらに低温での噴霧を採用することにより噴霧時の氷結効果が予想され、これによるアレルギー物質のさらなる低分子断片化効果の獲得が期待できる。

研究目的

近年、アレルギー疾患患者の数は増加の一途をたどっており、アレルギーを克服するためのより確実な戦略の構築が望まれている。このうち、食物アレルギー対応食品への消費者のニーズは高く、これに応えるべくアレルギー低減化食品、或いはアレルギー除去食品の開発に期待が高まっている。

このような背景のもと、超臨界・亜臨界域を含む高圧流体を用いた工学技術によるアレルギー対応食品創造に向けての新しいアプローチを新たに展開したいと考えている。具体的には、高圧流体、特に高圧二酸化炭素を用いた牛乳や豆乳、トマトジュースやオレンジジュース、ひいては牛乳などの液体試料の低アレルギー化ないしアレルギー除去を目指したいと考えている。ここで、高圧二酸化炭素が対象液体試料に溶解することで①pH 低下を生じさせ、タンパク質構造の変性を促すこと、また②ノズル噴霧を実施することで、アレルギー物質の高速剪断による低分子化を促すこと、さらには③急減圧時に生じる発泡によるタンパク質のペプチド断片化、延いては減圧後のサンプルの凍結・融解によるタンパク質の変性などの効果を期待している。なお、これまで常温での高圧力（動水圧）処理の検討例はあるものの高圧二酸化炭素を用いた低アレルギー化の研究例は調査のところ皆無である。

本申請では、挑戦的研究としての要素はあるものの高圧流体を用いたノズル噴霧系の実験を新たに整備し、先に述べた実験対象の低アレルギー化ないしアレルギー除去を目指す基礎研究を推進した。

研究計画及び研究手法

本実験では、牛乳中のガゼインをアレルギー物質の対象とし、低アレルギー化のためのオリジナルの噴霧処理実験を行った。なお、温度は室温～80℃、圧力は大気圧から 20 MPa 程度とする。本申請では、動水圧のみならず動空圧（動 CO₂ 圧）の併用を考えており、先に述べた 3 つの効果（①

pH 低減, ②噴霧による微液滴化, ③減圧時の発泡に伴うペプチド断片化)を検証することを目的とした。アレルギーとしての抗原性は ELISA キット (FASPEK エライザⅡ牛乳 (カゼイン)) にて確認した。

なお, 研究は当初の計画通りに実施できた。

噴霧処理実験は, 図 1 のような超臨界二酸化炭素と液体原料を向流接触抽出させる装置にて実施した。これにより, 背圧弁と呼ばれる減圧システムを介したノズル噴霧の実験系¹⁾⁻²⁾を構築し, 牛乳の低アレルギー化ないしはアレルギー

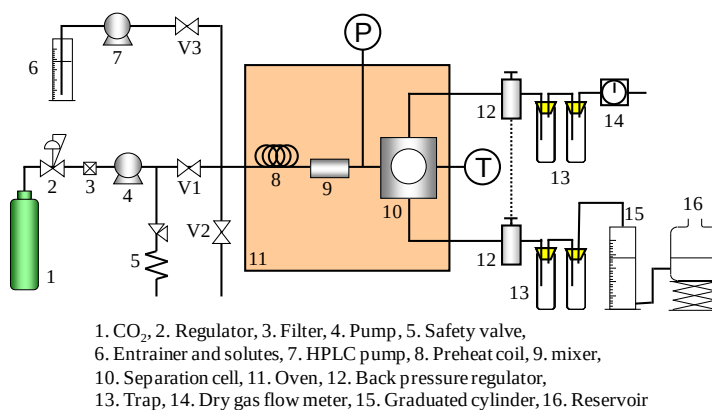


図 1

ン除去を目指した。温度, 圧力などの条件を操作し, アレルギー除去を可能とする効果的条件を導くことを目的とした。

図 1 の実験装置の構成と手順は以下のとおりである。まず, 二酸化炭素を所定温度・圧力のもと流通させた。次に所定温度・圧力にて原料 図 1 開発した超臨界二酸化炭素を用いた噴霧装置である牛乳を流通させた。背圧弁と呼ばれる減圧システムから排出された気相, 液相サンプルをそれぞれバイアル瓶にて回収し, ELISA キットによる分析を実施した。

結果と考察

図 2 に 25°C, 9.8 MPa における噴霧時の様子を示す。なお、二酸化炭素 2.0 cm³/min に対して牛乳は 0.5 cm³/min の流量で流通させた。気相と液相の背圧弁の間隔はそれぞれ 8 s および 2 s とした。予想に反して、気相から牛乳が二酸化炭素とともに噴出された。液相からは、若干の透明な水が排出されたが、大部分は気相から牛乳の成分が獲得できた。

抽出物を ELISA キットにて分析した結果、25°Cの気相サンプルでは、原料である牛乳中のガゼイン濃度よりもおよそ 10% ガゼイン濃度が低減することがわかった。その一方で、35°Cのサンプルではアレルギー低減化効果は確認できなかった。

そこで、将来的にはさらなる低温での噴霧実験により、例えば液体サンプルを氷結させた実験系を構築することで、さらなるアレルギー低減効果が得られる可能性がある。現在、得られた成果については、日本食品科学工学会などでの学会発表を検討している。



図 2 噴霧時の様子

今後の研究活動について

本手法による低アレルギー化効果の検証のため、現在も基礎研究を進めている。定性的であるが、本検討範囲内では、圧力よりも温度による効果が大きいことがわかっているため、引き続き検証実験を進めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 秋元啓太, 大田昌樹, 佐藤善之, 猪股宏, 二酸化炭素の Joule-Thomson 効果を利用した微粒子分散水溶液からの粉体製造, 化学工学論文集, 40, 79-83 (2014).
- 2) 小野巧, 秋元啓太, 大田昌樹, 佐藤善之, 猪股宏, 高 Re 数乱流場における界面活性剤フリー Water/CO₂ エマルションの分散挙動, 化学工学論文集, 44, 67-70 (2018).

以上