

## (第10回) 2014年度・研究助成報告

研究題名	繊維状の機能性食品の開発
研究期間	2014年4月1日～2016年3月31日
研究機関・所属 研究者名	兵庫県立大学・工学研究科化学工学専攻 飯村健次

## 1. 2014 (2015) 年度研究成果の概要

機能性食品は、病気予防や老化防止の助けになる成分を効果的に摂取できる食品であるが、カプセルや粉末といった固形の機能性食品は、乳幼児や高齢者が摂取する際、飲み込むことが困難な場合がある。「誰でも食べやすい形状」をコンセプトに、屋台などでもおなじみの綿菓子に機能性食品に応用しようと考えた。特に、当該年度においては、コアシェル型の機能性繊維の開発に取り組んだ。マルトースを蒸留水に溶解することで、シェル溶液を調製した。また、同溶液にヘキサンおよびスパン80を添加しよく攪拌して分散させ、コア溶液とした。調製したシェル溶液とコア溶液を自作の二重構造の容器を備える遠心紡糸装置に取り付け高速回転させることによって繊維を紡糸することで、油相がマルトースにより包み込まれたコアシェル構造を有する可食な繊維を得ることに成功した。

## 2. 助成期間内での研究成果の概要

## 1. はじめに

病気予防や老化防止の助けとなる機能性食品が多く開発され、生活に不可欠な存在になりつつある。しかし、これらの機能性食品はそのほとんどが錠剤・カプセルや粉末状の形態であり、機能性食品を最も必要としている乳幼児や高齢者には嚥下が困難であるという問題がある。そこで、摂取しやすい形態として着目したのが綿菓子のような繊維である。

我々はこれまで、遠心紡糸法を用いて主に無機繊維の作製を行ってきた。研究に用いた遠心紡糸法による繊維化のプロセスは、射出口のついた容器に液を充填し、容器を高速回転させることにより射出口から勢いよく飛び出してきた液を乾燥させ繊維として得る方法である。この機構は従来の綿菓子製作方法と異なり、熔融プロセスを必要としない。よって、機能性物質を破壊してしまう可能性がない。また、遠心紡糸法は他の繊維紡糸法に比べる連続的に繊維を紡糸できることから、大量生産が可能であり、将来工業的に繊維を作製する方法として非常に実用的であると考えられる。

遠心紡糸法を用いて繊維に機能性物質を導入する方法としてドメイン・マトリックス構造を目指した。ドメイン・マトリックス構造とは、マトリックスとなる物質中にドメインとなる別の物質が粒状になり分散している構造のことである。この構造によりドメイン物質の劣化をマトリックス物質によって防止したり、ドメイン物質とマトリックス物質の性質を同時に発現出来たり様々な機能が期待できる。さらに、マトリックス物質には砂糖等を想定しているため薬品独特の苦みを緩和し、食品にとって欠かすことのできない美味しさを加えることができる。しかし単純なドメイン・マトリックス型繊維では、ドメイン物質がマトリックス物質の外に漏れ出す可能性があるという構造上の問題がある。本研究ではコア・シェル構造に着目し、これを繊維に応用することとした。

## 2. 方法

### 2-1 遠心紡糸装置の試作

コア・シェル型繊維を作製するにあたり、遠心紡糸装置の試作を行った。回転容器をエア駆動式のモーターに取り付け、窒素の流入量によって回転速度を最大10000rpmまで調節できるようにした。周囲はポリカーボネート板で囲い、繊維を効率よく回収するため四方に金網をコレクターとして設置した。また、ドライヤーを2か所に取り付けることで、装置内の温度調節と繊維の乾燥を可能にした。

コア・シェル型繊維の作製は2重構造の容器を用いて行った。シェル溶液が入る大きい容器内の底中心にコア溶液が入るひとまわり小さい容器を固定し、共通の回転軸を中心に通した。それぞれの容器から射出口を底から高さ20mmの位置に2重管となるように取り付けた。

### 2-2 溶液の調製

100mL ビーカーにマルトース（ブリューランド製）39g、蒸留水11gを入れ、表面温度120℃に設定したホットスターラー上で加熱攪拌し、マルトースを完全に溶解し、シェル溶液とした。溶液は20℃まで冷却し実験に用いた。コア溶液にはシェル溶液と同じものを用いるが、分散相としてヘキサンを用いた。ヘキサンは、可食ではないが、多くの物質に対し良い溶媒であるためマルトース水溶液に対して溶解性のない脂質のモデルとして使用した。100mL ビーカーにシェル溶液20gと少量のナイルレッド（東京化成工業製）で着色したヘキサン（キシダ化学製）1.5gを添加した、ヘキサンをシェル溶液にうまく分散させエマルジョン状態にするために、界面活性剤であるスパン80（関東化学製）を数滴添加し、ハンドホモジナイザーを用いてよく攪拌し、コア溶液とした。

## 2-3 繊維化ならびに評価法

前節で述べた方法により調製した溶液を回転容器のコア部とシェル部にそれぞれ2gおよび10g充填し遠心紡糸することで、コア-シェル型繊維を作製した。ドライヤーは温風に設定し、チャンバー内の雰囲気温度が約50°Cとなるようにした。回転速度はタコメーターを用いて測定したところ約8500rpmであった。紡糸した繊維を10分間乾燥させた後回収した。回収した繊維をヘキサンに浸して軽く振とうし約30分放置し、取り出したものを走査型電子顕微鏡を用いて観察した。また、蛍光顕微鏡を用いて繊維の構造を観察した。

## 3. 結果および考察

### 3-1 繊維の形状

コアならびにシェル溶液をともに入れ紡糸を行った際、回転開始直後から溶液が射出され、やや赤みのかかった繊維が紡糸されていることを確認した。紡糸直後の繊維の写真を図1に示す。繊維が回転容器の周りに設置したコレクターまで飛散し、収率よく繊維を回収することができた。繊維は綿菓子のようなふわふわの質感を持っていることが確認できた。



Fig. 1 Digital image of as spun fiber

コア溶液のみを入れ紡糸して得られた繊維のSEM像を図2(a)に、またコア、シェルの両溶液を同時に紡糸して得られた繊維のSEM像を図2(b)にそれぞれ示す。Fig. 2(a)において、繊維表面に穴や凹凸構造が多く見られた。これはコア溶液中のヘキサンがマルトースによってしっかりと保護されておらず、繊維表面に漏れ出し、ヘキサンに浸すことで洗い流されたためであると考えられる。一方Fig. 2(b)に示すように、コアおよびシェル溶液共に紡糸した繊維では表面は極めて滑らかであり穴のような形状は見られなかった。

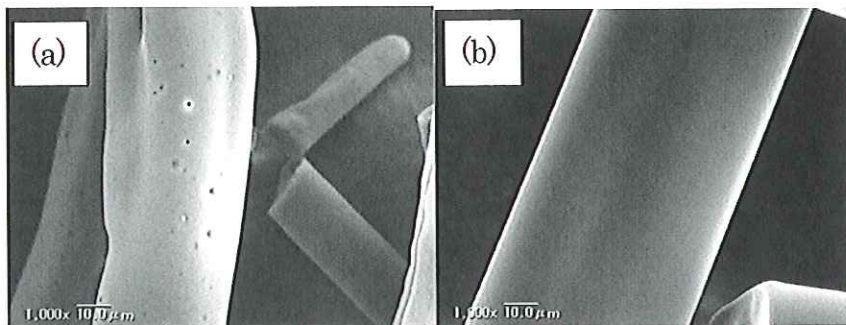


Fig. 2 SEM images of (a) core fiber and (b) core-shell fiber

また、コアおよびシェル溶液共に紡糸した繊維の蛍光顕微鏡画像を Fig. 3 に示す。赤い部分はナイルレッドで着色したヘキサンであり、繊維表面には存在しないことがわかる。以上のことからコア-シェル構造を持つ繊維の作製に成功したといえる。

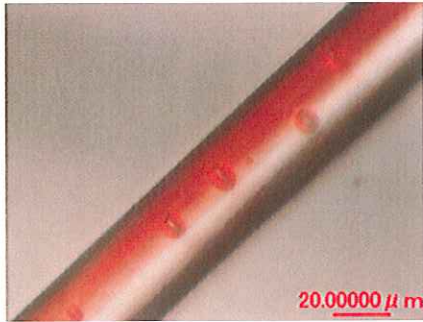


Fig. 3 Fluorescence microscope image of core-shell fiber

#### 4. まとめおよび今後の展望

2重円管構造を有する遠心紡糸装置を開発し、可食な系でコア-シェル型の機能性繊維を得ることが可能となった。今後、内包された物質の安定性の評価が加わることで、本課題で開発された繊維の有用性が立証されるであろう。いつの日にか本課題で開発された技術が実用化され、人々の健康に資することを期待する。

### 3. 研究発表

#### 学術論文

遠心紡糸法によるコアシェル型繊維の開発：飯村健次、春尾深月、佐藤根大士、鈴木道隆，粉体工学会誌 52(3)，1550-155，2015

#### 学会発表

コアシェル型複合繊維紡糸法の開発：第50回粉体工学会夏期シンポジウム，2014年8月