

鮮肉活性魚肉粉末(AFPP)の回収率・水分・粒子径

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	仁木, 弘 和田, 恒雄 五十嵐, 清一郎
巻/号	49巻1号
掲載ページ	p. 85-89
発行年月	1983年1月

鮮魚活性魚肉粉末 (AFPP) の回収率・水分・粒子径^{*1}

仁木 弘・和田恒雄・五十嵐清一郎

(1982年5月24日受理)

Recovery, Moisture, and Particle Size of Active Fish Protein Powder

Hiroshi NIKI^{*2}, Tsuneo WADA^{*2}, and Seiichiro IGARASHI^{*2}

In producing Active Fish Protein Powder (AFPP) by spray-drying, one of the most important problems is the recovery of fish meat powder.

It was presumed that the recovery of AFPP is affected by its moisture content and the moisture is affected by the viscosity of fish meat sol and the temperature of spray-drying.

Accordingly, the influence that the viscosity of fish meat sol and inlet and outlet air temperature of spray-drying exert on the recovery, the moisture, and the particle size of AFPP were researched.

The recovery of AFPP was related to its moisture content and increased under the condition that the moisture of AFPP is reduced. In order to reduce the moisture of AFPP, the lower viscosity of fish meat sol, the lower inlet air temperature, and the raised outlet air temperature were needed.

The particle size of AFPP was affected by the viscosity of fish meat sol. The high viscosity allowed big drops of fish meat sol to grow on spraying and produced big particles of AFPP. The big drops collided with the wall and the bottom of drying-chamber directly and caused the recovery of AFPP to decrease.

噴霧乾燥法により鮮肉活性魚肉粉末 (AFPP) を製造する場合、最も重要な問題は以下の二点である。即ち、第一点は魚肉アクトミオシンの噴霧乾燥時の加熱・脱水変性を最少限にとどめ、鮮肉性の高い AFPP を得ること。そして、第二点は AFPP の回収率、即ち、歩留をできるだけ高めることである。

第一の点については、前報^{*2}で、AFPP の鮮肉性におよぼす製造上の諸因子として、糖の添加や pH の影響などについて詳細に報告した。

そこで、今回は、第二の点を中心に、AFPP の回収率・水分および粒子径におよぼす魚肉ゾルの粘度と噴霧乾燥温度の影響について検討を加えたので報告する。

実験方法

供試魚肉 北海道紋別沖で漁獲されたスケトウタラ *Theragra chalcogramma* を用いた。原料魚は漁獲後、直ちに冷蔵し、24 時間以内に、実験に供した。

魚体を水洗後、頭・内臓を除去し、ロール式採肉機で採肉した。その落し身を4倍量の水で4回水晒しを行い、脱水後、しょ糖 0.05 部を加え、充分に混合し、生

すり身 (水分 80%, pH 7.0) を得た。この生すり身を 5°C に冷蔵し、以下の実験に用いた。

AFPP の製造 前報¹⁾の方法に従って、AFPP を製造した。生すり身をミートチョッパーでひき肉とし、それに適量の冷水を加えて、コロイドミル²⁾で摩砕し、魚肉ゾルを調製した。魚肉ゾルはフィルタープレスで濾過した後、縦型圧力式噴霧乾燥機¹⁾を用いて、熱風温度 150~190°C、排風温度 60~80°C で噴霧乾燥した。なお、噴霧ノズルはスプレイイングシステム社のオリフィス No. 60、コア No. 17 を使用した。

魚肉ゾルの粘度測定 回転円筒式 B 型粘度計 (東京計器製) を用いて、10°C で、魚肉ゾルの粘度 (Poise) を測定した。

AFPP の水分測定 石英砂との混砂法により、100°C、3 h の熱風循環式乾燥により、AFPP の水分を測定した。

AFPP の回収率の測定 噴霧乾燥前の魚肉ゾル中の全固形に対するサイクロンセパレーターで回収された AFPP の全固形の割合、即ち、乾き固形回収率 (%) を測定した。

*1 噴霧乾燥法による鮮肉活性魚肉粉末 (AFPP) の開発に関する研究—III。

*2 雪印乳業 (株) 技術研究所札幌研究室 (Sapporo Research Division, Technical Research Institute, Snow Brand Milk Products Co., 6-36, Naebo, Higashi, Sapporo, Japan).

AFPP の粒子径の測定 AFPP を 4% チオシアン酸アンモニウムのイソプロピルアルコール溶液に分散し、コールターカウンター B 型を用いて、粒子径を測定した。

魚肉ゾル液滴の粒子径の測定 ノズルから噴霧された魚肉ゾルの液滴をシリコンオイルを塗布したガラス板上に捕集し、それを写真に取り、計測する方法で平均粒子径を求めた。

AFPP の形態観察 両面接着テープを付着させたサンプルホルダーの上に、AFPP を少量のせ、真空中で金イオン蒸着した後、日立 MINISEM 型走査電子顕微鏡を用いて形態観察を行った。

結果および考察

魚肉ゾルの粘度と微粒化 魚肉ゾルの特徴はその高粘性にある。魚肉濃度の増加と共に、魚肉ゾルの粘度は急激に増大する。¹⁾ 一方、噴霧乾燥において、ノズルでの噴霧時の微粒化には魚肉ゾルの粘度が大きく影響し、粘度が高いほど、その微粒化は不完全となり、AFPP の品質や回収率（歩留）を低下させる。²⁾ このように、魚肉ゾルの高い粘度は AFPP の製造に当って最も大きな問題の 1 つである。

そこで、魚肉ゾルの粘度 (Poise) と圧力噴霧により時じる液滴の平均粒子径 (μm) の関係を測定した。

種々の粘度の魚肉ゾルについて、噴霧圧力をそれぞれ 150, 300, 500 kg/cm^2 で微粒化した時に生じる液滴の平均粒子径を測定し、Fig. 1 に示した。

例えば、圧力 150 kg/cm^2 で噴霧した場合、魚肉ゾルの粘度が 50 Poise では液滴の平均粒子径は 100 μm 、100 Poise では 300 μm 、150 Poise ではおおよそ 1,000 μm と急激に大きくなる。そして、噴霧圧力を高めて

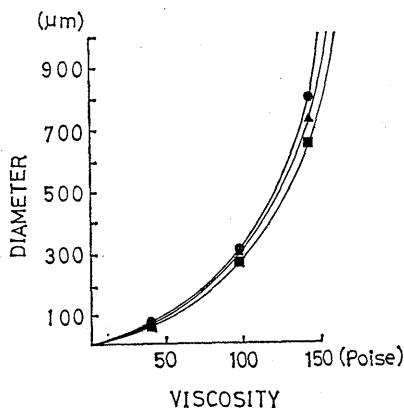


Fig. 1. Mean droplet diameter at various spraying pressure.

- : 150 kg/cm^2 of spraying pressure
- ▲: 300 kg/cm^2 of spraying pressure
- : 500 kg/cm^2 of spraying pressure.

も、その傾向は変わらないことがわかった。

これによって、魚肉ゾルの微粒化には、その粘度が大きく影響することが明らかとなった。

高い粘度を有する魚肉ゾルを噴霧乾燥すると、その高粘度ゆえに、ノズルでの微粒化が充分に行われず、大きな液滴を生じ、そのため効率的な乾燥がなされず、AFPP の水分値は高くなると予想される。この点については後で詳しく述べたい。

一方、ノズルから噴霧された後の魚肉ゾル液滴の飛翔軌跡を 2 次元運動の式³⁾によって計算した所、200 μm 以上の液滴は、全て、本実験で用いた塔径 1.5 m × 塔高 8 m の乾燥チャンパーの側壁に 0.1 秒以内に到達し、不十分な乾燥のまま、壁面に付着することが明らかとなった。このようなことから魚肉ゾルの粘度が高いと、AFPP の回収率は著しく低下すると考えられる。この点についても後で詳述したい。

なお、上記のような場合、乾燥チャンパーの塔径を大きくすることによって、大きな液滴の側壁への付着をある程度防止することは可能である。しかし、噴霧乾燥による液滴の乾燥速度はその直径の 3 乗に比例して低下するので、^{4,5)} 大きな液滴が発生するような噴霧条件では、乾燥に要する時間が長くなり、魚肉タンパクの熱変性を助長することになる。さらに、大粒子の液滴は乾燥が不十分なまま、チャンパーの塔底部に落下付着し、AFPP の回収率を著しく低下させることになった。

このように、噴霧乾燥法による AFPP の製造に当っては、魚肉ゾルの粘度を低下させ、その微粒化を容易にすることが大きな課題であるといえる。

AFPP の水分 噴霧乾燥法により製造された AFPP の水分値は、前述のように、魚肉ゾルの微粒化の状態によって大きく左右されるが、噴霧乾燥時の熱風温度と排風温度によっても影響されると考えられる。

魚肉ゾルは高圧ポンプによりノズルから熱風中へ霧状に噴霧され、熱風と混合して瞬間的に乾燥され、その後、排風に乗ってサイクロンセパレーターまで運ばれる間に 2 次的乾燥を受ける。

そこで、噴霧圧力を 150 kg/cm^2 とした時、熱風温度を 150, 170, 190°C、排風温度を 60, 70, 80°C として魚肉ゾル濃度を 2, 3, 4% と変化させて製造された AFPP の水分値を 3 元配置実験計画法により測定した。その結果を常法⁶⁾に従ってデータ解析し、それぞれの主効果を Figs. 2~4 に示した。

Fig. 3 から明らかなように、排風温度が高いほど AFPP の水分値が低いのは当然であるが、一方、熱風温度が高いほど AFPP の水分値は高くなっている (Fig. 2)。これは、熱風温度が高いと、液滴の表面に水分を通しづらいタンパクの乾燥皮膜ができるためと考えられ

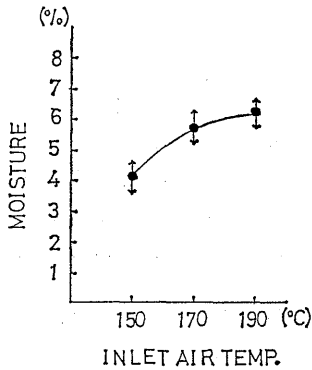


Fig. 2. Main effect of the inlet air temperature on the moisture of AFPP.

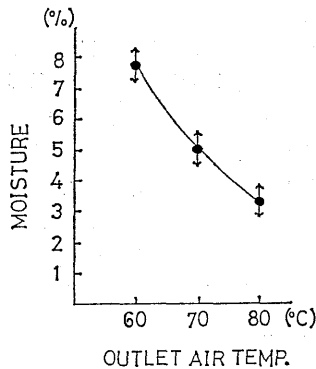


Fig. 3. Main effect of the outlet air temperature on the moisture of AFPP.

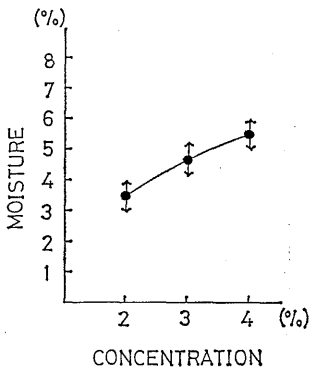


Fig. 4. Main effect of the concentration of fish meat sol on the moisture of AFPP.

る。^{5,6)} 即ち、魚肉ゾルが高温熱風中に噴霧されると、液滴表面の水はすみやかに蒸発・消失し、表面には魚肉タンパクの乾燥皮膜が形成され、粒子内部の水分の蒸発をさまたげることにより、AFPPの水分値が高くなったものと推測される。

また、Fig. 4 に示したように、同一の熱風-排風温度

では、魚肉ゾルの濃度が高いほど粘度が増加して微粒化が悪くなり、液滴径が大きくなるため、乾燥効率は低下し、AFPPの水分値が高くなるという結果を得た。

以上の点から、魚肉ゾルを噴霧乾燥するに当っては、魚肉ゾル濃度を低下させるか、または、何らかの方法でその粘度だけを低下させて、乾燥効率のよい小さな液滴を発生させ、熱風温度を低く、排風温度を高目にするのが、低水分のAFPPを製造する上で必要な条件である。

なお、AFPPの水分値は、後報で述べるように、AFPPの貯蔵性に大きく影響する因子であり、AFPPの製造上、重要な要素の1つである。

AFPPの回収率 噴霧乾燥法により得られるAFPPの回収率(歩留)は乾燥の良否によって大きく左右される。前述のごとく、噴霧ノズルにおける魚肉ゾルの微粒化が不十分で、大粒子の液滴が発生するような条件では、魚肉ゾルは未乾燥のまま乾燥チャンバーの壁面や底部に付着し、回収率が著しく低下する。一方、乾燥時の熱風-排風温度の変化によって生じるAFPPの乾燥状態の相違、即ち、水分値の差もその回収率と密接な関係にあると考えられる。

そこで、前記のAFPPの水分測定と同様に、熱風温度(150, 170, 190°C)、排風温度(60, 70, 80°C)、魚肉ゾル濃度(2, 3, 4%)をそれぞれ変化させ、3元配置実験計画法によりAFPPの回収率(乾き固形回収率)を測定した。その結果をデータ処理し、⁴⁾ それぞれの主効果をFigs. 5-7に示した。

Fig. 6は排風温度が高いほど回収率は増加すること、また、Fig. 5は熱風温度が低いほど回収率は高いことを示している。また、Fig. 7から明らかのように、魚肉ゾル濃度が高いほど、即ち、粘度が上昇するほど回収率は低下している。

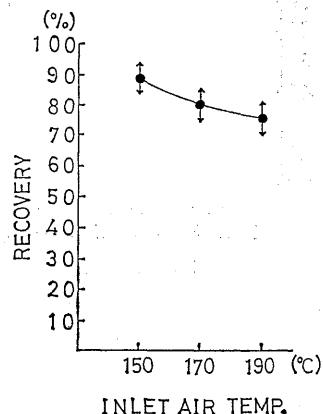


Fig. 5. Main effect of the inlet air temperature on the recovery of AFPP.

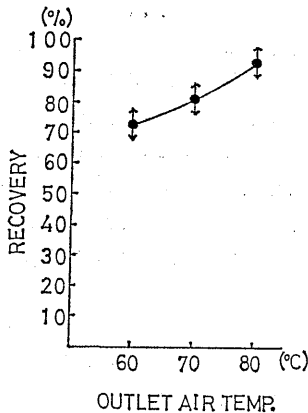


Fig. 6. Main effect of the outlet air temperature on the recovery of AFPP.

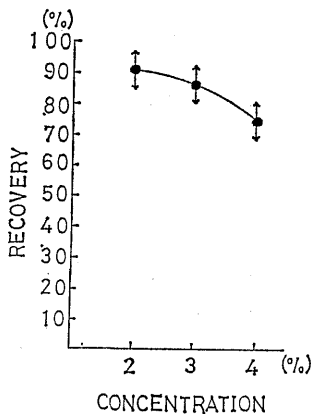


Fig. 7. Main effect of the concentration of fish meat sol on the recovery of AFPP.

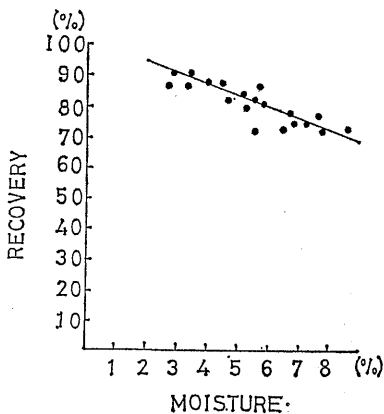


Fig. 8. Relation between the moisture of AFPP and the recovery of AFPP.

これらの結果は、前記の AFPP の水分値におよぼす各要因の効果 (Figs. 2-4) とよく一致する。このことは、AFPP の水分値が高くなるような噴霧乾燥条件で

は、その回収率は低下するということを明確に示している。

以上のような条件により製造された AFPP の回収率と水分値の関係を示したのが Fig. 8 である。両者の相関係数は $r = -0.91$ であり、AFPP の回収率と水分値が密接な関係にあることをよく表わしている。

AFPP の製造に当って、回収率はその製造原価を決定する重要な要素であり、鮮肉性の保持と共に回収率の向上が AFPP の工業化に必要な条件である。

AFPP の粒子径と形態 粉体としての AFPP の基本的な性質を知るために、その粒子径を測定し、形態観察を行った。

噴霧乾燥法により製造される AFPP の粒子径は、魚肉ゾルの微粒化の程度によって決定される。一方、魚肉ゾルの微粒化は、前述のように、魚肉ゾルの濃度、即ち、魚肉ゾルの粘度によって大きく影響される。

そこで、熱風温度 150°C、排風温度 60°C、噴霧圧力 150 kg/cm² という条件で、魚肉ゾル濃度を 2, 3, 4% と変化させて噴霧乾燥し、得られた AFPP の粒子径を測定して、その頻度分布を Fig. 9 に示した。

魚肉ゾルの濃度が高くなるほど AFPP の粒子径は大きくなっている。これは、魚肉ゾルの濃度の増加にともない、その粘度が上昇し、そのため噴霧ノズルでの魚肉ゾルの微粒化が悪くなり、大粒子の液滴が発生したためと考えられる。

しかし、Fig. 1 に示した魚肉ゾルの液滴径に比べ、AFPP の粒子径は小さく、おおむね 10~60 μm の範囲にある (Fig. 9)。これは、魚肉ゾルの濃度が低いことにもよるが、一方、魚肉ゾルの粒子が乾燥によって、かなり収縮することを示唆している。

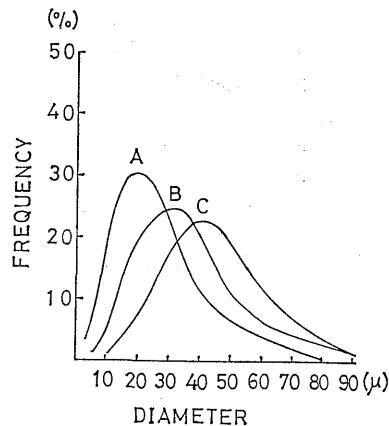


Fig. 9. Particle diameter distribution of AFPP spray-dried at various concentration of fish meat.

A: 2% of fish meat sol, B: 3% of fish meat sol, C: 4% of fish meat sol, Temperature of spray drying: 150-60°C.

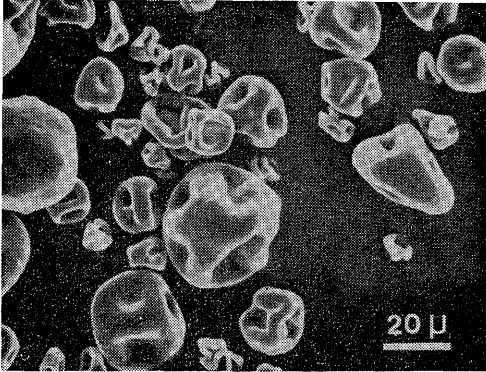


Fig. 10. Scanning electron micrograph of AFPP.
Concentration of fish meat sol: 3%.
Temperature of spray drying: 150–60°C.

そこで、魚肉粉末の形態を走査電子顕微鏡で観察し、その写真を Fig. 10 に示した。AFPP は内側に陥没収縮した特徴ある形態を示している。

以上のように、噴霧乾燥法による AFPP の製造に当っては、熱風排風温度の影響もさることながら、魚肉ゾ

ルの高粘度が噴霧時の微粒化を妨げ、それが AFPP の水分、回収率、粒子径などに大きく影響していることが明らかとなった。

しかし、魚肉ゾルの高粘度を加水稀釈により低下させることは、噴霧乾燥の効率を著しく減じることになる。そこで、魚肉の鮮肉性を損うことなく、その粘度だけを低下させ、より高濃度の魚肉ゾルの噴霧乾燥を可能にすることが、今後の最も大きな研究課題といえる。

文 献

- 1) 仁木 弘・出家栄記・加藤恒夫・五十嵐清一郎：日水誌，**48**，999–1004 (1982)。
- 2) 仁木 弘・五十嵐清一郎：日水誌，**48**，1133–1137 (1982)。
- 3) 亀井三郎：化学機械の理論と計算，第2版，産業図書，東京，1975，pp. 460–461。
- 4) 石川 馨：化学者および化学技術者のための実験計画法(上)，東京化学同人，東京，1973，pp. 143–170。
- 5) 林 弘通：化学工学，**36**，137 (1972)。
- 6) 林 弘通・石岡要造：乳業科学新説，朝倉書店，東京，1966，p. 467。