

## 乾燥法によるあじ開き干しの成分変化の相違

滝口明秀

Difference of Component in Aji Hirakiboshi, Salted and Dried Horse Mackerel,  
by Drying Method

Akihide TAKIGUCHI

キーワード：乾燥，アジ，脂質，イノシン酸

魚類の乾製品は、乾燥工程において脂質やATP関連物質などが酸化や酵素作用によって変化する。乾製品は脂質酸化によって異臭や変色を生じると共に高度不飽和脂肪酸が減少して品質が劣化<sup>1)</sup>する。ATP関連物質のイノシン酸は、魚肉のうま味成分<sup>2)</sup>として知られており、乾燥中におけるこの減少は乾製品のうま味を損なう原因の一つと考えられる。

酸化や酵素作用は温度や酵素濃度などの影響を受け、品質の良い乾製品を製造するためには、成分変化の少ない乾燥条件および乾燥方法を選択しなければならない。

従来から魚類乾製品は、太陽の放射熱、風、湿度を利用した天日乾燥によって製造されてきたが、近年は除湿機、真空機、水分吸収剤を利用した乾燥が多く行われている。それぞれの乾燥法には特徴があり、各乾燥法が製品の品質に及ぼす影響については多くの報告<sup>3-5)</sup>がある。しかし、乾燥法による乾製品の成分変化を比較した報告はみあたらず、乾燥法の選択には不明な点が多い。高品質な乾製品を製造するには、乾燥法による成分変化の相違を明らかにし、個々の製品に適した乾燥法を選択する必要がある。

そこで、あじ開き干しを天日乾燥、冷風除湿乾燥、ラップ乾燥、真空凍結乾燥、脱水シート乾燥、真空遠赤外線乾燥の6種類の乾燥法を用いて調製し、乾燥工程および製品の貯蔵中における脂質およびエキスの変化を調べ、乾燥法による成分変化について比較検討した。

### 実験方法

**試料の調製** 試料のあじ開き干しは、原料に千葉県館山市波佐間漁港に水揚げされたマアジ（無作為に抽出した20尾の平均体長が14.8cm、平均体重が49.2g、5

尾の筋肉部の平均脂質含量が4.3%）を用い、三枚干しのフィレーとして15%食塩水（10℃）に15分間浸漬し、簡単に水洗い後、乾燥して調製した。

**乾燥方法** 試料の乾燥は、天日乾燥、冷風除湿乾燥、真空凍結乾燥、脱水シート乾燥、ラップ乾燥、真空遠赤外線乾燥を用い、それぞれの乾燥条件は以下のとおりに行った。天日乾燥は、気温23℃～26.5℃、湿度67%の快晴下で3時間行い、乾燥中の魚肉温度は太陽の放射熱により40℃前後に達していた。冷風除湿乾燥は、冷風除湿乾燥機（空調商事社製、KD-21A）を用い、25℃で除湿しながら5時間行った。真空凍結乾燥は、真空凍結乾燥機（共和真空技術社製、RLS-10NA）を用い5時間乾燥した。脱水シート乾燥は、魚肉を脱水シート（昭和電工社製）に包み、1℃の冷蔵庫内で5時間乾燥した。ラップ乾燥は、魚肉をセロファンで包み、冷風除湿乾燥機を用い25℃で除湿しながら5時間乾燥した。真空遠赤外線乾燥は、真空遠赤外線乾燥機（新日本製鉄社製、NRD-150E）を用い、真空下で遠赤外線により25℃で5時間乾燥した。

**試料の貯蔵** 試料は、重ならないように発泡スチロールのトレーに並べ、ポリエチレンの袋に入れて-20℃の凍結庫に60日間貯蔵した。

**脂質の分析** 脂肪酸組成および脂質組成は個体差が大きいため、同一魚体から得たフィレーでその変化を調べた。すなわち、同一魚体から得たフィレーの片方を乾燥および貯蔵前に、他方を乾燥終了時および貯蔵60日後に分析した。脂質は、試料からFolchらの方法<sup>6)</sup>に従い、クロロホルム、メタノール（2：1、V/V）で抽出し、以下の分析に供した。脂肪酸組成は、脂質をけん化、メチル化後ガスクロマトグラフィー（島津社製、GC-9A）によって分析した。脂質組成は、脂質をイヤトロスキヤン（ヤترون社製、TH-10）によ

て既報<sup>7)</sup>と同様の方法で分析した。脂質中のトコフェロール量は、既報<sup>7)</sup>と同様の方法を用い高速液体クロマトグラフィー（日立社製、638-30）によって分析した。

**ATP関連物質の分析** ATP関連物質は、試料から80%エタノール法によってエキスを抽出し、高速液体クロマトグラフィー（島津社製、CTO-10A）によって分析した。なお、ATP関連物質の分析値は5尾の平均値で表した。

## 結 果

**脂質組成の変化** あじ開き干しの乾燥工程前後の脂質組成を図1に示す。いずれの乾燥法で調製したもののトリグリセライド (TG) は乾燥工程においてほとんど変化しなかった。しかし、フォスファチジルコリン (PC) およびフォスファチジルエタノールアミン (PE) のリン脂質は、乾燥法によって減少量が異なり、減少量の最も多かったのは天日乾燥試料で、次いで冷風除湿乾燥試料および真空遠赤外線乾燥試料であった。真空凍結乾燥試料および脱水シート乾燥試料では、リン脂質はほとんど変化しなかった。リン脂質が減少した試料では、いずれも遊離脂肪酸の組成比が増加した。また、リン脂質の減少時におけるPCとPEの減少割合には明瞭な違いは認められなかった。

**脂質酸化** あじ開き干しの乾燥工程前後の脂肪酸組成を表1に示す。乾燥前の脂肪酸組成で主なものは、C

22:6 n-3, C16:0, C18:1 n-9, C20:5 n-3であった。乾燥前後の脂肪酸組成を比較すると、天日乾燥試料でC16:0およびC18:1 n-9の組成比がわずかに増加し、C20:5 n-3およびC22:6 n-3の組成比がわずかに減少したが、その他の試料はほとんど変化しなかった。

あじ開き干しの乾燥前後のトコフェロール含量を表2に示す。いずれの乾燥法で調製したあじ開き干しも乾燥中にトコフェロールが減少し、乾燥法による減少量は天日乾燥試料が最も多く、次いで冷風除湿乾燥、

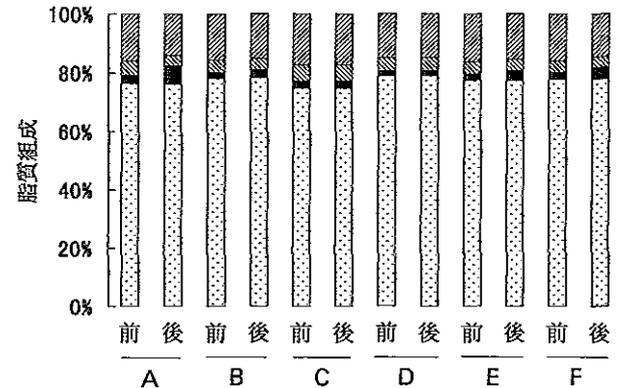


図1 あじ開き干しの乾燥工程前後の脂質組成  
A；天日乾燥，B；冷風除湿乾燥，C；真空凍結乾燥，  
D；脱水シート乾燥，E；ラップ乾燥，F；真空遠赤外線乾燥

▨；フォスファチジルコリン，▩；フォスファチジルエタノールアミン，■；遊離脂肪酸，□；トリグリセライド

表1 あじ開き干しの乾燥工程前後の脂肪酸組成

(%)

脂肪酸	天日乾燥		冷風除湿乾燥		真空凍結乾燥		脱水シート乾燥		ラップ乾燥		真空遠赤外線乾燥	
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
14:0	3.4	3.6	2.9	3.1	4.4	4.6	2.8	2.9	3.7	4.0	3.5	3.5
15:0	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
16:0	21.6	21.7	22.4	22.2	25.4	25.6	21.2	21.4	22.6	22.6	23.2	23.3
16:1	4.9	4.7	5.2	5.0	4.3	4.2	3.9	3.8	5.6	5.9	6.6	6.4
16:2 n-4	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.3	0.7	0.7	0.4	0.5
17:0	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.6	0.8	0.8	0.4	0.5	0.7	0.7
18:0	6.6	6.8	7.3	7.2	8.1	8.0	7.6	7.5	4.8	4.6	7.4	7.6
18:1 n-9	10.6	10.8	12.5	12.7	10.4	10.6	12.0	11.8	12.2	12.0	9.9	10.1
18:1 n-7	1.9	2.1	2.0	1.9	1.5	1.4	0.8	1.1	1.4	1.3	2.2	2.3
18:2 n-6	1.0	1.0	0.9	1.0	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.3
18:2 n-4	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
18:3 n-3	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.9	0.7
18:4 n-3	1.2	1.1	0.7	0.5	1.3	1.3	1.4	1.5	0.6	0.7	1.3	1.1
20:0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4
20:1 n-7	3.5	3.5	2.7	3.1	2.4	2.3	2.4	2.5	3.5	3.3	1.6	1.5
20:2 n-6	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2
20:5 n-3	10.1	9.9	8.9	8.8	7.7	7.6	10.4	10.5	11.4	11.1	10.7	10.8
22:1 n-11	7.4	7.4	6.2	6.4	5.8	5.7	7.9	8.2	6.6	6.7	7.2	7.3
22:5 n-3	2.3	2.4	2.2	2.3	1.9	2.0	1.5	1.4	2.0	2.1	2.4	2.2
22:6 n-3	22.7	22.1	23.1	22.9	23.0	23.1	24.2	23.9	21.4	21.6	19.6	19.5

表2 あじ開き干しの乾燥工程前後のトコフェロール含量 (mg/100 g, 脂質)

乾燥方法	乾燥前	乾燥後
天日乾燥	1.64	0.10
冷風除湿乾燥	1.77	0.23
真空凍結乾燥	1.42	0.81
脱水シート乾燥	1.51	0.72
ラップ乾燥	1.76	0.36
真空遠赤外線乾燥	1.82	0.92

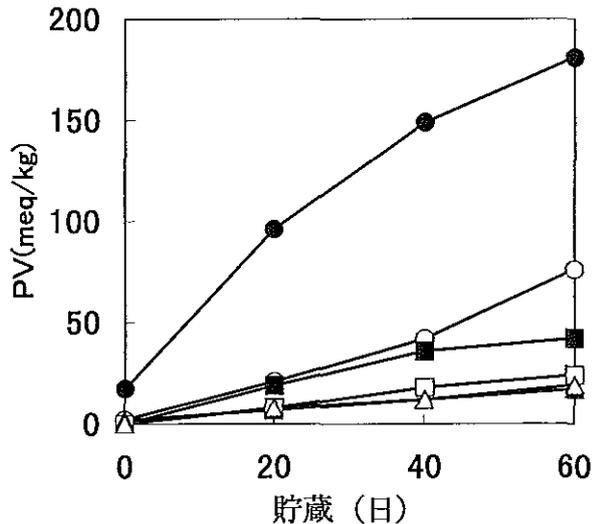


図2 あじ開き干しの凍結 (-20°C) 貯蔵中の過酸化価 (PV) の変化

●; 天日乾燥, ○; 冷風除湿乾燥, ■; 真空凍結乾燥, □; 脱水シート乾燥, ▲; ラップ乾燥, △; 真空遠赤外線乾燥

ラップ乾燥が多く、真空凍結乾燥、脱水シート乾燥、真空遠赤外線乾燥は比較的少なかった。

あじ開き干しの凍結 (-20°C) 貯蔵中における過酸化価 (PV) の変化を図2に示す。貯蔵開始時のPVは、天日乾燥試料が17meq/kgで、他の乾燥法で調製した試料より高かった。貯蔵中のPVは、天日乾燥試料で急激に上昇し、他の試料ではいずれも貯蔵期間をとおして徐々に上昇した。

凍結貯蔵前後のあじ開き干しの脂肪酸組成を表3に示す。いずれの乾燥法で調製した試料も、乾燥後は乾燥前に比べて高度不飽和脂肪酸 (C20:5 n-3, C22:6 n-3) の組成比が減少し、飽和脂肪酸 (C16:0) およびモノエン酸 (C16:1, C18:1 n-9) の組成比が増加する傾向を示した。乾燥法による脂肪酸組成の変化は、天日乾燥試料で明瞭であったが、その他の試料では変化量が小さく明瞭ではなかった。

ATP関連物質の変化 あじ開き干しの乾燥工程前後のATP関連物質の組成を図3に示す。乾燥前のATP関連物質の組成ではイノシン酸 (IMP) が93%を占め、この他はアデノシン二リン酸 (ADP) およびイノシン (Hx) がわずかであった。乾燥中に最も大きく組成が変化したのは天日乾燥試料で、IMPが約3分の1に減少し、HxがIMPと同程度まで増加した。その他の乾燥法でのATP関連物質の組成変化は、乾燥法によって異なり、IMPの減少が比較的多かったのは、冷風除湿乾燥、真空遠赤外線乾燥およびラップ乾燥で、真空凍

表3 あじ開き干しの凍結貯蔵 (-20°C, 60日間) 前後の脂肪酸組成 (%)

脂肪酸	天日乾燥		冷風除湿乾燥		真空凍結乾燥		脱水シート乾燥		ラップ乾燥		真空遠赤外線乾燥	
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
14:0	3.9	4.1	5.9	5.9	4.3	5.0	4.9	5.4	4.2	4.9	3.2	3.5
15:0	0.5	0.6	0.4	0.5	0.4	0.4	0.6	0.6	0.4	0.5	0.3	0.3
16:0	22.9	24.7	22.3	23.0	23.1	23.9	22.6	23.9	23.9	25.0	21.3	21.6
16:1	5.3	6.0	6.3	6.9	7.1	7.7	5.7	6.5	5.9	6.1	5.5	5.9
16:2 n-4	0.6	0.6	0.7	0.9	0.8	0.8	0.5	0.6	0.5	0.6	0.2	0.2
17:0	0.3	0.4	0.6	0.7	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6
18:0	8.8	9.3	6.4	6.8	5.8	6.0	6.8	7.1	9.3	10.0	4.3	4.8
18:1 n-9	13.2	14.1	9.4	10.4	15.4	15.9	11.1	11.3	10.3	10.5	11.0	11.2
18:1 n-7	2.8	3.2	2.3	2.4	0.2	0.2	2.9	2.8	2.9	2.8	0.2	0.3
18:2 n-6	1.0	1.0	0.9	0.5	0.9	0.9	1.3	1.3	1.0	0.9	0.7	0.6
18:2 n-4	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.5	0.5	0.3	0.3
18:3 n-3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.6	1.0	0.3	0.7	0.5	0.5	0.4
18:4 n-3	0.8	0.7	1.1	1.2	1.4	1.4	1.5	1.3	0.7	0.6	1.2	1.0
20:0	0.4	0.6	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5
20:1 n-7	2.3	2.5	4.3	4.7	3.4	3.0	1.9	1.9	1.6	1.3	3.9	4.1
20:2 n-6	0.1	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1
20:5 n-3	8.0	6.6	8.9	7.3	10.1	9.5	11.5	10.9	10.9	10.1	10.8	10.5
22:1 n-11	4.2	4.8	8.3	8.8	5.9	4.9	2.8	2.4	2.8	2.5	11.1	11.4
22:5 n-3	2.4	2.1	2.6	2.2	1.9	1.6	2.4	2.1	2.9	2.6	2.3	2.1
22:6 n-3	21.8	18.1	18.1	16.4	17.2	17.0	21.2	20.4	20.4	19.4	22.1	20.6

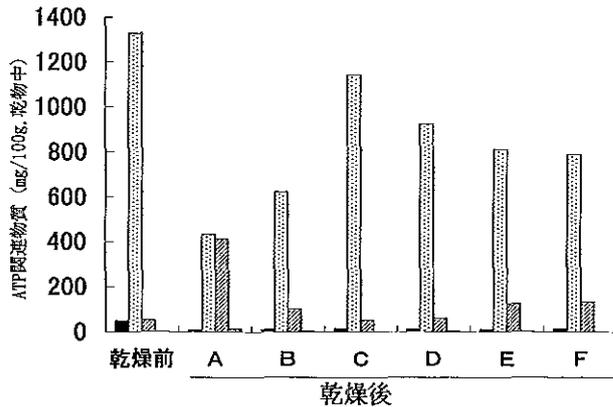


図3 あじ開き干しの乾燥工程前後のATP関連物質組成  
A；天日乾燥，B；冷風除湿乾燥，C；真空凍結乾燥，  
D；脱水シート乾燥，E；ラップ乾燥，F；真空遠赤外線乾燥

■；アデノシンニリン酸， □；イノシン酸，  
▨；イノシン， ▩；ヒポキサンチン

結乾燥および脱水シート乾燥は変化量が比較的少なかった。なお、凍結貯蔵したあじ開き干しは、いずれの乾燥法で調製したのもATP関連物質はほとんど変化しなかった。

### 考 察

乾燥工程における脂質組成およびATP関連物質の変化は、主に酵素作用によるもので、酵素作用は一般に温度が高いほど強く働くことが知られている。このため、乾燥温度が高く魚肉の温度が最も高くなった天日乾燥時にこれらの酵素が最も強い活性を持ち、ATP関連物質および脂質組成が大きく変化したものと推測される。冷風除湿乾燥、ラップ乾燥、真空遠赤外線乾燥はいずれも25℃前後の似通った温度で乾燥したため、イノシン酸の減少および脂質組成の変化が同程度に進行したと考えられる。真空凍結乾燥および脱水シート乾燥は、乾燥温度が低いため、イノシン酸の減少量が少なく、脂質組成がほとんど変化しなかったものと考えられる。このことから、乾燥工程における酵素作用に原因する成分変化を抑制するためには、低温での乾燥の有効なことが判明した。また、従来の塩干品の品質基準にイノシン酸はあまり考慮されなかったが、高品質な塩干品の判定基準としてイノシン酸は有効な成分と考えられる。

脂質酸化は、乾燥工程および製品の貯蔵中の両方において天日乾燥試料が最も急激に進行した。乾燥工程で脂質酸化を促進する要因には、温度、酸素、光などがあり、天日乾燥は乾燥温度が高く、空气中で太陽光

(紫外線)を受けるため酸化の進行が速かったと考えられる。冷風除湿乾燥試料およびラップ乾燥試料は、乾燥工程で脂質酸化がある程度進行し、この原因はこれらの乾燥が25℃の空气中で行われたためと考えられる。その他の乾燥法で調製した試料の脂質酸化が遅いのは、真空凍結乾燥は低温でしかも真空中で、脱水シート乾燥は低温で、真空遠赤外線乾燥は真空中で乾燥したためと考えられる。

凍結貯蔵中には、いずれの試料の脂質酸化も進行したが、天日乾燥試料の酸化が最も急激に進行した。このことは、貯蔵前の脂質の酸化度合いが貯蔵中の酸化に影響することを示している。天日乾燥試料は乾燥工程で大部分のトコフェロールを失っており、凍結貯蔵中の抗酸化物質の不足が急激な脂質酸化の原因になったと考えられる。トコフェロールの残存量が貯蔵時の脂質の酸化に対する安定性に影響することは、凍結貯蔵中に脂質酸化が比較的進行した冷風除湿乾燥試料が、乾燥工程でのトコフェロールの減少量が天日乾燥試料に次いで多かったことから推測される。

真空凍結乾燥試料は、乾燥工程で脂質が酸化に対して安定であったにもかかわらず貯蔵中に酸化が比較的進行した原因として、乾燥工程での肉内部からの水分の除去により肉組織の変化したことが推測される。また、ラップ乾燥試料の脂質が酸化に対して比較的安定であった原因として、セロファンにより貯蔵中の魚肉が空気との直接の接触が防止されたことが推測される。

以上のことから、6種類の乾燥法によるあじ開き干しの成分変化を比較すると、天日乾燥試料が最も著しく、真空凍結乾燥試料が最も少ないことが判明した。しかし、天日乾燥は低コストで大量の魚を処理できるのに対し、真空凍結乾燥は設備費などのコストが高く、かつ大量生産には不向きである。このため、乾燥法の選択にあたっては、製品の品質に加えて生産能力や生産コストを考慮することが必要である。脱水シート乾燥法は、成分変化が比較的少なく、大量生産が可能で、設備にそれほど費用がかからない。脱水シートの再利用などの問題点を解決すれば、脱水シート乾燥法は高品質な塩干品の乾燥法として期待の大きい乾燥法である。

### 要 約

- 1) あじ開き干しを天日乾燥、冷風除湿乾燥、ラップ乾燥、真空凍結乾燥、脱水シート乾燥、真空遠赤外線乾燥を用いて調製し、乾燥工程および製品貯蔵中における脂質およびATP関連物質について、乾燥法による変化の相違を比較検討した。

- 2) ATP関連物質は、温度が高いほど変化しやすく、イノシン酸は天日乾燥が最も速く減少し、脱水シート乾燥および真空凍結乾燥はあまり変化しなかった。
- 3) 乾燥工程の脂質酸化は、温度および酸素の影響を受け、低温もしくは低酸素濃度のどちらかの環境で乾燥することで酸化は抑制された。天日乾燥は温度、空気に加え紫外線が脂質酸化を促進した。
- 4) 製品の凍結貯蔵中における脂質酸化は、貯蔵前の酸化度合いの影響を受け、乾燥工程で酸化の進んだ天日乾燥試料は他の試料に比べ著しく酸化が進行した。
- 3) 景山拓一：氷温乾燥に関する研究。第17回水産物利用加工試験研究全国会議資料，東海区水産研究所，1983，pp.42-45.
- 4) 網伸 仁：ラップ乾燥法に関する研究。千葉水試研報，46，65-73.
- 5) 岩本宗昭・井岡 久・山根玲子：真空低温乾燥法による高品質乾製品の製造技術開発とその応用。平成6年度水産利用加工研究推進全国会議資料，水産庁中央水産研究所，1994，pp.75-78.
- 6) J. Folch, M. Lee, and G. H. Sloane-Stanley (1957) : A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissue. *Journal of Biological Chemistry*, 226, 497-509.
- 7) 滝口明秀 (1986) : 脂質含量の異なる煮干しいわしの脂質酸化の相違について。日水誌，52(6)，1029-1034.
- 8) 滝口明秀 (1995) : 食塩水中に貯蔵したサンマ脂質酸化に及ぼす食塩濃度の影響。千葉水試研報，53，51-54.

### 文 献

- 1) 滝口明秀 (1999) : 魚種の異なる塩干品の脂質劣化の相違。千葉水試研報，55，73-77.
- 2) 山口勝己・渡辺勝子：魚介肉の味とエキス成分「魚介類のエキス成分」。日本水産学会監修，恒星社厚生閣，東京，1988，pp.104-115.