

煮干しイワシの油焼け防止—XI 窒素ガス気流下での乾燥

田 辺 伸

はじめに

煮干しイワシの油焼け防止を図るため、乾燥方法について検討してきた¹⁻³⁾。一連の研究の中で、窒素ガス気流下での乾燥が、脂質の酸化を完全に抑える画期的なものであることが明らかとなった。しかし同時に、試験装置から実際の乾燥機へのスケールアップに問題が予想されること、および窒素ガスを導入し、0.01~0.02%付近の酸素濃度を達成するには、ランニングコストが高くなると予測した。

本報告ではランニングコストを軽減させる目的で、脂質酸化を抑え、しかも窒素ガスの導入量を抑え得る酸素濃度の上限値を探索した。酸素濃度0.011~21.0%までの間に10段階の酸素濃度を設定し、これらの酸

素濃度環境下での乾燥が、煮干し脂質の酸化及び油焼けに及ぼす影響を調べた。その結果煮干し脂質の酸化を完全に防止する濃度領域が明らかになるとともに、脂質酸化に特異的な影響を及ぼす酸素濃度領域のあることが分かった。

方 法

原料は1987年12月21日、片貝漁港で水揚げされたカタチイワシ（平均体長5.5cm, 平均体重1.6g, 平均粗脂肪量2.4%）で一旦-40℃に冷凍保存した。これを試験直前に解凍し、3%の食塩水中で85℃-10分間煮熟した。

乾燥試験には、図1に示すシステムを用いた。煮熟したイワシは約20分間放冷し、恒温・恒湿器に入れた。

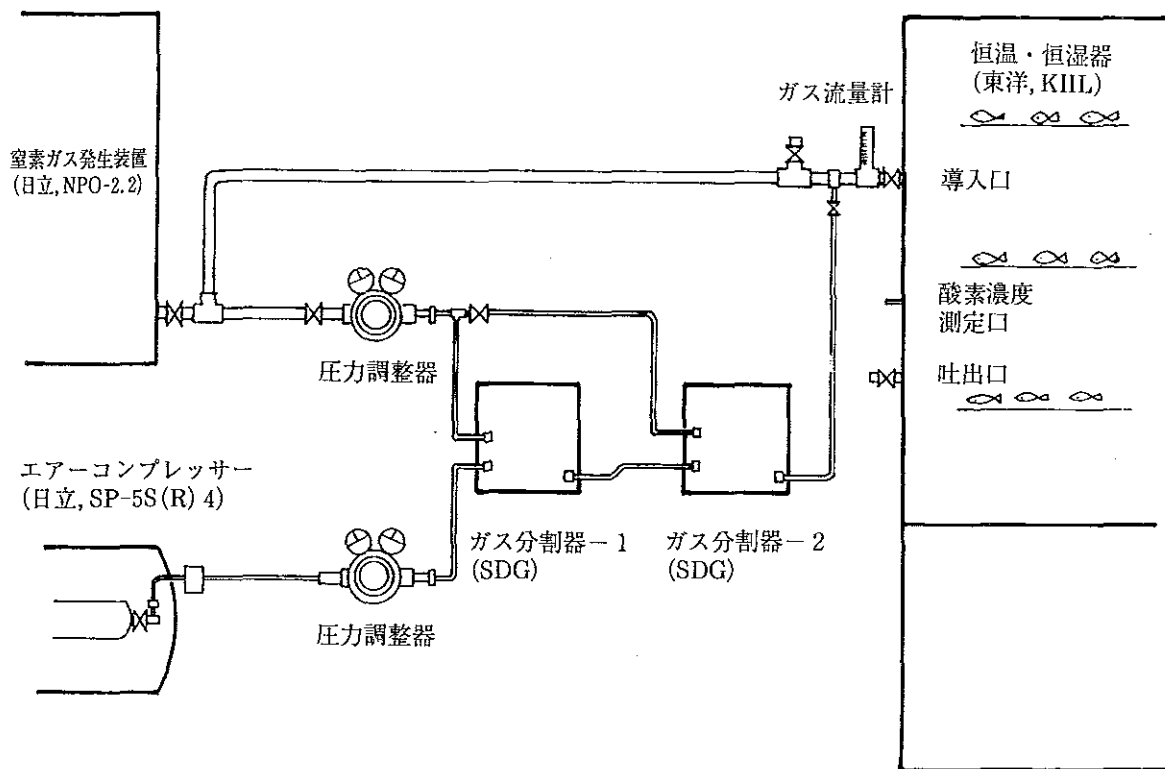


図1 窒素ガス気流下における乾燥システム概略

最初に純度99.99%の窒素ガスのみを30ℓ/min.の割合で導入した。ついで目標とする酸素濃度付近に下がった時点で、所定濃度に調整した混合ガスに切替え、これを3ℓ/min.の割合で、乾燥終了時まで継続して導入した。恒温・恒湿器は前報³⁾のものを一部改造して用い、乾燥温・湿度は40℃-50%RHで、乾燥時間は約15時間とした。

乾燥終了後の煮干しは2つに分け、それぞれをガスバリアー性フィルムに入れ、窒素ガスおよび脱酸素剤を併用した密封包装を施した。この一方を油揚げの程度を判定するために、30℃(暗所)に保管し、官能評価に供した。他方のサンプルは、脂質の酸化度を調べるため、POV、高度不飽和脂肪酸残存率およびトコフェロール量測定用に供した。これらの測定法等は前報¹⁾と同様に行った。

混合ガスの調整にあたって、窒素ガス発生源としては、日立製作所製PSA方式窒素ガス発生装置NPO-2.2を、酸素ガス源としては日立製作所製スーパーベピコ

ンSP-5S(F)4で、単に空気を圧縮したものをを用いた。これら2種のガスをエステック社製排気レス分割器SDG2台を通し、10種類の酸素濃度の混合ガスを得た。酸素濃度は、東レエンジニアリング社製ジルコニア式酸素濃度計LC-700Fでモニタリングした。

結果と考察

10種類の試験の酸素濃度は、窒素ガスを導入してから数分で所定の酸素濃度付近に達し、混合ガス導入1時間後には、ほぼ安定した酸素濃度が保たれた(図2)。

それぞれの酸素濃度下で乾燥した煮干しの水分量は、ほとんど差が無かった(表1)。最終水分量によってその酸化度が異なるが³⁾、本試験ではこれを論じる必要は無かった。

煮干しのPOVは、酸素濃度の上昇とともに増加した。しかしこの傾向は、直線的に増加するのではなく、2.0%、4.1%、9.9%および17.0%付近に変曲点がある曲線を描いた(図3)。

高度不飽和脂肪酸残存率は、その値に上下幅があるものの、酸素濃度の上昇とともに減少する傾向が認められた。そしてPOVの場合とは逆の相関を示した。変曲点の箇所は2.0%、6.4%および8.2%付近で、POVのときより若干ズレた曲線を描いた(図4)。

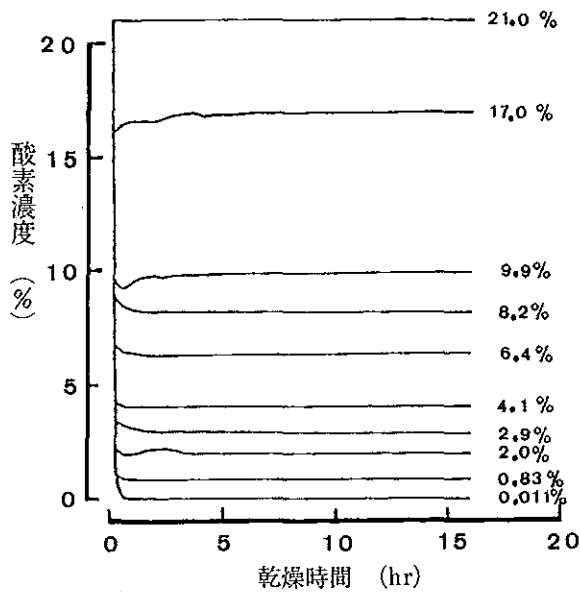


図2 乾燥中の酸素濃度の推移

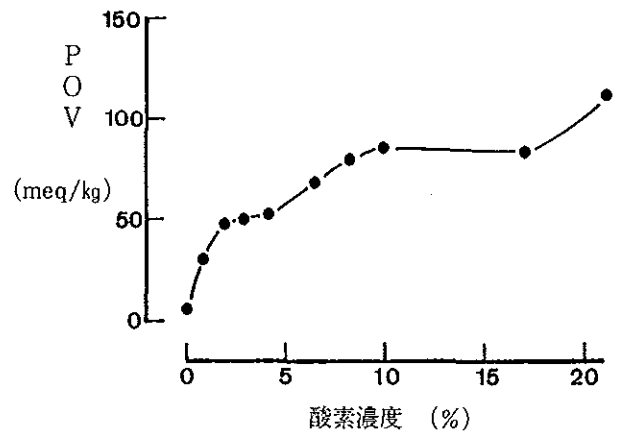


図3 酸素濃度とPOV

表1 各種酸素濃度下における乾燥終了時の煮干しの水分量

酸素濃度 (%)	0.011	0.83	2.00	2.90	4.10	6.40	8.20	9.90	17.0	21.0
水分量 (%)	14.6	14.5	14.5	14.1	14.6	14.1	14.2	14.8	14.7	14.7

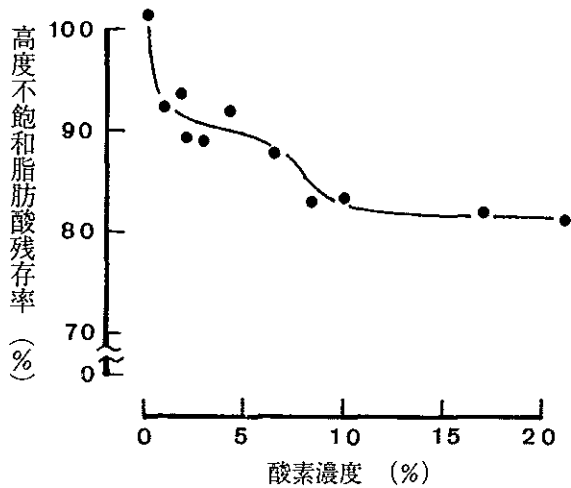


図4 酸素濃度と高度不飽和脂肪酸残存率

脂質の酸化で、POVおよび高度不飽和脂肪酸残存率の両測定結果に共通しているのは、酸素濃度0.011%では脂質の酸化がほとんど認められないことである。さらに0.83%では酸化が進み、2.0%付近から4.1%ないしは6.4%付近にそれほど酸化の進まない濃度領域がある。そして8.2%ないし9.9%にかけて傾斜がやや急になり、それより高い酸素濃度ではゆるやかに酸化が進んでいる。

湯木らはコーン油を37℃(暗所)に包装保存したとき、酸素濃度0.2%を境に、これ以下では濃度低下とともに急激に酸化速度が遅延し、一方0.2%以上では5.0%の範囲まで、濃度上昇とともにゆるやかに酸化速度が速くなったとしている。また自動酸化における停止

反応は酸素濃度に依存し、酸素分圧が1mmHg(0.134%)および30mmHg(3.96%)付近を境に、その停止反応の方式が異なることが知られている。

本報告における酸素濃度0.011%と0.83%で乾燥した煮干しでは、脂質の酸化程度に大きな差がある。また4.1%ないしは6.4%付近までそれほど酸化の進まない酸素濃度領域がある。これらのことは、湯木らの結果および自動酸化における酸素濃度との停止方式におおむね一致する。このため煮干しの脂質酸化は、自動酸化の停止反応方式に依存することが示唆される。

さらにパック削り節のJAS(日本農林規格)では、酸化による褐変を防止するため、包装内酸素濃度を0.5%以下にすることを義務付けている。実際の包装内酸素濃度は、削り節の一部が酸化することによってさらに低下する。また前報では0.01~0.02%の酸素濃度付近での乾燥において、脂質酸化がほとんど起きていない。これらのことから、実用的に煮干しイワシの脂質酸化をほぼ完全に抑えるには、0.2%以下の酸素濃度環境での乾燥が必要であると考えられる。

一方2.0~4.1%ないし6.4%にかけてなだらかな領域がある(図3, 4)。この領域での乾燥による酸化は、0.83%以下のそれに比べて進んでいるものの、酸化はかなり抑えられている。単に酸素濃度が低いため酸化しなかったのか、あるいは魚体中の抗酸化物質が当該酸素濃度領域で酸化防止的に働いた結果等なのかは判断できない。しかしこのような特異的な酸素濃度領域が認められたことは、そのコストの低減の面から、窒素ガス気流下での乾燥に大きなプラスになる。天然酸

表2 官能評価の推移

酸素濃度(%)	30℃恒温器保存							
	0日	5日	10日	19日	30日	45日	60日	90日
21.0	-	-	±	+	+	+	+	++
17.0	-	±	±	+	+	+	+	+
9.9	-	±	±	+	+	+	+	+
8.2	-	±	±	+	+	+	+	+
6.4	-	±	±	±	+	+	+	+
4.1	-	±	±	±	+	+	+	+
2.9	-	±	±	±	±	+	+	+
2.0	-	-	±	±	±	+	+	+
0.83	-	-	-	±	±	±	+	+
0.011	-	-	-	-	±	±	±	±

-: 変化なし, ±: 僅かに変色, +: 少し変色, ++: 変色

化防止剤と併用することによってより完全な酸化防止ができる可能性がある。

官能評価は、顕著な差が認められなかった。しかし酸素濃度6.4%以下では、酸素濃度が低下するにしたがい官能評価が上がる傾向が認められた(表2)。官能的に、顕著な差が認められなかったのは、原料魚の粗脂肪量が生ベースで2.4%(熱ベンゼン抽出)と少なかったためと考えられる。前報の官能評価結果とも併せ、脂肪量の多い原料魚には、さらに大きな評価が得られるものと予測される。

おわりに

これまで煮干しイワシの油焼け防止について、研究してきた。これらの中で、BHAに匹敵する酸化防止剤は現在のところ無く、また将来にわたっても発見されないのではないかと感じている。

そこでBHAをしのぐ方法は、根本的にイワシから油を抜くか、酸素濃度を低くするかのいずれかであると考え。前者はさまざまな試みがなされてきたが、今だに成功した例はない。後者について、酸化を担う一方のものが酸素であることは常識で、これを断てば酸化の起きないことが理解できる。酸素濃度を下げて乾燥した煮干しは、官能的に優れ、健康性機能を有する高度不飽和脂肪酸を多量に残存している。さらにこの乾燥はBHAをしのぎ、しかも食品添加物に不信感を持つ消費者に強烈にアピールできる方法である。

前報³⁾では模索的に0.01~0.02%まで酸素濃度を下げ、煮干しの乾燥を行った。そして本報告では、0.2%以下の酸素濃度で、ほぼ完全に脂質酸化が抑えられるとした。酸素濃度を1/10濃度まで下げるには、時間とコストが大きくなる。このことから、酸素濃度を一桁上げられたことは、大きな意味がある。

また2.0%~4.1%ないし6.4%濃度域の脂質酸化に関する挙動は、興味を持たれるところである。この濃度では、脂質酸化をある程度までしか抑えることができない。しかし、天然トコフェロール等健康性機能の優れた酸化防止物質を添加し、窒素ガス気流下での乾燥と併用することによって、より高品質な煮干しイワシの生産ができる可能性がある。

現在窒素ガス気流下乾燥による煮干しイワシの乾燥システムを、2~3の企業と検討中である。課題はどのようにして、容積の大きい乾燥室内のガス置換を効率的に行うか、あるいはガス置換した後、いかにして低い酸素濃度を保持するかにある。進みかたは遅いが、いずれの日にか実現されよう。

そして窒素ガス気流下で乾燥された煮干しは、引き続き大型のガスバリアー性包装が施され、消費地市場に送られる。さらに消費地ではパッカーによってコンシューマーサイズของガスバリアーフィルムで包装され、スーパーの店頭に並ぶ。このような一連の物理的な方法によって、煮干しイワシのトータルな酸化と油焼けの防止が実現できる時を期待したい。

要 約

- 1) 窒素ガス気流下での乾燥における酸素濃度と、煮干しイワシ脂質酸化の関係を調べた。酸素濃度0.011~21.0%の間に10段階を設定し、それぞれ40℃-50%RHで乾燥した。乾燥した煮干しは、脂質の酸化度を調べるためPOVおよび高度不飽和脂肪酸残存率を測定するとともに、官能判定に供した。
- 2) 煮干し脂質の酸化を完全に抑えたのは、酸素濃度0.011%での乾燥であった。さらに0.011から0.8%までの間は、酸素濃度上昇とともに酸化する傾向が認められた。これらの結果および文献値から、実用的には酸素濃度が0.2%以下であればほぼ完全な酸化防止が図れるとした。
- 3) 同時に2.0~4.1%ないしは6.4%までの酸素濃度で、特異的に脂質酸化度の低い領域があった。この酸素濃度では、ある程度までしか酸化を抑えることができないが、天然酸化防止物質を併用することによって、より完全な酸化防止ができる可能性があると考えた。
- 4) 官能評価では顕著な差が認められなかったが、酸素濃度6.4%以下では、酸素濃度が低下するにしたがい、評価の上がる傾向が認められた。顕著な差が現れなかったのは、原料魚の粗脂肪量が低かったためと考えた。
- 5) さらに今後の展望として、窒素ガス気流下での乾燥を施した煮干しイワシを、ガスバリアー性大型包装およびコンシューマー包装を行うことによって、酸化や油焼けに無縁な、品質の高い煮干しを消費者に届ける時が期待されるとした。

参考文献

- 1) 田辺 伸 (1988): 煮干しイワシの油焼け防止-IV, 天日乾燥について, 千葉水試研報, 46, 57~64.
- 2) 田辺 伸 (1991): 煮干しイワシの油焼け防止-IX, 遠赤外線乾燥, 本誌, 49, 55~62.

- 3) 田辺 伸 (1991) : 煮干しイワシの油焼け防止—X, 乾燥方法, 本誌, 49, 63~66.
- 4) 湯木悦二・和高等 (1972) : 油脂食品の窒素ガス置換包装における実用的考察, 日食工誌, 19, 5, 200~205.
- 5) 宮川高明 (1984) : 酸素酸化反応とその防止機構, New Food Industry, 26, 10, 49~64.
- 6) 日本農林規格 51-1122号, 不活性ガス充填気密容器入りパック品の包装条件.