

# 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

井岡 久・山根玲子

魚介類乾製品の品質を低下させる主要因として、脂質の酸化があげられる。特に魚類の脂質にはEPAやDHAなどの健康の維持・増進に有効とされる高度不飽和脂肪酸が多く含まれているが、これら高度不飽和脂肪酸は非常に不安定で、空気（酸素）、光線、熱などの作用により酸化が促進される。

真空低温乾燥法の特徴は、密閉した乾燥室内を真空（減圧）状態にすることによって、水の沸騰点が低下し、低温度で水を蒸発させることが可能となり、5～10℃の低温でも対象物を速やかに乾燥し得ることにある。また、真空・低温・密閉状態で乾燥するので、脂質の酸化、鮮度低下、細菌汚染、変色などが抑制され、素材の持ち味を生かした高鮮度・高品質の製品開発が期待される。

しかし、生産用の乾燥装置は市販されてまだ数年しか経過しておらず、その機能や効果、生産コスト、さらには製造マニュアルなど、現場応用に必要な知見、情報は非常に少ない状況にある。そこで、高鮮度・高品質加工品開発の一環として、真空低温乾燥法の近海資源への応用効果や付加価値向上の可能性について検討した。

## 試 験 方 法

**乾燥装置の概要** 試験に使用した装置は、新日本製鉄（株）が開発した油回転真空ポンプ方式によるシステム（NRD-300型）で、図1に機構の概要を示した。また、図2に水の状態（圧力と沸騰点）と乾燥法の関係を参考までに示した。

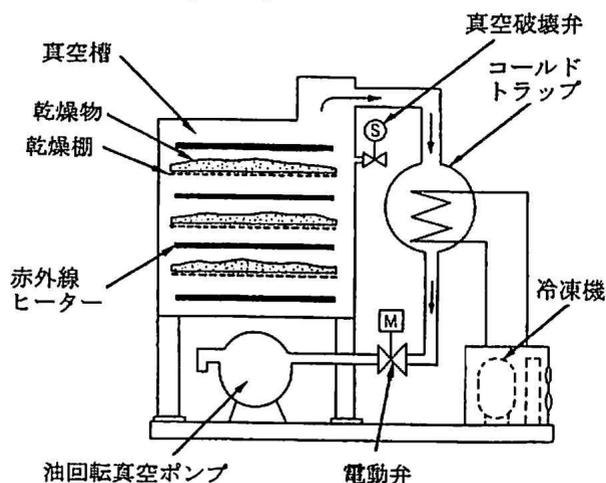


図1 装置の概要図

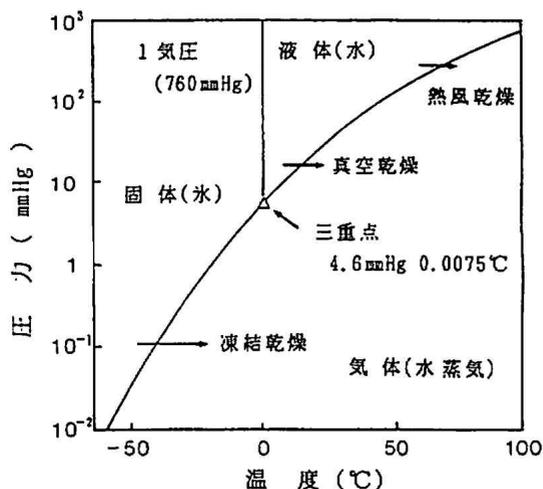


図2 水の状態と乾燥方法

真空槽の容積は300ℓ（W75×H80×D50cm）で、9段の棚（44×71cm）がセット可能である。運転開始後、大気圧（750mmHg）から設定真空度（10mmHg=10Toor前後）に減圧される過程で水分の蒸発が急速に進行し、

槽内の乾燥対象物は熱を奪われて品温は低下する。しかし、到達真空度（槽内気圧）に対応する水の沸騰温度まで品温が低下すると、蒸発熱の補給がない限り乾燥は停滞する。そのため、本装置では各段に設置された面状の遠赤外線放射ヒーターにより、水分の蒸発に必要な熱を補給して、乾燥を効率的に進行させる仕組みになっている。なお、蒸発した水はコールドトラップ通過時に冷却管に付着して除去される。

**スルメイカとケンサキイカの素干し（するめ）加工** 試料イカの内臓を除去して、真空低温乾燥法（乾燥温度10℃、ヒーター温度70℃）および冷風乾燥法（乾燥温度20℃）によって乾燥し、経時的に蒸発水分量を測定した。スルメイカは延べ16.5時間乾燥し、乾燥3時間後および10時間後にあん蒸処理を行った。ケンサキイカは延べ20.5時間乾燥し、乾燥5.5時間後、11.5時間後、17.5時間後にあん蒸処理を行った。なお、あん蒸処理は5℃冷蔵庫中で一夜実施した。

**マアジの丸干し・開き干し加工** 小型アジを真空低温乾燥法（乾燥温度10℃、ヒーター温度70℃）および冷風乾燥法（乾燥温度20℃）によって、それぞれ延べ23.5時間乾燥した後、5℃で10日間貯蔵して、製品の外観的变化を比較した。

開き干しは腹開きとしたのち、真空低温乾燥法（乾燥温度10℃、ヒーター温度70℃）で1時間乾燥し、仕上がり状態を観察した。

**ニギスの丸干し加工** 真空低温乾燥法（乾燥温度10℃、ヒーター温度70℃）および冷風乾燥法（乾燥温度20℃）によって2時間乾燥した後、両乾燥法の仕上がり状態を観察した。

**ウルメイワシの生食用フィレー加工** 調理したフィレーを真空低温乾燥装置により軽く脱水させ、真空包装して凍結貯蔵した。処理工程の概要は下記のとおりである。

生鮮原魚 —— 三枚卸し —— 剥皮 —— 血抜き・塩漬（1%食塩水中で1時間）

—— 水切り —— 真空低温乾燥（10℃で30分） —— 真空包装 —— 凍結・貯蔵（-40℃）

**カナガシラの煮干し加工** 小型原魚（小型底曳き雑魚）を除頭して100℃で20分蒸煮した後、真空低温乾燥試料は乾燥温度20℃、ヒーター温度80～100℃で5～6時間、熱風乾燥試料は80℃で約15時間乾燥し、貯蔵中の品質変化を観察するとともに、加工工程における一般成分の変化や製品エキス中の遊離アミノ酸組成を調べた。なお、遊離アミノ酸組成は高速液体クロマトグラフ（島津LC-10型）により分別定量した。

## 結果および考察

### スルメイカとケンサキイカの素干し（するめ）加工

乾燥終了後の製品水分量は、表1に示すように、スルメ、ケンサキとも真空低温乾燥試料の方が冷風乾燥試料より低い値を示した。また、乾燥中の蒸発水分量の変化は、図3に示すとおりで、乾燥初期の時点では真空低温乾燥の蒸発量が冷風乾燥より高い値で推移した。しかし脱水率が50%前後になると、真空低温乾燥の乾燥効率が低下しはじめ、乾燥が進んだ時点では、蒸発水分量において冷風乾燥との差が縮まってい

表1 イカ素干し品水分量（%）

原料種類	冷風乾燥	真空低温乾燥
スルメイカ	45.0	43.9
ケンサキイカ	30.0	25.8

る。

なお、製品の仕上がり状態は、真空低温乾燥試料の方はほぼ均一に乾燥されていたが、冷風乾燥試料では鱈と鯛が重なった部位や頭脚部などに乾燥の遅れが認められた。

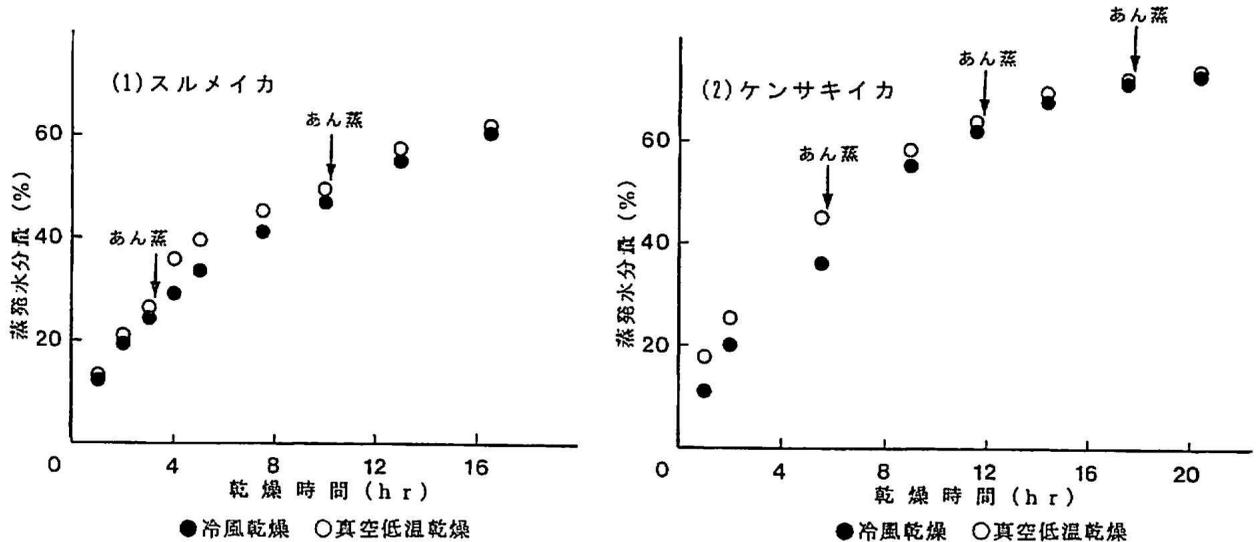


図3 素干しイカ乾燥中の蒸発水分量の変化

この試験結果から、真空低温乾燥法を“するめ”のような低水分製品の乾燥に応用した場合でも、従来の乾燥法に比べて低温で速やかな乾燥が可能と考えられるが、乾燥効率を高めるためには、真空度、乾燥温度、ヒーター温度など最適な運転条件を検討する必要がある。

**マアジの丸干し・開き干し加工** 23.5時間乾燥後の丸干しマアジは、冷風乾燥試料では内臓の乾燥がまだ不十分で、5℃、10日間の貯蔵で腹部が黄色に変色し、脂質酸化の進行が観察された。一方、真空低温乾燥試料は眼球が突出し、肛門から内臓がでるなど見映えが悪くなったが、冷風乾燥試料のような品質劣化は観察されなかった。

開き干しのマアジは、真空低温乾燥法では減圧の影響で、背骨に沿って血液が滲み出てくるのが、商品として問題点となる。しかし、約1時間の乾燥で脱水率は20%程度になり、生干し加工の乾燥時間としては、冷風乾燥に比べて1～2時間短縮される。

**ニギスの丸干し加工** 2時間乾燥後の仕上がり状態は、上記マアジのような内臓、眼球の突出現象が認められず、品質的にも良好な製品と判定された。

#### ウルメイワシの生食用フィレー加工

(1)原料条件 水揚げ直後の生鮮魚を直ちにフィレー加工した場合は、一応品質的に問題がなかった。しかし、生鮮魚を-40℃で1週間凍結貯蔵したのち加工した場合は、剥皮面の皮下脂肪層が黄色に変色しており、製品化後に生臭さが感じられた。原料凍結時の皮下脂肪層の変色を防止するために、真空包装、脱酸素剤封入包装および両者を併用した包装によって原料魚を凍結貯蔵した結果、変色の進行は阻止されなかった。なお、剥皮フィレーの状態で凍結した場合は、ほとんど変色しなかった。

(2)血抜き・塩漬処理 製品化後の肉色変化を防止するために、食塩1%、アスコルビン酸(ビタミンC)0.5%を添加し、リン酸塩でpHを7.0に調整した水溶液に剥皮フィレーを1時間浸漬して、その効果を検討した。その結果、無処理の対照試料に比べて、解凍後の肉色変化が抑制された。

(3)真空低温乾燥 10℃、30分の乾燥で約20%の水分が脱水された。この乾燥処理によって、肉の締まりが良くなり、解凍時のドリップもほとんど無かった。しかし、減圧状態で乾燥するため、肉の中心部から表面へ血液が滲出してくる現象もあり、商品化にあたっては検討すべき課題となる。

(4)製品の貯蔵性 製品を真空包装して-40℃で凍結貯蔵した場合、官能的評価では2~3カ月の品質維持が可能と判定された。なお、貯蔵条件と品質保持の関係については、今後さらに検討する必要がある。

(5)原料特性の変動 上記の試験結果は主として、11月に漁獲された産卵期前のウルメイワシを試料としたものであるが、同時に12月に漁獲されたマイワシについても製品化し、ほぼ同様な結果を得ている。しかし、越年後の1月に漁獲されたマイワシを用いた試験では、産卵期に入り魚体も痩せ、製品解凍時にドリップの流出が顕著となるなど、加工適正の低下が認められた。したがって、原料魚の加工適正が時期的に大きく変化することが予想され、原料特性の把握とその対応法も重要な課題である。

カナガシラの煮干し加工 真空低温乾燥による製品は3カ月後でも脂質酸化による異臭や変色が認められず、高品質を維持していた。また、図4に示すように蒸煮後5時間の乾燥で、脱水率は65%前後に達し、乾燥効率は良好であった。

一方、熱風乾燥(80℃、15時間)した製品は、貯蔵1~2週間で脂質酸化による異臭が感じられ、1カ月後には食用に不適と観察された。

カナガシラは白身魚であるが、良いだしが出ることから漁家では吸物の種に用いられている。また、煮干しやその粉末を「だしの素」として商品化することも一部漁協で試みられている。そこで、参考試料として煮干し製造における工程毎の一般成分の変化と、試作した煮干しから抽出したエキス中の遊離アミノ酸組成について検討してみた。

表2に工程別の一般成分の変化を、表3に試作のカナガシラ煮干しおよび市販のイリコ(ウルメ煮干し)、カツオ節、だしコンブとトビウオ煮干し(水試試作品)から抽出したエキス中の遊離アミノ酸組成を示した。

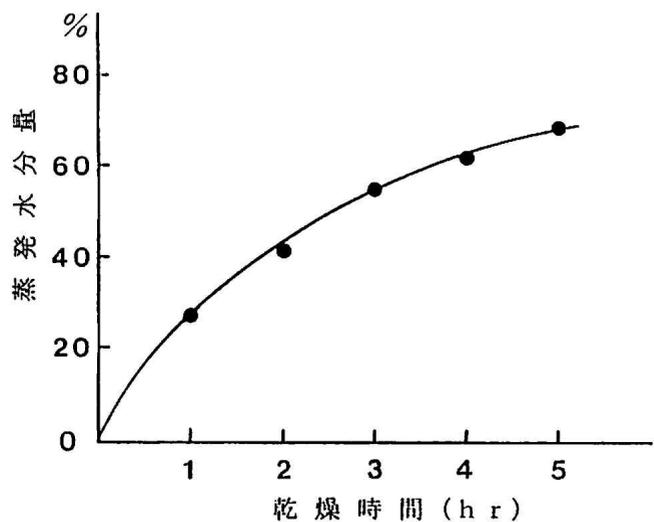


図4 カナガシラ煮干し乾燥中の蒸発水分量の変化

表2 カナガシラ煮干し加工工程別の一般成分(%)

工程区分	水分	粗脂肪	粗タンパク質	灰分
原料鮮魚	76.0	2.2	19.4	4.5
蒸煮後	67.0	3.9	25.6	7.9
乾燥製品	7.3	7.2	77.6	16.6

表3 各種水産だし素材から抽出したエキス中の主要遊離アミノ酸組成

単位：mg/100g

名 称	煮干カナガシラ	カツオ節	煮干ウルメ	煮干トビウオ	素干コンブ
☆グリシン	20.6( 22.3)	24.9( 28.7)	33.7( 39.8)	14.7( 16.5)	3.2( 3.8)
☆アラニン	3.6( 3.9)	7.4( 8.6)	8.4( 9.9)	43.5( 48.9)	8.8( 10.4)
バリン	5.8( 6.3)	23.5( 27.2)	23.2( 27.3)	4.8( 5.4)	4.0( 4.8)
ロイシン	3.8( 4.1)	26.0( 30.1)	25.9( 30.5)	10.4( 11.7)	1.5( 1.8)
イロイシン	5.0( 5.4)	15.7( 18.2)	15.1( 17.8)	6.4( 7.2)	0.8( 1.0)
セリン	9.3( 10.1)	14.7( 17.0)	21.3( 25.2)	8.6( 9.7)	9.2( 10.9)
スレオニン	9.2( 9.9)	12.2( 14.1)	21.5( 25.4)	12.0( 13.5)	4.7( 5.7)
☆グルタミン酸	15.0( 16.2)	18.7( 21.6)	50.0( 59.0)	28.2( 31.7)	163.3( 194.6)
リジン	29.1( 31.4)	55.1( 63.7)	43.8( 51.7)	32.0( 36.0)	3.1( 3.7)
☆アスパラギン	3.1( 3.4)	2.7( 3.1)	7.2( 8.5)	11.0( 12.4)	0.5( 0.6)
システイン	7.9( 8.5)	18.2( 21.1)	8.8( 10.3)	0.0( 0.0)	0.0( 0.0)
メチオニン	5.0( 5.4)	14.6( 16.9)	3.8( 4.5)	3.9( 4.4)	8.7( 10.3)
フェニルアラニン	5.8( 6.3)	17.7( 20.5)	16.9( 19.9)	5.5( 6.2)	0.4( 0.5)
チロシン	14.1( 15.2)	17.3( 20.0)	19.7( 23.3)	8.0( 9.0)	3.2( 3.8)
☆ヒスチジン	10.0( 10.8)	1585.3(1836.6)	354.0( 417.7)	1289.1(1448.4)	2.0( 2.4)
プロリン	4.0( 4.3)	20.4( 23.6)	24.6( 29.0)	0.0( 0.0)	50.0( 59.6)
☆タウリン	932.9(1007.8)	239.5( 276.7)	660.5( 779.4)	235.2( 264.3)	0.0( 0.0)
☆カボソシン	36.3( 39.2)	43.7( 50.5)	41.6( 49.1)	— ( — )	45.2( 53.8)
☆アセリン	3.3( 3.6)	941.3(1087.6)	3.7( 4.4)	7.6( 8.5)	0.5( 0.6)
合 計	1123.8(1214.1)	3098.9(3585.8)	1383.7(1632.7)	1720.9(1933.8)	309.1( 368.3)

注 1) ( ) 内は無水物換算値 2)ゴシック表示は必須アミノ酸 3)☆印は呈味関与成分

一般成分は生鮮原魚から煮干しに加工されることにより、粗脂肪は3.3倍、粗タンパク質は4.0倍、灰分は3.7倍に濃縮され、約78%が粗タンパク質となっている。エキス中の主要遊離アミノ酸の総量は、カツオ節が3,585mg/100g(無水物)で最も高い値を示し、以下トビウオ煮干し1,933mg、ウルメ煮干し1,632mg、カナガシラ煮干し1,214mgの順で、コンブは368mgと最も低い値を示した。これら総量のうち、ヒスチジンの占める比率は、トビウオ煮干しで75%、カツオ節51%、ウルメ煮干し26%と赤身魚で高く、白身のカナガシラ煮干しでは0.9%と極端に低い値を示した。また、ヒスチジンが少ないカナガシラ煮干しやウルメ煮干しでは、タウリンの含有量が高い値を示しており、総量に占める比率はそれぞれ83%、48%となる。

一般にエキス中には、これら遊離アミノ酸(グルタミン酸など)のほか、核酸関連化合物(イノシン酸など)、有機酸(コハク酸など)、糖類、無機塩類(NaClなど)などが含まれ、微量成分を含めれば100種に達するとされている。そのうち、グルタミン酸はコンブ、イノシン酸はカツオ節、グアニル酸はシイタケ、コハク酸は貝類の旨味成分であることが確認され、すでに市販化学調味料の主成分として配合されている。しかし、各水産物に特有なその他の呈味有効成分については、その相互作用の解明や確認が難しく、個々の呈味効果には仮説的段階のものが多い。

表3に示す遊離アミノ酸のうち、呈味への関与が報告されているものとして、グルタミン酸のほかグリシン、アラニン、アルギニン、タウリン、ヒスチジン、サルコシン、アンセリンなどがあげられる。このうち、タウリンは畜肉に比べて魚介類に多く含有され、呈味関与のほかに血圧降下作用など成人病の予防効果が注目されている。また、ヒスチジンとその関連化合物であるアンセリンは、回遊性の赤身魚や鯨類に多く、遊泳時のエネルギー補給に伴うpH低下を抑制する作用があり、赤身魚が白身魚に比べて濃厚な

味を呈すのは、このヒスチジンが多いことに起因すると考えられている。

## 今 後 の 課 題

- (1)真空低温乾燥法は理想的な乾燥法と考えられるが、乾燥室の容積が限定されるので、大量生産には不向きである。したがって、付加価値の高い製品を対象とする、少量多品種生産への応用を図る必要がある。
- (2)品質的に優れた製品が得られるが、減圧状態で乾燥するため魚種によっては眼球や内臓が突出したり、血液が滲出して外観を損ねるので、魚種や商品形態による適正把握と対応方法を検討する必要がある。
- (3)製品の品質を維持させながら、乾燥を効率的に進行させるためには、各対象物について最適な運転条件（真空度、乾燥温度、ヒーター温度）を検討する必要がある。
- (4)高鮮度の生食用フィレー加工への応用を図るために、イワシ、アジを対象として試作試験を行ったところ、乾燥処理による効果は認められたが、漁獲時期（産卵前・後）により加工適正が大きく変動することが明らかになった。したがって、原料特性の把握とその対応方法についても詳細な検討が必要とされる。