

ウルメイワシ丸干し塩干品の製造工程中における 魚肉成分の変化ならびに製品の品質*1

河内正通*2・浜田盛承*2・国本正彦*2・幡手英雄*2・
金庭正樹*2・石崎松一郎*2・藤本正克*3・中村 誠*3

Change during the Production Process in Fish Meat Composition and Quality of the *Maruboshi* Product of Mildly Salted and Semi-dried Round Herring

Masayuki Kochi*2, Moritsugu Hamada*2, Masahiko Kunimoto*2,
Hideo Hatate*2, Masaki Kaneniwa*2, Shoichiro Ishizaki*2,
Masakatsu Fujimoto*3, and Makoto Nakamura*3

The correlations between the length of drying and the change in the composition or physical properties of fish were investigated using the round herring, *Etrumeus teres*, as part of the fundamental research to develop an automatic production device for lightly dried fish, or *maruboshi*. Sample fish was at first immersed in about 4 wt% of NaCl for 3 to 6 hr and subsequently dried at a temperature of $21 \pm 1^\circ\text{C}$ with a relative humidity of about 70% and wind velocity of 3.1 m/s. The measurement categories for the fish composition were: water content, water activity, K value, volatile basic nitrogen (VBN), and the TBA value, and those for the physical properties were the shearing and compressing forces of the fish.

Both the water content and the water activity of the skin were decreased greatly, whereas those of ordinary muscle only slightly decreased during the drying process. Both the K value and the VBN were increased as the drying process progressed, but a putrid odor was not detected by an organoleptic test. The TBA value increment was small in both the ordinary muscle and red muscle, but that of the skin was large at the beginning of the drying process. The shearing force increased as the drying process progressed, although the increment of change was small.

The set of results indicate that the water content, the rate of decreases in body weight, the water activity and the K value of the fish muscle as well as the shearing and compressing forces were taken as effective control terms to develop an automatic production device for processing lightly dried fish.

水産大学校研究業績 第1450号, 1993年1月13日受付.

Contribution from Shimonoseki University of Fisheries No. 1450. Received Jan. 13, 1993.

* 1 魚類乾製品の乾燥工程管理に関する基礎的研究-I.

* 2 水産大学校製造学科食品化学講座, 食品物理化学講座, 水産製造学講座 (Laboratories of Food Chemistry, Physical Food Chemistry, and Food Processing Technology, Department of Food Science and Technology, Shimonoseki University of Fisheries).

* 3 山口県工業技術センター電子応用室 (Electrotechnology Laboratory, Industrial Technology Institute, Yamaguchi Prefectural Government).

1 緒言

山口県は全国でも有数の水産加工食品の生産地である。これら加工業の多くは中小企業であり、魚臭、低温または高温、多湿などの厳しい労働環境のために慢性的な人材不足および就業者の高齢化に直面し、存続の岐路に立たされている。

魚類乾製品の製造において最も重要な工程は乾燥工程である。従来、乾燥工程の制御は熟練技術者の経験に頼っており、技術者の熟練度、“勘どころ”の違いによって製品の品質に差が見られるようである。この乾燥工程を自動的に制御できるようになれば、省力化、製品の品質向上と均質化につながり、技術者養成も容易となる。

そこで、ウルメイワシ塩干品製造における熟練技術者の経験と勘などを取り入れた乾燥制御システムを開発し、それを組み込んだ自動乾燥装置を試作する研究を行なった。その一環として本研究では、乾燥工程中における魚肉成分の変化などを明らかにし、制御システム開発のための基礎データを得るとともに制御項目の検索を行なった。

2 実験方法

2.1 原料魚

山口県長門市近海において漁獲されたウルメイワシ *Etrumeus teres* (体長13.9~17.2cm, 体重22.6~40.8g) を-20℃の冷蔵庫中に2~5か月間凍結貯蔵した。この凍結魚を必要に応じて解凍し、実験に供した。

2.2 乾燥方法

原料魚をそのまま、約4%の食塩水中に約3~6時間浸漬したのち、軽く水洗したものを試料魚とした。この試料魚の目または顎に串を通して乾燥台車の棚枠に吊り下げた。これを冷風乾燥機中に入れて温度21±1℃、相対湿度(乾燥開始時)約70%、風速3.1m/秒で乾燥した。所定の時間ごとに乾燥魚を採取するとともに生干し製品(実験製品という)を製造した。なお、同一条件下で製造した市販のウルメイワシ生干し製品(市販製品という)についても比較のため各種の測定を行なった。

2.3 分析項目ならびに分析方法

鮮度指標としてK値、揮発性塩基窒素(VBN)およびトリメチルアミン(TMA)を、乾燥度を判定するため水分含量および水分活性を、脂質酸化度を判定するため過酸化

価(POV)およびチオバルビツール酸(TBA)値を、硬さの指標としてせん断力および押し込み力を測定した。また、タンパク質の性状変化はSDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動(SDS-PAGE)法で調べた。

2.3.1 乾燥度

乾燥魚6尾より普通肉、血合肉および皮(皮下脂肪を含む)を採取し、それらを個別に集めた、普通肉および血合肉はそれぞれ乳鉢中で磨砕し、また皮は約5mm角に細切したのち、分析試料とした。水分含量は常圧乾燥法(105℃で恒量になるまで加熱)によって、水分活性は水分活性測定装置(ロトロニック社製, Rotronic Hygroskop-DT型, 測定ステーションWA-40)を用いて測定した。

2.3.2 鮮度

背肉を分析試料として小林らのK値迅速定量法¹⁾によりK値を測定した。また、三枚におろした剥皮フィレートのミンチ肉を分析試料としてConway微量拡散法²⁾により、VBNおよびTMAを測定した。

2.3.3 脂質の酸化度

分析試料として、POVではVBNと同じ試料を、TBA値では乾燥度測定と同じ試料を用いた。

POVは分析試料からBligh-Dyer法³⁾によって抽出した脂質について、Takagiらの比色法⁴⁾にしたがって測定した。一方、TBA値はSinnhuberらの方法⁵⁾によって測定し、分析試料1kg中のマロンアルデヒド量(mg)で表示した。

2.3.4 硬さ

(a) せん断力

乾燥魚を三枚におろした剥皮フィレ(5mm厚)を用い、剥皮側を下にしてFig.1に示すようにレオメーター(不動工業社製, NRM-2002J型)のサンプル台にのせた。剥皮フィレの上方から0.5mm幅のアダプター(18×50×0.5mm, 鋼鉄製)を60mm/分の速度で押し込み、試料をせん断した。記録計のチャートからせん断荷重を計算してせん断力(kg)とした。市販製品では、せん断力がレオメーターの応力範囲を越えたので、斜面型上皿自動秤(上限12kg)を用いて測定した。すなわち、剥皮フィレを上皿部に載せ、上方から同様のアダプターを手で押し込み、試料がせん断された時の秤の目盛り(kg)を読み取った。なお、1試料群当たり6~8回の測定を行なった。

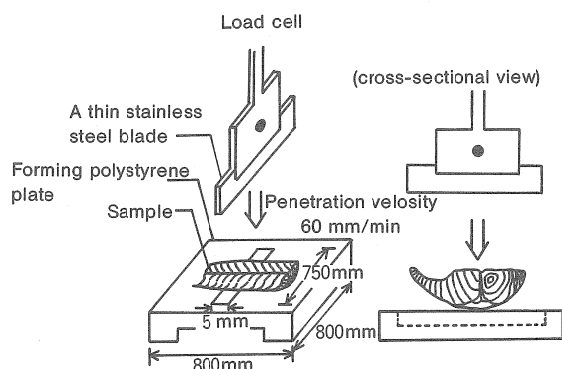


Fig. 1. The procedure for the measurement of shear force.

(b) 押し込み力

上記のレオメーターに定距離圧縮円形プランジャー(φ10mm)を取りつけた。試料台に丸のままの乾燥魚を載せ、上方から円形プランジャーを押し込み、プランジャーが2.5mm入り込んだ時の荷重を押し込み力(kg)とした。なお、押し込み速度は60mm/分とし、1試料群当たり4回の測定を行った。

2.3.5 SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動

沼倉らの方法⁶⁾にしたがって、細砕した試料魚肉および乾燥魚肉0.4kgを精秤し、これにそれぞれ7.5mlの8M尿素-2%SDS-2%2-メルカプトエタノール-20mM Tris-HCl(pH8.0)溶液を加えて100℃で2分間加熱したのち、室温

で24時間攪拌して可溶化操作を行なった。SDS-尿素混液に可溶化した試料魚肉および乾燥魚肉を7,000×gで20分間遠心分離した。その上清(タンパク質30μgを含む)を電気泳動用試料として、Weberらの方法⁷⁾に準じて5%ポリアクリルアミドゲルを用いた電気泳動を行なった。なお、タンパク質濃度は、牛血清アルブミンを標準にしてビュレット法⁸⁾により比色定量した。

2.3.6 製品の品質判定

熟練技術者による官能検査によって、Table 1に示すように製品の硬さならびに光沢について、それぞれ5段階評価を行なった。

3 結果および考察

3.1 乾燥工程中における変化

ウルメイワシの冷風乾燥における乾燥の進行状態を把握するため、魚体の大きさ別に乾燥曲線を求めた。次いで、乾燥中に起こる魚肉成分の理化学的変化を明らかにするため、経時的に乾燥魚を採取して水分含量、水分活性、K値、VBN、TMA、TBA値、せん断力およびタンパク質の性状を測定し、乾燥度、鮮度低下、脂質の酸化度、物性変化およびタンパク質の性状変化を調べた。

3.1.1 乾燥度

試料魚157尾を用いて乾燥工程中における各魚体重量の変

Table 1. Interpretation on the quality of mildly salted and semi-dried products "Namaboshi" by organoleptic evaluation of technical expert

Texture			Appearance		
Rank	Judge by touch	Commercial value	Rank	Judge by seeing	Commercial value
1	Too soft	None	1	Inferior	None
2	Soft	Good	2	Slightly inferior	Good
3	Proper	Good	3	Ordinary	Good
4	Hard	Good	4	Good	Good
5	Too hard	None	5	Superior	Good

化を測定したのち、それらを Table 2 に示すように、体長別、体重別および肥満度別にそれぞれ4群に分け、乾燥曲線を求めた結果を Fig. 2(a)~(c)に示す。乾燥魚の体重が乾燥直前の試料魚の体重の70%になるまで乾燥(後述のように、生干し製品の最適乾燥度)するに要する時間は、次のとおりであった。体長別では、L-1(平均15.5cm)の群で約19時間であったが、L-4すなわち18cm以上の大羽イワシでは約41時間と乾燥に2倍以上の時間を要した。体重別では、W-1(平均32.4g)の群で約23時間であったが、W-4(平均48.3g)の群では約42時間を要した。肥満度別では、F-1(平均11.79)の群で約27時間であったが、F-4(平均14.26)の群では44時間乾燥しても体重減少率は70に達しなかった。以上の結果から、魚体の大きいもの、すなわち体長17cm以上、体重40g以上または肥満度13以上のものの乾燥には著しく時間を要することがわかる。

魚類の冷風乾燥の工程は単純作業のように見えるが、乾燥機の温度、湿度および風速などの設定を誤ると良品の製品は得られない。乾燥温度や湿度を高くすると、鮮度低下をおこし、鮮度の悪い原料魚を用いた場合と同様な仕上りとなる。このような現象を“肉むれ”と呼んでいる。また、乾燥を急ぐあまり、湿度を低く、風速を速めに設定すると、“うわ乾き”の原因となり、やはり良品の製品は得

られない。魚肉水分の内部から表面への拡散速度と表面からの蒸発速度が等しいとき、乾燥は最も効率よく進行すると考えられる。

そこで、魚体を皮(皮下脂肪層を含む)、表層血合肉および普通肉に分け、それぞれの部位について乾燥中の水分含量および水分活性の経時変化を調べた結果を Fig. 3(a), (b)に示す。皮の水分含量は乾燥初期の4時間で急激に低下し、その後の変化は小さかった。血合肉でも乾燥初期の12時間で水分含量はかなり急激に低下したが、その後の変化は小さかった。普通肉では、乾燥時間の経過とともに水分含量は徐々に低下したが、その低下量は最も小さかった。しかし、乾燥時間が12時間以上になると、皮、血合肉および普通肉における水分低下速度はほぼ等しくなった。

一方、皮の水分活性は経時的にかなり急速に低下し、26時間乾燥で0.87、48時間乾燥で0.76となった。しかし、血合肉および普通肉の水分活性の低下は小さく、48時間乾燥後においても0.93付近であった。以上のように、試料魚から最適乾燥度の生干し製品を得るまで血合肉および普通肉の水分活性は0.90以下には低下しなかった。また、体重減少率、血合肉および普通肉の水分含量と皮の水分活性は乾燥工程の自動制御項目の一つになり得ると考えられる。

Table 2. Distinction of raw materials for the measurement of drying curves

	Group	Range	Average	Number of individual
Body length (cm)	L-1	15.1~15.9	15.5	11
	L-2	16.0~16.9	16.4	45
	L-3	17.0~17.8	17.4	71
	L-4	18.0~18.7	18.3	30
Body weight (g)	W-1	27.5~34.9	32.4	32
	W-2	35.2~39.5	37.8	28
	W-3	40.0~44.9	42.2	55
	W-4	45.0~54.2	48.3	42
Fatness (1000・g/cm ³)	F-1	11.49~11.99	11.79	12
	F-2	12.06~12.98	12.56	84
	F-3	13.01~13.86	13.34	53
	F-4	14.01~14.74	14.26	8

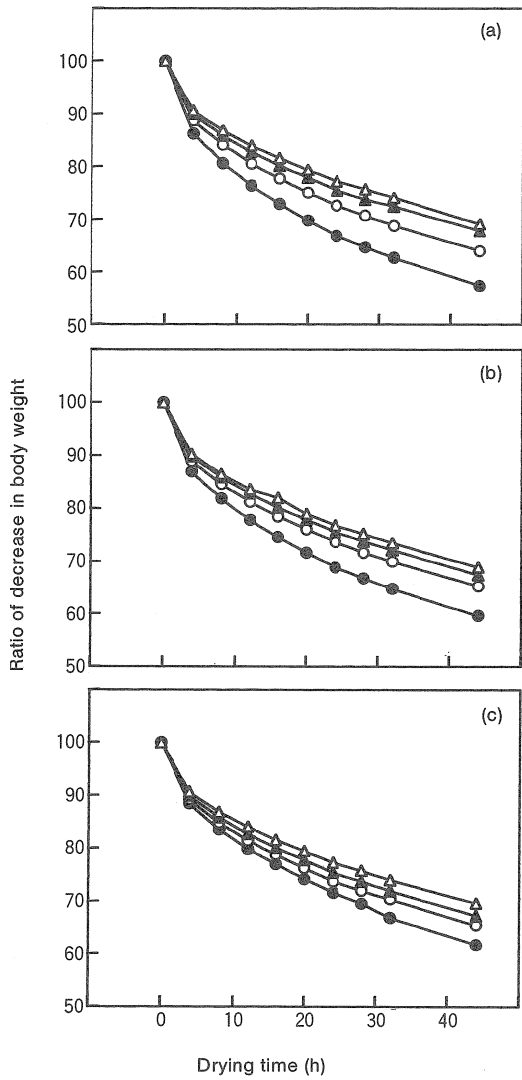


Fig. 2. Drying curves in four groups of each of round herring with different body length, body weight, or fatness.
 (a) : Body length ; -●- L-1, -○- L-2, -▲- L-3, -△- L-4
 (b) : Body weight ; -●- W-1, -○- W-2, -▲- W-3, -△- W-4
 (c) : Fatness ; -●- F-1, -○- F-2, -▲- F-3, -△- F-4

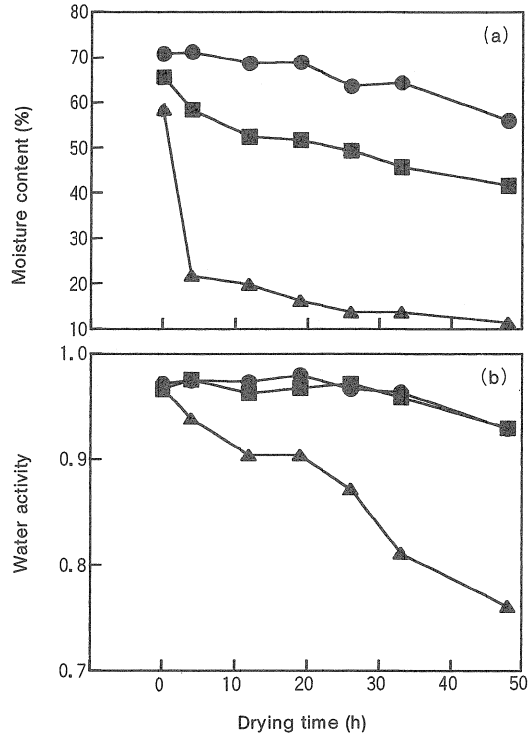


Fig. 3. Changes in moisture content and water activity in various tissues of round herring during drying process.
 (a) : Moisture content, (b) : Water activity
 -▲- Skin, -■- Dark muscle, -●- Ordinary muscle.

3.1.2 鮮度

原料魚のK値は7.0であり、鮮度は非常に良好であった。しかし、解凍、塩水漬けなどの操作により、乾燥開始時の試料魚のK値は22.3と高くなった。これと同様な現象はサンマの醤油干しの加工中にも認められている*。乾燥魚のK値は乾燥時間の経過とともに高くなり、26時間乾燥で約50、48時間乾燥で約62となった。これは加熱調理用原料魚のK値に相当する値であるため、食用可能な範囲にあると判断される。K値と乾燥時間との間に相関が認められることから、一定の乾燥条件の下では、K値は乾燥工程の制御項目として利用できる可能性があると考えられた。

次に、乾燥中のVBNの経時変化を調べた結果をFig. 4に示す。乾燥開始時における試料魚のVBNは、約16mg/100g肉で普通の鮮度と判定される値であったが、乾燥魚

* 千葉県水産試験場：水産加工，第90号，713-718(1991)。

の VBN は、乾燥の進行とともに増加して26時間乾燥後には約36mg/100g肉、48時間乾燥後には約48mg/100g肉に達した。しかし、官能的に腐敗の兆候は認められなかった。したがって、乾燥の進行に伴う VBN の増加は乾燥による魚肉水分の蒸発に伴う相対的増加によるものが主であり、乾燥中の微生物による分解作用は微弱であると判断される。中村ら⁹⁾はマイワシ乾製品貯蔵中におけるアンモニア態窒素の品質指標としての有効性について、官能的に極端に品質低下した場合の判定にのみ有効であると報告している。以上の結果から、VBN を乾燥工程中の微生物による分解作用の進行を判定する指標とするのは不適当と考えられる。

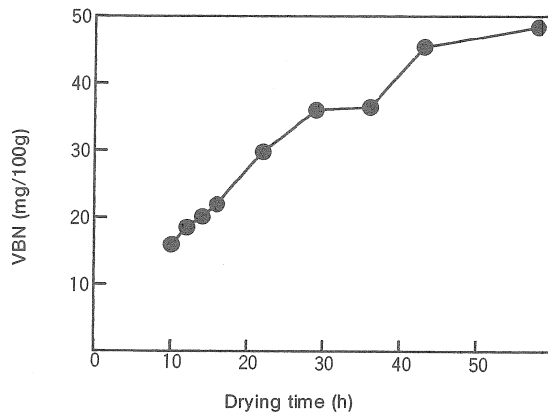


Fig. 4. Changes in VBN in the meat of round herring during drying process.

3.1.3 脂質の酸化度

乾燥中の POV および TBA 値の経時変化を調べた結果を Fig. 5 および 6 に示す。POV は乾燥開始 2 時間後に最高値を示したのち、その後乾燥時間の経過とともに次第に減少した。滝口¹⁰⁾はカタクチイワシの丸干し製造において、POV が乾燥開始後 20 時間前後に 250 meq/kg となることを報告しているが、本実験では 160 meq/kg を越えることはなかった。

一方、乾燥開始時における試料魚の TBA 値は普通肉では低かったが、血合肉ではかなり高く、皮では著しく高かった。しかも、乾燥開始後 12 時間まで皮の TBA 値は乾燥時間の経過とともにかなり急激に高くなったが、普通肉および血合肉では TBA 値の変化は小さかった。しかし、皮における TBA 値の増大も主として皮の水分含量の著しい

低下に基づく相対的な増大によると考えられる。

Ke ら^{11, 12)}は冷凍マサバについて、豊水ら^{13, 14)}は低温貯蔵中のマイワシ、マサバについて貯蔵中の脂質酸化の速さは皮>>血合肉>普通肉の順であり、皮で選択的に脂質酸化が進行することを明らかにしている。

試料魚の剥皮フィレの POV も高いことから、佃¹⁵⁾も認めているように、原料魚の約 2 か月間の凍結貯蔵中、および塩水漬中に脂質酸化がかなり進行したことを示している。Fig. 5 および 6 から明らかなように、POV および TBA 値の乾燥開始後 24 時間以降の変化は比較的小さいことから、これらの脂質酸化指標は自動化装置の制御項目としては不適当であると判断される。

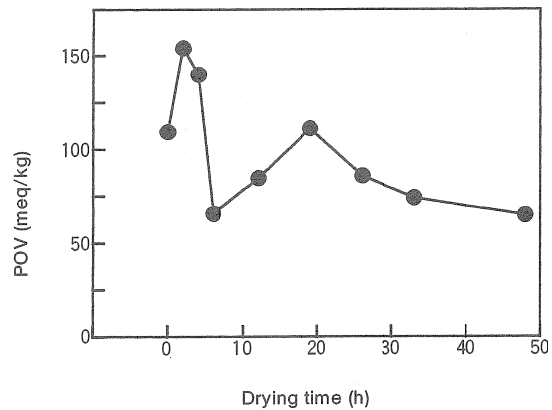


Fig. 5. Changes in POV of total lipid from the meat of round herring during drying process.

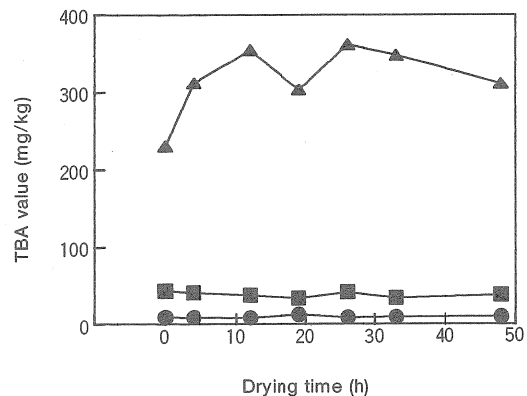


Fig. 6. Changes in TBA value in various tissues of round herring during drying process. Symbols are the same as those in Fig. 3.

3.1.4 物性変化

乾燥中における物性変化を調べるために、せん断力を指標として硬さの経時変化を測定した。得られた結果を Fig. 7 に示す。乾燥の進行に伴ってせん断力は次第に増大した。この硬さの増大の原因は、魚肉の水分が蒸発によって減少したことおよび魚体表面でタンパク質の変性が起こったことなどによると考えられる。しかし、ウルメイワシ生干しにおいては、乾燥工程中にせん断力はそれほど大きくならなかった。したがって、せん断力は乾燥工程の自動制御項目となり得ないと判断される。

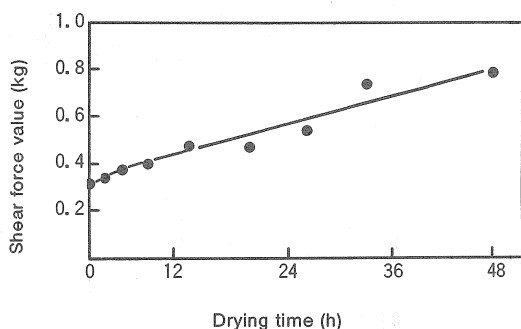


Fig. 7. Changes in stiffness in the meat of round herring during drying process.

3.2 製品の品質と成分値

水産加工食品では、加工機械の仕様や性能が製品の品質を左右するが、製品の「仕上り」の判定は熟練技術者の経験的な勘に頼っているのが実情である。そのため、乾燥実験を行なうに当たり、熟練技術者による乾燥終了の判断ならびに品質評価と理化学分析データとの間にどのような関係があるかを明確にしておく必要がある。

そこで、ウルメイワシを冷風乾燥し、生干し製品になり得ると判断される時間帯（乾燥開始20～28時間後）に乾燥魚（実験製品）を採取し、熟練技術者による製品としての品質判定を行なったのち、各種の理化学的測定を行なった。同時に市販製品についても品質を官能評価したのち、理化学的分析を行ない、実験製品との比較、検討を行なった。

3.2.1 乾燥時間または乾燥度と製品の品質

試料魚100尾（体長14.7～18.1cm, 平均体長16.7cm）を用いて乾燥実験を行ない、20, 24および28時間後に熟練技術

者により乾燥度を判定した結果を Fig. 8 に示す。乾燥開始20時間後では製品として出荷可能な状態に仕上がったもの（硬さのランク2～4）の割合は32%, 24時間後では87%, 28時間後では72%であった。同一試料群のものでも、魚体の大きさや乾燥装置内での位置の違いによって乾燥度にかんがりの差異が認められた。

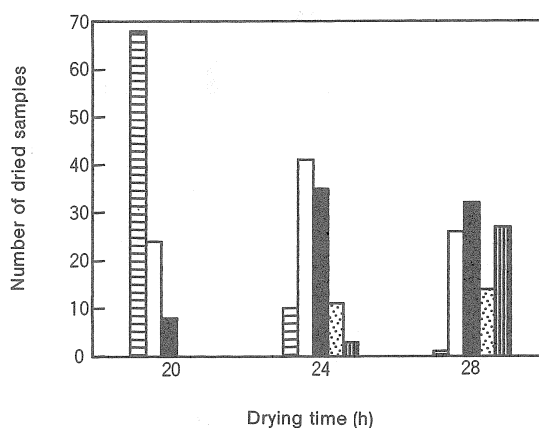


Fig. 8. Relation between drying time and ranks of texture on experimental products.

Ranks 1 to 5 are shown in Table 1.

Texture ; ■ Rank 1, □ Rank 2, ■ Rank 3, ▨ Rank 4, ▩ Rank 5.

また、乾燥開始時における試料魚の体重を100として、24時間乾燥後における体重減少率と製品の硬さとの関係を示すと、Fig. 9のとおりである。出荷可能な製品の割合は、体重減少率が65および70の群で高く、乾燥魚の85%以上を占めた。体重減少率が75の群では81%であったが、生干し製品として最適な硬さをもつものの割合は21%と非常に低かった。一方、体重減少率が65の群では100%出荷可能であり、最適な硬さをもつ製品の割合も60%と高かった。しかし、体重減少率が65まで乾燥すると、生干し製品としては過乾燥となり、硬過ぎるものが出る危険性も高くなると考えられる。

次に、体重減少率と製品の光沢との関係を調べた結果を Fig. 10 に示す。魚体の乾燥が進むにつれて、光沢を増す傾向が認められた。すなわち、体重減少率75の群では光沢の優れたものの割合は低く、体重減少率が70の群では優れた光沢をもつものの割合が著しく高くなった。しかし、製品の光沢には乾燥度以外の要因も大きく関与するように考えられるので、今後の解明が必要である。

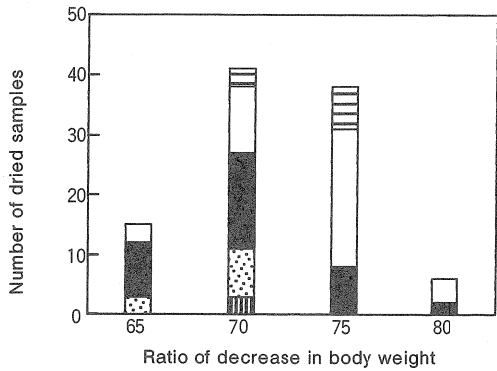


Fig. 9. Relation between ratio of decrease in body weight after 24 hour drying and ranks of texture on experimental products. See the footnote in Fig.8.

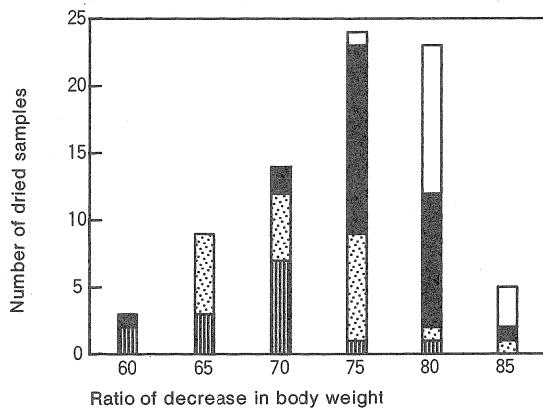


Fig. 10. Relation between ratio of decrease in body weight after 24 hour drying and ranks of appearance on experimental products. Ranks 1 to 5 are shown in Table 1. Appearance ; □ Rank 2, ■ Rank 3, ▨ Rank 4, ▩ Rank 5.

他方、実験製品および市販製品の水分含量および水分活性を測定した結果を Fig.11(a), (b)に示す。実験製品では、生干しとして最適な硬さをもつものの水分含量は普通肉で約65%、血合肉で約47%、皮で約20%であった。市販製品では、それぞれ52%、約38%、約22%であった。一方、実験製品の水分活性は、普通肉で約0.96、血合肉で約0.94、皮で約0.84であり、市販製品ではそれぞれ約0.95、約0.93、

約0.88であった。これらの生干し製品の水分活性は中間水分食品の水分活性よりも高く、貯蔵性の点で問題のあることが判明した。

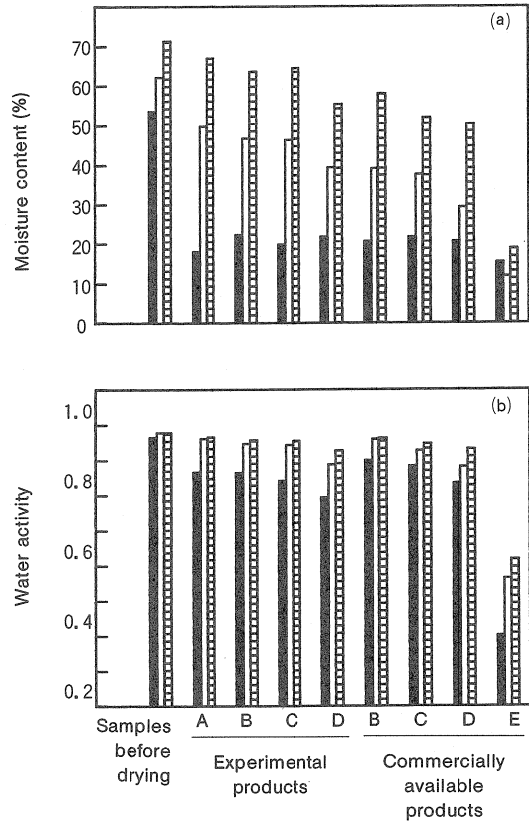


Fig. 11. Moisture content and water activity in various tissues of experimental productus and commercially available products. A to D in experimental products and commercially available products corresponds to ranks of texture 1 to 4 in Table 1. E in commercially available products is hard-dried products "Kataboshi". ■ Skin, □ Dark muscle, ▨ Ordinary muscle

市販製品の水分含量と水分活性は実験製品に比べてやや低かった。その理由としては、乾燥の終期段階で官能検査により製品となり得ると判断されたものは、乾燥機から取りだし、通常数日間冷蔵庫中に保管されたのち、商品として出荷される。この間に魚体水分の蒸発が進行するためと考えられる。一般に商品は店頭に並べられた時点で最良の品質を保持していなければならないことから、乾燥終了時

点から店頭に並べられるまでの間における各指標の変化を明らかにして合理的な乾燥方法を確立する必要がある。

以上の結果から、体重減少率は乾燥の終点を判定する一つの指標となり得ると考えられた。また、優れた品質の生干し製品を製造するための最適乾燥度は体重減少率約70を目安とするのが妥当と考えられた。

3.2.2 鮮度

実験製品および市販製品についてK値を測定した結果をTable 3に示す。熟練技術者の官能検査による製品の品質は20~24時間の4時間のうちに大きく変化したが、この時間範囲内におけるK値の変化は41.2~44.3と非常に小さかった。

一方、VBNおよびTMAを測定した結果をFig.12に示す。実験製品において、市販可能なもののVBNは30~40mg/100g肉であった。市販製品では47~54mg/100g肉と実験製品よりもやや高かった。また、経時変化の場合と同様に乾燥時間の長いものほどVBNは高く、同じ乾燥時間のものでは乾燥度の大きいものの方がVBNは高かった。TMAについてもVBNとほぼ同様な傾向が認められた。

したがって、K値、VBN、TMAは製品の品質や乾燥の終了を判断する明確な指標とはなり得ないように考えられる。

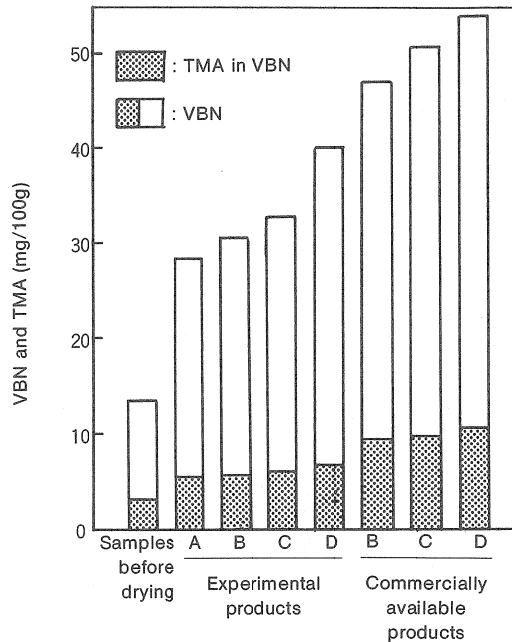


Fig. 12. VBN in the meat of experimental products and commercially available products. See the footnote in Fig.11.

Table 3. Comparison of K value among samples before drying, experimental products A to D, some commercially available products

		Rank of texture	K value
Samples before drying			20.4
Experimental products	A	1	40.4
	B	2	41.2
	C	3	44.3
	D	4	43.4
Commercially available products	B	2	71.7
	C	3	72.3
	D	4	66.4
	E	-	63.2

E in commercially available products is hard-dried products "Kataboshi".

3.2.3 脂質の酸化度

POV は前述のとおり、魚類乾製品においては品質判定の指標とはなり難いことから、本実験ではTBA値のみを測定した。得られた結果をFig.13に示す。実験製品では、商品として出荷可能なもののTBA値は普通肉で約9、血合肉で約29~44、皮で215~270であった。市販製品のTBA値は普通肉および血合肉ともに実験製品よりやや高く、皮ではやや低かった。乾燥終了後、冷蔵庫に貯蔵中および店頭で並べている間に普通肉や血合肉の脂質の自動酸化が徐々に進行するものと考えられる。

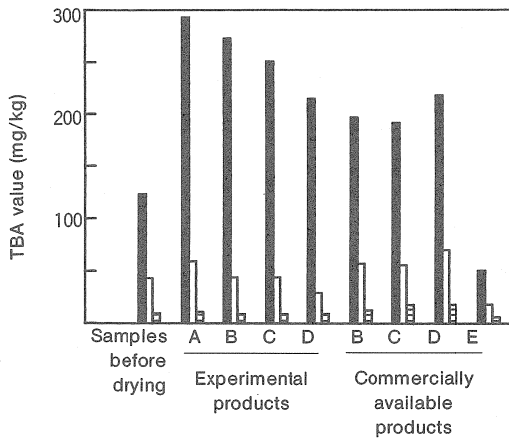


Fig. 13. TBA value in various tissues of experimental products and commercially available products. See the footnote in Fig.11.

3.2.4 物性

生干し製品の物性を数値的に明らかにするために、せん断力および押し込み力を測定し、さらに実験製品と市販製品における硬さの違いを調べた。得られた結果をFig.14に示す。Fig.14からせん断力が0.6~0.7kg付近で生干し製品になり得ると推測された。一方、市販製品のせん断力は3試料とも2.0kgを越えており、実験製品との間に大きな差異が認められた。市販製品では、乾燥終了後店頭で販売されるまでの間に、さらに乾燥が進行し、硬さが増大したのと考えられる。換言すれば、熟練技術者はこの点を考慮に入れた上で乾燥の終点を判断しているとも考えられる。理化学試験においては、一般に硬さの指標としてせん断試験が用いられているが、魚類乾製品の製造においては、製品

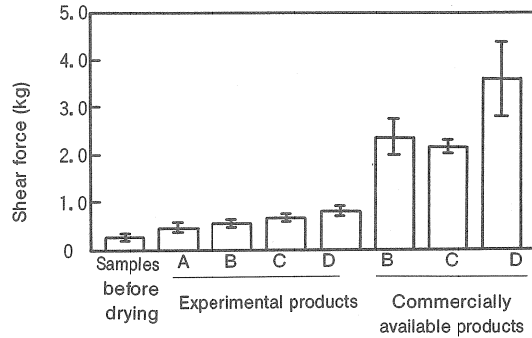


Fig. 14. Shear force of experimental products and commercially available products. Bars in the figure show standard deviations from 6-8 experiments. See the footnote in Fig.11.

としての品質判定は熟練技術者の指で押えた時の感触（触手検査）でなされている。つまり、非破壊的に押し込んだ時の硬さが重要であると考えられる。そこで、試料魚にせん断しない程度の歪を与え、その時の応力を測定してこれを押し込み力とした。得られた結果をFig.15に示す。Fig.15から明らかなように、実験製品では押し込み力が、0.4~0.5kg付近で製品になり得ると推測された。一方、市販製品の押し込み力は0.8~1.6kgで、実験製品に比べてかなり高かった。この結果はせん断力の結果とよく対応した。

したがって、せん断力および押し込み力はいずれも製品の硬さの判定指標として有効であるといえる。しかし、市

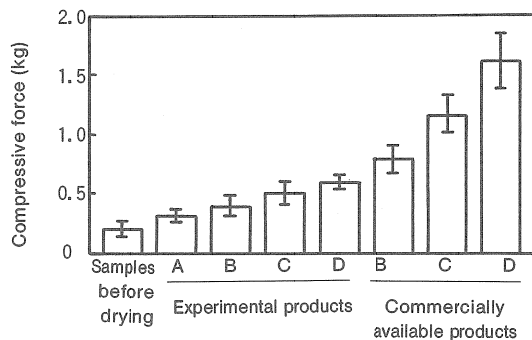


Fig. 15. Compressive force of experimental products and commercially available products. Bars in the figure show standard deviations from 4 experiments. See the footnote in Fig.11.

販製品のせん断力および押し込み力は実験製品のそれらよりも著しく高い値を示したため、乾燥終了の判定指標とするには、今後乾燥終了後から市販されるまでの間のこれら指標の変化を明らかにする必要がある。

3.2.5 タンパク質の性状変化

魚肉の主要構成成分であるタンパク質の性状変化は製品の品質に大きな影響を及ぼすことが考えられるので、タンパク質に生じた変化を筋原繊維 (Mf) タンパク質のサブユニット組成の変化から検討した。その SDS-PAGE パターンを Fig.16 に示す。Fig.16 から明らかなように、乾燥時間の長いものほど、また同じ乾燥時間のものでは乾燥度の大きいものほど、Mf タンパク質の主成分であるミオシンを構成しているサブユニットのうち、ミオシン重鎖 (以下 HC と略す) に相当するバンドが明らかに消失した。一方、アクチンとトロポミオシンの変化は起こらないとみなされた。

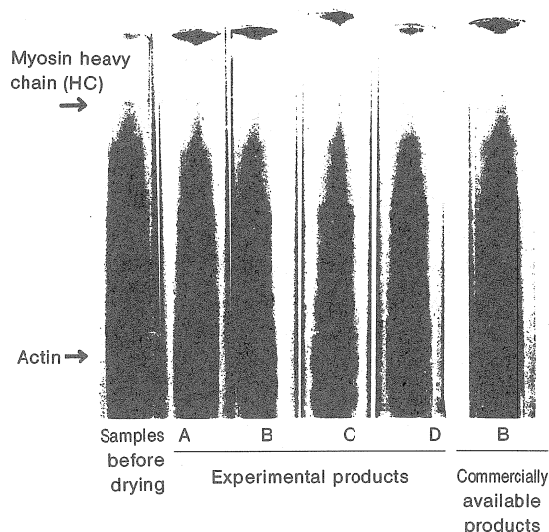


Fig. 16. Changes in SDS-polyacrylamide gel electrophoretic pattern of solubilized protein of experimental products and commercially available products with SDS-urea-mercaptoethanol medium.

The meat was solubilized into 8M urea, 2% SDS, 2% 2-mercaptoethanol, and 20mM Tris-HCl (pH 8.0) at 100°C for 2 min, followed by continuous stirring for 24 h at room temperature. Approximately 30 μ g of each protein sample was applied on SDS-polyacrylamide gel electrophoresis by using 5% acrylamide gel.

See the footnote in Fig.11.

また、試料魚の SDS-PAGE パターンを見ると、塩漬け処理に伴って HC がある程度減少していることがわかった。このことは、伊藤らが報告したスケトウダラ筋肉の塩漬け中に起こる Mf タンパク質の性状変化¹⁶⁾と一致するものである。従来、塩ずり肉を坐らせると、ミオシンは交差結合反応を起こして HC 多量体を形成し、ゲル強度が増加することが報告されている⁶⁾。また、スケトウダラ塩漬肉を乾燥すると、HC の多量化がさらに進行して分子サイズの異なる HC 多量体が形成されることが示唆されている¹⁷⁾。これらの多量体の形成はテクスチャーに大きな影響を及ぼすと予想される。本実験においても、乾燥によって HC 多量体の形成が認められた。すなわち、乾燥開始後20時間では HC はほとんど消失し、同時に泳動ゲルの上部部に留まる HC 多量体は増加したが、その後減少する傾向を示した。これは生成した HC 多量体が泳動ゲル中に移動できない程の大きなサイズになったことを示唆している。一方、市販製品の SDS-PAGE パターンを見ると、HC の減少と HC 多量体の形成が認められたが、HC 多量体の減少傾向を示した実験製品 D を除く A, B および C とほぼ同じような泳動パターンであり、市販製品が実験製品のどの状態と一致するのかが判定することはできなかった。

丹保ら¹⁸⁾はマアジ肉を原料とした場合、スケトウダラ塩漬肉を乾燥した場合と比べてより制約された条件 (塩濃度と乾燥温度) 下においてのみ、HC 多量化反応が起こると報告している。ウルメイワシの乾燥工程において、スケトウダラやマアジの場合と異なった HC 多量化反応が進行しているかどうかは今後の検討課題である。

以上のように、優良な品質の製品にまで乾燥した時点には、すでにミオシン HC のほとんどが消失し、同時に HC 多量体かなりの割合にまで形成されていることから、構成タンパク質の成分変化をもとにして製品の品質を判定することは困難と思われる。

4 要約

魚類乾製品の製造において最も重要な乾燥工程を自動化する試みの一環として、乾燥工程中における魚肉成分などの変化を調べ、自動乾燥装置開発における制御指標ならびに製品の品質判定指標などの検索を行なった。得られた結果は次のとおりである。

- 1) 乾燥速度は魚体の大きさによって相違し、体長17cm以上、体重40g以上または肥満度13以上のものの乾燥には、著しく長時間を要した。
- 2) 皮の水分含量、水分活性は乾燥行程中にかなり低下し

たが、普通肉におけるそれらの低下は小さかった。

- 3) K 値, VBN は乾燥工程中, 経時的に次第に高くなったが, 乾燥魚には官能的に腐敗の兆候は認められなかった。
- 4) 皮の TBA 値は乾燥初期かなり急激に高くなったが, 普通肉, 血合肉では TBA 値の変化は小さかった。
- 5) セン断力は乾燥工程中次第に増大したが, その増大はあまり大きくなった。
- 6) 乾燥工程の自動制御項目として体重減少率, 血合肉および普通肉の水分含量, 皮の水分活性, K 値などが利用でき, これら以外の測定項目は自動制御の指標とはなり得ないと判断された。
- 7) 優良な品質の生干し製品を製造するための最適乾燥度は, 体重減少率約70を目安とするのが妥当と考えられた。
- 8) 体重減少率, 水分含量, セン断力および押し込み力は乾燥の終了や優良な品質の製品を製造するための判断指標として利用できると考えられた。

本研究を行なうに当たり, ご協力をいただいた株式会社国近商店社長 国近忠雄氏および製品の品質を判定していただいた同商店会長 国近一行氏に衷心よりお礼申し上げます。

文 献

- 1) 小林 宏・内山 均: 日水誌, **36**, 21-26 (1970).
- 2) E. J. Conway: 微量拡散分析及び誤差論 (石坂音治訳), 南江堂, 東京, 1957, pp. 82-84.
- 3) E. G. Bligh and W. J. Dyer: *Can. J. Biochem. Physiol.*, **37**, 911-917 (1957).
- 4) T. Takagi, Y. Mitsuno and M. Masumura: *Lipids*, **13**, 147-151 (1978).
- 5) R. O. Sinnhuber and T. C. Yu: 油化学, **26**, 259-267 (1977).
- 6) 沼倉忠弘・関 伸夫・木村郁夫・豊田恭平・藤田孝夫・高間浩蔵・新井健一: 日水誌, **51**, 1559-1565 (1985).
- 7) K. Weber and M. Osborn: *J. Biol. Chem.*, **224**, 4406-4412 (1969).
- 8) A. G. Gornall, G. J. Bardawill, and M. M. David: *J. Biol. Chem.*, **177**, 751-766 (1949).
- 9) 中村邦典・石川宣次: 東海水研報, No.102, 67-76 (1980).
- 10) 滝口明秀: 日水誌, **53**, 1463-1469 (1987).
- 11) P. J. Ke and R. G. Ackman: *J. Am. Oil Chemist's Soc.*, **53**, 636-640 (1976).
- 12) P. J. Ke, R. G. Ackman, B. A. Linke, and D. M. Nash: *J. Fd. Technol.*, **12**, 37-47 (1977).
- 13) 豊水正道・花岡研一: 日水誌, **46**, 1007-1010 (1980).
- 14) M. Toyomizu, K. Hanaoka, and T. Nakamura: *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **46**, 1011-1017 (1980).
- 15) 佃 信夫: 東海水研報, No.94, 51-58 (1978).
- 16) 伊藤 剛・北田長義・山田典彦・関 伸夫・新井健一: 日水誌, **56**, 687-693 (1990).
- 17) 伊藤 剛・北田長義・山田典彦・関 伸夫・新井健一: 日水誌, **56**, 999-1006 (1990).
- 18) 丹保岳人・山田典彦・北田長義: 日水誌, **58**, 685-691 (1992).