

## サンマ開き製品に関する研究—II

### 原料鮮度の影響について

網 仲 仁

#### はじめに

筆者は前報<sup>1)</sup>において、魚類塩干品の研究を進める一環としてサンマ開き製品の実態調査を行い、製品の価格と理化学測定値の関係などについて検討し、魚体が大きくてよく肥満し、粗脂肪量の多い製品ほど商取引上の評価が高い傾向がみられることなどを報告した。

一般に、開き製品の品質は食味や色調、臭いなども重要な要素であり、これらには蛋白質や脂質の性状が大きく影響する。このため、できるだけ鮮度の良い原料を用いることが原則である。製品の品質に関する試験を進める上において、原料性状と品質の関連を把握しておく必要があるが、過去に、これらの関係をサンマ開き製品で検討した報告例はみられない。

そこで今回は、蛋白変性、脂質変敗などの品質指標を用い、サンマ開き製品の品質に対する原料の鮮度の影響について検討すると共に、製品貯蔵中の品質変化について調べたので、報告する。

#### 材料と方法

##### 原 料

昭和60年11月20日、千倉漁港に水揚げされたサンマ(平均体長26.7cm, 体重82.4g)を冷凍パンに収容し、 $-42^{\circ}\text{C}$ で約3カ月間凍結後、水中で半解凍して $0\sim 1^{\circ}\text{C}$ の水氷中に貯蔵したものを、0日後、1日後、3日後、5日後にそれぞれ取り出して、人為的に品質の異なる4種の原料に調整した。

##### 製品の製造および貯蔵法

サンマ開き製品は、普通、背開き後に内蔵やえらを除去するが、本報では実験の都合上、原料の頭と内蔵を除去して三枚に卸したフィレーを、20%食塩水( $7\sim 12^{\circ}\text{C}$ )に40分間浸漬後、水洗いし、 $12\sim 15^{\circ}\text{C}$ の室温下で約1時間水切りした後、冷凍パンに並べて $-42^{\circ}\text{C}$ で7~12日間凍結した。このものについて原料の鮮度と製品品質の比較を行った。

次いで、各製品をそれぞれビニール袋に入れて $5^{\circ}\text{C}$

の冷蔵庫で0~12日間貯蔵し、貯蔵中の品質変化のための試料とした。

なお、食味に關与すると考えられる保水性および物性の変化については、個体差を少なくするため、施塩・水洗い処理後のフィレーの一部をロール式採肉機(5mm目のプレート)で落し身にし、ONパック袋(大倉工業社製、ナイロンとポリエチレンのラミネートフィルム)に入れて $12\times 20\times 1.5\text{cm}$ 角に整形し、室温下で約1時間放置後 $-42^{\circ}\text{C}$ で一晩凍結してバンドソーを用いて約 $1.5\text{cm}$ 角に切断したものを試料とした。

##### 測定方法

分析には、1検体当たり5~8尾(個)の試料を使用し、特記した以外は全可食部(頭、内蔵、骨、鰭を除いた部分)を日本精機社製のマルチブレンダーで均一に混合して供試した。水分、食塩、粗脂肪、PH、K値、トリメチルアミン態窒素(TMA-N)量および脂質性状(AV, POV)の測定は前報<sup>1)</sup>の方法に従った。

可溶性蛋白抽出量は普通肉を試料として、 $15.5\text{mM}-\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $3.38\text{mM}-\text{KH}_2\text{PO}_4$ を含む $0.45\text{M}-\text{KCl}$ リン酸緩衝液(PH7.3,  $1=0.5$ )で抽出されるN量をケルダール法で求めた。

加熱圧出水分量は、落し身の調整試料をONパック袋に入れて $95^{\circ}\text{C}$ で7分間煮熟し、水中で一晩冷却後、前報<sup>1)</sup>の方法に準じ測定した。すなわち、試料をろ紙(東洋ろ紙NO5B8枚)に挟み $20\text{kg}/\text{cm}^2$ 分間の加圧をし、加熱前に対する重量減少率(%)を求めた。なお、脂肪量の相違による影響を考慮して、加熱ドリップおよび測定後のろ紙を乾燥して粗脂肪量を求め、測定値を補正した。

硬さは、上記と同様に処理した加熱肉を高さ約 $1.2\text{cm}$ に切り取り、不動工業社製のレオメーター(NRM20JD)で測定し、5~7試料に対する硬さの平均値( $\theta$ )を求めた。測定条件は、直径 $13\text{mm}$ の円筒型プランジャー、 $6\text{mm}$ のクリヤランス、試料台移動速度は $30\text{cm}/\text{分}$ である。

肉色は、均一に混合した普通肉の色調を日本電色工

業社製の測色色差計 (ND101型) を用いて、直径30mmのa値 (赤色度)、b値 (黄色度) を測定した。

水分活性は磨碎肉約50gをG・Lufft社製の水分活性測定器で測定した。

### 結果および考察

#### 原料鮮度の影響

原料鮮度と製品の品質の関連を官能的にみると、解凍直後の原料による製品の肉質は色、ツヤが良く、弾力もあるが、原料の貯蔵日数の長い製品ほど組織が軟弱で身割れが多く、肉色に赤味があるもののツヤが劣り、透明感が少ない傾向がみられた。さらに焼いたものは水溶性蛋白質の流出に伴うカードの生成により肉部が白く汚れた感じになり、肉質が軟弱で食感も悪く、製品の品質が劣っていることが認められた。

水氷貯蔵中のサンマ原料と、それぞれの原料から製造した直後の開き品の成分測定結果を表1に示した。まず原料の性状を比較すると、解凍直後の原料に比べ1～5日間水氷貯蔵したものは、水分量が3.2～5.6%も増加しており、貯蔵中の吸水現象が伺われる。

鮮度指標のK値およびTMA-N量は、解凍直後のものはK値2.6%、TMA-N量0.08mg/100gで鮮度は非常に良好であったが、水氷貯蔵1日の試料ではK値が8.4%、3日貯蔵のもので12.6%、5日貯蔵では、25.6%を示し、次第に上昇し、鮮度低下していることが明白である。

TMA-N量も貯蔵日数と共に増加するが、K値に比べるとその変化は小さく品質に影響を与えるほどのものではない。ATP関連化合物の変化は主として体内酵素作用によるが、TMAの生成は細菌作用によるためATP関連化合物の変化に比べると遅く<sup>2)</sup>、また、水氷貯蔵では、生成したTMAの水氷液中への流出が考えられるため、K値に比べるとTMAの変化は小さかったものと思われる。

pHは6.24～6.29で貯蔵中の変化は少ない。

肉蛋白変性指標の0.45M-KCI可溶性蛋白-N量は、解凍直後の原料によるものは3439mg/100gで、1日貯蔵のものは3367mg/100g、3日貯蔵では2949mg/100g、5日貯蔵は2348mg/100gをそれぞれ示し、次第に減少し、貯蔵期間が長くなるほど変性が進んでいることを示している。

今回の実験では、塩化カリ溶液に溶け出す蛋白質 (塩溶性蛋白質) と水に溶ける蛋白質 (水溶性蛋白質) の総量で蛋白抽出量を示してあるが、後者の水溶性蛋白質は貯蔵中も比較的安定していて、ほぼ一定の1600mg

/100gであるため、測定値から、この値を差し引けば前者の塩溶性蛋白-N量を知ることができる。

たとえば試験開始時点の原料の塩溶性蛋白-N量は約1800mg/100gとなり、鮮度の良いマイワシ (約1400mg/100g) と比較しても鮮度レベルが高い。従って、今回の原料の蛋白変性はあまり進んでいなかったものと考えられる。

脂質性状の指標となるAV (酸価) およびPOV (過酸化価) は、解凍直後の原料によるもののAVが1.8、POVは0.7で、脂質の変敗はほとんどみられないが、5日間の水氷貯蔵中にAVは、1日後から次第に上昇するのに対し、POVは5日後に上昇した。このことは、脂肪分解酵素による加水分解を中心に原料の脂質の劣化が進行することが認められた。

一方、製品の分析結果は、原料のそれに比較して一般成分、鮮度、蛋白および脂質性状の値に製造工程中に生じたものと思われる変化がみられる。とくに目立った点は原料の鮮度低下に伴い食塩量が増加した点である。この原因は水氷貯蔵中の吸水による水分量の増加および組織の軟化、蛋白変性程度の違いなどが、食塩の浸透速度に影響したものと考えられる。食塩浸透量は魚体の大きさ、脂肪の乗り具合などによっても相違するが、このように鮮度によっても変化する。周年安定した製品を得るためには、原料性状によっても食塩濃度や漬け込み時間を調整する必要がある。

鮮度に関しては、K値は解凍直後の原料による製品で7.3%であるのに対し、水氷貯蔵1、3、5日後の原料による製品で、それぞれ11.5%、20.5%、25.9%と順次増加し、原料の鮮度低下に伴う影響が認められる。また、TMAの生成もK値と同様に原料の鮮度低下に伴い増加したが、K値に比べるとその変化は小さく、製造工程中の鮮度低下は主に自己消化酵素の作用によるものと考えられる。

可溶性蛋白-N量は、原料よりも製品段階でそれぞれ200～1055mg/100gも減少し、製造工程中の蛋白変性がかなり進行していることを示している。その主な理由は、食塩の侵入により溶出した蛋白質が塩変性を起こしたためと考えられるが、適当に塩変性の進んだ製品は焼いて試食すると、歯ごたえが良く旨く感じたので、同じ蛋白変性でも食塩処理前と後では製品の品質におよぼす影響が異なる。すなわち、食塩処理前の蛋白変性は製品の品質に対しマイナスに作用するが、食塩処理後のそれはむしろプラスに作用し、製造工程中に蛋白変性が進んでも、一概に製品の品質が低下したことにはならない。

脂質性状の指標となるAVは2.1~4.0で製造中の変化はあまりみられないが、POVは9.3~13.3に上昇し、脂質酸化は速い傾向が伺われる。

なお、貯蔵性に影響を与える水分活性は0.95~0.96であったが、今回の製品は、前報<sup>1)</sup>で述べた市販品(食塩量1.5~2.3%,水分活性0.96~0.97)に比べると、食塩量が2.7~4.1%でやや高かったため、水分活性は低い傾向を示した。

#### 製品貯蔵中の品質変化

次に、これら4種の鮮度の異なる製品をポリエチレン袋に入れ、5℃の冷蔵庫中に12日間貯蔵し、貯蔵中の品質変化を調べた。

図1にK値の変化を示す。個体による測定値のバラツキはあるが、K値は貯蔵中直線的に上昇した。脂質変敗などによる臭いなどから判断して官能的に可食限界と思われる7日目には、解凍直後原料からの製品が42.6%,水氷貯蔵1, 3, 5日の原料からの製品がそれぞれ56.0%, 52.5%, 66.0%に達し、原料鮮度の差がそのまま平行に推移した結果を示した。

図2にTMA-N量の変化を示す。TMAの変化はK値に比較して遅く、7日目まではほとんど変化が認め

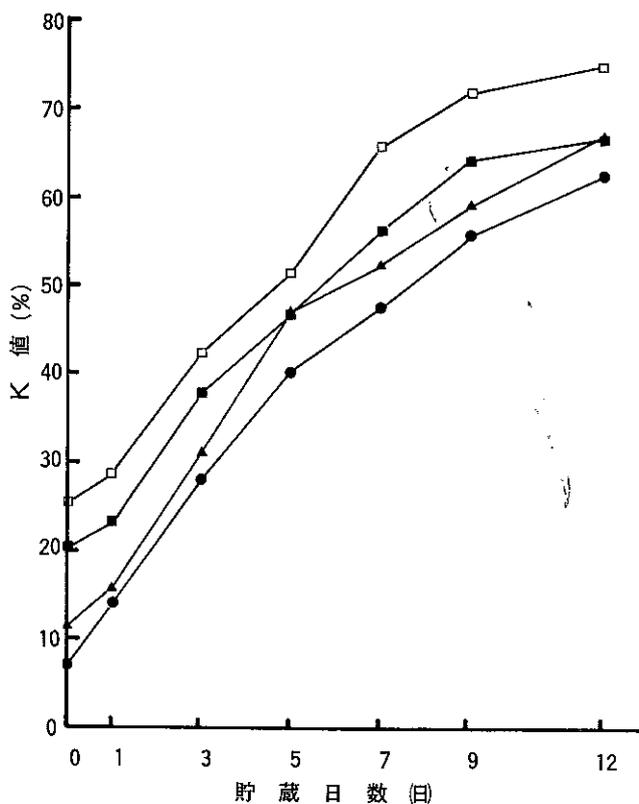


図1 K値の変化

- 解凍直後原料による製品
- ▲ 水氷貯蔵1日原料による製品
- 水氷貯蔵3日原料による製品
- 水氷貯蔵5日原料による製品

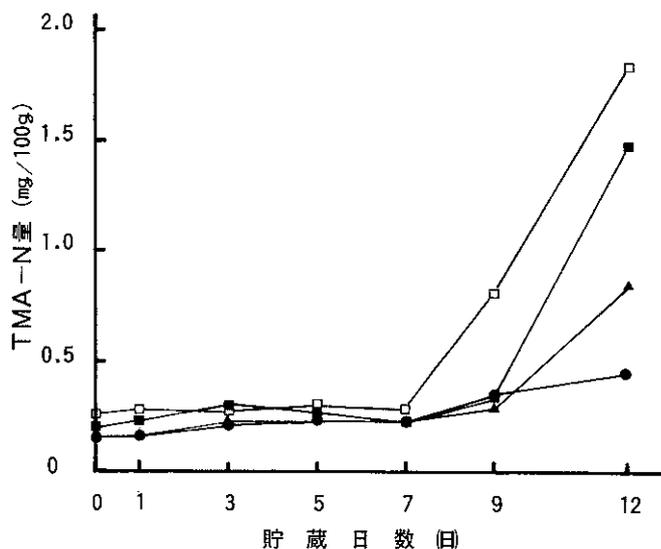


図2 TMA-N量の変化

- 解凍直後原料による製品
- ▲ 水氷貯蔵1日原料による製品
- 水氷貯蔵3日原料による製品
- 水氷貯蔵5日原料による製品

められないが、それ以降は次第に増加し、とくに鮮度低下した原料からの製品は急速に増加し、12日目には解凍直後の原料による製品では0.47mg/100gであるのに対し、水氷貯蔵1, 3, 5日の原料による製品ではそれぞれ0.85mg/100g, 1.47mg/100g, 1.85mg/100gに達した。

このように鮮度低下した原料からの製品は、製造直後でもかなりK値が高く、製品の品質が劣る結果を示した。その後の低下の速度はあまり変わらないが、TMAの結果からも判るように、当然のことながら、製品寿命が短いということになる。

次に、物性の指標として硬さの変化を図3に、加熱圧出水分量の変化を図4に示す。今回は、サンマ開き製品の物性について落し身を使用して検討したが、蛋白抽出量の多い原料からの製品は硬さ(図3)が増加し、かつ加熱圧出水分量(図4)が少ない傾向がみられる。しかも、製造直後に比較して貯蔵後の硬さは原料鮮度の良いものほど向上し、この差がさらに広がる傾向にあり、それに伴い加熱圧出水分も減少する傾向がみられる。ただし、加熱圧出水分量に関しては、表1に示したように、製品の水分量に差があった点を考慮しなければならないし、水氷貯蔵原料3日後の製品は貯蔵5日後の製品に比較して貯蔵後の測定値が高いことなどを考慮すると、鮮度低下した原料からの製品には明瞭な差が出なかったともいえる。

このように貯蔵中に硬さおよび保水性が向上するが、

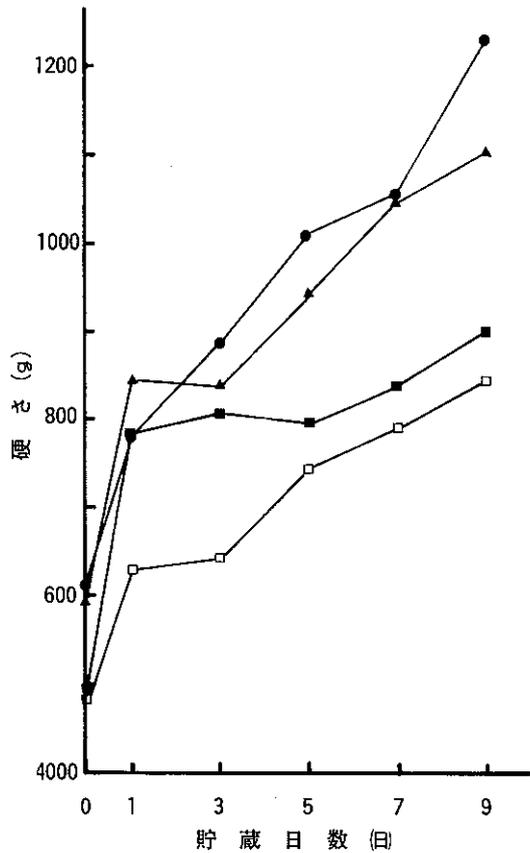


図3 硬さの変化

- 解凍直後原料による製品
- ▲ 水氷貯蔵1日原料による製品
- 水氷貯蔵3日原料による製品
- 水氷貯蔵5日原料による製品

これは、時間と共に食塩に溶解した蛋白質が塩変性（一種の坐り）を起こし、弾力性を増したため、坐りの進んだ製品は官能的にも歯ごたえが向上し、好ましい感じをうける。しかし、貯蔵中にはK値の変化からも推察されるように、味や臭いに強く関与するイノシンの分解や後で述べる脂質変敗が急速に進むため、

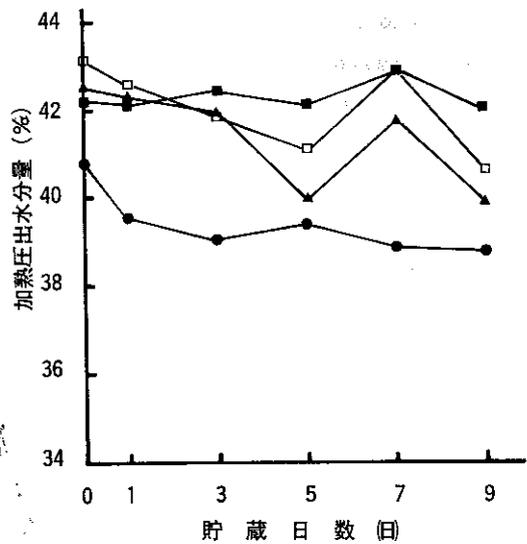


図4 加熱圧出水分量の変化

- 解凍直後原料による製品
- ▲ 水氷貯蔵1日原料による製品
- 水氷貯蔵3日原料による製品
- 水氷貯蔵5日原料による製品

これらマイナスの要因と、上記の坐りによるプラス面を考え合わせると、坐りの著しく進行する貯蔵後1日ないし2日目あたりが、最も食べ頃かと思われる。

実際に、加工場より消費地向けに出荷された製品は、翌日、市場でせりにかけられた後、小売店に陳列されるが、凍結状態であった製品も流通中に半ば解凍し、徐々に坐りが進行する。このため消費者が小売店に陳列される当日に購入し、その日あるいは次の日の食事に供するところが丁度食べ頃ということになる。

なお、貯蔵12日目の測定は製品のネットの発生のため中止した。

図5に貯蔵中の可溶性蛋白-N量の変化を示す。可溶性蛋白-N量は貯蔵中順次減少し、硬さと逆の変化

表1 原料および製品の初期性状

項目	原料				製品			
	解凍直後	水氷貯蔵1日	水氷貯蔵3日	水氷貯蔵5日	解凍直後	水氷貯蔵1日	水氷貯蔵3日	水氷貯蔵5日
水分 (%)	66.4	72.0	69.6	71.6	65.8	68.9	69.1	70.6
粗脂肪 (%)	11.4	8.3	12.6	10.4	—	—	—	—
食塩 (%)	—	—	—	—	2.7	3.8	4.1	4.0
K値 (%)	2.6	8.4	12.6	25.6	7.3	11.5	20.7	25.9
TMA-N (mg/100g)	0.08	0.08	0.12	0.21	0.17	0.21	0.21	0.26
pH	6.24	6.24	6.26	6.29	6.24	6.22	6.27	6.31
可溶性蛋白-N量 (mg/100g)	3439	3367	2949	2348	2949	2312	2363	2148
A V	1.8	3.8	3.5	6.2	2.1	2.5	4.0	3.6
P O V (neq/kg)	0.7	1.0	0.7	6.8	9.3	11.9	11.7	13.3
水分活性	—	—	—	—	0.95	0.95	0.96	0.95

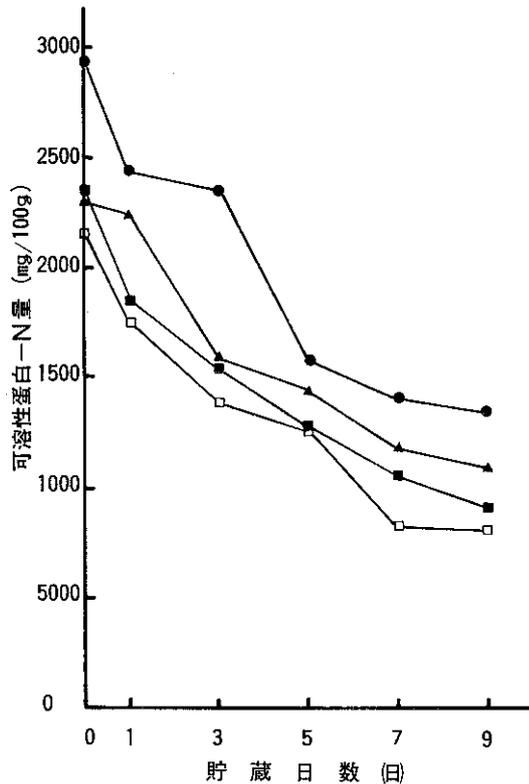


図5 可溶性蛋白-N量の変化

- 解凍直後原料による製品
- ▲ 水氷貯蔵1日原料による製品
- 水氷貯蔵3日原料による製品
- 水氷貯蔵5日原料による製品

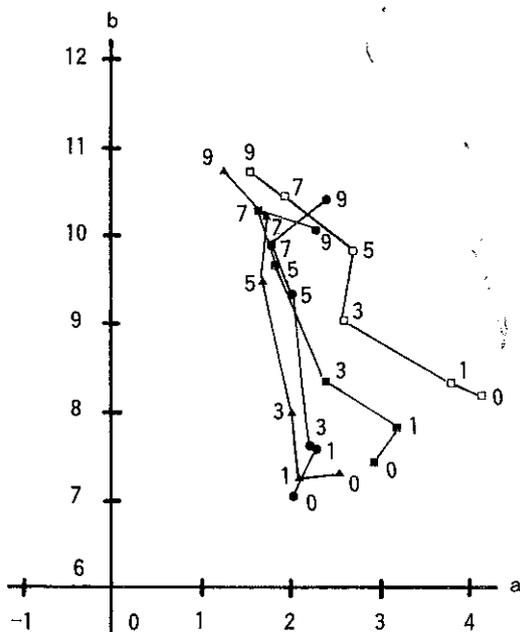


図6 肉色の変化(数値は貯蔵日数)

- 解凍直後原料による製品
- ▲ 水氷貯蔵1日原料による製品
- 水氷貯蔵3日原料による製品
- 水氷貯蔵5日原料による製品

を示した。すなわち、食塩の侵入で溶解した蛋白質が坐りを起こしたためであるが、上述したように、坐りが進み硬さが増すと歯ざわりが向上するので、この蛋白変性は原料の時点と異なり、製品の品質にプラスの作用が考えられる。

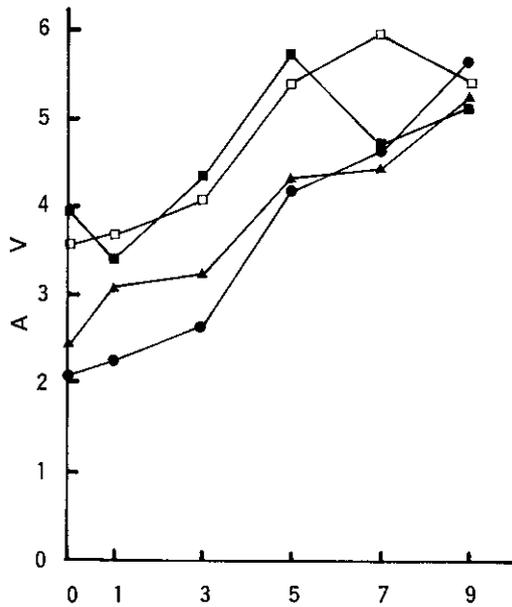
肉色の変化を図6に示す。普通肉を均一に混合し、測色色差計を用いて測定した結果で、色調の変化を彩度、色相の両面から比較するためa値、b値の変化を示す。

これによると製造直後においては、鮮度低下した原料による製品ほどa値およびb値が高く、色彩の濃い傾向がみられる。水氷貯蔵中の吸水、組織の軟化に伴う血液の拡散や、魚肉自体の還元作用による赤色素ミオグロビン、ヘモグロビンの発色などの影響が考えられるが、製品貯蔵中の肉色は、貯蔵経過に伴いそれら色素の褐変が進行すると共に脂質の酸化などの影響もあってx軸のa値が減少し、y軸のb値が増加する左上がりの曲線となり、貯蔵9日にはa値が1.2~2.4、b値が10.1~10.7の範囲に達し、鮮度の影響による差はほとんどみられなくなった。

今回は、普通肉を均一に混合して測定したが、官能的な表面色調は、原料の鮮度による差が明瞭に感じられ、製造直後の製品においては、鮮度の良いほど肉質に透明感があり、かつ光沢もあるが、鮮度低下に伴い肉質は不透明となり光沢も劣る。そして、貯蔵日数が長くなると、鮮度の良い原料からの製品でも、坐りの進行などに伴う蛋白質の性状変化により透明感がなくなり、白っぽい肉色になったが、鮮度低下した製品では自己消化により肉質の軟化が進むと共に、拡散した血液の褐変による汚れ、脂質の酸化などの影響も加わりその差はさらに広がる傾向にある。

このためサンマ開き製品の肉色の判定は、現状では測色色差計より官能判定を主に考えた方が良いように思われる。

脂質変敗指標のAVとPOV測定結果を図7、図8に示す。AVは貯蔵中9日間に2~6付近まで次第に増加したが、原料鮮度の影響はあまりみられない。POVはAVと比較的似た変化を示し、貯蔵中次第に増加したが、AVに比べると変化の度合いが大きく、製品貯蔵中の脂質変敗は酸化を中心に進行することが伺える。遊離脂肪酸の生成は、主としてリン脂質の分解から始まるために<sup>3)</sup>、リン脂質含量が相対的に少なく粗脂肪量の多いサンマ開き製品では、酵素分解より空気酸化の影響が大きいものと考えられる。しかし、いずれの製品も7日貯蔵のものでは官能的に酸敗臭が感じ



貯蔵日数(日)  
図7 AVの変化

- 解冻直後原料による製品
- ▲ 水氷貯蔵1日原料による製品
- 水氷貯蔵3日原料による製品
- 水氷貯蔵5日原料による製品

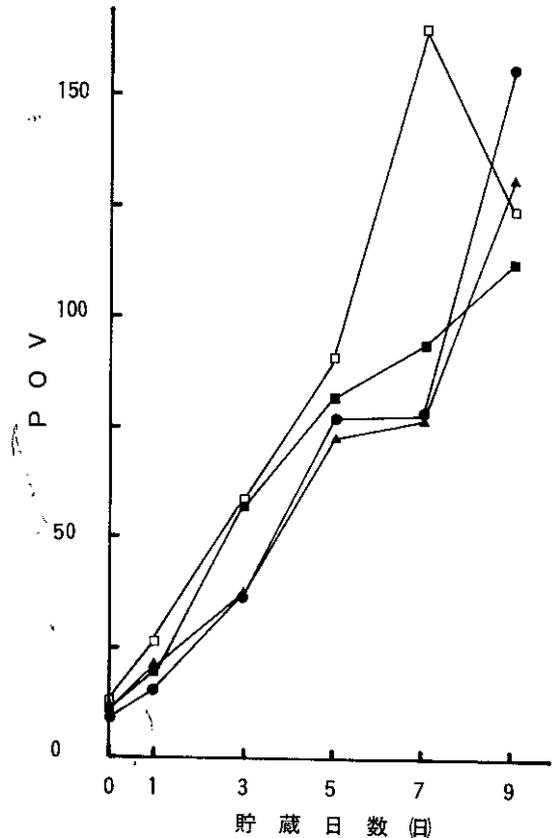
られ、たとえ5℃で貯蔵した場合でも脂質の変敗は極めて急速に進行する。

このように、サンマ開き製品の品質は原料の鮮度が大きく影響する。しかも、鮮度低下した原料からの製品は蛋白や脂質性状などから判断して、製造直後よりも貯蔵中の品質低下が速い傾向がみられる。このことは当然ながら日持ちにも影響してくる。

官能的にみると、原料の鮮度低下に伴い製品の肉質は軟化が進んで身割れが多くなり、色や光沢が劣ってくる。そして貯蔵中、蛋白分解に伴う表面のヌメリが増すと共に変色し、異臭も速く感じられるようになる。特に水氷貯蔵5日の原料からの製品では、製造直後において既に商品価値を見出せ得なかった。

今回、鮮度レベルの異なる原料を調整するのに水氷でその最長期間を5日間としたが、その理由は、原料の中には北海道沖で漁獲され実際に4、5日程度船内で水氷保存される場合が想定されるからである。

これらの製品を焼いて試食してみると、原料の水氷貯蔵期間が長くなるにつれ、蛋白質の分解によるカードの生成量が多くなり、肉質が軟弱で食感が悪く、製品の品質が劣っている傾向が認められる。これらの判定結果は、物理的指標の硬さの測定結果とも良く一致する。しかも冷蔵庫に貯蔵後、いずれの製品も坐りが進行するにつれ硬さが増すが、その度合いは原料鮮度



貯蔵日数(日)  
図8 POVの変化

- 解冻直後原料による製品
- ▲ 水氷貯蔵1日原料による製品
- 水氷貯蔵3日原料による製品
- 水氷貯蔵5日原料による製品

が高いほど向上し、さらに加熱圧出水分量も少ない傾向(図4)を示し、歯ざわり、舌ざわりなどの食感の向上とも一致する。

坐りはねり製品の弾力性を増すために使われる技術であり、その強さは蛋白の溶出量と密接な関係があることが知られているが<sup>4)</sup>、表1に示すように、水氷貯蔵期間の長いほど原料の蛋白は不溶化し、溶出量は減少している。このため、鮮度低下した原料からの製品は硬さの少ない傾向を示したものと考えられる。

しかし、サンマ開き製品では、貯蔵中坐りが進行し歯ざわり、舌ざわりなどの食感が向上する反面、同時に肉色が悪くなると共に、味や臭いに強く関与するイノシン酸の分解や脂質変敗などが進み品質が劣化するので、早い時期に消費する必要がある。

肉色の変化は、主として筋肉色素ミオグロビンのメト化によるもので、尾藤<sup>5)</sup>はブライン凍結カツオの貯蔵中の変化について、脂質の酸化と共に食塩や酸素の影響が大きいことを述べている。また、石川ら<sup>6)</sup>はマジ開き干しの貯蔵試験において、CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>充填包

装および脱O<sub>2</sub>剤封入包装は脂質の酸化，TMAの生成などを抑制し，品質保持効果の高いことをみている。これらを勘案すればサンマ開き製品の品質保持のためには，流通，保管中の温度に留意すると共に包装法，抗酸化剤などの検討も今後考慮に値しよう。

### 要 約

- 1) サンマ開き製品の品質に及ぼす原料鮮度の影響について検討した。
- 2) 鮮度を人為的に4種類設け，製品の貯蔵試験を行った。
- 3) サンマ開き製品の品質は原料の鮮度が大きく影響する。
- 4) 鮮度の低い原料からの製品は貯蔵中の品質低下が速い。
- 5) 製造工程中および貯蔵初期の鮮度低下は自己消化酸素作用の影響が大きい。
- 6) 原料鮮度の高いほど製品貯蔵中に坐りが進行し，硬さが増すと共に加熱圧出水分量が減少，それに伴い歯ごたえ，舌ざわりなどの食感が向上する。
- 7) サンマ開き製品は，イノシン酸の分解や色変，脂質変敗が速やかに進行し品質が劣化するので，坐りの著しく進行する貯蔵後1日ないし2日当たりが，最も食べ頃と判断した。
- 8) 製品貯蔵中の脂質変敗は，加水分解より酸化の影響が大きい。

### 文 献

- 1) 網仲 仁 (1986)：サンマ開き製品に関する研究—1. 実態調査について. 千水試研, 44, 71~78.
- 2) 中村邦典・石川宣次 (1983)：魚類乾製品の品質に関する研究—1. マアジ開き干しの貯蔵性におよぼす水分活性の影響. 東海水研報, 110, 69~74.
- 3) 日本水産油脂協会 (1985)：日本海系群マイワシの脂質成分調査.
- 4) 岡田 稔・横関源延・衣巻豊浦 (1974)：魚肉ねり製品. 理論と応用, 恒星社厚生閣.
- 5) 尾藤方通 (1974)：マグロ・カツオの凍結による品質上の問題点. 冷凍, 49, 72~83.
- 6) 石川宣次・中村邦典・藤井建夫 (1983)：水産加工食品のガス置換包装—1. マアジ開き干しの貯蔵効果. 東海水研報, 110, 59~68.