

冷凍サバの物性におよぼす品温および脂肪含有率の影響

松原 久      竹内 萌      高橋 匡      小坂善信  
工藤謙一      鈴木 徹

別 刷

日本冷凍空調学会論文集

Vol.32, No. 1 (2015)

pp. 51-55

## 冷凍サバの物性に及ぼす品温および脂肪含有率の影響

松原 久\*† 竹内 萌\* 高橋 匡\*\* 小坂 善信\*  
工藤 謙一\*\* 鈴木 徹\*\*\*

\* 地方独立行政法人青森県産業技術センター食品総合研究所 (031-0831 青森県八戸市築港街 2-10)

\*\* 地方独立行政法人青森県産業技術センター弘前地域研究所 (036-8363 青森県弘前市大字袋町 80)

\*\*\* 東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科食品生産科学部門 (108-8477 東京都港区港南 4-5-7)

## 要約

ラウンド冷凍サバの品質を維持しつつフィレーにできる最低品温を明らかにするため、冷凍サバの力学的物性に及ぼす品温と脂肪含有率の影響について検討した。

その結果、冷凍サバの侵入応力が、品温、脂肪含有率の低下に伴い高まること、 $-30^{\circ}\text{C}$ と $-40^{\circ}\text{C}$ の間に侵入応力の変化点があること、脂肪含有率はその侵入応力を抑制する事を明らかにした。

キーワード: 冷凍 固化 力学的物性, 脂肪含有率, サバ, 品温

## 1. 緒言

一定の海域で認定された期間に漁獲され、青森県八戸港に水揚げされるサバは「八戸前沖さば」ブランドとして取り扱われる。これらの内、高鮮度なものは急速凍結、超低温保管、低温解凍などの高度冷凍技術で処理することにより、生食用、あるいは高品質な調理素材として供給できることが明らかになった<sup>1,2)</sup>。

一方、高鮮度状態での凍結は未処理のラウンドがベストであるが、消費前にはフィレーになっていることが望ましい。ラウンドからフィレーに加工する際、高品質を維持するためには冷凍状態での処理が有効である。しかし、冷凍サバを加工する際、超低温状態では硬くて包丁による切削が困難である。通常半解凍状態で加工処理が行なわれ、加工後再度、深温凍結が行なわれてきた。この過程における品温上昇は冷凍サバの品質低下を招く恐れが考えられる。従って、できるだけ低温で加工処理を施すことが推奨される。しかし、これまで冷凍サバの力学物性は十分な科学的検討が行われてこなかった。本研究では青森県八戸産サバを用いてその力学物性に及ぼす品温および脂肪含有率の影響について検討した。

## 2. 方法

## 2.1 試料

平成 25 年 11 月に八戸前沖で漁獲後、水氷で冷却して八戸港に水揚げされ、速やかに当研究所に運搬した 456~771 g の鮮度良好なゴマサバ *Scomber australasicus* 5 尾を使用した。サバはサンテツ技研社製急速ブライン凍結装置 RBF-120 で  $-30^{\circ}\text{C}$  エタノール(59.27%)ブライン凍結し、真空包装して当所の  $-50^{\circ}\text{C}$  凍結庫で 2 ヶ月保管後供試した。

## 2.2 前処理

前述凍結保管試料を凍結庫より取り出し、室温 ( $20^{\circ}\text{C}$ ) 下 10 min の内に、全長、体長、体重を測定した後、バンドソーでフィレーとし、頭部側から 6 cm 幅で 3 肉片とした。フィレーは長尺 25 cm 程度であったことから、尾部 5~6 cm は使用しなかった。1 尾からフィレー 2 枚採取できるため、肉片は 6 個となった。6 肉片はそれぞれ真空包装して  $-10^{\circ}\text{C}$ 、 $-20^{\circ}\text{C}$ 、 $-30^{\circ}\text{C}$ 、 $-40^{\circ}\text{C}$ 、 $-60^{\circ}\text{C}$ 、 $-80^{\circ}\text{C}$  で 2 日間保管した。また、個体毎に頭部から尾部に向かって設定温度毎に部位をずらし、温度区分による個体および部位の偏りを避けた。 $-10^{\circ}\text{C}$  は SANYO 社製 MIR-154 温度変動幅  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、 $-20^{\circ}\text{C}$  は SANYO 社製 MDF-237 温度変動幅  $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 、 $-30^{\circ}\text{C}$  は SANYO

†Fax: +81 178-33-0321 E-mail: hisashi\_matsubara@aomori-itc.or.jp

日本冷凍空調学会年次大会, September 10-13, 2014, Saga, Japan

### 3.3 脂肪含有率

測定部位の脂肪含有率を Table 2 に示した。最も脂肪含有率が低かった肉片は個体 No.4 の  $-10^{\circ}\text{C}$  区の 6.1% であり、脂肪含有率が高かった肉片は個体 No.2 の  $-30^{\circ}\text{C}$  区の 21.6% であった。同一個体でも脂肪含有率は肉片によって多少の差異はみられたが、個体差の方が大きかった。最も脂肪含有率が高い個体は No.2、最も脂肪含有率が低い個体は No.4 であった。

Table 2 Fat content of samples on some temperatures from 5 fishes

Sample	$-10^{\circ}\text{C}$	$-20^{\circ}\text{C}$	$-30^{\circ}\text{C}$	$-40^{\circ}\text{C}$	$-60^{\circ}\text{C}$	$-80^{\circ}\text{C}$
No.1	10.4	12.4	10.9	11.5	12.2	10.0
No.2	18.0	19.6	21.6	18.7	18.9	18.5
No.3	15.8	15.2	14.8	15.0	13.2	12.6
No.4	6.1	8.2	8.1	7.8	7.9	9.1
No.5	14.8	17.4	14.1	14.1	13.1	13.6

### 3.4 侵入応力 15 N までの平均侵入応力率

限界点で破断が生じるかまぼこのような物性測定と異なり、冷凍魚肉では破断がみられなかった。そこで、侵入応力 15 N に達した時点の侵入距離で 15 N を除した値を各肉片の見かけ強度とした。すなわち見かけ強度は 1 mm 侵入するために必要な平均侵入応力率 (Ratio of Penetration Stress 以後 R.P.S. と呼ぶ) ( $\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$ ) である。

侵入距離 1 mm 以下で小さなスパイク (第 1 破断) がみられたが、侵入距離 1 mm 以下でみられたこと、その後上昇する侵入応力より低いこと等からこのスパイクは無視した。これらのスパイクは表皮を針状治具が破断する際のスパイクと考えられた。

侵入応力が 15 N に達するまでの R.P.S. と脂肪含有率の関係を品温別に Fig. 2 に示した。

侵入応力率と脂肪含有率の間には相関が認められた。 $-10^{\circ}\text{C}$ ~ $-30^{\circ}\text{C}$  では R.P.S. に及ぼす脂肪含有率の影響が小さかったが  $-40^{\circ}\text{C}$  以下では、脂肪含有率の影響が強く反映される傾向が見られた。

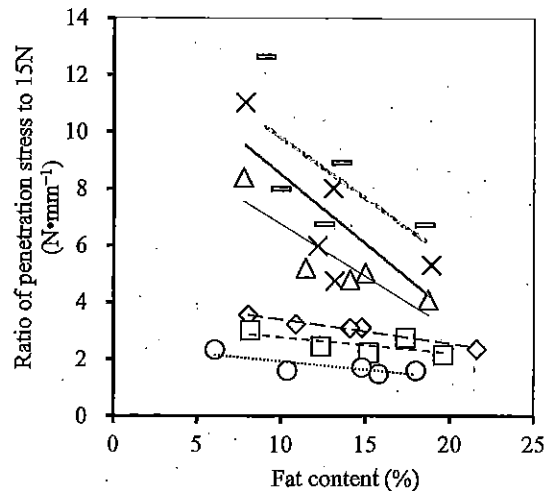


Fig. 2 Effect of temperature and Fat content on ratio of penetration stress to 15 N

$-10^{\circ}\text{C}$ :  $\circ$ ,  $-----$ ;  $y = -0.0584x + 2.50$   $r = 0.807$

$-20^{\circ}\text{C}$ :  $\square$ ,  $---$ ;  $y = -0.0564x + 3.34$   $r = 0.692$

$-30^{\circ}\text{C}$ :  $\diamond$ ,  $---$ ;  $y = -0.0854x + 4.25$   $r = 0.983$

$-40^{\circ}\text{C}$ :  $\triangle$ ,  $---$ ;  $y = -0.369x + 10.4$   $r = 0.896$

$-60^{\circ}\text{C}$ :  $\times$ ,  $---$ ;  $y = -0.489x + 13.4$   $r = 0.748$

$-80^{\circ}\text{C}$ :  $=$ ,  $---$ ;  $y = -0.427x + 14.0$   $r = 0.648$

特に、その温度変化は  $-30^{\circ}\text{C}$  と  $-40^{\circ}\text{C}$  との間で急激な変化を示した。Figure 2 の結果から、それぞれの温度における侵入応力率を脂肪含有率の関数として近似直線を求めた。

これらの直線から一定脂肪含有率の場合の R.P.S. を求め、R.P.S. に及ぼす品温の影響を再整理し、Fig. 3 に示した。

脂肪含有率に関わらず、品温の低下に従って R.P.S. は高まる傾向がみられた。また、品温によってその変化率は異なるものの脂肪含有率の低下に応じて R.P.S. は高まる傾向がみられた。脂肪含有率が 20% の場合、温度の低下につれて R.P.S. は直線的な漸増にとどまった。脂肪含有率が 15% の場合  $-30^{\circ}\text{C}$  と  $-40^{\circ}\text{C}$  との間で R.P.S. が大きく変化し、 $-40^{\circ}\text{C}$  以下では  $-10^{\circ}\text{C}$ ~ $-30^{\circ}\text{C}$  と同程度の割合で増加した。

この傾向は 10%、5% といった脂肪含有率が低い魚肉ほど  $-30^{\circ}\text{C}$ ~ $-40^{\circ}\text{C}$  間の変化は大きくなる傾向がみられた。これは、本来、魚肉蛋白部のマイナス温度域での硬化は著しく、脂肪の少ない魚肉は凍結に伴い非常に強固な固体に変化する。そこに共存する脂肪は、固化しても硬化の程度を低くし、 $-40^{\circ}\text{C}$  以下での魚肉の全体と

社製 MDF-U339 温度変動幅 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ,  $-40^{\circ}\text{C}$  は NIHON FREEZER 社製 SF-53U 温度変動幅 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ ,  $-60^{\circ}\text{C}$  は SANYO 社製 MDF-594 温度変動幅 $\pm 3.2^{\circ}\text{C}$ ,  $-80^{\circ}\text{C}$  は REVCO 社製 790-3JA を使用し, デフロストは行わなかった。

### 2.3 力学的物性測定

力学物性は Stable Micro System 社製 T.A.XT.plus Texture Analyser (以下, T.A.)を用い, 2mm Needle Stainless Part Cord. P/2N Batch No. 12986 を使用し, 侵入速度  $1\text{ mm}\cdot\text{sec}^{-1}$  による突き刺し試験を行った。

測定部位は背側の肉厚部を選び, 1 検体あたり 6 カ所測定した。なお測定は昇温を避けるため出庫後速やかに実施した。品温は測定していないが各設定温度の保管庫から出庫後, 速やかに測定し, 温度変化を回避したことから, ここでは便宜上保管庫の設定温度を品温として取り扱う。

### 2.4 脂肪含有率の分析

物性測定に供した背肉部を荒切りし, 安井器械株式会社製マルチビーズショッカーで粉碎, 均一化して, ソックスレー法に準拠した VELPE.SIENTIFICA 社製 Solvent Extractor でジエチルエーテル抽出し, 脂肪含有率を測定した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 試料サイズ

供試したゴマサバ5尾のサイズを Table 1 に示した。脂肪含有率の影響を考慮して全長 340 ~ 440 mm, 体長 305 ~ 380 mm, 体重 456 ~ 771 g と広範囲なサイズの試料を選択した。

Table 1 Size of mackerel samples

Sample No.	Total length (mm)	Standard length (mm)	Weight (g)
1	340	305	456
2	360	310	498
3	355	305	473
4	440	380	771
5	400	345	632

### 3.2 力学的物性

1 尾のサバから採取した 6 個の肉片を  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $-30^{\circ}\text{C}$ ,  $-40^{\circ}\text{C}$ ,  $-60^{\circ}\text{C}$ ,  $-80^{\circ}\text{C}$  の品温区

分に配分し, 侵入距離と侵入応力の関係曲線を Fig.1 に示した。

同じ温度区分の 5 本の侵入応力曲線はばらつきがみられたが,  $-10^{\circ}\text{C}$  の侵入応力の勾配が最も小さく, 温度が低くなるにつれて, 侵入応力の勾配が急激になる傾向が見られ, プローブがテーブルに達しても試料は破断しなかった。この試験は 1 検体あたり 6 回行い, 同じ侵入距離あたりの侵入応力の平均値を算出した。その際, 上下突出したデータは除外した。サバは 5 尾使用したことから, 温度毎の侵入応力曲線はそれぞれ 5 本得られた。

いずれの侵入応力曲線も侵入距離 1 mm 以下で第 1 スパイクがみられた後低下し, その後侵入距離が大きくなるにつれて, 侵入応力は 20 N 付近まで高まった。20 N 付近で終えたのは, 治具の強度を配慮して, T.A. の最大値を 20 N に設定したためである。

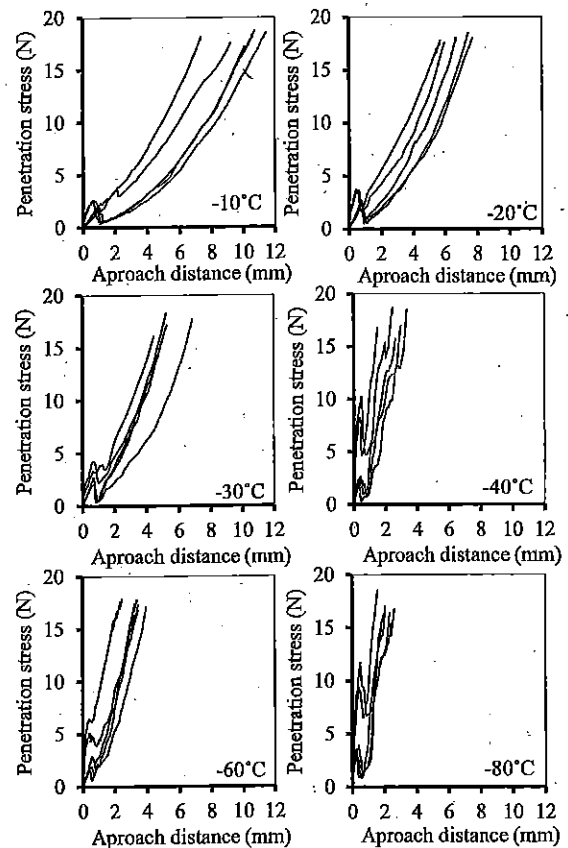


Fig. 1 Penetration stress and length into frozen mackerel meat on sticking test on different temperatures.

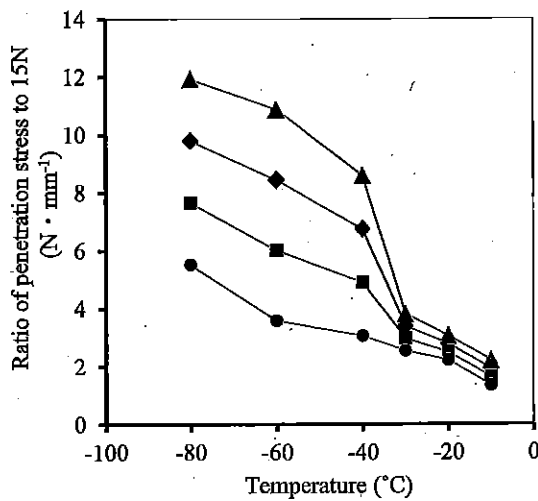


Fig. 3 Effect of temperature and crude fat on ratio of penetration stress to 15 N

Crude fat 5%:▲, 10%:◆, 15%:■, 20%:●

しての硬化を抑制しているものと考えられる。

### 3.5 第1破断の応力および距離に及ぶ品温等の影響

侵入距離 1mm 以下でみられた第1破断は、表皮の影響と推定した。この第1破断の応力および侵入距離は品温、脂肪含有率と相関がみられず、これらの影響を特に受けるものではないものと推定した。

## 4. まとめ

冷凍サバの力学的物性におよぼす品温と脂肪含有率の影響について研究した。冷凍サバは加工食品の原料として利用される。その場合、冷凍サバは半解凍状態で処理するのが通常である。

一方、高鮮度なサバを急速凍結、超低温保管、低温解凍などの高度冷凍技術で処理すると、刺身にできる良好な品質のサバを提供できる<sup>1,2)</sup>。

高鮮度状態での凍結は未処理のラウンドが好都合であるが、調理時にはフィレーになっていることが望ましい。

冷凍状態でフィレー加工することを目的に我々は R.P.S.により冷凍サバの力学的物性におよぼす品温と脂肪含有率の影響を試験した。その結果、品温、脂肪含有率が低下するにつれて R.P.S.は高まった。また、R.P.S.の飛躍点が $-30^{\circ}\text{C}$

と $-40^{\circ}\text{C}$ の間にあった。そして脂肪含有率はこの飛躍幅を抑制した。

以上のことから、冷凍サバの力学的物性は品温ばかりでなく脂肪含有率の影響を受けることが明らかになった。すなわち、脂肪含有率 20%程度の場合は品温低下と力学的物性硬化がほぼ緩やかな直線関係にあったが、脂肪含有率が低下するにつれて $-40^{\circ}\text{C}$ 以下で飛躍的に硬くなる傾向が見られた。従って、脂肪含有率が不明な場合に比較的低い力学的物性の得られる最低品温は $-30^{\circ}\text{C}$ 程度と考えられた。

## 謝 辞

本研究は海洋生態系研究開発拠点機能形成事業費補助金東北マリンサイエンス拠点形成事業(新たな産業の創成につながる技術開発)「高度冷凍技術を用いた東北地区水産資源の高付加価値化推進」の一部として実施した。

## References

- 1) Matsubara, H. Kimura, G. Takeuchi, M. Takahashi, T. and Kudou, K., Effect of the treatment for freshness of the fresh frozen mackerel which was frozen on ships or on lands, Proc. of 2013 JSRAE Annual Conference, pp. 243-246. (in Japanese)
- 2) Takeuchi, M. Kimura, G. Takahashi, T. Matsubara, H. and Kudou, K., Effects of the thawing condition for high fresh frozen mackerel made on ship, Proc. of 2013 JSRAE Annual Conference, pp. 237-240. (in Japanese)

**Effect of the Temperature and Fat Content on Texture of Frozen Mackerel**

Hisashi MATSUBARA \*†  
Yoshinobu KOSAKA \*

Megumi TAKEUCHI \*  
Ken-ichi KUDOH \*\*

Tadashi TAKAHASHI \*\*  
Toru SUZUKI \*\*\*

\* Food Research Institute, Aomori Prefectural Industrial Technology Research Center  
(2-10 Chikkougai, Hachinohe, Aomori, 031-0831)

\*\* Hirosaki Industrial Research Institute, Aomori Prefectural Industrial Technology Research Center  
(80 Hukuromachi, Hirosaki, Aomori, 036-8363)

\*\*\*Tokyo University of Marine Science and Technology (4-5-7 Kounan Minato-ku, Tokyo, 108-8477)

**Summary**

In order to clarify the minimum temperature made a fillet, maintaining the quality of frozen round mackerel, we studied on temperature and fat content that effected on the physical quality of frozen mackerel.

We showed that the penetration stress to frozen mackerel increased with decline in temperature, the changing point of penetration stress existed between -30°C and -40°C, and fat content controlled penetration stress.

**Keywords:** Refrigeration, Solidification, Texture, Fat content, Mackerel, Temperature