魚肉肉糊のゲル形成特性に見られる魚種特異性^{*1}

志 水 寛・町 田 律・竹 並 誠 一

(1980 年 9 月 10 日受理)

Species Variations in the Gel-forming Characteristics of Fish Meat Paste

Yutaka SHIMIZU^{*2}, Ritsu MACHIDA^{*2}, and Sei-ichi TAKENAMI^{*2}

The temperature-gelation curves of meat paste (82% moisture, 3% NaCl, pH 6.8) were made for 49 species of fish including 4 species of fresh water fish and 4 species of cartilaginous fish, and 1 species each of squid, prawn, chicken and rabbit respectively. It became clear by analyzing the patterns of the curves that two reactions are contained in the gel-forming process of fish meat paste; one is a structure-setting reaction proceeding at temperatures below 50°C, promoted especially at 30°C-40°C, and the other is a structure-disintegration reaction occurring at temperatures between 50°C and 70°C, optimum at 60°C. The former reaction was considered to be responsible for the so called "suwari" phenomenon and the latter reaction to the phenomenon known by the name of "modori". Because of wide variations in the rate of both reactions with species, patterns of the gelation curve were highly characteristic with species. By the structure-setting and disintegrating properties of meat paste, 52 species examined except for prawn, which was utterly lacking in the gel-forming ability, were divided into the four following groups; 1) difficult-setting and difficult-disintegrating group, in which sharks, needlefish and marlin were included together with chicken and rabbit, 2) difficult-setting and easy-disintegrating group, to which the greater part of the red-meat fish other than sardines belonged, 3) easy-setting and easy-disintegrating group, in which sardines, croaker and cold-water fish such as Alaska pollack and icefish were included, and 4) easy-setting and difficult-disintegrating group, in which flying fish, barracuda and grub fish were the typical species.

魚肉のかまぼこ形成能力が魚種によつて異なるという事は、ねり製品製造上はもちろんのこと比較生化学的にも興味深い問題である。しかし、これについての科学的調査はこれまで数例¹⁻³⁾あるのみで、あまり進んでいない。肉糊のゲル形成能力は軟骨魚よりも硬骨魚、淡水魚よりも海産魚、赤身の魚よりも白身の魚の方が強いというのが従来の経験的評価であるが、そのような評価が果たしてそれぞれの魚に固有の肉の性質を示しているかどうかを明らかにするためには、同じ死後経歴の魚について比較してみる必要がある。

また、肉糊がかまぼこゲルになるまでにはゲル構造の劣化が起こる 60°C 付近のいわゆる「戻り」の温度帯⁴⁾を通過しなければならない。したがって、魚のゲル形成能力を厳密に比較しようとする場合には単に最後に出来るかまぼこゲルの強さを測るだけでなく、加熱過程でのゲルの物性の変化を追跡してみる必要がある。

以上のような観点から、本研究は魚類 49 種に甲殻類、

軟体類、鳥類、哺乳類各 1 種を加えた 53 種について、一定の条件で調製した肉糊の温度-ゲル強度曲線を求め、それぞれの魚種に固有のゲル形成特性を明らかにすると共に、その異同を論じたものである。

実 験 方 法

供試魚 海産硬骨魚 41 種、軟骨魚 4 種、淡水魚 4 種にエビ、イカ、ニワトリ、ウサギを加え、合計 53 種を供試した。このうちスケトウタラは冷凍すり身(工船 SA 級)、ホキ、コオリカマス、ワニグチコオリウオは南氷洋で漁獲された冷凍魚、ホンガジ、スイメガジは北海道沿岸で漁獲後氷蔵して高知まで空輸されたもので解凍後のもの、またキハダ、クロカワカジキ、カツオは高知中央卸売市場で入手したもので死後経歴不詳のものであるが、それ以外の魚類、イカ、エビはすべて土佐湾沿岸及び高知県内河川で当日漁獲された硬直初期のものであつた。なお、クロマグロとスマは全長約 30 cm の小

^{*1} 魚肉タンパク質の原料学的特性に関する研究—VIII. 研究費の一部は昭和 53 年度文部省科学研究費補助金(総合 A-336017)によつた。

^{*2} 高知大学農学部水産利用学研究室 (Laboratory of Fisheries Post-harvest Technology, Faculty of Agriculture, Kochi University, Monobe, Nankoku-shi 783, Japan).

Table 1. Moisture content and pH values of fish meat used for preparing meat paste

Species	Moisture, %	pH	Date for preparation
1. Dogfish シロザメ, <i>Mustelus griseus</i>	79.7	5.85	Jul. 27
2. Spotted shark ホシザメ, <i>Mustelus manazo</i>	79.6	5.90	Oct. 22
3. Sharp-nosed shark ヒラガシラ, <i>Scolidon walbaemi</i>	77.0	5.90	Jun. 5
4. Pacific needlefish ダツ, <i>Strongylura anastomella</i>	74.6	5.74	Nov. 25
5. Rabbit ウサギ, <i>Oryctolagus cuniculus</i>	77.6	5.99	Jun. 22
6. Chicken ニワトリ, <i>Gallus gallus</i>	77.3	5.82	Sep. 18
7. Cuttlefish コウイカ, <i>Sepia esculenta</i>	81.8	6.72	Sep. 13
8. Black marlin クロカワカジキ, <i>Makaira mazara</i>	75.3	6.57	May 26
9. Carp コイ, <i>Cyprinus Carpio</i>	81.4	6.26	Dec. 16
10. Puffer サバフグ, <i>Lagocephalus lunaris</i>	79.8	5.88	Sep. 1
11. Grey mullet ボラ, <i>Mugil Cephalus</i>	79.6	6.02	Dec. 15
12. Snakehead カムルチー, <i>Channa argus</i>	78.8	5.92	Feb. 23
13. Striped therapon コトヒキ, <i>Therapon jarbua</i>	78.9	6.01	Jun. 30
14. Dolphin fish シイラ, <i>Coryphaena hippurus</i>	78.8	5.57	Jul. 3
15. Sharp-toothed eel ハモ, <i>Muraenesox cinereus</i>	73.1	6.20	May 25
16. Flathead クモゴチ, <i>Kumococius detrusus</i>	80.1	6.34	Sep. 1
17. Porgy マダイ, <i>Pagrus major</i>	79.2	6.16	Aug. 2
18. Saury pike サンマ, <i>Cololakis saira</i>	75.6	6.18	Mar. 10
19. Hobo gurnard ホウボウ, <i>Chelidonichthys spinosus</i>	77.3	6.06	Nov. 17
20. Yellowfin tuna キハダ, <i>Thunnus albacares</i>	74.3	5.90	Jun. 10
21. Catalufa キントキダイ, <i>Priacanthus macracanthus</i>	80.6	6.10	Nov. 17
22. Tilapia ティラピア, <i>Tilapia nilotica</i>	78.0	5.98	Feb. 10
23. Little tunny スマ, <i>Enthynnus affinis</i>	74.5	5.68	Jul. 14
24. Bonito カツオ, <i>Katsuwonus pelamis</i>	74.9	5.54	Jun. 26
25. Frigate mackerel マルソウダ, <i>Auxis rochei</i>	73.1	5.83	Dec. 7
26. Frigate mackerel ヒラソウダ, <i>Auxis thazard</i>	73.6	6.59	Dec. 13
27. Bluefin tuna クロマダラ, <i>Thunnus thynnus</i>	75.2	5.72	Jul. 26
28. Common mackerel マサバ, <i>Scomber japonicus</i>	76.8	5.94	Apr. 25
29. Spanish mackerel サワラ, <i>Selar crumenophthalmus</i>	75.3	6.25	Dec. 21
30. Crucian carp フナ, <i>Carassius carassius</i>	81.9	6.66	Dec. 18
31. Oval filefish ウマヅラハギ, <i>Navodon modestus</i>	84.0	6.52	Sep. 8
32. Nemipterid キイトヨリ, <i>Nemipterus bathybius</i>	80.2	6.74	Sep. 4
33. Stingray アカエイ, <i>Dasyatis akajei</i>	78.4	6.12	Jul. 28
34. Pricklebacks ホンガジ, <i>Stichaeus nozawai</i>	80.6	6.85	Jun. 22
35. Pricklebacks ヌイメガジ, <i>Lumpennus fowleri</i>	82.2	6.40	Jun. 22
36. Nibe croaker ニベ, <i>Nibea mitsukurii</i>	80.2	6.26	May 13
37. Round herring ウルメイワシ, <i>Etrumeus micropus</i>	79.0	6.07	Sep. 17
38. Sardine マイワシ, <i>Sardinops melanosticta</i>	80.5	5.90	Jun. 3
39. Alaska pollack スケトウダラ, <i>Theragra chalcogramma</i>	77.4	7.31	Jun. 26
40. Crocodile icefish ワニグチコオリウオ, <i>Chaenichthys rhinoceratus</i>	81.0	6.28	Jul. 7
41. Kori-kamasu コオリカマス, <i>Champsocephalus gunnari</i>	82.4	6.81	Jul. 7
42. Rattail ホキ, <i>Macruronus noaezelandidae</i>	82.0	6.73	Jul. 20
43. Left-eyed flounder ガンゾウヒラメ, <i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>	79.6	6.29	Sep. 16
44. Anglerfish アンコウ, <i>Lophiomus setigerus</i>	83.6	6.06	Jan. 13
45. Cutlass fish タチウオ, <i>Trichiurus lepturus</i>	80.6	6.15	Jun. 23
46. Filefish ウスバハギ, <i>Aluterus monoceros</i>	82.0	6.22	Oct. 12
47. Yellow mackerel メアジ, <i>Selar crumenophthalmus</i>	73.7	5.99	Oct. 28
48. Lizardfish マエソ, <i>Saurida undosquamis</i>	79.6	6.12	Oct. 23
49. Horse mackerel マアジ, <i>Trachurus japonicus</i>	76.8	6.18	Jul. 9
50. Japanese barracuda アカカマス, <i>Sphyræna pinguis</i>	78.4	6.59	Dec. 11
51. Flying fish トビウオ, <i>Gypselurus opisthopus</i>	78.5	6.22	Jun. 16
52. Grub fish クラカゲトラギス, <i>Paraperis sexfasciata</i>	79.9	6.47	Sep. 1
53. Prawn トサエビ, <i>Metapenaeus intermedius</i>	79.6	6.99	Oct. 19

型魚であつた。ニワトリとウサギは前日屠殺されたものを氷蔵して用いた。採肉時の pH と水分含量を Table 1 に示す。

肉糊の調製 普通肉（ニワトリ、ウサギについては白肉）をまず 5 mm 目、次いで 1 mm 目の肉挽機にかけて挽肉とし、その水分が 82.0%，pH が 6.7～6.9 になるように 3 N NaOH と冷水を加え、その全量（約 500 g）に対して 3% の食塩を添加し、石川式 20 号擂潰機で 30 分間擂潰して肉糊とした。

すり上つた肉糊はステンレス製円筒（直径 3.1 cm，高さ 3.0 cm）に詰め、調理用ラップで包んで密封してから所定の温度（30～90°C，10°C 間隔）の恒温槽の中で 20 分間及び 2 時間が熟してゲル化させた。加熱し終つたゲルは直ちに氷水中で急冷してから室温に戻して強度試験に供した。

ゲルの強度試験 引張り試験によつてゲル強度を求めると共に、Fig. 2 に示した標準によつて噛切り試験と折曲げ試験を行ない、足の強さを評価した。引張り試験は、試料を厚さ 5 mm にスライスしてから Fig. 1 のようなリング状の試片を打ち抜き、これを志水式引張り試験器（田葉井製作所製を用いて 0.3 cm/sec で引き伸ばして破断させて行つた。正常な試片 3 枚について引張り強度 S (g/cm²) と破断伸び e ($\Delta l/l_0$ %) を測り、その平均値からゲル強度 $S \cdot e$ (g/cm²) を求めた。

結果及び考察

肉糊のゲル化パターン 供試 53 種の 20 分及び 2 時間加熱時の温度-ゲル強度曲線を Fig. 2 に示した。そのパターンは種類によつてそれぞれ異なつており、極めて多様である。しかし、ゲル化が温度と時間につれて進行するのは約 50°C までの温度域であつて、60°C 付近でゲル化は一応完了し、それ以上加熱してもゲルは最早や強くならないという点は、坐りを起こさないトサエビと 50°C 付近で特異的に戻りやすいスマを除く全種類に共通している。

そのゲル化パターンの多様性は、結局 30～40°C 領域における肉糊のゲル化速度（坐りやすさ）の違いに加えて、50～70°C 域におけるゲル劣化速度（戻りやすさ）の著しい種特異性に起因しているのである。いま坐りと戻りの難易によつてこれらのパターンを分類してみると、畜肉、サメ類、ダツ、クロカワ等が属する坐りにくく戻りにくいタイプ（No. 1～11）、マサバを典型とする坐りにくく戻りやすいタイプ（No. 12～30）、イワシ、ニベを典型とする坐りやすく戻りやすいタイプ（No. 31～47）、トビウオ、トラギスを代表種とする坐りやすく戻りにくいタイプ（No. 48～52）、及びトサエビのように坐

Fig. 1. Test piece used for tensile test.

らないタイプに分かれる。

坐りやすさ 魚種による肉糊の坐りやすさを比較するための目安として坐りの完結温度と見られる 60°C（戻りやすい魚については 50°C）20 分間加熱ゲルと 30°C あるいは 40°C，2 時間加熱ゲルのゲル強度の比（以下坐り指数）を用いることとし、供試 53 種についてその値を求め Table 2 に示した。

30°C 20 分間の加熱で既に 50°C 20 分間加熱ゲルよりも強いゲルを作るコウリウオやスケトウダラから、30°C 2 時間加熱後まだ糊状のままのサメ類やトリ、ウサギまで、種類による坐りやすさの違いは大きい。Table 2 の結果で注目されるのは次の諸点である。

- (1) ニワトリ、ウサギ等温血動物に較べると魚類は概して坐りやすい。
- (2) ティラピア、カジキ、マグロ、カツオのように体温の高い魚種は坐りにくく、スケトウダラやコオリカマス、ホキのような冷水性の魚は坐りやすいように見える。
- (3) イワシ類は極めて坐りやすく極端な例外となつてはいるが、それを除く赤身の魚は押しなべて坐りにくい（キハダ、マサバ、サンマ、カツオ、ヒラソウダ、マルソウダ、クロマグロ）。
- (4) サメ類は硬骨魚に較べて著しく坐りにくい。しかし、エイ（アカエイ）は軟骨魚ではあるが坐りやすいグループに属している。
- (5) 淡水魚（ティラピア、カムルチー、フナ、コイ）は概して坐りにくいようである。

岡田の分類²⁾によると、マイワシ、ウルメイワシ、エソ、トビウオ、カマス、タチウオ、アジ、ムロアジ、ハゼ、アオメガレイ、スケトウダラ、サバは“坐りやすい”グループに、オキギス、スズキ、イシモチ、キグチ、ギンフグ、キチジ、ヒラメ、イシガレイ、タラ、メバル、カツオ、ブリは“普通”のグループに、またニギス、ハモ、コイ、ニベ、サンマ、キハダ、ソウダガツオ、シイラ、クロカワ、ヨシキリザメ、アブラザメ、カエルザメ、スルメイカを“坐りにくい”グループに入れ

* l_0 試片の伸長部分の元の長さ，cm； Δl 伸び，cm。

Fig. 2. Temperature-gelation curves of meat paste.

Minced ordinary muscle (white muscle for chicken and rabbit), which had previously been adjusted to a moisture content of 82% and a pH value of 6.8 by adding 3N NaOH and chilled water, was ground with 3% NaCl in a meat grinder for 25 min at 8°C. The meat paste obtained was sieved through cotton gauze to remove

strings, filled into stainless steel cylinders (3.1 cm in inside diameter, 3.0 cm in length), wrapped with polyvinylidene chloride wrappings, sealed with rubber bands, and then heated in well circulated baths at 10°C intervals between 30 and 90°C for 20 min and 2h. Immediately after heating the cylinders were chilled in icewater to stop any further action of the heat and the strength of the gel samples were assessed by a

tensile test, a teeth-cutting test and a folding test at room temperature.

The tensile test was done for the ring-shaped test piece as shown in Fig. 1 to measure the tensile strength S (g/cm^2) and the breaking extension e ($\Delta l/l_0$) using SHIMIZU's tensile tester (Tabai Manufacturing Co. Ltd., Osaka). The product of S and e , defined as "gel strength", has been confirmed to be a reliable measure for the strength of fish meat jelly²¹.

In the figure the solid and dotted lines represent the gel-strength obtained by 20 min and 2 h-heating respectively. Symbols indicate the appearance of the samples; Δ paste, $\square$ raw jelly, $\circ$ kamaboko jelly, and $\bullet$ disintegrated gel. Numerals show the scores for the strength of samples evaluated by the teeth-cutting test, in which 0.5 cm thick disc was used as the test piece; 0-1 paste or mud-like, 2-3 very frail, 4-5 frail, 6 medium, 7-8 strong, and 9-10 very strong. Plus and minus signs appended to the numerals indicate the results of the folding test; $\pm$ cracked, + broken, $\dagger$ broken into two parts when a 0.5 cm thick disc was folded in half.

Table 2. Species variations in the "setting" properties of meat paste

Species	Setting-index ^{*1}		Species	Setting-index ^{*1}	
	30°C	40°C		30°C	40°C
<i>Champsocephalus gunnari</i>	193*2		Bluefin tuna	2*2	83*2
Alaska pollack	128*3		Frigate mackerel, <i>A. rochei</i>	0*2	82*2
Rattail	108*2		Sharp-toothed eel	4*2	78*2
Crocodile icefish	107*3		Saury pike	0	72
Sardine	100*3		Frigate mackerel, <i>A. thazard</i>	2	70
Pricklebacks, <i>L. fowleri</i>	59*2		Bonito	1	70
Left-eyed flounder	56*2		Common mackerel	4*2	65*2
Flying fish	50		Cuttlefish	0*2	60*2
Pricklebacks, <i>S. nozawai</i>	49*3		Grey mullet	1	59
Cutlass fish	48*2		Yellowfin tuna	4*2	58*2
Japanese barracuda	43		Carp	4*2	49*2
Filefish	41		Black marlin	3	42
Nemipterid	35		Porgy	2*2	39*2
Lizardfish	31*2		Dolphinfish	2	36
<i>Nibe</i> croaker	30		Snakehead	1*2	33*2
Grub fish	27		Puffer	1	24
Round herring	25*2		Little tunny	0*4	14*4
Yellow mackerel	17		Tilapia	0	8
Stingray	14*2		Striped therapon	0	6
Oval filefish	13*2		Rabbit	0	5
Anglerfish	12		Spotted shark	0	4
Horse mackerel	9		Chicken	0	4
<i>Hobo</i> gurnard	1	141	Pacific needlefish	2	3
Crucian carp	3*2	101*2	Sharp-nosed shark	1	2
Flathead	2	96	Dogfish	0	2
Catalufa	3	93	Prawn	0	0
Spanish mackerel	1*2	92*2			

*1 percentage of $S \cdot e_{30^\circ\text{C} \cdot 2\text{h}}$ or $S \cdot e_{40^\circ\text{C} \cdot 2\text{h}}$ to $S \cdot e_{60^\circ\text{C} \cdot 20\text{min}}$.

*2-4 indicate setting-index values obtained by substituting $S \cdot e_{30^\circ\text{C} \cdot 20\text{min}}$, $S \cdot e_{40^\circ\text{C} \cdot 20\text{min}}$ and $S \cdot e_{60^\circ\text{C} \cdot 20\text{min}}$ for $S \cdot e_{60^\circ\text{C} \cdot 20\text{min}}$.

ているが、今回の結果はマサバ、マアジが比較的坐りにくく、ニベが坐りやすかつた点を除けばそれとはほぼ一致している。

戻りやすさ $(1 - S \cdot e_{60^\circ\text{C} \cdot 2\text{h}} / S \cdot e_{60^\circ\text{C} \cdot 20\text{min}}) \times 100$, すなわち坐りの温度帯を通過する間に形成されたゲルが60°C 2時間の加熱でどれだけ劣化したかという割合（以下戻り指数）を戻りやすさの指標として用いることとし、その値を供試 53 種について求め Table 3 に示した。

戻り指数で -13 (サバフグ) から 100 (マイワシ) まで、戻りやすさは坐りやすさにも増して魚種特異的であることが分る。この結果で見ると限りではその種特異性を魚の系統発生や生態的特徴と結びつけることは難しいように見える。例えば、軟骨魚でもサメ類は戻りにくいがエイは戻りやすい。淡水魚でもフナ、ティラピアは戻りやすいがコイは戻りにくし、戻りやすいものが多い回遊魚でもカジキやアジ、トビウオは戻りにくく、また白身魚でもニベやイトヨリ等著しく戻りやすいものからト

ラギスのように極めて戻りにくいものまで様々である。ただ、哺乳類や鳥類に較べると魚類は概して戻りやすいということと、魚類の中でサメ類とダツは極めて戻りにくいということは言えそうである。

戻りの原因についてはプロテアーゼ説⁹⁾や戻り誘発タンパク説⁷⁾が出されているもののまだ定説とはなっていないが、戻りやすさが魚種によってこのように大きく異なるという事実は、今後この現象の機構解明の重要な手がかりになるものと思われる。

なお、ここで Fig. 2 の温度-ゲル化曲線に現われた興味深いこの現象の発現様式についてふれておきたい。それは、例えばマサバの場合非常に明瞭であるが、ゲルの劣化はまず 70°C で起こっている。そして 20 分以後は殆ど進まず、その後のゲルの劣化は 60°C を中心とする温度域で専ら進んでいるのである。このようなパターンはウマヅラハギ、クロマダラ、マイワシ、ニベ等戻りやすい魚に共通して認められるのであつて、戻りの現象の

Table 3. Species variations in the "disintegration" properties of meat paste

Species	Disintegration index*1	Species	Disintegration index*1
Sardine	100*3	Anglerfish	59
Round herring	99*2	Filefish	57
Oval filefish	99*2	Porgy	55*2
Nibe croaker	98	Champscephalus gunnari	52*2
Pricklebacks, <i>S. nozawai</i>	98*3	Left-eyed flounder	51*2
Common mackerel	97*2	Flathead	46
Crucian carp	97*2	Yellow mackerel	45
Nemipterid	96	Rattail	40*2
Frigate mackerel, <i>A. thazard</i>	95	Snakehead	40*3
Spanish mackerel	95*2	Lizardfish	39*2
Bluefin tuna	93*2	Japanese barracuda	31
Pricklebacks, <i>L. fowleri</i>	92*2	Flying fish	29
Alaska pollack	90*3	Cuttlefish	26*2
Stingray	89*2	Carp	16*2
Frigate mackerel, <i>A. rochei</i>	85*2	Horse mackerel	14
Tilapia	83	Sharp-nosed shark	13
Bonito	78	Dogfish	13
Catalufa	77	Grey mullet	10
Little tunny	73*4	Spotted shark	9
Cutlassfish	69*2	Chicken	7
Striped therapon	67	Black marlin	3
Yellowfin tuna	66*2	Pacific needlefish	-6
Dolphinfish	65	Rabbit	-10
Crocodile icefish	63*2	Grub fish	-12*2
Sharp-toothed eel	60*2	Puffer	-13
Hobo gurnard	60	Prawn	—
Saury pike	59		

*1 $(1 - S \cdot e_{60^\circ\text{C} \cdot 2\text{h}} / S \cdot e_{60^\circ\text{C} \cdot 20\text{min}}) \times 100$.*2-4 indicate disintegration index values obtained by substituting $S \cdot e_{60^\circ\text{C} \cdot 20\text{min}}$, $S \cdot e_{40^\circ\text{C} \cdot 20\text{min}}$ and $S \cdot e_{80^\circ\text{C} \cdot 20\text{min}}$ for $S \cdot e_{60^\circ\text{C} \cdot 20\text{min}}$, respectively.

中に2種類の反応, つまり 70°C 付近で短時間の間に完結する劣化反応と 60°C を中心とする温度帯で継続して進行する劣化反応が含まれていることを暗示しているように思われるが, この点については今後改めて究明してみたい。

坐りやすさと戻りやすさ Table 4 はトサエビを除く供試 52 種を坐りやすさと戻りやすさの関係から分類した表である。この場合, 坐りやすさについては坐り指数 40°C で <10 を“極めて坐りにくい”, 30°C で <8 を“坐りにくい”, >9 を“坐りやすい”, >100 を“極めて坐りやすい”, また戻りやすさについては戻り指数 <35 を“戻りにくい”, 35~70 を“戻りやすい”, >70 を“極めて戻りやすい”と見なして区分した。この表から肉類の坐りやすさと戻りやすさの間に一定の関係のないことがうかがえるのであるが, その他表の中の魚種の分布に関して二, 三興味深い傾向がうかがえる。すなわち,

(1) サメ類はダツと共にウサギやトリと同じ“極め

て坐りにくく, 戻りにくい”グループを形成している。硬骨魚とは違ったゲル形成特性を有することを示すものである。

(2) 冷水性のスケトウダラ, コオリカマス, コオリウオ, ホキは1群を作っており, 坐りやすく戻りやすいという点で共通した特徴を示している。

(3) 赤身の魚の大部分(マサバ, ヒラソウダ, マルソウダ, クロマグロ, カツオ, キハダ, サンマ, シイラ, サワラ)は“坐りにくく戻りやすい”グループの中に1群を形成しているが, マイワシとウルメイワシ(極めて坐りやすく戻りやすい), マアジ, メアジ, アカカマスとトビウオ(坐りやすく戻りにくい), 及びクロカワカジキ(坐りにくく戻りにくい)はそれぞれ別のグループに属している。

(4) 淡水魚の中でフナはコイやカムルチーとは離れて位置しており, これらと肉質が相異なることを示している。

潜在ゲル形成能と見掛けのゲル形成能 魚肉のゲル形

Table 4. Grouping of fish species by "setting" and "disintegrating" characteristics of meat paste

	Difficult-setting group		Easy-setting group	
	Extreme	Ordinary	Ordinary	Extreme
Easy-disintegrating group	Tilapia	Common mackerel	Oval filefish	Sardine
		Little tunny, Crucian carp	Round herring	Alaska pollack
Extreme		Frigate mackerel, <i>A. thazard</i>	<i>Nibe</i> croaker	
		Frigate mackerel, <i>A. rochei</i>	Nemipterid	
		Spanish mackerel	Pricklebacks, <i>S. nozawai</i>	
		Bluefin tuna	Pricklebacks, <i>L. fowleri</i>	
		Bonito, Catalufa	Stingray	
Ordinary	Striped therapon	Yellowfin tuna	Cutlass fish	Crocodile icefish
		Dolphinfish	Anglerfish	<i>Champscephalus gunnari</i>
		Sharp-toothed eel	Filefish	Rattail
		Saury poke	Left-eyed flounder	
		<i>Hobo</i> gurnard	Yellow mackerel	
		Porgy, Flathead	Lizardfish	
		Snakehead		
Difficult-disintegrating group	Dogfish	Cuttle fish	Horse mackerel	
	Spotted shark	Carp	Japanese barracuda	
	Sharp-nosed shark	Grey mullet	Flying fish	
	Chicken	Black marlin	Grub fish	
	Pacific needlefish	Puffer		
	Rabbit			

成能を判定するには、一定の条件で調製したすり身を80~90°Cまで加熱し、そこで出来たゲルの物理的強度を測るのが普通である。しかし、Fig. 2のゲル化パターンを通覧すれば明らかなように、火戻りの起こりにくい魚種の場合はそれでよいが、戻りやすい魚種の場合は戻りの温度帯の通過速度如何によつて結果は大きく変る恐れがある。滞留時間が短かければ強いゲルが出来るが、長びけば弱くなる。つまり90°Cゲルは言わば見掛けのゲル形成能を示すに過ぎないのであつて、真の能力を示すものではない。その潜在的な能力を知るにはむしろ60°C 20分ゲル（戻りやすい魚の場合は50°C 20分ゲル）の強さをもつてすべきであろう。

Table 5に供試53種のうち肉質の劣化の特に著しかったワニグチコオリウオを除く52種の60°Cあるいは50°Cゲルのゲル強度を示した。本来魚の潜在ゲル形成能力を比較しようという場合は、肉の水分を調節せずそのまま用いるか、あるいはすべての試料肉に同じ量の水を加えて作った肉糊についてゲルを作らせるべきであるが、今回の試験ではゲル化のパターンを見るのが目的であつたため、肉糊の水分をすべて一定(82.0%)に調整した。したがつて厳密な比較は出来ないが、元の水分含量(Table 1)を考慮すれば傾向はうかがうことが出来るものと思われる。

ゲル強度の値はトサエビの0 g/cm²は別として、マイワシの270 g/cm²からクロカワカジキの2937 g/cm²まで、約10倍の開きがある。元の肉の水分含量の差を考慮すればその開きは更に大きくなる筈である。クロカワカジキの潜在ゲル形成能力は独り群を抜いているが、これに続くゲル強度1,000~2,000 g/cm²を強足魚種、500~1,000 g/cm²を普通魚種、500 g/cm²以下を弱足魚種と仮りに区分した場合、強足魚種のグループにはニベ、トビウオ、マエソ、トラギス、タチウオ、ヒラメ、アジ等、従来ねり製品の優良原料として知られている種類の多くが含まれることは興味深い。

その他特記すべき傾向としては、(1)赤身の魚の大部分(カツオ、マサバ、サンマ、キハダ、クロマグロ、マルソウダ)はゲル強度300~800 g/cm²の範囲かその近辺にあり、すべて弱足グループに属している、(2)同じイワシ類でもマイワシとウルメイワシのゲル形成力には大差があり、両者の間の肉質の違いを暗示している、(3)淡水魚は概して弱足性であるが、その中でもフナは特に弱い、(4)今回供試した3種類のサメのうち、1種類は普通、他は弱足グループに属しており、能力差はかなり大きい、(5)コウイカは赤身魚と同程度のゲル形成能力を持つているが、エビはゲル形成能力皆無である、等である。

Table 5. Species variations in the potential gel-forming ability of meat paste

Species	$S \cdot e_{60^\circ\text{C} \cdot 20\text{min}}$	Species	$S \cdot e_{60^\circ\text{C} \cdot 20\text{min}}$
(Black marlin	2,937)	Sharp-toothed eel	792 ^{*1}
<i>Nibe</i> croaker	1,560	Spanish mackerel	762 ^{*1}
Japanese barracuda	1,560	Spotted shark	690
Nemipterid	1,536	(Pricklebacks, <i>S. nozawai</i>	687 ^{*2})
Flying fish	1,470	Saury pike	624
Flathead	1,467	<i>Hobo</i> gurnard	616
Dolphinfish	1,431	Pacific needlefish	612
Lizardfish	1,430 ^{*1}	Carp	600 ^{*1}
Grub fish	1,374 ^{*1}	(Yellowfin tuna	561 ^{*1})
Cutlassfish	1,344 ^{*1}	(Alaska pollack	555 ^{*2})
Striped therapon	1,317	Common mackerel	543 ^{*1}
Grey mullet	1,293	Cuttlefish	543 ^{*1}
Filefish	1,272	Stingray	540 ^{*1}
Oval filefish	1,164 ^{*1}	Dogfish	540
Porgy	1,158 ^{*1}	(Rattail	477 ^{*1})
Sharp-nosed shark	1,143	Rabbit	465
Frigate mackerel, <i>A. thazard</i>	1,110	Sardine	447 ^{*2}
Left-eyed flounder	1,083 ^{*1}	Anglerfish	438
Yellow mackerel	1,078	Snakehead	423 ^{*1}
Horse mackerel	1,023	(Bonito	321)
Puffer	1,020	Frigate mackerel, <i>A. rochei</i>	285 ^{*1}
Round herring	933 ^{*1}	(<i>Champscephalus gunnari</i>	276 ^{*1})
Catalufa	918	Crucian carp	273 ^{*1}
Chicken	894	(Pricklebacks, <i>L. fowleri</i>	222 ^{*1})
Bluefin tuna	879 ^{*1}	Little tunny	213 ^{*2}
Tilapia	867	Prawn	0

Fish enclosed in parentheses are ice or frozen stored ones.

*1-3 represent values for $S \cdot e_{50^\circ\text{C} \cdot 20\text{min}}$, $S \cdot e_{40^\circ\text{C} \cdot 20\text{min}}$ and $S \cdot e_{30^\circ\text{C} \cdot 20\text{min}}$, respectively.

要 約

魚類 49 種にエビ、イカ、トリ、ウサギを加えた 53 種について、肉糊（水分 82%，pH 6.8 に調節してから食塩 3% を加えて播漬）の温度-ゲル強度曲線を求めた。そのパターンは種類によつて極めて多様であつたが、ゲル化の終点が約 60°C である点は共通していた。パターンの多様性は 30~40°C 域でのゲル化速度（坐りやすさ）と 60°C 付近でのゲル劣化速度（戻りやすさ）の著しい種特異性に基いていることが判明した。全くゲル形成能のなかつたトサエビを除く 52 種は肉糊のゲル化特性から、坐りにくく戻りにくいグループ（ウサギ、エワトリ、コウイカ、サメ類を含む）、坐りにくく戻りやすいグループ（イワシ類を除く 赤身魚の大部分を含む）、坐

りやすく戻りやすいグループ（イワシと冷水性魚を含む）、坐りやすく戻りにくいグループ（トビウオ、カマス、トラギスを含む）の 4 つのグループに分かれた。

文 献

- 1) 清水 亘：日水誌，12，165-172 (1944)。
- 2) 岡田 稔：東海水研報，No. 36，21-126 (1963)。
- 3) 志水 寛：日水誌，40，175-179 (1974)。
- 4) 志水 寛・吉本晴樹・清水 亘：日水誌，28，610-615 (1962)。
- 5) 志水 寛・清水 亘：日水誌，26，911-916 (1960)。
- 6) 牧之段保夫・天野 肇・清水 亘：日水誌，29，1092-1096 (1963)。
- 7) 岩田和士・小橋 恭一・長谷 純一：日水誌，43，181-193 (1977)。