

# スケトウダラ魚肉ゲルの品質に及ぼす豚プラズマの影響

谷本昌太・山下民治

Effect of Pig Plasma on Quality of Fish meat gel from Wolleye Pollack

Shota TANIMOTO and Tamiharu YAMASHITA

The effect of pig plasma on the quality of fish meat gel from Wolleye Pollack was investigated. Fish meat gels with 0 – 10% pig plasma and 2.7% NaCl were prepared by heating at 90 °C for 30 min. Gel properties, changes in color and sensory evaluation were applied to evaluate the quality of fish meat gel. The breaking strength increased linearly with an increase in the amount of pig plasma. The deformation was increased by adding pig plasma to less than 2%, but it was decreased by additions above 2%. Both the L value and Hunter whiteness decreased with an increase in pig plasma. The a value was almost unchanged by adding pig plasma of less than 1% and it was slowly increased by further additions. The b value was rapidly increased by adding pig plasma of less than 2% and was hardly changed by further additions. The organoleptic test indicated that fish meat gels to which pig plasma of less than 3% were added had kamaboko-like texture. These results suggest that adding pig plasma of less than 2 – 3% to fish meat gels enhances its elasticity with kamaboko-like texture, but its addition was limited by the change in the color of the fish gel.

家畜がと殺される際に副産物として生じるプラズマはゲル化能や保水性<sup>1-4)</sup>、および乳化性<sup>5-7)</sup>などの優れた食品機能特性を持っている。そのため食品素材としてさまざまな応用研究がなされている<sup>8-10)</sup>。魚肉に関しても、スケトウダラの魚肉ゲル形成に及ぼす牛プラズマの影響、スケトウダラの魚肉ゲルの物性および色に及ぼす牛プラズマ加水分解物の影響、イワシのゲル形成におよぼす豚プラズマ中のXIIIa因子の影響などの報告がある<sup>11-17)</sup>。しかし、これらのほとんどは、市販の噴霧乾燥品や加水分解した試料を用いているなどプラズマ本来の影響を調べているとは言い難く、凍結乾燥などの温和な条件下で調製した試料を用いて検討する必要がある。また、我が国において豚由来のプラズマが大量に生産されその有効利用が望まれているが、これらの研究はほとんど牛由来のものが用いられている。

そこで本研究では、豚プラズマを魚肉ゲルへ利用する目的で、凍結乾燥した豚プラズマを0 – 10%添加し、90 °C 30分間加熱したスケトウダラ魚肉ゲルを調製し、

その品質に及ぼす豚プラズマの影響を調べた。

## 実験方法

### 1. 試料

魚肉としてスケトウダラ (*Theragra chalcogramma*) の冷凍すり身 (日本水産株式会社製, SA級, ショ糖4%, ソルビトール4%, 重合リン酸塩0.25%を含む) を用いた。豚プラズマは南日本血液センター共同組合製の豚プラズマ凍結品を用いた。豚プラズマには凝固防止のため0.07%のクエン酸が含まれており、クエン酸を除去する目的で蒸留水で透析後、凍結乾燥して用いた。凍結乾燥した豚プラズマの一般成分は、水分2.1%, 灰分0.8%, タンパク質94.8%, 粗脂肪0.1%であった。

### 2. 魚肉ゲルの調製

冷凍すり身に塩化ナトリウムを2.7% (w/w) を加え、石川式攪拌らいかい機12号 (株式会社石川工場製) で

20分間らいかいし、これに所定量の豚プラズマ（0-10%）と蒸留水を合計が全量の25%になるように添加し、さらに10分間らいかいした。摺り上がり温度は5℃であった。これら調製した肉糊をポリ塩化ビニリデンケーシング（折径4.8cm）に詰め、90℃30分間加熱した。加熱ゲルは流水中で冷却後、10℃で一晩放置し、試料に用いた。

### 3. 物性測定

不動工業社製のレオメーターを使用し、破断強度および凹みの大きさを測定した。ジェリー強度は、 $1/2 \times$ 破断強度 $\times$ 凹みの大きさより算出した。測定は0.5cmの球形プランジャーを用い、貫入速度6 cm/minで行った。試料の高さは3 cmとした。

### 4. 魚肉ゲルのSDS-PAGE

SDS-PAGEの試料の調製は沼倉らの方法<sup>18)</sup>に準じて行った。すなわち0-10%プラズマを添加した魚肉ゲルおよび未処理の冷凍すり身0.4gを細切し、7.5mlの2% SDS-8M尿素-2%2-メルカプトエタノール、20mM トリス塩酸 (pH8.0) を加え、100℃で2分間加熱した後、室温で20時間攪拌、可溶化させた。SDS-PAGEは0.05%のSDSを含む7.5%ポリアクリルアミドを用い、laemmliの方法で行った<sup>19)</sup>。SDS-PAGEへの試料の注入量はそれぞれ魚肉タンパクとして15  $\mu$ gとした。

### 5. 魚肉ゲルのpHの測定

魚肉ゲルを細切後、10gを秤量した。海砂を加え、乳鉢を用いペースト状にすりつぶした。蒸留水を90ml加え、攪拌後、pHを測定した<sup>20)</sup>。

### 6. 魚肉ゲルの色の測定

色の測定は色彩色差計（日本電色株式会社製、ND-1001DP）で行った。色の数値的表現はハンターのL, a, b値およびハンター白色度により行った<sup>20)</sup>。

### 7. 官能検査

魚肉ゲルの食感について広島県立食品工業技術センターの研究員5名で官能検査を行った。評価はかまぼこの食感として1.良い 2.普通 3.悪いの3段階とした。官能評価値の平均値の比較は1元配置分散分析後、Duncanの多重範囲検定法により行った<sup>21)</sup>。

## 実験結果

### 1. 魚肉ゲルの物性に及ぼす豚プラズマの影響

豚プラズマの物性に及ぼす影響を調べるため、豚プラズマを0.2%から10%添加した魚肉ゲルの破断強度、凹みの大きさ、ジェリー強度を測定した（図1）。破断強度は添加量の増加とともに増大する傾向を示し、無添加時314gであったのに対し、10%添加では1260gと約4倍にまで増大した。凹みの大きさは、添加量2%で最大値（1.53cm）を示した。ジェリー強度は添加とともに無添加の230g $\cdot$ cmから10%添加の675g $\cdot$ cmまで増大した。

### 2. 豚プラズマを添加した魚肉ゲルのSDS-PAGE

豚プラズマを添加した魚肉ゲルのSDS-PAGEを図2に示した。魚肉ゲルの泳動パターンは、豚プラズマ添加量

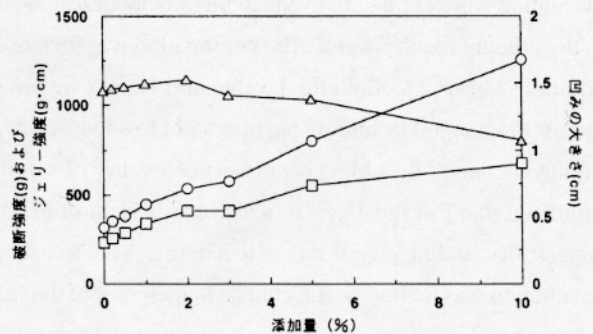


図1 豚プラズマを添加したスケトウダラ魚肉ゲルの物性

○、破断強度；△、凹みの大きさ；□、ジェリー強度

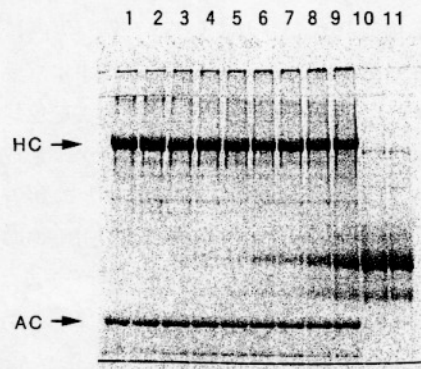


図2 豚プラズマを添加したスケトウダラ魚肉ゲルのSDS-PAGE

レーン1, 2, 冷凍すり身；3, 豚プラズマ無添加；  
4, 豚プラズマ0.5%；5, 豚プラズマ1%；  
6, 豚プラズマ2%；7, 豚プラズマ3%；  
8, 豚プラズマ5%；9, 豚プラズマ10%；  
10, 11, 豚プラズマのみ  
HC, ミオシン重鎖1量体；AC, アクチン

の増加によりミオシンヘビーチェーンとアクチン間に存在するプラズマ成分に相当する部分のバンドが増加したが、その他の成分は豚プラズマの添加により影響を受けなかった。

### 3. 豚プラズマを添加した魚肉ゲルのpH

豚プラズマを添加した魚肉ゲルのpHの変化を図3に示した。豚プラズマ無添加時にpH7.02であったのに対し、添加量の増加とともにpHは上昇し、10%添加でpH7.20となった。

### 4. 豚プラズマの魚肉ゲルの色調に及ぼす影響

魚肉ゲルの色調に及ぼす豚プラズマの影響を調べるため、魚肉ゲルのL, a, b値およびハンター白度を測定した(図4)。L値は添加量の増加とともに低下し、豚プラズマ無添加の86.8から10%添加の55.2まで低下した。

a値は無添加の1.3から添加量1%までほとんど上昇せず、その後ゆっくりと直線的に上昇し、10%の添加で7.6となった。b値は無添加の3.4から添加量2%まで急激に上昇したが、2%以上の添加では一定となった。またハンター白度はL値と同様に添加量の増加とともに低下し、無添加時の70.3から10%添加で18.5まで低下した。

### 5. 官能検査

豚プラズマを添加した魚肉ゲルの官能検査の結果を表1に示した。豚プラズマの添加量3%までは官能検査値の平均値が普通(2)以下で、それらの間には1%以下の危険率で有意差は認められなかった。一方、添加量5%以上では、官能評価値の平均値は官能評価値の普通(2)以上を示し、さらに添加量3%以下の間で1%以下の危険率で有意差が認められた。

## 考 察

物性測定の結果、魚肉ゲルへの豚プラズマの添加により、破断強度はほぼ直線的に増加するのに対し、凹みの大きさは添加量2%で最大値に達した(図1)。また、官能検査結果から豚プラズマを添加した魚肉ゲルの食感3%までかまぼこの食感を保つことが示された(表1)。これらの結果から、魚肉ゲルへの豚プラズマの添加は魚肉ゲルの弾力を増加させるが、添加量2-3%の付近で魚肉ゲルの物理化学的性状に変化を引き起こし、それに付随して食感を変化させると考えられた。阿部ら<sup>11-12)</sup>は、市販の牛プラズマ噴霧乾燥品を添加したかまぼこの弾力は強くなるがかまぼこらしい食感に変化しないことを報告している。また、Park<sup>16)</sup>はスケトウダラすり身へ牛プラズマ加水分解物を1%加えた時、shear stressと

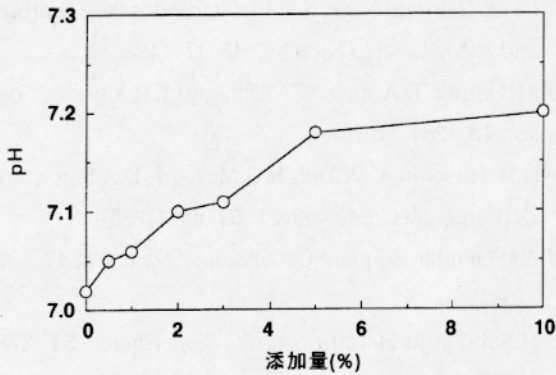


図3 豚プラズマを添加したスケトウダラ魚肉ゲルのpH

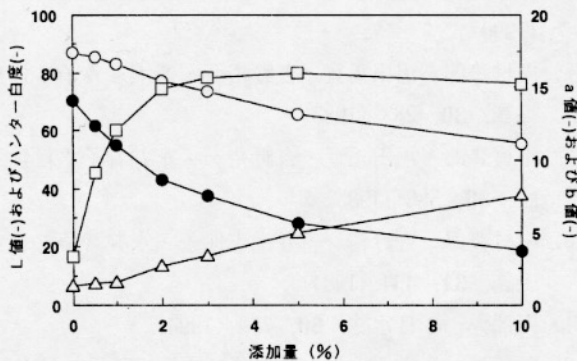


図4 豚プラズマを添加したスケトウダラ魚肉ゲルのL, a, b値およびハンター白度

○, L値; △, a値; □, b値; ●, ハンター白度

表1 豚プラズマを添加したスケトウダラ魚肉ゲルの官能評価

添加量 (%)	官能評価値 <sup>1)</sup>
0	1.2 <sup>a)</sup>
0.5	1.4 <sup>a)</sup>
1	1.2 <sup>a)</sup>
2	1.2 <sup>a)</sup>
3	1.8 <sup>a)</sup>
5	2.8 <sup>b)</sup>
10	3.0 <sup>b)</sup>

1) 官能評価値は5人のパネラーの平均値  
異なる文字を持つ添加量間に有意差 (p<0.01) が存在



shear strainの両方の増加を起し、toughな物性を示すことを報告している。これらの報告は今回の添加量2%以下の結果(図1, 表1)と同様の傾向を示しており、プラズマの添加は、その由来に関係なくある添加量まではその食感を損なうことなく弾力を増強させることが示唆される。

プラズマ中には血液凝固Ⅷ因子が存在し、プロテアーゼにより活性化され、トランスグルタミナーゼ(Ⅷa)として作用することが知られている<sup>22)</sup>。またJiang and Lee<sup>17)</sup>は、豚プラズマよりⅧ因子を精製してイワシすり身に添加した時、ミオシンの多量体の形成することと豚プラズマの添加により破断強度が増大することを報告している。しかし、今回の加熱条件(90℃, 30分)では、魚肉ゲルが急激に90℃まで温度上昇し、トランスグルタミナーゼの失活またはⅧ因子の活性化のためのプロテアーゼの失活が起こることが考えられる。また、SDS-PAGEの結果は、豚プラズマ添加によりミオシンの多量体の形成が起らないことを示した(図2)。これらのことから、今回の条件下において豚プラズマによる弾力の増強への血液凝固Ⅷ因子の関与は小さいと考えられる。六車ら<sup>23)</sup>は、豚プラズマ成分と豚ミオシンbが相互作用することを報告している。またFoegedingら<sup>24)</sup>は、ある適当な条件下で豚ミオシンと豚プラズマ中のフィブリノーゲンおよびアルブミンが相互作用し、ゲル強度を増強することを報告している。さらに今回の実験において豚プラズマ添加によりSDS-PAGEの泳動パターンに変化がみられないこと(図2)を考え合わせると、豚プラズマによる弾力増強は、共有結合(s-s結合を除く)以外の上記のようなミオシンと豚プラズマタンパク間の相互作用により行われている可能性が考えられる。また、スケトウダラの魚肉ゲルの破断強度は、pH7.5までpHの上昇に伴い、増加することが知られている<sup>25)</sup>。今回、豚プラズマの添加によりpHが上昇しており(図3)、この上昇も弾力増強の要因の一つとして考えられる。しかしながら、これら上記の弾力増強要因のどれがどれくらいの寄与率で働いているかは今後の検討を要する。

L, a, b値の測定の結果、魚肉ゲルの色調は、豚プラズマの添加量の増加により徐々に明るさを失い、黄方向の色が急激に増え、赤方向の色が添加1%までほとんど変化なくその後緩やかに増え、魚肉ゲル本来の色調から離れていくことが示された(図4)。またハンター白度は、豚プラズマの添加により魚肉ゲルの白色から異なる色調へと変化していることを示した(図4)。Park<sup>16)</sup>は

牛プラズマ加水分解物をスケトウダラすり身に1%添加した魚肉ゲルのL\*, a\*, b\*値とハンター白度を測定し、L\*値とハンター白度は減少し、a\*値は変化なく、b\*値は増加することを報告している。これらの結果は今回の豚プラズマ1%添加までの結果とほぼ一致している。豚プラズマの添加による色調の変化の原因として今回の実験で用いた豚プラズマにはヘモグロビンの溶血が認められ、プラズマ本来の色ではなかったためと考えられる。以上の結果からスケトウダラ魚肉ゲルへの豚プラズマの添加は2-3%まではかまぼこらしい食感を保ったまま弾力を向上させることができるが、その色の変化によりその添加量は制限されることが示唆される。しかし、この添加量の制限は、原因が豚プラズマに混入するヘモグロビンによるならば、採血法の改善により豚プラズマの添加量を増やすことが可能であると考えられる。

## 引用文献

- 1) M.T.E.Delriode Reys, S.M.Constanindes, V.C.Sgarbieri and A.A.El-Dash : *J.Food sci.*, **45**, 17 (1980)
- 2) J.P.Harper, D.A.Suter, C.W.Dill, and E.R.Jones : *J.Food sci.*, **43**, 1204 (1978)
- 3) D.W.Hickson, C.W.Dill, R.G.Morgan, D.A.Suter, and Z.L.Carpenters : *J.Animal sci.*, **51**, 69 (1980)
- 4) A.M.Hermansson and C.Akesson : *J.Food sci.*, **47**, 1955 (1982)
- 5) M.Saito, and H.Taira : *Agric. Biol. Chem.*, **51**, 2787 (1987)
- 6) M.Saito, N.Ichikawa, and H.Taira : *Agric. Biol. Chem.*, **52**, 2831 (1988)
- 7) 斎藤昌義・石橋恵美子・平春枝 : 日食工誌, **37**, 805 (1990)
- 8) 中村豊郎・沼田正寛・吉野裕一・糸沢きみ子 : 日食工誌, **30**, 283 (1983)
- 9) 中村豊郎・沼田正寛・吉野裕一・永井智子 : 日食工誌, **30**, 585 (1983)
- 10) 中村豊郎・吉野裕一・井上志保子・永井智子 : 日食工誌, **31**, 454 (1984)
- 11) 阿部洋一 : 日水誌, **60**, 779 (1994)
- 12) 阿部洋一・安永H作・北上誠一・太田隆男 : 日水誌, **61**, 750 (1995)
- 13) 阿部洋一・安永H作・北上誠一・村上由里子・太田隆男・三崎友雄・新井健一 : 日水誌, **62**, 446 (1996)

- 14) 安永廣作・阿部洋一・山澤正勝・新井健一：日水誌, **63**, 739 (1997)
- 15) 安永廣作・阿部洋一・西岡不二男・新井健一：日水誌, **64**, 685 (1998)
- 16) Jae W.Park : *J.Food sci.*, **59**, 525 (1994)
- 17) Shann-Tzong Jiang and Jai-Jaan Lee : *J.Agric.Food Chem.*, **59**, 1101 (1992)
- 18) 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, **53**, 633 (1987)
- 19) U.K.Laemmli : *Nature*, **227**, 680 (1970)
- 20) 冷凍すり身品質検査基準, 水産庁 (1980)
- 21) Duncan : *Biometrics*, **11**, 1 (1955)
- 22) J.E.Folk : *Ann.Rev.Biochem.*, **49**, 517 (1980)
- 23) 六車三治男・速水紀文・杉本浩二・中村豊郎・沼田正寛・吉原忠志：日食工誌, **37**, 594 (1990)
- 24) E.A.Foegeding, W.R.Dayton, and C.E.Allen : *J.Food sci.*, **51**, 109 (1986)
- 25) 三宅正人・田中明子：日水誌, **35**, 311 (1969)