

魚肉の漬物におけるテクスチャーとタンパク質の変化

下 村 道 子*

1. はじめに

魚肉は、わが国において古くから重要なタンパク質源であり、保存と嗜好性の向上を目的として、多くの伝統的な調理・加工法が行われている。

魚肉の保存方法には、干物、塩漬けなど多くあるが、高温多湿の東南アジアにおいて、また夏期の東アジアにおいては、干物よりも発酵による漬け物の方が優れた方法であったと考えられる。この発酵を利用した方法は魚肉のみならず、豆や穀物にも用いられていることから伺えることである。

魚肉の漬物には、数年間という長時間のものから、1～2日、または数時間という短時間のものまで、いろいろある。長時間のものの多くは、食塩をかなり高濃度にして発酵させ、うまみ成分を増加させたもので、調味料的な食品が多い。比較的短時間のものには、魚肉そのものの味やテクスチャーを味わう食品が多い。

このようないろいろな方法が工夫されてきたことは、ある時期に大量に漁獲された魚の保存が主な目的であったが、調理・加工の過程で品質を向上させて嗜好性をより高めることが図られてきたことを意味している。

漬け物の歴史は古く、文献に見られるものでは延喜式¹⁾や倭名類聚²⁾に醬、酒、酒滓、酢などとともに野菜や魚の加工品がみられ、多くの漬物が作られていたことが知られている。

魚肉漬物の古い形は、魚肉に食塩を加えて保存したもので、このとき米飯や麴を加えたものと加えないものがある。石毛ら³⁾によると、東南アジアには小魚や小エビを使った多くの漬物があって、これが日本に伝えられたという。魚醬は、フランスやアメリカ⁴⁾にもあるといわれ、古くからうまみの強い発酵食品が作られていた。

我が国の魚の漬物には飯を加えたすしの系統のふなず

し、はたはたずしが現在に残っており、これらは保存中に乳酸発酵が行われ、乳酸その他の生成した酸によって保存性が高められている⁵⁻⁷⁾。また、食塩を多く加えて腐敗菌の繁殖を抑制し、自己消化によってアミノ酸^{8,9)}、ペプチド¹⁰⁾、有機酸^{11,12)}などを生成させたしょうつつる、いかなご醤油などがあり、これらは魚自体の酵素を利用しているものである。

さらに、魚肉の糠漬けでは、糠漬け処理中にフグ毒¹³⁾、ヒスタミン¹⁴⁾が減少すること、脂肪の酸化が抑制される¹⁵⁾ことが報告されている。

このような古い時代からの長時間かけた魚肉の漬物が行われている一方、近年は短時間の漬物が多く、次のようなものがある¹⁶⁾。

- 1) すし類—さけずし、ますずし、いずしなど
- 2) 糠漬け—Iワシ、フグの糠漬け
- 3) 酢漬け—しめさば、サッパ、ニシンの酢漬けなど
- 4) 粕漬け—タイ、サワラ、タラ、イカなどの粕漬け
- 5) みそ漬け—サワラ、マグロなどの味噌漬け
- 6) 醤油漬け—マグロ、イカなどの醤油漬け（しょうがを加えることが多い）
- 7) 塩漬け—Iワシの塩漬け、塩辛など

漬物処理による嗜好性の向上は、味、においだけでなく独特のテクスチャーによるところが大きい。そこで比較的短期間の漬物のテクスチャー変化と魚肉の主な構成々分であるタンパク質の変化について述べる。

2. 食味の変化

魚肉の漬物すなわち、酢漬け肉、粕漬け肉、みそ漬け肉およびしょうゆ漬け肉が好まれるのは、それぞれの味とにおい、とくに魚臭を減少させ、改良する発酵性調味料の香りの寄与も大きい。適度な硬さ、脆さ、くずれ易さなど独特のテクスチャーが寄与しているところも大

* 大妻女子大学

きい。

1) 酢漬け肉

新鮮なサバをしめさば処理するとき、まず最初に食塩を加えてその後、食酢に浸漬する。加える食塩の量と塩締め時間によってサバ肉の硬さが異なり、好まれるしめさばは、食塩量が魚肉重量の5%で6時間保存、または10%で2時間保存の後、食酢に浸漬した肉で、過度に締まったものであった¹⁷⁾。食塩量を一定にして、酢漬け時間の長いものと短いものでテクスチャーを比較すると、長時間の肉が短時間の肉よりも硬さが硬く、脆さが大きく、付着性が少なかった。すなわち、しめさば処理によって魚肉は硬くなり、かつ脆くなる¹⁸⁾。これは、魚肉タンパク質が酸と塩によって凝集したこと¹⁹⁾と同時に、脆さを生ずる他の変化も生じていることが考えられた。野口ら²⁰⁾は、ニシンの酢漬け処理をして長時間保存すると、魚肉が軟化し、アミノ態窒素の増加することを述べている。このように酢漬け処理による魚肉のテクスチャー変化には、タンパク質の環境のpHによる変化とともに自己消化による変化が含まれている。

2) 粕漬け肉とみそ漬け肉

サワラの粕漬け肉では、保存期間1, 3, 7, 14, 21日後の肉を焼き加熱後、官能検査によって比較すると、14日後の肉が風味、硬さともに最も好まれた²¹⁾。

サワラのみそ漬け肉を同様の方法で調べてみると、3, 7, 14日間保存したうちで、14日後の肉の硬さが低く、かみやすいという結果を得た²²⁾。カマスサワラのみそ漬け処理においても、21日間保存したとき、21日後のみそ漬けが最もやわらかく、14日後の肉が好まれた²³⁾。

このように、食塩を魚肉の2%程度になるようにし、

4°Cの冷蔵庫保存をしたとき、14日後の粕漬け肉、みそ漬け肉が好まれた。しかし、サワラのみそ漬け肉では3日後も好まれたという報告もある²⁴⁾。バシヨウカジキのみそ漬け肉では、7日後までの肉の硬さは硬いが14日や21日後のものよりも好まれるという結果も得られている²⁵⁾。魚肉の漬物処理中の硬化、軟化の時期は、魚種、鮮度、つけ床の調合などの違いによって異なることが考えられるが、初期の7日以内は硬くその後軟化する。

3. 魚肉の物性変化

魚肉漬物のテクスチャーが保存期間によって変化することがみられたので、それぞれの肉について硬さ、脆さ、凝集性、碎け易さ、肉の崩れ易さの測定を行った。

1) 酢漬け肉の硬さ、脆さ、碎け易さ

新鮮なサバをしめさば処理した酢漬け肉は、対照の無処理肉、食塩添加肉よりもはるかに硬くなり、7日後まではほぼ一定であった(図1)。このときもろさを見ると、保存中に脆さは減少していた。これはテクスチュロメーターカーブの谷の深さを脆さとしたので、割れにくい肉に変化していることを示している。そこで、肉を一定の力で碎き、碎け易さ度²⁶⁾を測定してみると、酢漬け中に碎け易さ度が上昇していた(図1)。すなわち、しめさば肉は、まず酢漬け初期に硬さが上昇し、保存中に脆くなった。テクスチュロメーターカーブの形が、酢漬け処理中に変化していることから、肉の中で何らかの変化が生じていることが考えられる¹⁸⁾。

2) みそ漬け肉、粕漬け肉の硬さ、凝集性、崩れ易さ

サワラ、カマスサワラ、バシヨウカジキ肉をみそ漬け処理^{22, 23, 25)}し、サワラ、カマスサワラ肉を粕漬け処

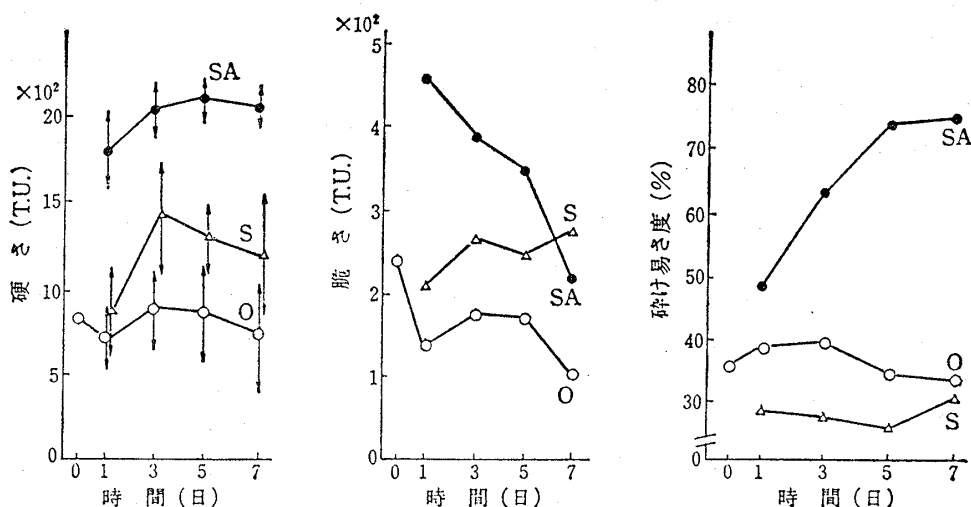


図 1. 酢漬け肉の硬さ、脆さおよび碎け易さ度の変化

SA, 2%食塩・4%酢酸浸漬肉; S, 2%食塩添加肉; O, 無処理肉

魚肉の漬物におけるテクスチャーとタンパク質の変化

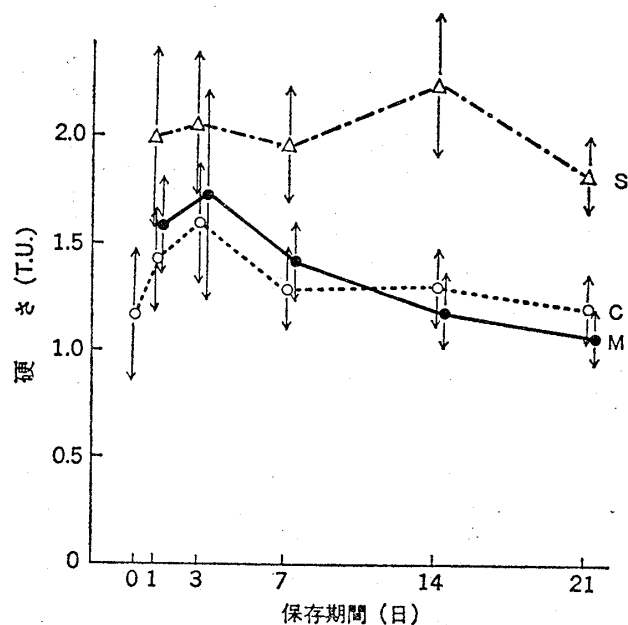


図 2. カマスサワラ肉の味噌漬け処理保存による硬さの変化
M, 味噌漬肉; C, 無処理肉; S, 2%食塩添加肉; プランジャー, くさび型; クリアランス, 2mm

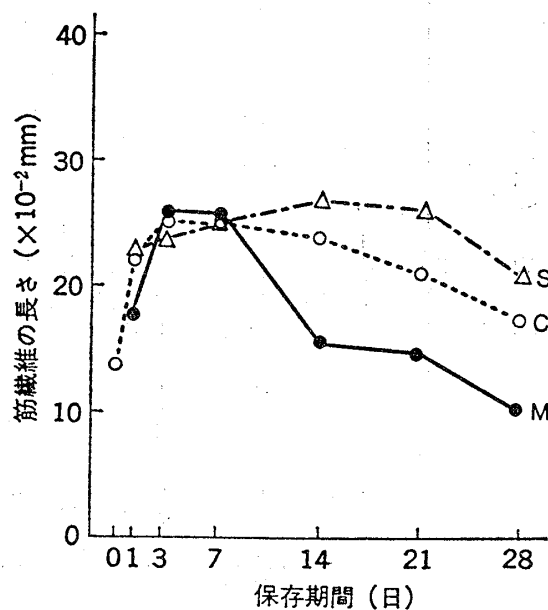


図 4. カマスサワラの筋肉の崩れやすさの変化
M, 味噌漬肉; C, 無処理肉; S, 2%食塩添加肉; 魚肉に水を加え (1:5) ホモジナイズしたものを顕微鏡観察し, 写真撮影後, 筋繊維 500 本以上の長さを測定し, 平均を求めた。

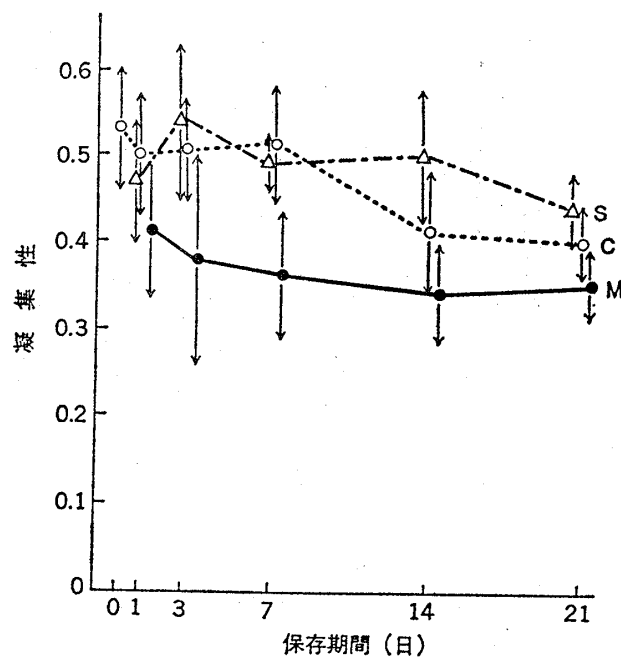


図 3. カマスサワラ肉の味噌漬け処理保存による凝集性の変化
M, 味噌漬肉; C, 無処理肉; S, 2%食塩添加肉; プランジャー, 円柱型 (直径 13mm); クリアランス, 6mm

理^{27,28)}して加熱後, テクスチュロメーターで硬さ, 凝集性を測定し, また生肉を用いて肉の崩れ易さを測定し, 肉の物性の変化を知ろうとした。カマスサワラのみそ漬け肉の硬さ(図 2)は, みそ漬け処理後急に硬さが上昇し, その後は 21 日後まで徐々に低下した。食塩添加肉の硬さは 1 日後から 21 日後まで上昇したままであった。凝集性

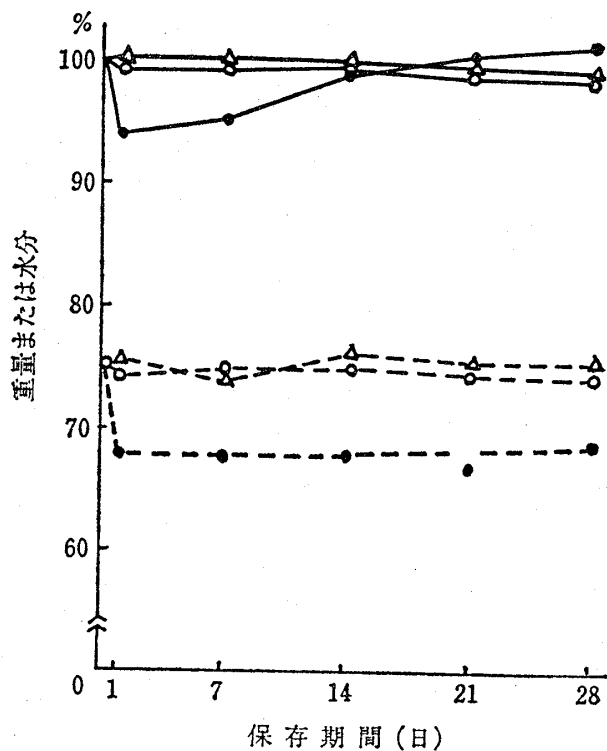


図 5. 魚肉粕漬け保存中の重量および水分の変化
●粕漬肉, ○無処理肉, △食塩添加肉, —重量, —水分

(図 3) は, 無処理肉や食塩添加肉よりかなり低かった。さらに, 筋肉の崩れ易さ(図 4)は, みそ漬け肉で 14 日後に筋肉が短かく崩れるのがみられ, 28 日後までさらに筋肉の短片化がみられた。したがって, 魚肉はみそ

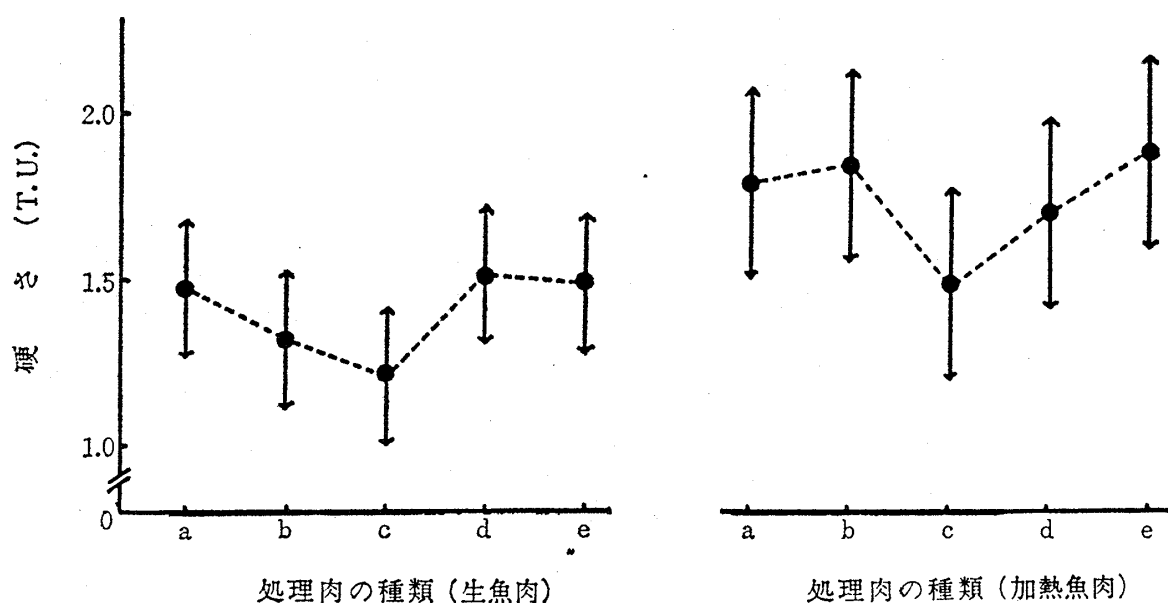


図 6. 魚肉の硬さにおよぼす漬け汁の影響 (硬さ-V)

a, 無処理肉; b, しょうゆ漬肉; c, ショウガ汁添加しょうゆ漬肉; d, 加熱ショウガ汁添加しょうゆ漬肉; e, 食塩水漬肉, 矢印は95%信頼区間を示す。

漬け処理によって、漬け込み初期には硬さが上昇するが、その後低下し、肉がやわらかく、脆くなっている。

サワラ肉、カマスサワラ肉の粕漬け処理においても、同じような傾向、すなわち、漬け込み初期には硬さが上昇し、7日、または14日後から急に硬さが低下した。

このような肉の硬さの変化には、水分の増減が関係することと考えられたので、水分と重量の変化をみると(図5)、みそ漬け処理、粕漬け処理ともに漬け込み初期すなわち1~2日後には魚肉重量が減少し、その後徐々に増加し、原材料の重量またはそれ以上になる。一方魚肉の水分は、1~2日後に減少し、その後はほとんど変化はみられない。このことは、魚肉(水分約70~75%)をみそまたは酒粕(いずれも水分約50%)に漬けると、魚肉は脱水され、みそまたは酒粕に移行し、両者の水分はほぼ平衡状態になる。そして、魚肉は粕漬けの際に添加した食塩、またみその食塩によって保水性を増し、魚肉と平衡状態にあるみそまたは酒粕の成分と水分をともに吸収するものと考えられる。漬け床であるみそまたは酒粕の重量が減少し続けること²⁵⁾、みそ漬け肉のアミノ酸パターンがみそのパターンに類似してくること²⁴⁾などからも推定できる。

3) しょうゆ漬け肉の硬さと断片化率

バショウカジキのしょうゆ漬け肉では、ショウガ汁を添加したとき、最も硬さが低下した(図6)。そして、肉の断片化率を求めたときも、ショウガ汁添加肉の筋原纖

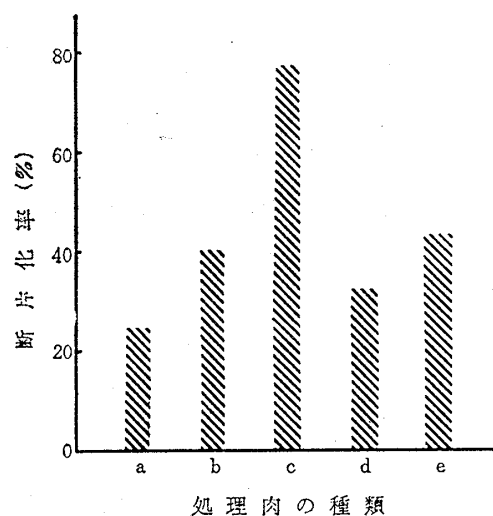


図 7. しょうゆ漬魚肉の筋原纖維断片化率

a, 無処理肉; b, しょうゆ漬肉; c, ショウガ汁添加しょうゆ漬肉; d, 加熱ショウガ汁添加しょうゆ漬肉; e, 食塩水漬肉

(F): サルコメア数が4個およびそれ以下の筋原纖維の数, (Σ): 観察した筋原纖維の数, 断片化率 = $\{(F)/(\Sigma)\} \times 100$ とした。

維が切断され易くなっていた(図7)。したがって、しょうゆ漬け肉では、ショウガ汁を添加することによって、香味だけでなく、テクスチャーにも変化を与え、嗜好性を向上させていることが知られた²⁹⁾。

魚肉の漬物におけるテクスチャーとタンパク質の変化

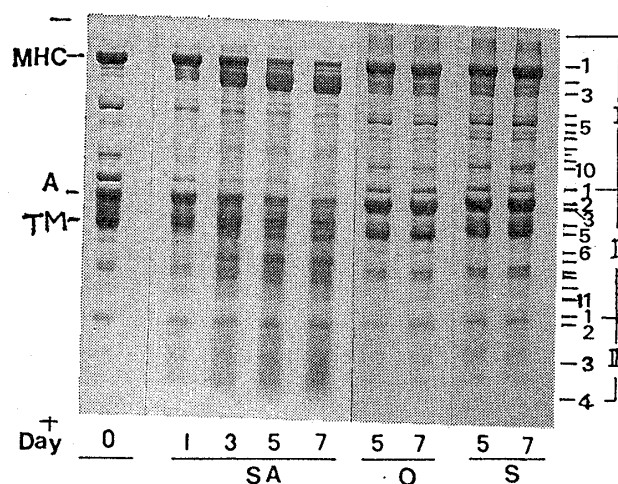


図 8. サバ肉の電気泳動図

AS, 酢漬け肉; O, 無処理肉; S, 食塩添加肉; MHC, ミオシン重鎖; A, アクチン; TM, トロポミオシン

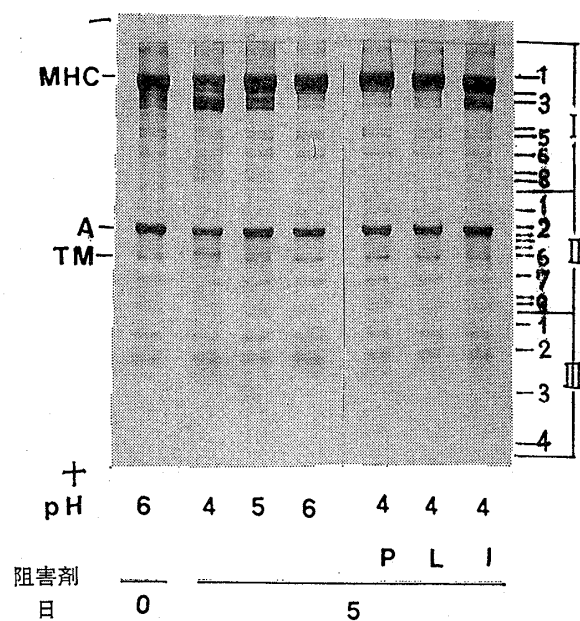


図 9. サバ肉アクトミオシン試料の電気泳動図

MHC, A, TM は図 8 に同じ

P, ペプスタチンA; L, ロイペプチン, I モノヨード酢酸

4. 魚肉タンパク質の分解

魚肉の漬物処理中に魚肉のテクスチャーに変化が生じていることは、その主な構成成分である魚肉タンパク質が何らかの変化をしたことに起因すると考えた。そこで、各処理肉からタンパク質を抽出し、その抽出率を測定し、SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動分析 (PAGE) を行い、タンパク質に変化が生じているかどうか調べた。

1) サバ肉の酢漬け処理によるタンパク質の分解

サバ肉は酢漬け処理1日後からタンパク質の一部が分

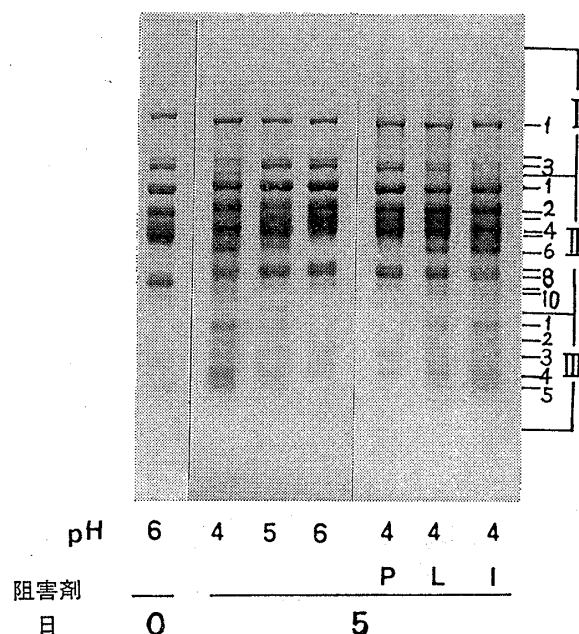


図10. サバ肉水溶性タンパク質の電気泳動図

記号は図9に同じ

解しているのがみられた (図8)。無処理肉および食塩添加肉には分解がほとんどみられないことから、酸処理をすることが分解の原因であると考えた。そこで、新鮮なサバ肉からアクトミオシン区分 (AM)、水溶性タンパク質区分 (SP) を抽出して 0.1M 塩化カリウム溶液にして試料にし、酸性処理を行うと、AM 試料では (図9)、分子量の大きいミオシン重鎖 (分子量20万) が減少し、分子量15万くらいの成分 I-3 が増加した。アクチンが減少し、成分 III-2 以下の分子量の小さい成分が増加した。これらは、タンパク質が分解していることを示している。このような変化は、pH 4 においてみられ、pH 5, 6 と pH の上昇に伴って減少した。また、pH 4 に調整してこれにタンパク質分解酵素の阻害剤を加えてみると、ペプスタチンAを添加したとき、分解は大いに阻害され、ロイペプチンの添加でかなり阻害された。しかし、モノヨード酢酸の添加では分解がかなりみられた。

サバ肉の SP 試料においても (図10) 同様の分解と阻害剤による効果がみられた。ヒラメ肉の水溶性成分も酸性にして保存すると分解することが知られている⁸⁰⁾。このように、酸性域においてのみ分解がみられることは、魚肉の中に存在する酸性プロテイナーゼ⁸¹⁻⁸⁴⁾ が酸性処理によって活性化され、タンパク質に作用したことが考えられる。そして、タンパク質分解酵素阻害剤の添加によって分解が抑制されたことによってこのことが確かめられた。リゾソーム中のペプチド分解酵素と筋肉タンパ

表 1. リゾソーム内のペプチド加水分解酵素と筋肉タンパク質への作用

種 類	タイプ	活性側鎖	pH	筋肉内	作 用
カルボキシペプチダーゼA	エキソ	-OH	5.0—5.5	○	ミオシン, ミオグロビン
カテプシンB	エンド	-SH	4.0—6.0	○	アクチン, ミオシン, 未変性筋原せんい, コラーゲン
カルボキシペプチダーゼB	エキソ	-SH	5.0—6.0	○	—
ジペプチジルアミノ ペプチダーゼI	エキソ	-SH	5.0—6.0	○	—
カテプシンD	エンド	-COOH	3.0—5.0	○	アクチン, ミオシン, 未変性筋原せんい
カテプシンE	エンド	-COOH	2.5—3.5	—	—
カテプシンG	エンド	-OH	6.5—7.5	—	コラーゲン, エラスチン, フィブロンネクチン
カテプシンH	エンド	-SH	5.5—6.5	○	アクチン, ミオシン
カテプシンL	エンド	-SH	3.0—4.0	—	アクチン, α -アクチニン, ミオシン, トロポニン, コラーゲン

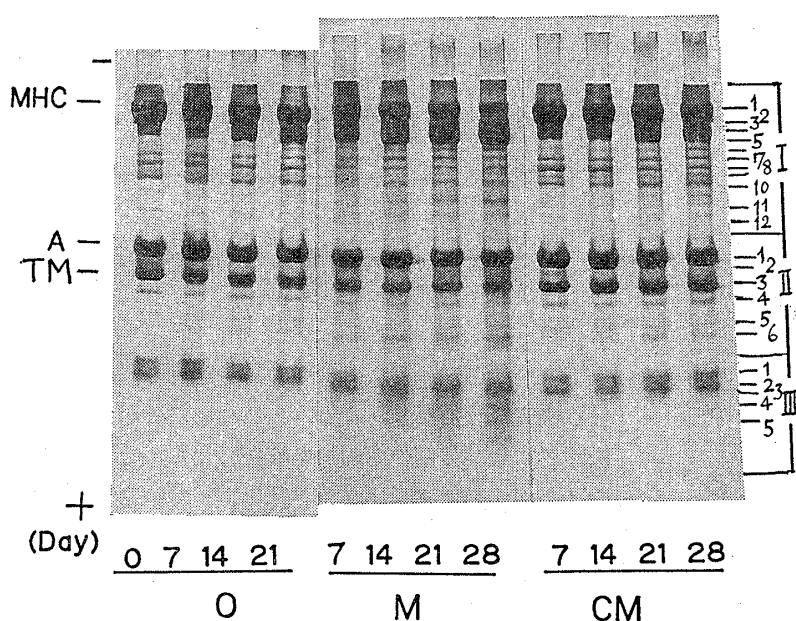


図11. サワラみそ漬肉, アクトミオシンの電気泳動図

O, 無処理; M, みそ漬肉; CM, 加熱みそ漬肉; MHC, ミオシン重鎖; A, アクチン; TM, トロポミオシン

ク質への作用は, Goll ら³⁵⁾によって表1のようにまとめられている。

従って酢漬け処理によって魚肉タンパク質のAM, SP, とも分解しており, これらが酢漬け肉のテクスチャー変化に参与しているものと考えられる。

2) みそ漬け肉, 粕漬け肉におけるタンパク質の分解

サワラまたはカマスサワラ肉をみそ漬け処理, または粕漬け処理し, AM 区分と SP 区分を抽出して試料とした。タンパク質が変性しているかどうか知ろうとして, 抽出率を測定し, 粘度を測定した。抽出率は, みそ漬けまたは粕漬け処理による影響はほとんどなく, むしろ, 原料の冷凍³⁶⁾や食塩添加の影響³⁷⁾がみられた。AM 試料の粘度は, 粕漬け肉や食塩添加肉で無処理肉よりもやや高く, 食塩添加によってアクトミオシンのフィラメントではみかけの形状が非対称度の低いものになっているこ

とが推定された²⁷⁾。

サワラみそ漬け肉 AM 試料の SDS-PAGE (図11) では, ミオシン重鎖 (MHC) およびトロポミオシン (TM) が分解し, 低分子量の成分が増加しているのがみられた。100°C で2時間加熱したみそに漬けた肉では, 28日間保存したときにもこのような分解はみられなかった。SP 試料の SDS-PAGE によって, 同様にみそ漬け肉にのみ分解が見られた。

これらを確認するために, 新鮮なサワラ肉から AM, SP を抽出して試料にし, みその粗酵素液すなわち, みそに水を加えて攪拌し遠心分離した上澄液を加えて 37°C で保存した (図12)。AM 試料では, ミオシン重鎖, アクチン, トロポミオンが分解をしていた。

加熱したみその粗酵素液を添加したとき, 分解はわずかであった。SP₂ 試料においても同じである。従ってみそには, AM を分解する強力な酵素があり, この酵素はみそ漬け処理中に魚肉タンパク質を分解する。このことがみそ漬け肉のテクスチャー変化に影響していることが考えられる。

粕漬け肉においても, みそ漬け肉においてみられた分解と同様に, AM, SP の分解がみられた。AM および SP 試料に酒粕の粗酵素液を添加すると (図13, 14), いずれも分解した。この分解は, ペプスタチンAの添加で大いに抑制され, モノヨード酢酸の添加でわずかに抑制された。従って粕漬け処理による魚肉タンパク質の分解は酵素によるものであるといえる。

みそや酒粕には多くの酵素が存在することが知られている。これらは, みそや清酒製造の際に加えられる麴や酵母に由来するものである³⁸⁻⁴³⁾。これらの酵素がみそ漬

魚肉の漬物におけるテクスチャーとタンパク質の変化

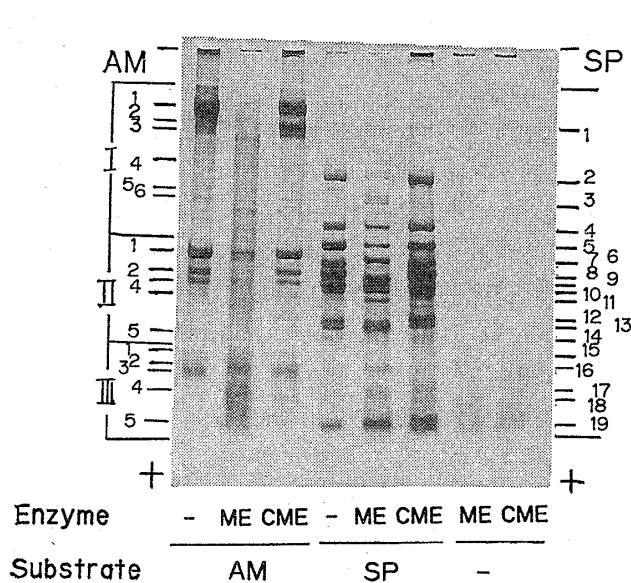


図12. サワラ肉アクトミオシン、水溶性タンパク質にみそ粗酵素を添加したときの電気泳動図

AM, アクトミオシン試料; SP, 水溶性タンパク質試料;
ME, みそ粗酵素液; CME, 加熱みそ粗酵素液
37°C, 15分間保存

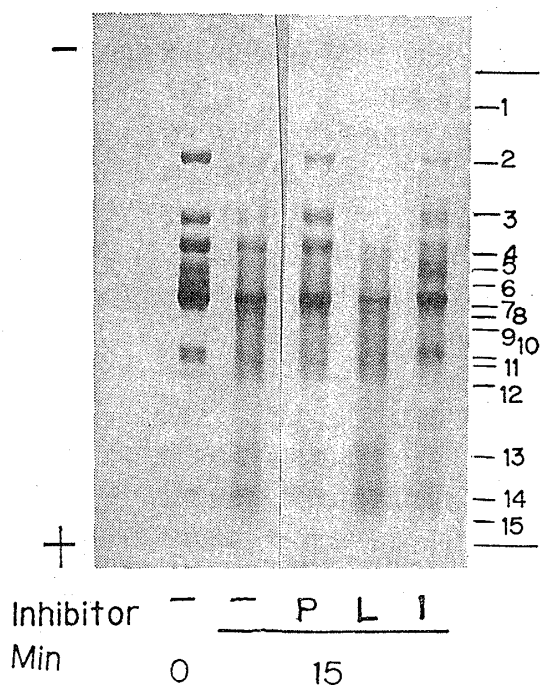


図14. サワラ肉水溶性タンパク質に酒粕粗酵素液を添加したときの電気泳動図

37°C, 15分間保存, 記号は図9に同じ

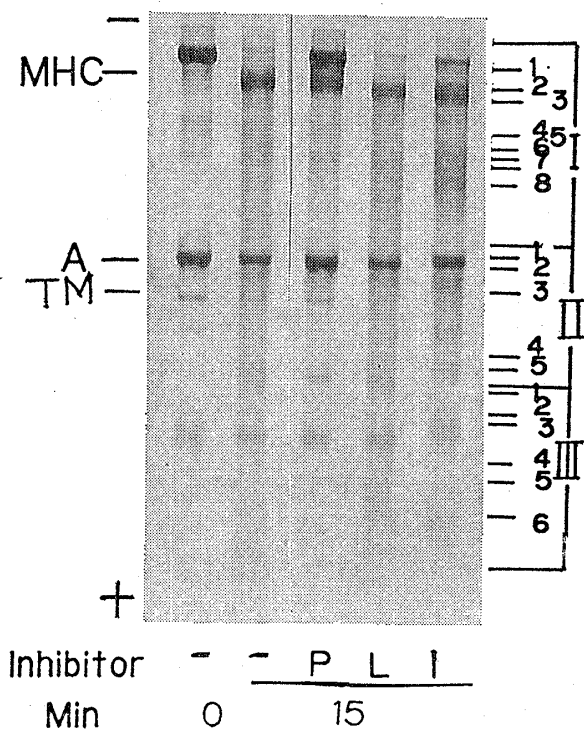


図13. サワラ肉アクトミオシンに酒粕粗酵素液を添加したときの電気泳動図

37°C, 15分間保存, 記号は図9に同じ

け処理, 粕漬け処理中に魚肉タンパク質を分解し, それによってみそ漬け肉, 粕漬け肉のテクスチャー変化が生じるものと考えられる。

3) しょうゆ漬け肉のタンパク質の分解

魚肉しょうゆ漬け肉では多くの場合ショウガの薄切り, 細切りを加える。バショウカジキのしょうゆ漬け処理の際にショウガ汁を添加すると, ショウガ汁添加肉にのみタンパク質の分解がみられた。加熱したショウガ汁の添加では分解は起こらない。物性の測定において, ショウガ汁添加肉にのみ硬さの低下, 筋原繊維の断片化率の上昇がみられたことから, しょうゆ漬け肉のタンパク質がショウガのプロテイナーゼ^{44,45)}によって分解されたことが物性変化の要因であると考えられる。

魚肉の漬物, とくに酢漬け, みそ漬け, 粕漬けおよびしょうゆ漬けでは, それぞれの処理中に好ましい風味のほかに独特のテクスチャーをもつ肉質になっている。この肉質の変化には, 酢漬け肉では魚肉タンパク質の酸と塩による凝集のほかに, 肉そのものに含まれている酵素が活性化してタンパク質を分解することが, 大いに関与している。みそ漬け肉, 粕漬け肉ではみそおよび酒粕に含まれている酵素によって, またしょうゆ漬け肉では同時に加えるショウガの酵素によって, 魚肉タンパク質が分解され, これが肉質の変化をもたらしている主なる要因であると考えられる。

文 献

- 1) 国史大系, 39巻 (国史大系編修会編), p.759-902 吉川弘文館 (1978)
- 2) 源順: 倭名類聚鈔, 本文編 (京都大学国文学研究室編) p.732-779, 臨川書店 (1968)
- 3) 石毛直道, ケネス・ラドル: 東アジアの食事文化, p.182-183, 平凡社 (1985)
- 4) G. Campbell-Platt: Fermented Foods of the World. p. 12, 68, 87, 148, 197, Butterworths (1987)
- 5) 松下憲治: 農化, **13**, 629 (1937)
- 6) 阿部輝雄, 露木英男: 日食工誌, **14**, 78 (1967)
- 7) 阿部輝雄, 露木英男: 日食工誌, **18**, 24 (1971)
- 8) 大野悦子, 浅野元一: 秋田大学教育学部紀要, **18**, 81 (1968)
- 9) 大野悦子, 清野元一: 秋田大学教育学部紀要, **19**, 85 (1969)
- 10) 浅野元一: 秋田大学教育学部紀要, **23**, 123(1973)
- 11) 阿部輝雄, 露木英男: 日食工誌, **16**, 560 (1969)
- 12) 阿部輝雄, 露木英男: 日食工誌 **16**, 78 (1969)
- 13) 小沢千恵子: 日水誌, **52**, 2177 (1986)
- 14) 和田俊, 小泉千秋: 日水誌, **52**, 1035 (1986)
- 15) 野地玲子, 真藤由美子: 福岡女学院短大紀要, **19**, 201 (1983)
- 16) 山瀬登: 食の科学, **32**, 36 (1976) より
- 17) 下村道子, 島田邦子, 鈴木多香枝, 板橋文代: 家政誌, **24**, 516 (1973)
- 18) 下村道子, 松本重一郎: 日水誌, **51**, 583 (1985)
- 19) K. Bailey: *Advances in Protein Chemistry*, **1**, Academic Press, p.296 (1949)
- 20) 野口栄三郎, 尾藤方通: 日水誌, **14**, 237 (1949)
- 21) 下村道子: *New Food Industry*, **29**(8), 55(1987)
- 22) 下村道子, 松本重一郎: 日水誌, **53**, 627 (1987)
- 23) 下村道子, 高橋ユリア, 松本重一郎: 家政誌, **38**, 13 (1987)
- 24) 伊東清枝, 新井映子, 福家眞也: 家政誌, **38**, 267 (1987)
- 25) 下村道子, 下坂智恵, 山崎清子: 家政誌, **35**, 611 (1984)
- 26) 下村道子, 常木悦, 板橋文代, 松本重一郎: 調理科学, **17**, 105 (1984)
- 27) 下村道子, 松本重一郎: 日水誌, **51**, 783 (1985)
- 28) 下村道子, 松本重一郎: 家政誌, **35**, 687 (1984)
- 29) 下村道子, 下坂智恵: 調理科学, **19**, 295 (1986)
- 30) G. M. Geist and D. L. Crawford: *J. Food Sci.*, **39**, 548 (1959)
- 31) 斎藤要, 鮫島宗雄: 日水誌, **24**, 201 (1958)
- 32) C.Y.Ting, A.W.Montgomery, and A. F. Anglemier: *J. Food Sci.*, **33**, 617 (1968)
- 33) Y.Makinodan, T. Akasaka and S. Ikeda: *J.Food Sci.*, **47**, 647 (1982)
- 34) R. McLay: *J. Sci, Food Agric.*, **31**, 1050(1980)
- 35) D. E. Goll, Y. Otsuka, P. P. Nagainis, S. K. Sathe, D. J. Shannon and M. Muguruma: *Biochem. Society Transaction*, **10**, 280(1982) より
- 36) W. J. Dyer: *Food Res.*, **16**, 522 (1951)
- 37) J. W. Duerr and W. Dyer: *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **8**, 325 (1952)
- 38) 海老根英雄: 食の科学, **86**, 30 (1985)
- 39) 佐無田隆, 鈴木英弥, 徳田耕二, 橋爪克己, 黒須猛行, 志永伸一, 上田護国, 桑原健治, 津川光昭, 伊藤康, 泉谷武信, 田中康, 品川浩, 菅間誠之助: 醸協, **76**, 54 (1981)
- 40) 外村健三: 農化, **40** (3), R 7 (1966)
- 41) 布川弥太郎, 岩野君夫: 醸協, **71**, 796 (1976)
- 42) 小泉武夫: 麴カビと麴の話, 光琳, 東京 (1984)
- 43) 春日井愛子: 大阪女子大学紀要, 生活理学編, **8**, 57 (1971)
- 44) 道喜美代, 大沢はま子, 中浜信子, 桜井幸子: 家政誌, **19**, 167 (1968)
- 45) 市川芳江, 佐々初世, 道喜美代: 栄養と食糧, **26**, 377 (1973)