

塩干品の製造工程中に起こる 筋肉タンパク質の変化に関する研究

学位論文内容の要旨

塩干品の製造は、新鮮な魚介類を高濃度の食塩に浸漬した後に乾燥するという単純な加工技術によってはいるが、その技術は昔からの経験的な判断に基づいており、この製造過程で魚肉中のそれぞれの成分がどのように変化し品質に影響しているか、またその変化に対してどのような要因が関与しているか、などの学問上の原理は未だ確立されていない。このような問題点が明らかにされることは、優れた品質の塩干品を製造する技術の開発に対して多大な貢献をなすばかりでなく、魚介類を加工処理するために必要な科学的原理の解明の一助になると考えられる。

これまで塩干品の製造技術と品質に関して若干の研究はあるが、魚肉の成分中の約20%を占めているタンパク質の動きに関する研究は見られない。しかし、水産物製品のゲル物性とタンパク質の変化に関する研究の成果を参考にすると、塩干品のタンパク質の変化が呈味成分の保持や製品のゲル物性などの品質に対して大きく影響している可能性が予想される。それゆえ、著者は塩干品の製造過程で起こるタンパク質の変化について研究し、品質を考察することはきわめて重要であると考えて以下の研究を実施した。

研究に際して対象魚種は、主にスケトウダラの筋肉を使用し、一部マアジのそれと比較したが、得られた成果は以下のとおりである。

- (1) スケトウダラの細切肉、挽肉およびすり身を試料とし、透析チューブに入れ、NaCl溶液に対して塩漬する際の筋原線維(Mf)タンパク質の生化学的变化について検討した。その結果、各試料の形態およびタンパク質濃度が異なるにも関わらず、塩漬により魚肉中のミオシン重鎖(HC)は多量体を形成することが明らかとなり、その多量化は、試料中のMf-Ca-ATPase全活性が高く、ミオシンHC濃度が高い程、強く起こることが示された。またすり身のように細砕した魚肉の場合だけでなく、挽肉や細切肉のように、筋肉の見かけの構造をある程度保ったままでも、塩漬によってミオシンHCの多量化が起こる事実が初め

て明らかになった。すでに塩ずり身の坐りの過程ではミオシン HC が多量化し、これがかまぼこ製品のゲル物性に寄与し、品質に影響を及ぼすことが知られているので、塩漬処理を経て作られる加工食品の品質にも影響している可能性は高いものと推定された。

- (2) 異なる時間塩漬し、種々の塩濃度としたスケトウダラ細切肉を、一定温度（30℃）で乾燥し、その際に起こる Mf タンパク質の変化について検討した。その結果、乾燥処理は塩漬で起こったミオシン HC の多量化反応をさらに顕著に進行させる事実を明らかにしたが、この変化は塩漬処理後の魚肉を供試した場合にのみ起こることを確かめた。それゆえ、塩干品の品質の中、特にその物性は塩漬と乾燥の過程で起こるミオシン HC の多量化の度合を調節することによって制御できる可能性は大きいと推定された。加えて、長時間塩漬した魚肉を乾燥する場合は SDS-尿素混液に可溶化しなくなるようなミオシン HC の巨大な多量体（HCnⁿ）を生成することを認めた。
- (3) 塩漬肉の乾燥に際して、乾燥温度を変えたときのミオシン HC 多量体の生成について詳しく検討した。その結果、30℃以下の低温の場合に比べて、より高い40℃や50℃の高温で乾燥した場合は、ミオシン HC 多量体は形成するものの、SDS-電気泳動ゲル中には侵入できないような大きな多量体成分（HCnⁿ'）の生成はむしろ減少し、多量化反応の進行が抑制されるように見受けられた。官能評価によると、30℃で乾燥した場合は透明感と弾力のある製品であるのに対して、40℃以上で乾燥した場合は白濁してもろい物性の製品となった。
- (4) 塩漬肉の加熱乾燥中に起こる変化が、乾燥と加熱のいずれによって起こるかを明らかにするために検討し、生成するミオシン HC 多量体の量と組成に明確な差異が見られることから、乾燥中の多量体の生成の方が、加熱の場合よりも抑制を受けている事実を明らかにした。
- (5) マアジの魚肉を塩漬する際の Mf タンパク質の生化学的変化について、スケトウダラの場合と比較検討したところ、特にミオシン HC の多量化は起こりにくい傾向にあることを認めた。しかしミオシン HC の減少量およびその多量体の生成量は、両魚種の場合ともに、塩漬液中の塩濃度だけでは決定されず、魚肉中の塩漬歴（塩濃度×塩漬時間の積算値）に依存し、決定されることが見い出された。
- (6) マアジの塩漬肉を乾燥する際の変化について検討した。その結果、スケトウダラの場合のように、ミオシン HC 多量化反応がさらに促進されるようなことはなく、魚種による反応性の差がここでも認められた。この反応性の相違は実際に市販されている両魚種の塩干品の品質上の特徴に現われていると推定された。
- (7) スケトウダラ筋肉について、塩漬した後低温（15℃）で乾燥する場合の Mf タンパク質に

起こる生化学的変化について検討を加えた。その結果、塩漬と乾燥の両過程におけるミオシン HC の多量化反応は、いずれも塩漬歴によって律速されていることを認めた。なお、官能評価による製品の食感とミオシン HC の多量化の度合とは強く関わりと判断されるので、この関係は塩干品の製造工程の科学的管理を行うために極めて有用と推定された。

- (8) 塩干品の製造工程中に起こるミオシン HC の多量化の度合が強く起こる条件と、起こりにくい条件下において製造調製した塩干品について、製品中の呈味成分の動きについて検討を加えた。その結果、魚肉中の呈味成分は、塩漬後の乾燥の過程で動的に大きく変化し、乾燥温度によっても影響を受けるが、特に IMP などの酸可溶性核酸成分は酵素作用により変化してゆくこと、またその含量と組成はミオシン HC 多量体の形成とも関連している可能性が高いことが示唆された。言い換えれば、呈味成分を保持するようなタンパク質の立体構造の形成が製品の品質に関わっていると推定された。呈味成分をミオシン HC 多量体の構造内部に閉じ込めることにより、製品の味およびテクスチャーの向上が望めるかも知れない。

本研究では塩干品を研究の対象として取り上げ、NaCl と Mf タンパク質との相互反応が製品の品質を制御している事実を示したが、形成されるタンパク質の高次構造と、その中への呈味成分の取り込みなどに関してさらに検討することにより、食品学的に極めて重要で、新しい知見を得ることができると考えられる。

学位論文審査の要旨

主査	教授	新井健一
副査	教授	信濃晴雄
副査	教授	関伸夫
副査	助教授	沼倉忠弘
副査	助教授	猪上徳雄
副査	助教授	今野久仁彦

新鮮な魚介類を高濃度の食塩に浸漬後に乾燥すると、いわゆる塩干品が製造されるが、この製造過程において魚肉中の各種成分、特にその構成タンパク質がどのように変化し、製品の品質に影響しているかについては未だ明らかではない。このような問題点を明らかにすることは、優れ

た品質の塩干品を製造する技術の開発に際して多大な貢献をなすものと考えられる。一方、これまでに報じられた冷凍すり身の製造過程における魚肉タンパク質の変化や水産物製品の製造過程におけるゲル物性とタンパク質の変化に関する研究の成果を参照すると、塩干品の製造工程に起こる筋原線維（Mf）タンパク質の変化が呈味成分の保持や製品のゲル物性などの品質に対して影響している可能性が極めて大きいと推定される。本論文はそのような視点に立って行われた研究の成果であるが、得られた結果の中、審査員一同が特に高く評価した点は以下のとおりである。

- (1) スケトウダラの細切肉、挽肉およびすり身を試料とし、透析チューブに入れて NaCl 溶液に対して塩漬すると、供試肉の形態が異なるにも関わらず、塩漬により魚肉中のミオシン重鎖（HC）は多量体を形成すること、そしてその多量化反応は、試料中の Mf Ca-ATPase 全活性が高く、ミオシン HC 濃度が高い程、強く起こることを見出した。挽肉や細切肉のように筋肉の構造をある程度保ったままでも、塩漬によってミオシン HC の多量化が起こる事実が初めて明らかになった。すでに塩すり身の坐りの過程ではミオシン HC が多量化し、これらがかまぼこ製品のゲル物性に寄与し、品質に影響を及ぼすことが知られているので、塩漬処理を経て作られる塩干品の品質にも寄与している可能性が推定される。
- (2) 異なる時間塩漬して種々の塩濃度としたスケトウダラ細切肉を、一定温度（30℃）で乾燥すると、塩漬中に起こったミオシン HC の多量化反応が乾燥処理中にもさらに顕著に進行する事実を明らかにした。この現象は塩漬処理した魚肉を供試した場合にのみ起こることを確かめた。加えて、長時間塩漬した魚肉を乾燥する場合は SDS-尿素混液に可溶化しなくなるようなミオシン HC の巨大な多量体を生成することをも認めた。
- (3) スケトウダラ塩漬肉の乾燥に際して、乾燥温度を変えたときのミオシン HC 多量体の生成について詳しく検討したところ、30℃以下の低温の場合に比べて、より高い40℃や50℃の高温で乾燥した場合は、ミオシン HC 多量体は形成されるものの、分子サイズの大きな多量体成分の生成量はむしろ減少し、多量化反応の進行が抑制されることを知った。官能的な評価によると、30℃で乾燥した場合は透明感と弾力のある製品となるのに対して、40℃以上で乾燥した場合は白濁したもろい物性の製品となり、ミオシン HC の多量化と良く対応するように思われた。
- (4) スケトウダラ塩漬肉の加熱乾燥中の Mf タンパク質の変化が乾燥と加熱のいずれの要因に強く依存しているかを確かめる実験を行った。その結果、Mf Ca-ATPase の失活速度、およびミオシン HC 多量体の生成量と組成に明確な差異が見られることから、加熱乾燥に伴って起こる変化は、単なる加熱による場合よりもむしろ遅く、塩濃縮により抑制を受けている事実

を明らかにした。

(5) スケトウダラ筋肉を上記のように塩漬した後、低温（15℃）で乾燥する場合、塩漬と乾燥の両過程において起こるミオシン HC の多量化反応は、いずれも魚肉の塩漬歴（魚肉の塩濃度×その濃度におかれた時間）によって制御されていることを明らかにした。なお、官能評価による製品の物性と同魚肉中のミオシン HC の多量化の度合とは強く関わると判断されるので、この関係は塩干品の製造工程を科学的に管理するために極めて有効と考えられる。

(6) 塩干品の製造工程中にミオシン HC の多量化が強く起こる条件と起こりにくい条件下において製造した製品中の呈味成分の挙動を比べると、魚肉中の呈味成分は、特に塩漬後の乾燥の過程で動的に大きく変化し、乾燥温度によっても影響を受けること、特に IMP などの酸可溶性核酸成分は酵素作用により変化してゆくこと、またその含量と組成はミオシン HC の多量化反応の進行とも関連していることが示唆された。言い換えれば、呈味成分を保持するような Mf タンパク質の立体構造の形成が製品の品質に関わっていると推定される。

本研究は、塩干品について、NaCl と Mf タンパク質間の反応の結果として形成されるタンパク質の高次構造と、その中への呈味成分の取り込みに関してより詳細な検討をすることにより、その品質規格をタンパク質化学的な視点から確立することが可能であることを明らかにした。これらの知見は、塩干品だけではなく、各種の水産加工食品の製造工程を制御し、製品の品質を管理するために極めて有用なものである。以上の点を高く評価して、審査員一同は、申請者が博士（水産学）の学位を授与される十分な資格があるものと判定した。