

学位論文題名

スルメイカ品質の新評価法と保持技術に関する研究

学位論文内容の要旨

水産物にとって鮮度は最も重要な品質要素である。魚類筋肉の死後の性状変化やそれに及ぼす環境要因が、K 値や硬直指数などの多くの鮮度指標を用いて研究されている。また、海産甲殻類や軟体動物などの鮮度についても研究が行なわれているが、イカの鮮度は可食限界を知る視点からの研究が多く、活イカの状態からの研究はほとんど無いのが現状である。さらにイカの品質要素には、物性、呈味などに加え、他の魚介類ではあまり問題とならない表皮の発色、肉の透明感などがあり、死後に起こるこれらの性状変化を、多面的に検討した例はなかった。本研究では、最も消費量の多い水産物であるスルメイカの鮮度を生かした高付加価値利用をはかることを目的として研究を実施した。本研究は3章からなり、第1章では活イカからの鮮度、品質変化を定量的に評価する新たな方法を確立し、これらの指標を駆使して活イカの死後変化を多面的に検討した。この成果に基づいてイカ鮮度と品質劣化の抑制技術の開発を行った。第2章ではイカ肉質の変化に影響する筋肉タンパク質の変性と安定化の機構について研究した。第3章では代表的イカ加工品として塩辛をとりあげ、食品学的研究を行った。

第1章では、最初に、高鮮度イカの新たな品質評価方法を開発し、保管中の鮮度変化について検討した。まず、イカの重要な品質要素である表皮の発色と身の透明感、肉の物性について測定方法の開発を行った。表皮の発色度合いはデジタル映像の画像解析により数値化できた。また肉の透明感は700nmにおける透過光の光散乱を試料の厚さで補正し濁度として表した。さらに肉の硬さは、筋繊維に対し垂直にステン板プランジャーを押し込み、歪率60%時の荷重で数値化でき、イカの品質変化の定量的な評価と考察が可能となった。

次に、活イカを即殺し、0℃に保管した際に起こる、これらの品質要素の変化を測定した結果、保管 12 時間以内に肉の厚さが最大となり、同時に物性値が最小となった。次いで、24 時間までに、表皮の発色と肉の濁度が最大となった。ATP も 24 時間後には消失した。K 値は保管開始時には 0%であったものが、24 時間後には 23%となった。従来、スルメイカは K 値の上昇が速いと言われていたが、今回の結果から魚類と変わらないことが確認された。また、保管 24 時間以内の高鮮度イカについては K 値では判別が難しく、ATP 含量の方が、鮮度指標として鋭敏であることが判明した。

これらの指標が変化する時間帯を検討すると、死後硬直を反映していると思われる肉の厚さが最大となる時間は ATP の消失よりも早く、イカは肉中の ATP 濃度が比較的高いうちに硬直することが特徴であった。また、肉の厚さが最大となった後にも濁度は上昇しており、肉の不透明化の原因は硬直に伴うミオシンとアクチンフィラメントの重なり合いによる光散乱に加え、別の原因も推定された。表皮の発色も外套膜の厚さの変化とは相関しなかった。一方、硬直と肉の硬さには相関があるように思えた。呈味成分として、遊離アミノ酸量の変化を測定したが、0℃、48 時間程度の保管では、大きな変化は認められなかった。魚類の重要な呈味成分であるイノシン酸(IMP)はほとんど蓄積されず、アデノシン一リン酸(AMP)が蓄積されることが特徴的であり、呈味の変化に影響していることが推測された。

上記の結果をふまえて、スルメイカ保管時の品質劣化の抑制技術開発のために、(1) 即殺方法、(2) 飼育水の曝気処理、(3) 締めた後の保管温度、(4) 保管時のイカの形態、(5) 保管時のガス環境、(6) 海水浸漬による保管などの影響を検討した。その結果、苦悶死よりも即殺死が、0℃よりも 5℃保管が、肉の透明感と物性の点で品質が保たれ、同時に ATP 含量も高かった。活き締め時のストレスや保管温度と、保管後の品質との関係はマダイなどで研究が行われており、今回のスルメイカの実験結果も同傾向であった。保管後の品質に及ぼす炭酸ガスと酸素ガスの影響について、イカが死ぬ前と後について、それぞれ実験を行った結果、炭酸ガス処理を行ったイカは保管後の肉の透明感と

ATP 含量が低かった。一方、酸素ガス処理を行ったイカは ATP 含量が高い結果となった。また、死んだ後のイカを冷却海水に浸漬して保管すると、24 時間後においても色素胞は接触などの刺激に対し反応を示した。イカを保管した際の ATP の消失と濁度の増加は一致しており、生き締め方法や保管環境を変えても、ATP 含量と肉の透明感には相関があった。ATP は生体内では好気的環境下で効率的に生産されているが、生きている段階でのガス処理が保管後の品質に影響を与えており、酸素ガス処理は ATP 濃度の維持と、その結果としての表皮の発色や外套膜筋の透明感の維持に有効な要素技術のひとつとして重要であると判断され、新技術への展開が期待される。

イカを保管した際、肉の透明感や食感は速やかに低下するが、筋肉タンパク質の主要成分であるミオシンとアクチンは、内因性プロテアーゼによる分解をほとんど受けなかった。このことは、透明感と食感の低下の主要因は、ミオシンやアクチンの断片化ではないことを示している。

第 2 章では筋原繊維タンパク質の熱変性に対する ATP の影響について検討を行った。筋細胞内には数ミリモル濃度の ATP が含まれており、筋肉運動のエネルギーとして利用されているが、筋原繊維タンパク質との相互作用を通して、筋原繊維タンパク質の構造に影響している。このことから、イカ筋原繊維タンパク質の熱変性に対する ATP とその関連化合物の効果を、Ca-ATPase 活性を指標として検討した。その結果、ATP は Mg^{2+} 共存下でミオシンの熱変性を強く抑制したが、ADP の抑制効果は比較的弱く、AMP と IMP は効果がなかった。すなわち、ATP 関連化合物による変性抑制には、ミオシンに対するこれら化合物のリン酸基の数に依存した親和力と、ミオシンの構造変化が関与していることが明らかとなった。一方、生体内ではミオシンはアクチンと結合して安定な状態にあることも知られている。ATP の類似化合物を用いた実験から、生体内において、弛緩状態の時、アクチンから解離しているミオシンは ATP により安定化され、また収縮あるいは死後硬直中はアクチンが結合し、ミオシンは安定化されており、いずれにしてもミオシンは安定な状態にあると判断された。

第 3 章では、道南地域のイカ塩辛生産量の全国に占める割合は約 24%であり、地域として重要なイカ加工品であることから、食品学および微生物学的特性など、総合的な見地から市販品の特性分析を行った。その結果、揮発性塩基窒素量、水分含量、色調(b^* 値)に差が見られ、道南産は見た目の黄色みが薄く、熟成の浅いものが多いと判断された。また、水分含量の差による食感の違いも予想された。塩分含量は平均 5.8%であり、過去の分析例と比較して低く、また、水分活性値は平均 0.93 と高い傾向を示していたことより、今後、製造および流通時の微生物制御が、いっそう重要となると判断された。一方、イカ塩辛において、食塩の添加とイカ肝臓の添加は、イカ肉ミオシンの分解を速め、低分子量化を加速し、物性や呈味性への影響が予想された。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 関 伸 夫
副 査 教 授 今 野 久 仁 彦
副 査 教 授 猪 上 徳 雄
副 査 助 教 授 埜 澤 尚 範

学 位 論 文 題 名

スルメイカ品質の新評価法と保持技術に関する研究

水産物にとって鮮度は最も重要な品質要素である。魚類については多くの鮮度指標を用いて研究がなされている。また、海産無脊椎動物の鮮度研究も行なわれているが、イカの鮮度は可食限界を知る視点からの研究が多く、活イカの状態からの研究はほとんど無いのが現状である。さらにイカの品質要素には、表皮の発色、肉の透明感、物性、呈味などがあり、死後に起こるこれらの性状変化を、多面的に検討した例はなかった。本研究は3章からなり、第1章ではスルメイカの鮮度、品質変化を定量的に評価する新たな方法を確立し、活イカの死後変化を多面的に検討した。イカの重要な品質要素である表皮の発色と肉の透明感と物性について測定方法を開発した。表皮の発色度合いはデジタル映像の画像解析により数値化できた。また肉の透明感は700nmにおける透過光の光散乱を試料の厚さで補正して表した。さらに物性(イカ肉の食感)は、筋繊維に対し垂直に板状プランジャーを押し込み、歪率60%時の荷重で数値化でき、イカの死後変化の定量的な評価と考察が可能となった。

次に、活イカを即殺し、0℃保管時のこれらの品質要素の変化を測定した結果、保管12時間以内に硬直による肉の厚さが最大となり、同時に物性値が最小となった。次いで、24時間後までに表皮の発色と肉の不透明化が進行し、濁度が最大となった。ATPも24時間後には消失した。イカは肉中のATP濃度が比較的高いうちに硬直することが特徴であった。鮮度指標K値は保管開始時には0%であったが、24時間後には23%となり、刺し身の鮮度限界に達したが、このような高鮮度イカの判別はK値では難しく、ATP含量の方が、指標として鋭敏であることが判明した。呈味成分として、遊離アミノ酸量の変化を測定したが、0℃、48時間程度の保管では、大きな変化は認められなかった。魚類の呈味成分であるイノシン酸 (IMP)はほとんど蓄積されず、アデノシンーリン酸(AMP)が蓄積されることが特徴的であり、呈味の変化に影響していることが推測された。

上記の結果をふまえて、スルメイカ保管時の品質劣化抑制のために、即殺方法、飼育水の曝気処理、締めた後の保管温度、保管時のイカの形態、保管時のガス環境、海水浸漬による保管などの影響を検討した。その結果、苦悶死よりも即殺死が、0℃よりも5℃保管が、肉の透明感と物性の点で品質が保たれ、同時に ATP 含量も高かった。ATP 含量と肉の透明感には相関があった。保管時の炭酸ガスと酸素ガスの影響を調べたところ、炭酸ガス処理を行ったイカは保管後の肉の透明感と ATP 含量が低かった。一方、酸素ガス処理では ATP 含量が高い結果となった。また、死んだ後のイカを冷却海水に浸漬して保管すると、24 時間後においても色素胞は接触などの刺激に対し反応を示した。酸素ガス処理はイカ肉の ATP 濃度の維持と、その結果としての表皮の発色や肉の透明感の維持に有効な要素技術として重要であり、新規保管技術としての展開が期待される。

第2章ではイカ肉質の変化に影響する筋肉タンパク質の変性と安定化の機構について、Ca-ATPase 活性を指標として検討した。その結果、ATP はミオシンの熱変性を強く抑制したが、ADP の抑制効果は比較的弱く、AMP と IMP は効果がなかった。ATP 類似化合物を用いた実験から、生体内において、弛緩状態の時、アクチンから解離しているミオシンは ATP により安定化され、また収縮あるいは死後硬直中はアクチンが結合し、ミオシンは安定化されており、いずれにしてもミオシンは安定な状態にあると判断された。一方、イカを保管した際、イカ肉は内因性プロテアーゼによる分解をほとんど受けなかったことから、透明感と食感の低下に肉タンパク質の分解は関与していなかった。

第3章では道南地域の重要なイカ加工品のひとつである塩辛の食品学および微生物学的特性など、総合的な見地から市販品の特性分析を行った。揮発性塩基窒素、水分含量、色調(b^* 値)に差が見られ、道南産は見た目の黄色みが薄く、熟成の浅いものが多かった。また、水分含量の差による食感の違いも予想された。塩分含量は平均5.8%であり、過去の分析例と比較して低く、また、水分活性値は平均0.93と高い傾向を示していた。水分活性により細菌の発育を調節するには0.90以下に保つ必要があると言われており、今後、製造や流通時の微生物制御が、いっそう重要となると判断された。

本研究は従来 of 可食限界を知る視点からの鮮度研究ではなく、活イカの高鮮度評価方法の新規開発と高鮮度維持技術について新たな知見を得ており、イカの品質向上と高度利用に寄与するところが非常に大きい。

したがって、審査員一同は本論文の審査結果に基づき博士(水産科学)の学位を授与される資格のあるものと判定した。