

高圧による魚肉加工

大洋漁業中央研究所 昌子 有

Bridgeman (1882-1961) が高圧 (7 kbar^{*}) 下における卵白の凝固について報告して以来、タンパク質や酵素に対する高圧の影響について多くの研究が行われてきた。最近になって、林らは、食品の高圧下での加圧処理が食品中の微生物の死滅や酵素の失活などに有効であることを示し、加圧処理が加熱に代わる食品の加工手段の一つとして注目されるようになった。しかし、これまで、高圧による魚肉の加工について研究された例は非常に少ない。演者らは、特に魚肉すり身の加工への高圧利用の研究を行ってきたが、ここでは、演者らの研究成果を中心に、従来の加熱による加工との相違点について論ずる。

高圧による魚肉の殺菌と外観の変化

タイやスケトウダラのような白身の魚種、イワシやマグロ、カツオなどの赤身の魚種、その他コイ、ベニサケ、イカ、エビ、オキアミ、アワビなどのなまの魚介肉をおよそ4 kbar以上の圧力で加圧処理すると、魚介肉中の微生物は殺菌されるが、その時の魚介肉の外観は明らかに変化する。魚介肉を加熱した時にも外観は変化するが、加圧処理による変化は加熱によるものとは異なり、いわゆる「なま煮え」的な感触を与える。

高圧による魚肉タンパク質の変性

以上のような加圧処理による「なま煮え」的に変化した魚介肉中のタンパク質の変化を調べるために、加圧処理による魚肉筋原線維 Ca-ATPase活性の変化を測定した。Ca-ATPase活性は、魚肉中の主要構成タンパク質の一つであるミオシンが示す酵素活性である。その結果、筋原線維 Ca-ATPase活性は、加圧処理時の圧力が大きいほど、また加圧時間が長いほど大きく失活し、2 kbar以上の圧力では速やかに完全に失活した。以上の結果は、加圧処理によって魚肉タンパク質が変性することを示している。

したがって、加圧処理によってなまの魚介肉が殺菌される際には、そのタンパク質の変性が伴うことになり、これは、加圧処理によっても魚の刺し身の殺菌は困難であることを示している。

* 従来から異なった圧力の単位が使用されてきたが、主な単位の関係を示すと、
1.0 kbar = 100 MPa = 986.9 atm = 1019.7 kg/cm² である。

魚肉すり身の加圧ゲル化

以上のような高圧による殺菌効果とタンパク質変性作用を同時に利用する用途を考えてみると、魚肉加工品では練り製品を挙げることができる。練り製品、特にカマボコは、その原料が主にスケトウダラ冷凍すり身であり、このすり身に食塩を添加してよく混合（塩ずり）してから加熱することによって、すり身中のタンパク質の変性とともにかまぼこ特有の弾力のあるゲルを形成させて製造される。加圧処理によって、魚肉タンパク質が変性することは既に述べたが、塩ずりしたすり身を、加熱の代わりに加圧処理するとカマボコと同様なゲル（加圧ゲル）が得られることが予想される。

塩ずりしたスケトウダラすり身を1から5 kbarの範囲の圧力で、0℃、10分間加圧処理した。その結果、2 kbar以上の圧力で加圧ゲルが得られたが、1 kbarの圧力では加圧処理時間を長くしてもゲルは得られなかった。加圧ゲルは、比較対照のために調製した加熱ゲル（カマボコ）に比較して破断強度^{*}が小さく柔らかいが、その割に凹み^{*}が大きくしなやかであった。また、その色調は、原料のすり身に似た透明感のある色調であり、白濁した加熱ゲルとは異なっていた。

以上のように、スケトウダラすり身の加圧ゲルは従来のカマボコとは弾力、色調などの点で異なった特徴を有していたが、イワシ、オキアミなどスケトウダラ以外の約20魚種のすり身からも、ほぼ2 kbar以上の圧力での加圧処理で、スケトウダラの場合と同様な特徴を持つ加圧ゲルが調製できた。

貯蔵中の加圧ゲルの変化

演者らは、スケトウダラすり身の加圧ゲルを低温（5℃）に貯蔵すると弾力が著しく増強される事実を見出した。すなわち、①加圧処理直後のゲルは破断強度が小さく柔らかいゲルであるが、②この加圧ゲルを常圧下5℃で貯蔵すると破断強度は経時的に著しく増加して固いゲルに変化した。また、凹みも増加し、よりしなやかなゲルになった。③一方、加熱ゲルでは、貯蔵中に弾力は変化しなかった。

この加圧ゲルの低温貯蔵中の弾力の変化を、ゲルを構成する魚肉タンパク質の面から調べた。すなわち、低温貯蔵中の加圧ゲル、あるいは加熱ゲルの一部を経時的に取り出し、タンパク質のSDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動分析に供した。その結果、①原料のすり身と加圧処理直後の加圧ゲルとの電気泳動パターンには大きな差は認められない、すなわち、加圧ゲルの調製（加圧処理）時には、電気泳動パターンはあまり変化しないが、②加圧ゲルの低温貯蔵中の著しい弾力

* 破断強度、凹み：一般に、カマボコの物性（弾力）を評価するには、レオメーターによるプランジャー押し込み試験が行われる。カマボコにプランジャーを押し込んでゆき、カマボコの組織が破壊された時点でのプランジャーにかかっていた荷重を破断強度、破壊までのプランジャーの移動距離を凹みという。カマボコの食感でいえば、破断強度は固さ、凹みはしなやかさの指標であるとされている。

の増強に伴って、電気泳動パターンが大きく変化した。その変化の内容は、ミオシン重鎖に相当する成分（HC）が減少し、それに伴って、HCより分子量の大きい成分（HC_m）が出現した。③加熱ゲルでは、その調製（加熱）時の弾力の形成に伴って電気泳動パターンが変化し、HCの減少とHC_mの出現が認められたが、低温貯蔵中は変化しなかった。既に、加熱ゲル中のタンパク質については、このHC_mがHCの多量体であり、加熱ゲル形成にHCの多量化が寄与していることが推定されているので、加圧ゲルの場合のHC_mもHCの多量体であり、加圧ゲル形成にもHCの多量化が寄与していると考えられる。

以上のように、加圧ゲルの構成タンパク質成分組成は、加熱ゲルのそれと類似しているが、加圧ゲルのでき方は加熱ゲルとは異なり、加熱ゲルの場合は、そのほとんどすべての弾力がその調製時に形成されるのに対して、加圧ゲルでは、その調製時よりも、むしろ調製後の低温貯蔵中に弾力が形成されることが分かった。

加圧ゲル化条件

スケトウダラすり身の加圧ゲルのゲル化（調製）条件を検討すると、塩ずりしたすり身を 0℃において、3 kbarで10分間、あるいは4 kbarで 5分間加圧処理し、引き続き 5℃の低温で約50時間貯蔵すると加圧ゲルの弾力は最大になり、その時の破断強度は加熱ゲルの約 3倍の2200-2400g、凹みは約 1.5倍の23mmに達した。したがって、弾力の大きい加圧ゲルを得るためには、低温での加圧処理に引き続く低温での貯蔵が必要条件である。

加圧処理は加熱と同様に魚肉タンパク質の変性を引き起こすが、魚肉すり身のゲル化に対しては異なった効果を発揮する。ゲル化に高圧を利用することによって、加圧処理時の圧力の大きさや加圧時間などの条件の他、処理後の貯蔵条件を組み合わせると、透明感のある、弾力の非常に大きい、従来のカマボコとは異なるゲルを作ることができる。このように、圧力が単なる加熱手段の代わりではないので、魚肉すり身の新しい加工技術として期待される。