

博士論文（要約）

魚肉すり身の坐り処理と加熱ゲル物性に関する研究

松岡 洋子

水産練り製品は日本の水産加工品の中でも最も生産量が多い伝統食品の一つである。水産練り製品の最も大きな特徴は「足」と呼ばれる独特の弾力で、この弾力は細かくした魚肉に食塩を加えて搗り潰し、成型した後、それぞれの製品に合わせた加熱処理をすることで形成される。製品にもよるが、この「足」は坐り処理と呼ばれる 40℃以下の中温域での予備的な加熱と、これに続く 75℃以上の高温加熱の二段階の加熱工程を経て形成される。坐り処理では、筋原線維中に最も多く存在するミオシン重鎖(MHC)を筋形質中のトランスグルタミナーゼが架橋結合する作用で弱い弾力が付与され、続く高温での二次加熱で強い弾力「足」をもつ加熱ゲルが形成される。後者の加熱ゲルの「足」は前者の坐り処理によって大きな影響を受ける。坐りはタンパク質変性をうまく利用したものであるが、魚類は変温動物で生息場所により環境水温が異なることから温度依存的なタンパク質変性には魚種特異性があり、様々な魚種を水産練り製品原料として加熱ゲルを調製するには、それぞれに最適な坐り処理の温度や時間を設定しなければならない。

本研究はこのような背景の下、高級蒸し板かまぼこの原料魚種シログチ、代表的な水産練り製品の原料魚種スケトウダラのほか、相模湾産の数種の漁獲魚を対象として、坐り処理温度と加熱ゲル物性の関係を調べたもので、得られた研究成果の概要は以下の通りである。

1. シログチ、スケトウダラおよびギスすり身の温浴加熱による坐り処理と加熱ゲル物性

シログチ、スケトウダラ、および伝統的な小田原蒸し板かまぼこの原料魚で相模湾産のギスのすり身を用いて、種々の温度で坐り処理して加熱ゲルを作製し、物性を比較した。まず、シログチ、ギスの落とし身を常法により水晒し、脱水を行った水晒し肉およびスケトウダラすり身 SA 級に、タンパク質濃度が 110mg/g(w/w)となるように加水し、終濃度 0.5mol/kg の NaCl を添加して塩ずりした。この塩ずり身につき、15～85℃で 5℃おきに、物性値のピーク周辺の 30～50℃では 2℃おきに、温浴加熱中で坐り処理を 30 分および 60 分を行い、さらに 85℃の温浴中に 20 分浸漬する二次加熱で加熱ゲルを調製し、その破断荷重および破断歪率を調べた。

シログチは、30 分坐り処理では 40℃付近、60 分処理では 38℃付近で加熱ゲルの破断荷重が最大値を示した。破断歪率は 30 分処理で 42℃、60 分処理では 38℃付近で最大値を示した。最大値を示した後、温度上昇に伴って破断荷重、破断歪率ともに低下し、65℃で最低値を示した。これら加熱ゲルを可溶化し、SDS-PAGE 分析したところ、34～44℃で 30 分坐り処理した加熱ゲルの MHC 単量体のバンドは薄く、SDS-PAGE ゲルの上部にゲル内部に入りきれないタンパク質が見られたことから、MHC は高度に重合していることが示唆された。60 分の坐り処理をした加熱ゲルは、30 分処理のものとは比べて重合も分解もより強く認められ、特に 50～70℃で MHC 分解物と考えられるバンドが多く

生じていたことから、酵素的な戻りの現象が生じたことが示された。

スケトウダラでは、30分坐り処理で36℃付近、60分処理では32℃で加熱ゲルの破断荷重は最大値を示し、破断歪率の最大値も30分処理で36℃、60分処理で32℃付近であった。また、シログチと同様に高温側で物性値が低下する傾向がみられたが、その程度はシログチに比べて小さかった。スケトウダラ加熱ゲルの SDS-PAGE 分析では、MHC 四量体のバンドが 25～48℃の坐り処理の試料で明瞭に見られ、重合が確認できたが、シログチで戻りが発生した 50℃より高温での坐り処理では分解物とみられるバンドの増加が見られなかったことから、酵素的戻りは発生しなかったと判断された。本研究で用いたスケトウダラすり身は工船 SA 級であり、現在入手できる製品の中では最も高品質であるが、シログチほど強いゲル形成能を示さなかった。

ギスはシログチやスケトウダラとは異なり、中温域での坐り処理では物性値の増大は認められず、30分の坐り処理では30～42℃、60分では30～38℃で加熱ゲルの破断荷重が坐り処理なしのものよりも低かった。32℃で60分坐り処理した加熱ゲルは破断荷重、破断歪率ともに最低値を示し、SDS-PAGE 分析においても MHC 分解物がみられたことから、この条件では坐りの効果よりも酵素的な戻りの影響が大きいことが明らかとなった。

2. シログチおよびスケトウダラすり身の通電加熱による坐り処理と加熱ゲル物性

温浴加熱では塩ずり身の均一加熱が困難で、坐り処理の温度制御を正確にできないことが加熱ゲルの物性評価に影響するものと推測された。そこで、急速で均一な加熱が可能で温浴加熱と比較して温度履歴の影響を小さくすることができる通電加熱による坐り処理の温度と加熱ゲル物性との関係を調べた。まず、通電加熱中の温度変化測定に適した温度計センサーと塩ずり身を収容するプラスチック製円筒管の選定を行った。絶縁されたセンサー温度計3種類を加熱中のすり身温度の測定に用いたところ、極細被覆温度センサーが最も正確に温度制御できた。そこで、このセンサーを用いて5～12cmの4種類の長さの円筒管を用いて通電したところ、短いものほど温度上昇速度が大きくなった。しかしながら、短いものでは加熱停止操作後の温度上昇に1℃以上の差異が生じたことから、この変化が1℃以内と最も小さかった長さ10cmの円筒管を用いることにした。さらに、円筒管の厚さについては、円筒管自体の温度の影響を避けるために厚さ1mmのものを用いることにした。

上述した装置を用いて、通電加熱によりシログチおよびスケトウダラの塩ずり身を種々の温度で坐り処理した後、加熱ゲルを作製し、物性を比較した。各冷凍すり身にタンパク質濃度が110mg/g(w/w)となるように加水し、終濃度0.5mol/kgのNaClを添加した後、塩ずりして円筒管に充填した。この塩ずり身につき、15～45℃で5℃おきに、物性値のピーク周辺の35℃付近では1℃おきに、通電加熱で温度上昇させた。次に、到達温度と同

じ温度の温浴中に 10 分間保持し、さらに 75℃までの通電加熱と 80℃、15 分の温浴加熱の二次加熱で得られた加熱ゲルの破断荷重および破断歪率を調べた。これらを先述の温浴加熱で 30 分坐り処理した加熱ゲルの破断荷重および破断歪率と比較した。シログチ加熱ゲルの破断荷重は、通電加熱では 38℃で最大値を示し、温浴加熱 30 分で最大値を示した 40℃よりやや低かった。一方、スケトウダラでは、通電加熱による坐り処理では 32℃で最大値を示し、温浴加熱での 36℃より大きく低下した。両すり身とも通電加熱で坐り処理した加熱ゲルの破断荷重の最大値は、温浴中で坐り処理した最大値よりも大きかった。なお、温浴加熱と同様に、通電加熱でもシログチはスケトウダラよりも強いゲル形成能を示すことが明らかになった。

重量比でシログチ:スケトウダラ=0:10、5:5、8:2、10:0 のすり身を通電加熱で坐り処理し、さらに二次加熱で調製した加熱ゲルの物性を調べた。破断荷重の最高値を示す坐り処理温度は、シログチ単独のものとはほぼ一致したが、30℃以下の低温域での坐り処理でも坐り処理しなかった加熱ゲルと比較して物性上昇が認められたことから、この温度域ではスケトウダラ単独のものと同様の坐り効果があることが明らかとなった。したがって、すり身を混合すると、加熱ゲルの物性には、いずれのすり身の坐り処理温度依存的な特性が現れることになる。

3. 相模湾産原料魚すり身の通電加熱による坐り処理と加熱ゲル物性

相模湾で時折大量に漁獲され、低・未利用魚となるヤマトカマス、イサキ、ゴマサバ、マルアジについて通電加熱により坐り処理を行って加熱ゲルを作製し、物性を比較した。各冷凍すり身に終濃度 0.5mol/kg の NaCl を添加した後、塩ずりして先述の円筒管に充填した。坐り処理のため 15~45℃で通電加熱した後、それぞれの温度の湯浴中に 10 分間保持し、さらに 75℃までの通電加熱と 80℃15 分の温浴加熱の二次加熱で加熱ゲルを調製した。これらの魚種は、代表的な原料魚のシログチやスケトウダラほど強い加熱ゲル形成能を示さなかった。特に赤身魚では加熱ゲルの形成には水分を低くする必要があった。破断荷重は白身魚のヤマトカマスとイサキではそれぞれ 36℃および 39℃の坐り処理で、赤身魚のゴマサバとマルアジでは 35℃および 40℃の坐り処理で最大値を示した。一方、破断歪率は、白身魚のヤマトカマスとイサキではそれぞれ 35℃および 39℃の坐り処理で、赤身魚のゴマサバとマルアジでは 34℃および 38℃の坐り処理で最大値を示した。これらの坐り処理条件が相模湾産低・未利用魚から加熱ゲルを調製する最適条件となる。相模湾内の同じ魚種でも、海流や水深等で生息温度域が変わる可能性があることから、加熱ゲル物性の坐り温度依存性については魚種ごとのさらに詳細な検討が必要と思われる。

以上、本研究により、シログチ、スケトウダラおよびギス各すり身の温浴加熱による坐り処理温度依存的な加熱ゲル物性を明らかにした。また、シログチとスケトウダラのすり身を対象に、通電加熱を用いて坐り処理温度を厳密に制御した結果、通電加熱で作製した加熱ゲルは温浴加熱よりも物性値が高く、低い温度で加熱ゲルの物性値が最大値を示した。さらに、相模湾産のヤマトカマス、イサキ、ゴマサバ、マルアジの4種の低利用魚種のすり身を対象に、加熱ゲルの物性が最大値を示す通電加熱による坐り処理温度を明らかにした。これらの成果は、水産練り製品製造の効率化および低・未利用魚資源の高度利用化に貢献するもので、食品化学に資するところが大きいと考えられる。