

冷凍メルルーサの解凍に関する研究 (第3報)

—水中無包装解凍 (外気温20℃)について—

齋藤 貴美子

はじめに

集団給食においては、種々の制約の中で常に一定の食事の質を維持していくことが要求される。それには計画的に管理していく必要があるが、なかでも材料、特に生鮮食品の価格変動が大きいことが、一定の予算の中に収めていくうえで大変難しさを増している。その対処策として、生鮮食品にくらべ価格安定、省力化にもつながる冷凍食品を効果的に利用することが、解決の一方法になると考える。

これを目的として、先に集団給食施設における利用の実態を調査してみたが、特に魚利用の場合大量がゆえに問題点もあり、利用しにくい点があることがわかった。冷凍食品の多くは一度解凍という操作が入って利用するため、その解凍方法により、味覚上または栄養的損失等にも差異が生じると思われる。

過去の文献を調べてみたが、集団給食施設での利用の実態にそくしたものは、皆無に等しかった。家庭用のものが対象であるが、文献が示す良い解凍法とは、ゆっくり解凍する緩慢解凍としているものが多い。この解凍法の例として冷蔵庫での解凍があげられるが、著者が行った集団給食施設での実態調査の結果では、この方法を利用していた施設は23.5%にすぎず、室温放置41.7%、無包装冷流水14.2%、無包装冷水6.4%、包装冷流水5.9%、電子レンジ2.9%、包装温水2.8%、包装冷水2.5%であった。

集団給食の場合、家庭と違って大量処理す

ることから、時間的な制約や解凍設備の有無などが大きく影響し、良い解凍法の条件として、速くて簡単なことが優先されているのが実情である。従来までの結果で緩慢解凍が良いとしている最大の理由は、凍結時に筋肉細胞外にできる水結が、解けて細胞や組織に再吸収される時間的余裕が与えられるとしているが、最近の冷凍魚は品質のレベルアップによって吸水から水と和までの時間が短縮され、10～20分から2時間で十分であるという報告¹⁾もでている。現場で実施されている解凍法はどのような方法なのか実験して明らかにし、今後集団給食施設で利用しやすい効率的な解凍方法を見だしたいと考える。

冷凍魚の解凍は解凍条件の影響が大きいと考え、実態調査の結果一番利用率の高かったメルルーサについて、解凍条件の違いにより解凍状況がどう影響をうけるか、前回までの常温(室温)放置、冷蔵庫内²⁾³⁾、電子レンジ、送風解凍⁴⁾⁵⁾にひきつづき、今回は水中無包装(外気温20℃)解凍の実験を試み、いくつかの結果を得たので報告する。なお、この魚を包装せずに水につける解凍方法は、先に示した調査の結果、冷流水中と冷水中合わせて20.6%の施設で、3番目に多く利用されている方法であった。

実験方法

外気温(室温)20℃時、ピーカー内500mlの水道水(水温15℃)に50gのメルルーサの切身を一定量(水に対して10・20・40・70・

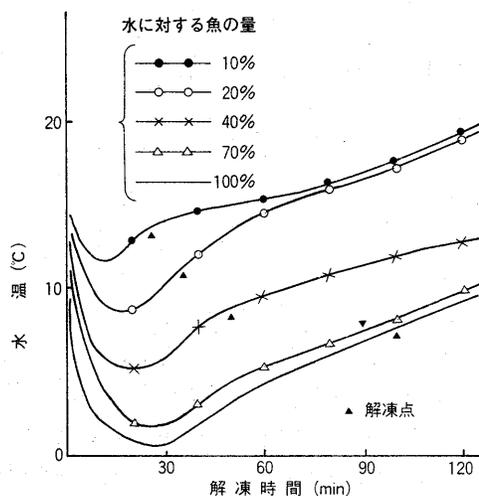


図1 水温変化

100%) 入れて解凍実験を行い、解凍条件の違いによるドリップ量、水温変化、pH、解凍時間、解凍進行状態、形態の変化などを測定した。実験材料のメルルーサはチリ産で、解凍前の品質の統一をするため pH 6.6~6.8 のものを使用し、試料の調整は前報と同じにした。ドリップの測定は、ドリップが水中にまぎってしまうため、一定時間解凍して肉片を水中からとりだし、100gの荷重を1分間かけて自然におちる汁を一定条件でしぼり出し、肉片の重量の差をドリップ量とした。また、室温は実験中に変化することとも多いため、 $\pm 2^\circ\text{C}$ を許容範囲とし、解凍点は、PENETRO METERにより確認した。

結果および考察

1. 水温変化

水中解凍においては、水温と外気温が解凍速度に最も影響すると考え、外気温を一定条件にしたもとに魚の量はどう水温に影響を与えるか測定した結果が図1の通りである。今回の条件を外気温 20°C と設定したのは、集団給食施設での実態調査の結果、水中解凍を実施するのは厨房または下処理室の水槽内で行

われ、その場合の室温は冬で 10°C 、夏で 30°C 、春秋だと 20°C 前後ということから、その中の一条件として取ったものである。

水に対する魚の割合がいずれの場合も、魚の投入後直ちに水温は低下しはじめ、その速度は魚の割合によって差が大きく、10分経過の時点で10%の場合は元の約 $1/7$ の 2.6°C 下がっただけであるが、100%の場合 $6/7$ の 12°C 低下した。最低水温も $0.8\sim 11.4^\circ\text{C}$ と開きがあり、魚の割合が多いほど低温となり、その後いずれも徐々に水温が上がり、開始時の水温を経過後さらに外気温に向けて上昇していった。魚の割合による水温低下速度の差は、水中に凍結した魚肉を投入して解凍するため、魚の温度が水温を下げることになり、その量が多くなければなるほどその影響が大きくなるということである。

また、水温が最低を示したのは開始後10~30分経過時であるが、その後2~3倍の所要時間で解凍点を迎えている。この水温が最低を示した時点での解凍状態は図5と合わせてみるといずれも30~38%進行していた。すなわち約 $1/3$ 解凍が進んだ時点で最低水温を示したことになる。

初め水温は魚肉の温度に影響されて下がり続け、最低水温を示した後は魚の内部温度の方が水温に影響されるのではないかと考える。さらにこの場合の水温は外気温に影響されて、外気温に向けて上昇していく関係にある。なお、解凍時点の水温は一定ではなかったが、 $7.8\sim 13.8^\circ\text{C}$ であった。

外気温、水温の高さが、栄養素等の浸出に関係があるのではないかと考えられるが、水に対する魚の量によって水温への影響があり、その差も大きいことがわかった。

2. ドリップ量

ドリップの成因は、凍結による氷結晶の生成が組織を破壊し、組織内の塩濃度が増加す

る結果と解されている⁶⁾。もっと具体的な報告によると、凍結前に筋肉細胞内に存在していた水が凍結過程で細胞外にでて氷結し、解凍の段階で解けた水が細胞や組織に再吸収されて、組織学的あるいは形態的復元をし、その後蛋白質の水和による復元がなされる、と成因の過程は説明⁷⁾されている。蛋白変性、保水力、組織学的復元力との相関などまだ解明されていない⁸⁾が、解凍時に再吸収されない水分が魚肉に流出してくるのがドリップであり、また細胞内にある水も保水力が弱ってくるとドリップとして流出してくると解釈できる。

ドリップの内容に関しては、ペプチド、アミノ化合物および核酸関連物質が多量に含まれていて、栄養成分や食味低下の重要原因となっているという報告例⁹⁾や、冷凍メルルーサ100gを常温、冷蔵庫、電子レンジ解凍したとき生じるドリップ中に含まれる全窒素とアミノ態窒素について調べた結果、全NアミノN共に流出状況において同じ傾向を示し、解凍時に組織内の蛋白質と水と一緒に流出するものと考えられるという報告¹⁰⁾がある。その他、解凍時におけるドリップ量は冷凍品質の指標のひとつとなるという文献¹¹⁾があ

る。このようにドリップの流出は、栄養素の損失、食味低下、重量損失など食品品質への影響があり、ドリップの多少が解凍結果の良否を決める要因といえる。

解凍条件によってそのドリップ量が異なるかどうか調べ、水に対する魚の割合の相違を示したものが図2である。水に対する魚の量が少ないほどドリップが早く流出開始し、10%の場合は、5分経過時にすでに魚の重量に対して5%のドリップを生じた。これに対して魚100%の場合は1%弱である。これは魚の量が多いほど魚の温度によって水温がかなり差をもって下がるため、解凍速度に大きな差を生じ、解凍進行状態に違いがあるためと考える。

なお、解凍開始直後からドリップが生じ始めるのは、今までのいずれの解凍方法にも例をみなかった。解凍時点におけるドリップ量は約8~11g%で、他の方法よりも多い結果となった。以上のように、他の解凍方法とくらべてドリップの流出開始が早くドリップ量も多かった原因は、低温の方が、細胞内に水を保っていることができて¹²⁾徐々にドリップを生じるようであるが、水温の影響によって魚肉の温度が早く引き上げられて高温になる場合はそれができず、解けた水が即座にでてくるのではないかと考えられる。水中解凍時のドリップ中には、常温解凍より多く全Nが定量された報告¹³⁾があるが、これと今回のドリップ量との結果が一致した。また一方、試料は冷凍サヤインゲンであるが、解凍後のL-アスコルビン酸の残存率は、ブランチング時に比べ、冷蔵庫、自然、電子レンジ各解凍法より水かけ解凍による結果が最も低い値を示したという報告¹⁴⁾があるが、これともドリップ量の結果が一致している。

解凍時に測定した魚肉のpHとドリップ量の関係を示したものが、図3である。良い解凍法の条件の1つとして魚肉の鮮度が重視さ

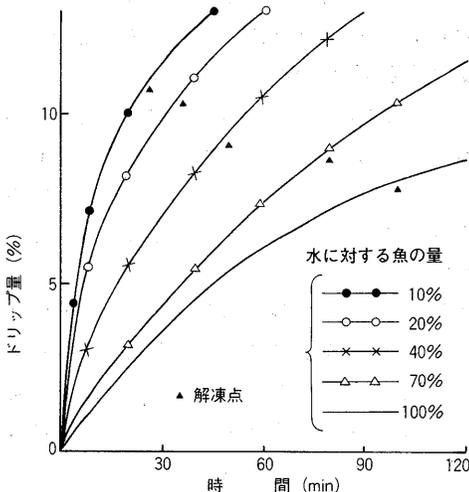


図2 ドリップ量

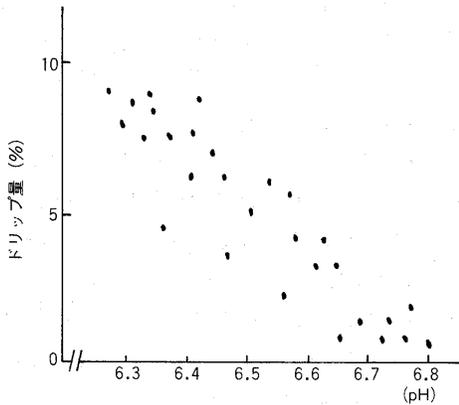


図3 pHとドリップ量

れるが、これとドリップ量に関わりがあるかつかむ目的で調べたものである。魚肉、畜肉の鮮度を客観的に判断する方法として、色調を肉眼的で判断する方法の他、揮発性塩基素量、脂肪含有量とともに水素イオン濃度(pH)を測定して判断することが従来から実施されている¹⁵⁾。その後筋肉ATPの自己分解過程の研究から、魚類鮮度判定恒数K値¹⁶⁾の有効性が示された¹⁷⁾が、解凍後の品質は復元の状態として保水性との関連があり、また一般的であることから、今回はpHの測定を利用した。

解凍前の品質を統一するためにpH 6.6~6.8のものを試料に用いて実験を開始したが、解凍が進行するにしたがってpHの値がさがり、ドリップ量が増加する結果となった。これは、前報までの結果とも一致した。このような結果になったのは、鮮度の低下と共に保水性が低下してドリップの流出につながったものと考えられる。この保水性は冷凍魚の品質を左右する重要な要因であり、魚体の保水性が低下すると解凍時及び調理時のドリップが多くなる。さらにこの保水性は魚体の水素イオン濃度の影響が大きく、魚肉のpHが高いほどドリップ量が少なくなる。魚体のpHが高いほどドリップ量が少なくなる。魚体のpHは魚肉内に持つグリコーゲン量に比例して生

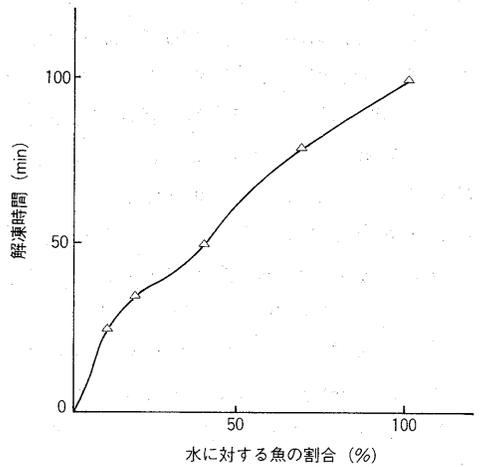


図4 魚の量と解凍時間

成する乳酸量によって異なり、魚体内のグリコーゲンが多いとpHは低下するとされている¹⁸⁾。

3. 解凍時間

魚の割合と解凍点到達時間を示したものが図4であるが、解凍点に達する所要時間は魚の量によって差があり、10%では25分で達したのに対して魚の割合が多くなるほど時間がかかり、100%では100分を要した。この解凍時間を同じ外気温20℃の場合ですでに発表済みの他の解凍法でみると、常温放置解凍で2時間半、冷蔵庫解凍で13時間であったが、大量の魚を同時に処理する集団給食においては解凍時間が短いことも良い解凍条件の一つであり、先の方法は時間がかかりすぎて利用しにくい。また、電子レンジにおいては90秒で解凍できるが、設備が大きくなると一度に処理できないのと、均一に解凍できにくい欠点がある。比較的速い方法として、送風解凍の場合は30~50分であった。今回の水中解凍も100分近くかかると、限られた時間で解凍して調理するとなると無理があり、その日の作業時間の中での解凍時間は30分位が最も使いやすく、長く取っても1時間が限度と思う。すなわち解凍時間30分以内の場合は、水に対

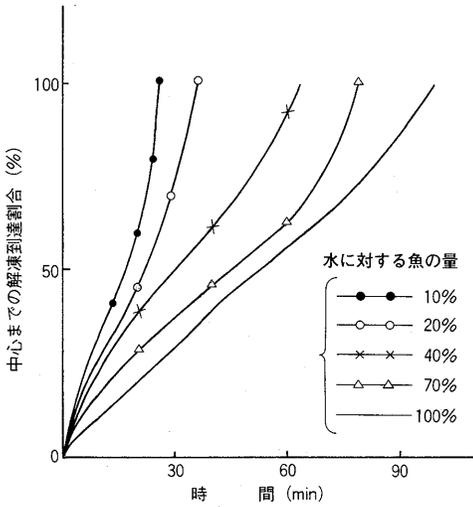


図5 解凍進行状態

して魚の量を10~20%位，1時間とれる場合は50%位が，時間の点からは適当ということがわかった。

4. 解凍進行状態

図5は，中心点までの解凍割合を時間経過とともに表してあるが，水に対する魚の割合がいずれの場合も，開始直後から解凍が始った。この現象は，先に実施した冷蔵庫，常温放置，送風解凍でみられなかった。図2の説明で，解凍開始直後からドリップを生じはじめるのは，今まで発表したいずれの解凍方法にも例をみなかったことを示したが，その理由がこの解凍進行状態によって明らかになった。今回魚肉中の温度は水の浸透で測定できなかったが，水中の場合は水温が低くても0℃以上あり，その上水の浸透によって廻りからの影響が他の方法より大きく，肉中の温度上昇が速いためではないかと考える。

解凍進行状態は，開始直後に比較的速く進行し，その後やや速度をおとした状態で，また解凍終了前20~30%のところ急速に進む線をえがいた。この結果とドリップ量の関係は，水温の影響で初め表面から解凍が進行し

てドリップを生じ，さらに全体に細胞外の水が水となって細胞や組織に再吸収されて水が行われる過程で，吸収されない分が水中に浸出していくが，解凍の急激な進行によって吸収しきれずにその量も増し，また水温の影響も加わっての鮮度の低下によって保水性が乏しくなり，ドリップの増量に結びつくものと推定する。

一回の解凍量と解凍進行状態については，一定量の水の中で解凍する場合，魚の量が多くなると水温低下が大きくなり，解凍進行速度が遅くなって解凍時間が長くなる。前半はドリップの浸出，栄養素等の損失が少なくなること作用し，後半は浸出が多くなることに作用すると考えられる。

水中解凍の場合，他の解凍法とくらべて，長所として短時間で解凍できるが，短所としては栄養素の損失が大きいということになる。従来までの報告によると，魚介類では低温で緩慢に解凍する方が，高温急速解凍より肉質は優れているというものがある¹⁹⁾。緩慢解凍の利点は，解けた水が細胞や組織に再吸収される時間的余裕が与えられるという点があるが，最近の冷凍魚は品質のレベルアップによってさほど時間を必要としなくなったものべている。その点，高温の方が速く解凍できるが，いち早く解けた表面やその下層部では高温にさらされて，変色や鮮度低下，また細菌汚染を起こす危険度が高くなるという矛盾点がでてくる。一定の時間内で下調理から盛りつけまで仕上げる集団給食においては，矛盾しているそれぞれの条件のどちらをどこまで優先して，どこに線を引くかということになる。今回の水中解凍の場合，他の方法とくらべて短かい時間で処理できる点は長所として良いものの，短所のドリップとして栄養素とうま味成分の流出を少しでも少なくする策としては，水に対する魚の量を少なく調整してできるだけ短時間で解凍終了させる

ことである。

解凍曲線において、 $-5\sim 0^{\circ}\text{C}$ の温度域を最大氷結晶融解帯と呼び、この温度帯を速く通過させることによって、蛋白変性、この域で活発に活動し始める多くの酵素的生化学的变化の動きも抑制されるという報告²⁰⁾がある。さらにこの点について、急速解凍が解凍中の細菌汚染並びにそれによる変質防止に有効であると述べている。この点を十分生かして一回の解凍量を調整する必要があるが、現場でこれを実施するにあたっては、さらにそれぞれの施設の設備等の条件が加わるため、実験的データのみでは結論はだせない。他の方法をも今後実験して結果を得てから比較検討し、現場での実情も十分加味して、効率的な方法を見いだしてゆきたいと考える。

要 約

冷凍メルルーサについて、解凍方法の違いにより解凍状況がどう影響をうけるか、今回は水中無包装解凍(外気温 20°C)を試み、いくつかの結果を得た。

1. ドリップの流出開始が解凍開始直後から始まり、他の解凍法に前例をみない現象であったが、ドリップ量も約 $8\sim 11\text{g}\%$ と今までの他の方法より多かった。
2. ドリップの流出速度、流出量共に、水に対する魚の量によってかなり差が生じる。
3. ドリップ量とpHの関係は、この解凍法においても、解凍が進行するにしたがってpHがさがりドリップ量が増加する結果を得た。
4. 解凍時間については、水に対する魚の量 $10\sim 100\%$ に対して $25\sim 100$ 分と開きが大きく、現場での実情を考慮して、解凍時間 30 分以内の場合は魚の割合を約 $10\sim 20\%$ に、 1 時間とれる場合は約 50% が適当ということがわかった。

5. 魚を水中に投入して解凍開始すると、直ちに水温は低下しはじめ、その低下速度と共に最低水温も $0.8\sim 11.4^{\circ}\text{C}$ と、水に対する魚の量によって差が大きい。
6. 解凍中の水温変化は、解凍開始後 $10\sim 30$ 分経過時で最低を示し、その後約 $2\sim 3$ 倍の所要時間で解凍点を迎える。
7. 水温と魚肉さらに外気温の関係は、初め水温が魚肉の温度に影響されて下がり続け、最低水温を示した後は魚の内部温度の方が水温に影響され、さらに外気温に向けて上昇していく。
8. 解凍進行状態は、解凍開始直後に比較的速く進み、その後やや速度をおとして、また解凍終了前 $20\sim 30\%$ のところで急激に進行する。

参 考 文 献

- 1), 19) 田中武夫; コールドチェーン研究, 2, 25 (1976)
- 2) 斎藤貴美子; 第27回日本栄養改善学会発表要旨集, 479-480(1980)
- 3) 斎藤貴美子; 文教大学女子短大研究紀要, 26, 14-17(1982)
- 4) 斎藤貴美子; 第28回日本栄養改善学会発表要旨集, 448-449(1981)
- 5) 斎藤貴美子; 文教大学女子短大研究紀要, 31, 27-33(1987)
- 6) Khan, A. W., & Lentz, C. P.; *J Food Sci.*, 30, 787 (1965)
- 7), 8) 田中武夫; コールドチェーン研究, 2, 22 (1976)
- 9) Khan, A. W., Van den Berg L. & Lentz, C. P.; *J. Food Sci.*, 28, 425 (1963)
- 10), 12) 難波, 梅本; 大阪女子学園短大紀要, 16, 53 (1972)
- 11) by M. C. Anon and A. Colvelo; *Meat Sci.*, 4, 1 (1980)
- 13) 難波, 福井; 家政学雑誌, 25, 207-210

(1972)

14) 今中, 黒崎; 食品と低温, 7, 53 (1981)

15), 18) 稗田福三; 学校給食, 30, 24-25

(1979)

16) T. Saito, K. Arai, and M. Matsuyoshi;

Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 24, 749-750

(1959)

17) 内山, 江平, 小林, 清水; 日水誌, 36,

177-189 (1970)

20) 田中武夫; コールドチェーン研究, 2, 24

(1976)