

# 冷凍メルルーサの解凍に関する研究 (第2報)

## —送風解凍・電子レンジ解凍について—

齋藤 貴美子

### はじめに

集団給食施設において、一定の予算の中で常に食事の質を一定に保つためには、材料の価格変動にたえず悩まされる。その対処策として、生鮮食品とくらべ比較的価格が安定していて省力化にもつながる冷凍食品を、効果的に利用することによって解決の一方法を得たいと考える。しかし、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、その解凍方法の条件により味覚上また栄養的損失等に差異が生じると思われる。著者が全国の集団給食施設のうち1000施設に対して行った実態調査<sup>1)</sup>においても、集団給食施設において冷凍食品を利用する場合、特に魚においては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。冷凍食品についての文献を調べてみたが、凍結に関する報告は多くあるものの、それに比べて解凍に関するものは少なく、しかも集団給食で利用している実態にそくしたものは、皆無に等しかった。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<sup>2)</sup>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、前回の<sup>3)4)</sup>常温放置解凍・冷蔵庫解凍に引きつづき、今回は送風解凍・電子レンジ解凍を中心に実験を試み、いくつかの結果を得たので報告する。今後、さらに実験、調査を継続し、集団給食施設で利用しやすい効率的な解凍方法を見いだしたいと考える。

研究を進めるにあたって良い解凍法を定義づけてみると、冷凍食品事典では適切な解凍方法の条件<sup>5)</sup>として、1. 解凍時間が短い、2. 表面と中心部との解凍ムラが少なく均一にとける、3. 解凍後の色沢・香味・肉質など品質が良い、4. ドリップが少ない、5. 衛生的である、と示している。このうち最も重視されるのは品質と衛生面であり、これらについて学説ではどうゆうことを意味しているのか過去の文献を調べてみた。なお、3. の解凍後の品質については、a. できるだけ凍結前の品質に還元し、b. 解凍中栄養素や味の損失が少ないことではないかと考える。a. の凍結前の品質にもどるということは、組織学的にみると、解凍過程で組織学的あるいわ形態的復元がなされ、その後蛋白質の水和による復元が相まって完全な復元がなされるという説<sup>6)</sup>があり、これによって表わされていると思う。もう少しくわしい説<sup>7)</sup>によると、凍結は、筋肉細胞内に存在していた水が凍結過程に順次細胞外ににじみでて氷結する。細胞内凍結の場合もあるが、一般の冷凍魚が商業的規模で凍結されるような条件下では魚肉はほとんど細胞外凍結をおこしているとみてよい。これを解凍すると、とけた細胞外の氷は再び細胞内に吸収されて細胞はもとの丸い形に復元される。この際どれだけ筋肉細胞に吸水能力があるか、また細胞内部の蛋白としっかりなじむか、水和がなされるかで復元される。そのちがいはによって、凍結前の品質にどれだけ近づくかがきまるといことである。これらと解凍方法に関する文献としては、

試料は野菜であるが、冷凍サヤインゲンの解凍実験を行い、解凍法別の組織学的形態の観察をした結果、組織や細胞の損傷が最も少ない解凍方法は冷蔵庫解凍であり<sup>8)</sup>、同時に測定した解凍後のL-アスコルビン酸の残存率でも、ブランチング時に比べ、冷蔵庫解凍によるものが最も高く、次いで自然解凍、電子レンジ解凍、水かけ解凍の順であった<sup>9)</sup>という報告がある。いわゆる、解凍方法によって細胞の復元の状態にちがいが生じるということである。従来から、高温で急速解凍よりも低温で緩慢解凍の方が、細胞や組織に再吸収される時間的余裕が与えられる<sup>10)</sup>とされてきているが、最近の冷凍魚は、品質のレベルアップによって吸水～水和を通じて10～20分から2時間で十分である<sup>11)</sup>と変わってきているので、果して従来の時間を必要とするのか調べてみたい。

そして、b. の栄養素と味の損失の少ない解凍法を判定するには、これらの成分が解凍時に出るドリップ中に流出されることが文献によって証明されているが、<sup>12)</sup><sup>13)</sup> 集団給食施設の現場で利用されている解凍法について調べた文献が少ないため、本研究はこれを中心に調べてみたい。

5. の衛生に関して細菌学的には、食品を低温保持すれば微生物の発育は抑制され、その温度は水産物の場合 $-11^{\circ}\text{C}$ とされている<sup>14)</sup>。また、低温によって貯蔵可能期間は延長され、とくに $5^{\circ}\text{C}$ 以下では貯蔵効果が大きく、 $1^{\circ}\text{C}$ 低下すれば限界が1日延びるという<sup>15)</sup>。しかし、解凍時の温度上昇はさけられないため、むしろその過程の温度よりも、解凍開始してから処理されるまでどのくらいの時間でおさえられるかということが、より良い解凍法であると考えられる。

## 実験方法

室温 $20^{\circ}\text{C}$ 中において、扇風機（三菱電気製 R30-YG コンパソク）により秒速3.3, 2.8, 1.8m（強・中・弱）の送風をし、また一方は電子レンジ（東京芝浦電気製 ER-604）中と異った条件のもとで解凍実験を行い、解凍条件の違いによるドリップ量、温度変化、pH、水分量、形態の変化などを測定した。また、室温は実験中に変化することも多いため、 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ を許容範囲とした。

実験材料はチリ産のメルルーサを選び、1切の厚さを2.5cm、巾4cm、重さ50gに調整した身を4つ合せた200gを1回の試料とした。なお、解凍前の品質を統一するためpH6.6～6.8のものを使用した。ナイロン網を張ったシャーレの上に試料をのせて各条件下で一定時間解凍し、解凍はペネトロメーターにより確認した。その他ドリップの測定方法など、前報と統一した。

## 結果および考察

### 1. ドリップ量

#### (1) 送風解凍

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<sup>16)</sup>。解凍時に流出す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<sup>17)</sup>や、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<sup>18)</sup>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うことである。

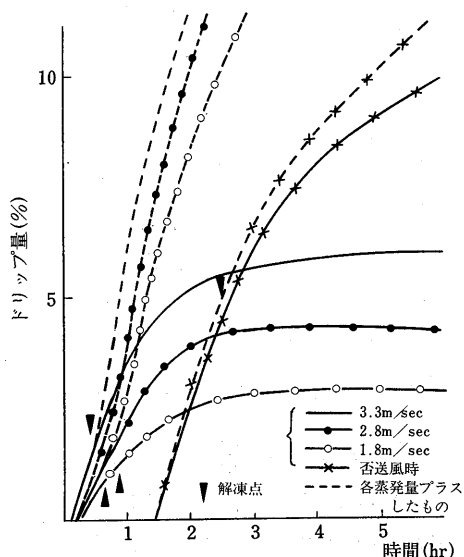


図1 送風解凍によるドリップ量経時変化

解凍条件の違いによるドリップ量がどう異なるか調べ、送風解凍の結果は、図1に示した通りである。風速の差によって強・中・弱と3段階にわけて送風した場合、いずれも送風しない場合よりも解凍開始が早く、強の場合は実験開始して10分ですでにドリップを生じはじめ、この時間は否送風時の $\frac{1}{16}$ である。解凍速度は風速が速まるほど速く、解凍点到達も開始後30分、40分、50分、と否送風時の $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ の時間である。ドリップ量も、開始後2時間までは解凍速度にほぼ比例するようなかたちで増量し急上昇曲線をえがくが、その後は横ばい状態となり、解凍点のドリップ総量は、いわゆる、魚肉からしたたりおちた液と蒸発量を合せた量が魚肉総量に対して約1.5～2.0g%で、否送風時よりも少ない結果となった。一方、蒸発量は否送風時とくらべて時間経過とともに多くなり、表面はかなり乾燥した状態になった。この場合の蒸発量は、解凍経過時点の魚肉の重量からドリップ量を引いて求めた。ドリップの状態は、所要時間が短いため、完全解凍時においてもいずれの場

合も少し色づく程度の透明状態を呈しており、臭気もほとんど感じなかった。ドリップの多少が解凍の良否を決めるという説<sup>19)</sup>をあてはめると、風をあてて解凍する方法は、ドリップの量が少なく、いわゆる解凍時における栄養素やうま味成分の損失が少なく、しかも室温にさらしておく時間も短時間で済むという有効な解凍手段のようである。今後、他の方法での実験を進めたいうえで比較検討して結論を出したいと考える。ただし、この方法を利用する場合、表面が乾燥する点を次の利用段階の調理法で補う必要がある。

(2) 電子レンジ解凍

電子レンジ解凍は、図2に示した通りであるが、入力後30秒でドリップを生じはじめ、ほぼ時間と比例するかたちで増量し、90秒経過時に解凍終了する。この一連の流れの中で、他の方法とくらべると他をひきはなして解凍開始が早く、また解凍点までの到達時間の短さも他に例をみない。そして解凍後は連続して加熱調理される点も他の解凍法にない特徴である。解凍時におけるドリップ量は7g%

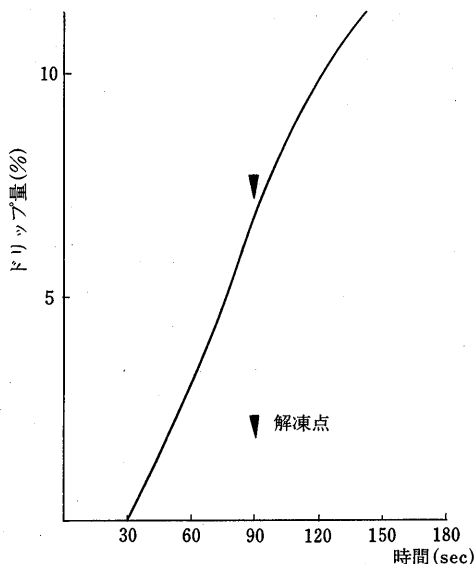


図2 電子レンジ解凍によるドリップ量経時変化

であった。なお解凍時点ですでに加熱が進んでいる部分もあるため、流出液は白色混濁状態であった。

この方法は短時間で解凍できるが、多くのドリップを生じ、120秒以後は肉眼的にも肉片の大きさが小さくなっていくのを確認した。前報で報告した冷蔵庫解凍や常温の10°Cなどいわゆる低温で解凍する場合は、ドリップを生じる頃には凍っている部分は大部少なくなっていたが、今回の場合はまだ凍っている部分がかかなりあるのに表面からドリップが生じ、どんどん増量していった。低温では細胞内に水を保っていることができ<sup>20)</sup>、徐々にドリップを生じるようであるが、高温の場合はそれができず、解けた水が即座にでていくのではないかと考えられる。電子レンジ解凍の場合ドリップ量が多いのは、低温解凍では肉に再吸収される水分が多いといわれるが<sup>21)</sup>、それが少ないためではないだろうか。

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窒素成分と糖量について調べた報告があるが、それによると、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<sup>22)</sup>。従って、ドリップの多少と蛋白質の流出が同じと考えてよいようである。しかし電子レンジ解凍は、他の方法にくらべドリップ量が多いにもかかわらずN含量が少なく、これは解凍と加熱がほとんど同時に起るため細胞内の蛋白質が凝固し、水分だけが放出されるのではないかと推定している<sup>23)</sup>。そして同じ解凍時間で比較すると、温度が高いほど、また時間が長くなるほど流出した糖・N量は多い結果であった。冷凍魚を利用する際は、解凍終了直前位に加熱調理して食べるのが一番おいしいといわれているため、今回の実験では解凍時点での時間・ドリップ量を調べ、解凍法の違いによる差を比較してみた。

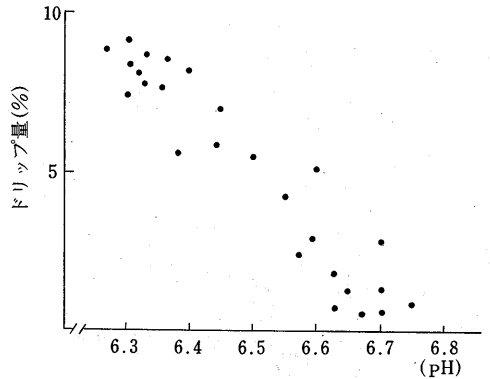


図3 pHとドリップ量

図3は、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である。解凍方法の実験を行う場合、解凍前の品質が等しいものについて実施しないと、解凍方法によって品質に差が生じたのかわからなくなるので、実験開始時のpH6.6~6.8のものに統一した。凍結前の品質にもどったかということ、官能試験的に見た場合、鮮度が重視される。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実施されている<sup>24)</sup>。1982年、魚の鮮度判定法として、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<sup>25)</sup>の有効性が示されたが<sup>26)</sup>、一般的ではないし、解凍後の品質は複元の状態として保水性の点が大きいため、ドリップ量とともに今回はpHの測定を利用した。

実験結果は、解凍が進行するにしたがってpHの値は下がっていった。いわゆるドリップ量とpHの関係において結果をまとめると、解凍が進むにしたがってドリップ量が多くなり、pHの値は下がっていった。pHとドリップ量の関係について、稗田は次のように説明している<sup>27)</sup>。冷凍魚の品質を左右する要因のうち非常に重要と考えられるのは、魚体の保

水性である。魚体の保水性が低下すると、解凍時および調理時ドロップ量が多くなる。この保水性は魚体の水素イオン濃度 (pH) の影響が大きく、魚肉の pH が高いほど解凍時および加熱調理時のドロップ量が少なくなる。魚体の pH は魚の生息時体内に持つグリコーゲン量に比例して生成する乳酸量によって異なり、魚体内にグリコーゲンが多いと pH は低下する。

## 2. 温度変化

### (1) 送風解凍

送風時の温度変化は図4に示した通りである。風速の速さに比例して上昇速度は速くなることを示しているが、これは解凍が風速の速さに応じて共に進むため、室温の影響をそれだけ早くうけるためと思われる。そして、いずれの場合も解凍点までは、魚肉の中心温度は表面より低温を示しているが、解凍点経

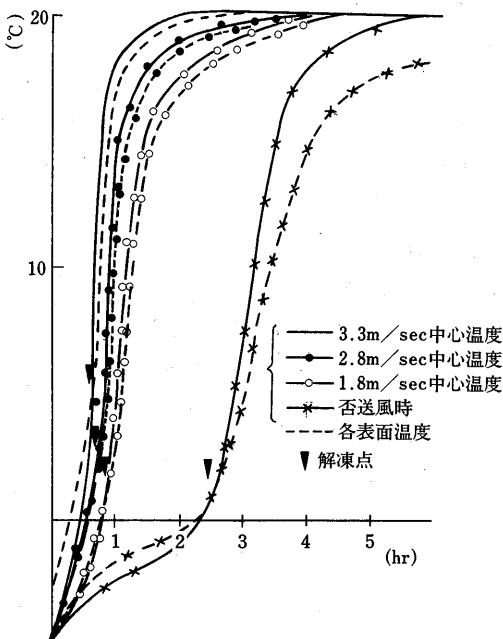


図4 送風解凍による温度変化

過後まもなくの時点で逆に中心の方が温度が高くなった。前回の常温解凍と同じく、この

場合も解凍後は細菌が繁殖しやすい条件となり、早く利用する必要性を示していると思われる。

短い方が良い解凍状態を示すとされている $-5\sim 0^{\circ}\text{C}$ の最大氷晶生成帯の通過時間も20~50分と短縮され、これも否送風時の $\frac{1}{2}\sim\frac{1}{2}$ 強という短さであった。

以上、常温解凍の場合は、送風した方が否送風時よりも最大氷晶生成帯の通過時間が短く、早く解凍点に達し、ドロップ量も少量ですむことがわかった。しかし、蒸発量は送風した方が多いので、この多少がテクスチャーにどう影響するかは、今後官能検査で結果を得たいと考える。

### (2) 電子レンジ解凍

電子レンジ解凍における温度上昇は図5に示したが、この場合他の方法と異った特徴として、中心と表面温度が変わることなく、上下の入れ替りもないということである。これは、解凍から連続して加熱調理されるため、

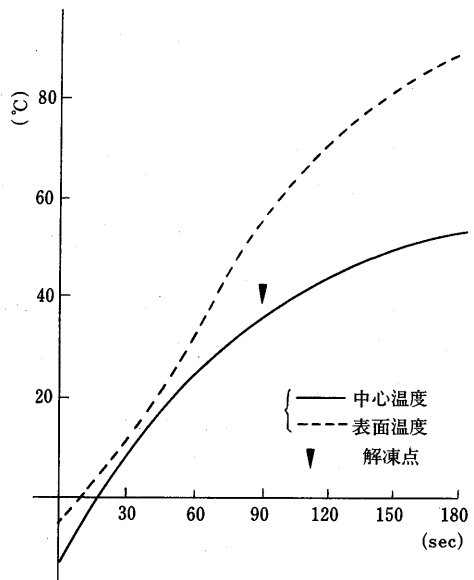


図5 電子レンジ解凍による温度変化

解凍後外界の温度影響を受ける間がなく、加熱による温度上昇が加わるためと思われる。

この解凍法を実際に解凍のみ使用する場合は、解凍点以前のところで終了しないと加熱が進行してしまうし、解凍点の確認が外側からしにくいだけに、時間の設定がつかみにくい困難さがある。また、今回の試料是一片が小さく厚みも均一に調整したものであったものの、多少部分的に解凍時間の差が生じた。これが実際調理に用いる切身またはフィーレの場合は、部分的に肉片の厚みの不均衡なことが多いだけに、全部分終了での時間設定で解凍を行うとすでに加熱調理されて蛋白質の凝固が開始されてしまう部分もでき、その後加工して加熱する場合は不都合を生じる。大量になると、切身、フィーレによってその差は大きくなり、これらの点から実際に電子レンジを使用して大量を解凍することは、大変難しいと考える。

## 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、今回は送風解凍・電子レンジ解凍を試み、いくつかの結果を得た。

1. 送風しながら解凍すると、否送風で解凍するよりも解凍開始が早く、解凍速度も風速が速まるほど速くなり、解凍時間は風速によって $\frac{1}{5}$ ～ $\frac{1}{3}$ に短縮される。

2. 送風解凍において、ドリップ量は解凍速度に比例するように増量するが、解凍時点でのドリップ総量は1.5～2g%で否送風時より少なかった。ドリップの状態も、解凍所要時間が短いため透明状態を呈していて良好であった。

3. 電子レンジでの解凍は、解凍時間が今までの実験例では最も短く、90秒で完全解凍したが、解凍時のドリップ量は7g%で現在までの方法中では一番多い。

4. 低温で解凍する場合は、ドリップを生

じる頃には凍っている部分は大部少なくなるが、電子レンジ解凍は高温であったため、大部分が凍っている状態でありながら表面からドリップが生じ増量していくという、他の方法と異った現象がみられた。

5. いずれの方法の場合も、解凍が進行するにしたがってpHの値がさがっていき、ドリップが増量した。

6. 送風解凍の場合、最大氷晶生成帯の通過時間も風速によって20～50分と短縮され、否送風時の $\frac{1}{6}$ ～ $\frac{1}{2}$ 強という短さであった。

7. 送風解凍における温度変化は、前報での常温解凍・冷蔵庫解凍と同じく、解凍開始後魚肉の中心温度は表面より低温を示しているが、解凍点通過後まもなくの時点で交差して、その後中心温度の方が高くなる線をえがいた。

8. 電子レンジ解凍の場合は、中心と表面温度が接することなく、上下の入れ替りもなく各々が上昇していくという他の解凍方法にみられない温度上昇曲線をえがく。

終りに、本研究を進めるにあたり御助言賜りました元水産庁東海区水産研究所、田中武夫先生に深謝いたします。

## 引用文献

- 1), 2) 斎藤貴美子; 第24回日本栄養改善学会発表要旨集, 428—429 (1977)
- 3) 斎藤貴美子; 第27回日本栄養改善学会発表要旨集, 479—480 (1980)
- 4) 斎藤貴美子; 文教大学女子短大研究紀要, 26, 14—17, (1982)
- 5) 日本冷凍食品協会; 冷凍食品事典, 269, (1984) 朝倉書店
- 6), 7) 田中武夫; コールドチェーン研究, 2, 21—22 (1976)
- 8) 今中, 黒崎; 食品と低温, 7, 101 (1981)
- 9) 今中, 黒崎; 食品と低温, 7, 53 (1981)
- 10) 桜井芳人他; 冷凍食品ハンドブック,

- 48, (1974) 光琳書院
- 11) 田中武夫; コールドチェーン研究, **2**,  
25, (1976)
- 12), 17) Khan, A.W., van den Berg L. &  
Lentz, C.P.; *J. Food Sci.*, **28**, 425 (1963)
- 13), 19) 桜井芳人他; 冷凍食品ハンドブッ  
ク, **83**, (1974)
- 14) 高野光男; コールドチェーン研究, **3**,  
22 (1977)
- 15) 遠藤金次; コールドチェーン研究, **4**,  
5 (1978)
- 16) Khan, A.W. & Lentz, C.P.; *J Food  
Sci.*, **30**, 787 (1965)
- 18) by M.C. Anon and A. Colvelo; *Meat  
Sct*, **4**, 1 (1980)
- 20), 22), 23) 難波, 梅本; 大阪女子学園短  
大紀要, **16**, 53 (1972)
- 21) 田中; 調理科学, **2**, 48—53 (1969)
- 24), 27) 稗田福二; 学校給食, **30**, 24—  
25 (1979)
- 25) T. SAITO, K. ARAI, and M. MATSUYO-  
SHI; *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **24**, 749—  
750 (1959)
- 26) 内山, 江平, 小林, 清水; 日水誌, **36**,  
177—187 (1970)