

冷凍魚の解凍について

斎藤貴美子**

1. はじめに

解凍は、調理過程の中で、食品の保存法の一つである凍結した状態から、解かしてもとの状態にもどすことである。特に生のまま凍結している物については、この処理の仕方によっていかによりよい状態に材料を用意できるかとなる。処理方法によって影響が大きい冷凍魚について、解凍法の違いによる解凍結果について述べ、よい解凍法を示したい。

家庭用の場合は、ホームフリージングしたものを使用のつど、業務用の場合は、冷凍魚として購入したものを使用計画に合わせて施設内で解凍している例が多い。

適切な解凍方法の条件は、冷凍食品事典によると①解凍後の色沢・香味・肉質など品質がよい、②表面と中心部との解凍ムラが少なく均一にとける、③ドリップが少ない、④解凍時間が短い、⑤衛生的であると示されている。このうち最も重視されるのは品質と衛生面であり、化学的には、成分・組織変化を小さく、細菌の増殖を少なくとどめることである。また、業務用となると、設備の点も大きくかわってくる。

解凍法を大別すると、緩慢解凍法と急速解凍法があり、この他調理冷凍食品に対しては、調理同時解凍法がある。緩慢解凍法は、低温の冷蔵庫または室温で徐々に、急速解凍法は、電子レンジ、送風、水または温水などにより急速に解凍する方法である。

著者は、実験材料に業務用最も多く利用されているメルルーサを選び、解凍法として常温(10, 20, 30℃)、冷蔵庫、送風、電子レンジ、水中(室温 20, 30℃)、温水(40, 50℃)に、さらに包装の有無、水対魚の割合

など変えた 26 条件の解凍実験を行い、ドリップ量、魚肉中心温度、終温度、PH、解凍時間、水温、解凍進行状態、形態の変化などを測定した。

解凍法によって、特に解凍時の品質に結びつくドリップ量、温度変化、終温度、解凍時間にどう影響を与えるか、それらを通して、緩慢解凍法と急速解凍法の特徴をまとめた。

2. 緩慢解凍法

1) 解凍速度と終温度

今回実施した解凍法の中で、比較的解凍進行速度が遅く、解凍時間が長かった方法 10 位までの結果を表 1 にまとめたが、冷蔵庫、常温、水中包装(外気温 20℃・魚/水 100%) 解凍法が上位を示した。常温は外気温が低温ほど上位であり、水中包装解凍においては、水に対して魚の量が約 100% の高割合のみ含まれた。庫内温度が低い、室温が低い、または魚の温度によって水温がさがるといふ、解凍環境温度が低温であったということである。解凍時間は 75 分～13 時間と大きく開きがあり、冷蔵庫解凍は 12 時間前後で約半日の時間を要し、2 位以下の方法と比べて大差があった。

解凍速度の遅い緩慢解凍は、魚肉の温度変化にその関係が表れている。冷蔵庫、常温解凍法の解凍時における温度変化を図 1 に示した。常温は 20℃より 10℃、さらに冷蔵庫と環境温度が低温ほどある時点まで緩慢に上昇し、その時間も長くなり、その後急上昇する形をえがく。温度の急上昇の変化は、いずれも解凍完了前でみられ、解凍が急激に進行したことを表わしている。

緩慢解凍の温度変化で特徴的なことは、-5～0℃の間で温度上昇が緩慢になり、やや横ばいの曲線をえがくことである。この温度帯で肉中の氷が最もとけるため、この温度域を最大氷結晶融解帯と呼んでいる¹⁾。この現象がおきるのは、氷の温度を 1℃上昇させるには

* 「教材研究」について……これは、一般学会誌や研究会誌にみられる調理科学関係の論文の中から、学校における調理実習に出現する頻度の高いものを選んで、実技指導にすぐ役立つようにわかりやすく解説することを試みたものである。

** 文教大学女子短期大学部

表 1. 緩慢解凍法による解凍結果

順位	解凍方法	条件	解凍時間 (min)	ドリップ量 (%)	終温度 (°C)
1	冷蔵庫(庫内温度 5°C)	包装あり	13hr	2	2.5
2	冷蔵庫(庫内温度 5°C)	包装なし	12hr	1	1.5
3	常温	外気温 10°C	270	4	2
4	常温	外気温 20°C	150	5	5
5	水中包装(外気温 20°C・水温 15°C)	魚/水 100%	120	5.8	3
6	水中無包装(外気温 20°C・水温 15°C)	魚/水 100%	100	8	5
7	水中無包装(外気温 20°C・水温 15°C)	魚/水 70%	90	9	5.5
8	常温	外気温 30°C	80	6	15
8	温水包装(外気温 20°C・水温 40°C)	魚/水 100%	80	2.8	4
10	水中包装(外気温 20°C・水温 15°C)	魚/水 40%	75	6.5	4

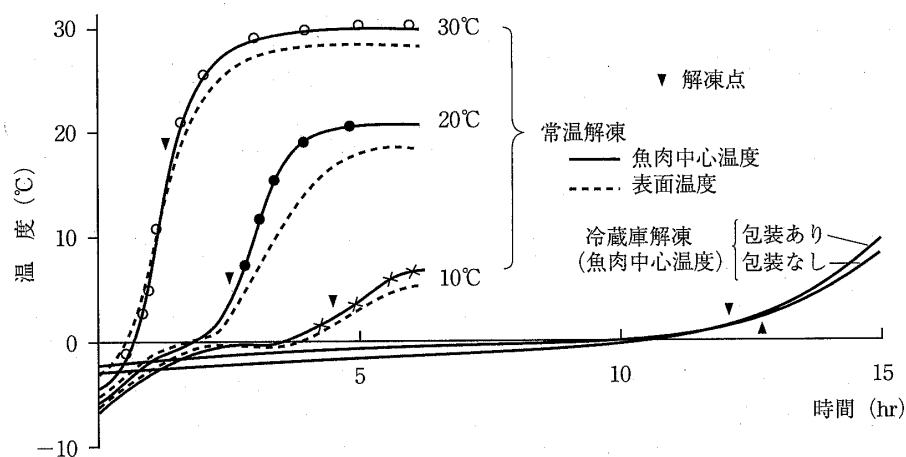


図 1. 冷蔵庫・常温解凍による温度変化

約 0.5kcal/kg の熱量で足りるが、氷を水にとかすには約 80kcal/kg と 160 倍もの熱量を使用し、いわゆる最大氷結晶融解帯で最も熱量を必要とする。解凍速度はここをどれだけの時間で通過させるかによってきまるが、常温で 4 時間、冷蔵庫の場合は 11~12 時間かかっている。

解凍が完全に終了した時の温度を解凍終温度と呼ぶが、緩慢解凍においては一部を除いて 1.5~5°C の範囲であった (表 1)。適した終温度は魚のどの部分でもできるだけ低く、細菌学的見地からは 5°C 以下が望ましく、許容される上限は 10°C であり、かつ短時間にとどめるべきであるとしている¹⁾。緩温解凍の上位にあげた解凍法においては、いずれも適した温度範囲に入っていることが確認できた。

2) ドリップ量

ドリップとは、冷凍した食品を解凍するとき分離流出する液汁であるが、著者の研究では、解凍結果判定上最も重視する項目として測定を行った。ドリップの成因及び過程は、報告^{1,2)}によると、凍結前細胞内にたん白質等栄養成分と水和した状態で存在していた水が、凍結過程で分離して細胞外に出て氷結し、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、その後たん白質の水和による復元がなされるということである。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、また細胞内の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、たん白質やアミノ酸及びビタミン類などの栄養分を含んでいるという報告例^{3~5)}や、筋肉組織の

冷凍魚の解凍について

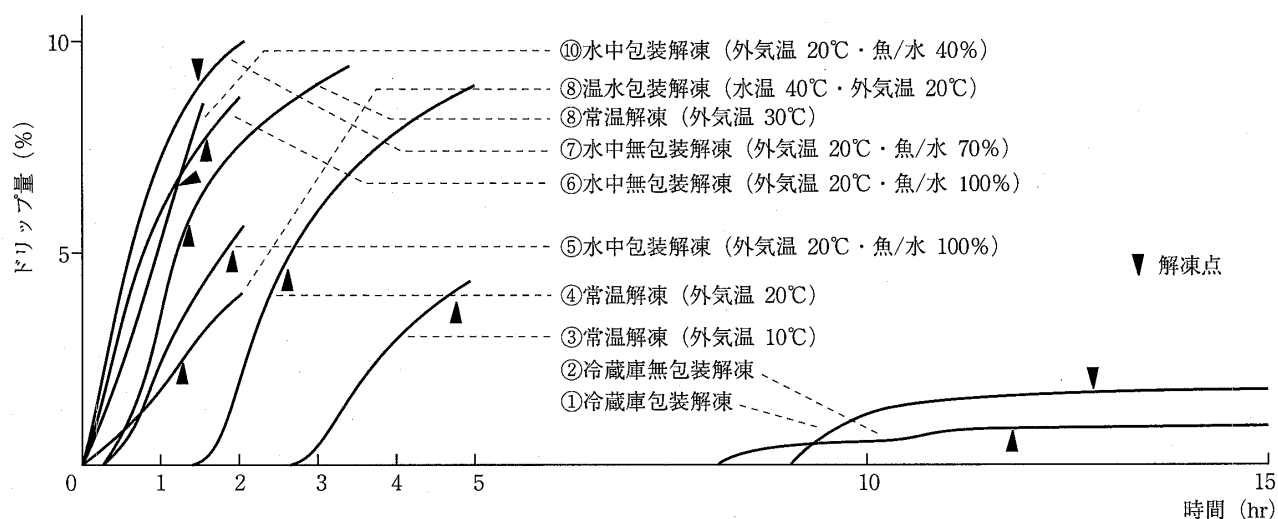


図2. 緩慢解凍法のドリップ量経時変化

損傷の程度は圧出ドリップ量の測定により判定できるという例⁶⁾の他、解凍時におけるドリップ量は冷凍食品の指標のひとつになるという文献⁷⁻⁹⁾がある。

緩慢解凍法のドリップ量の経時変化を図2に示した。解凍速度が緩慢である解凍法は、ドリップの流出開始も遅く、ゆっくりと増量していく。しかし、解凍時におけるドリップ量は、緩慢の度合いである解凍速度に必ずしも比例していない(表1)。

表1に示した解凍法のドリップ量の平均は5.01%で、急速解凍法より少量であった。よい解凍法のドリップの最大許容量は約5%と考えるが、冷蔵庫(包装有, 無), 常温(外気温 10, 20℃), 温水包装(40℃・魚/水 100%)解凍の5方法が概当した。これらはいずれも終温度が5℃以下で、低温で解凍したことを示している。そして低温で解凍した例ほど解凍時のドリップの状態も透明で、鮮度の良さを表している。

これらの点から、緩慢解凍のドリップ量が少ないのは、低温の条件にあって、緩慢さにあるのではないことが確認できた。

3. 急速解凍法

1) 解凍速度と終温度

実施した解凍法の中で、解凍速度が速く、解凍時間が短かった方法10位までの結果を表2にまとめたが、電子レンジ、水中無包装(外気温 20℃, 30℃・魚/水 10%), 温水包装(水温 40℃, 50℃・魚/水 10%)解凍法が上位を示した。電子レンジを除いて、水中及び温水中の場合は、水に対する魚の割合が少ないほど、水中の包装は無の場合にのみ、また送風は速力が速いほど、解凍速度が速い結果となった。水中・温水解凍の場合、今回の上位をしめた例は、すべて水に対する割合が最

少の10%であった。常温解凍も送風すると解凍速度がかなり速まった。解凍時間は、電子レンジが90秒と例外的に短く、他の9例は約20~40分であった。緩慢解凍は、上位10例で約12時間の大差があったが、急速解凍は、40分の範囲にとどまった。

最も急速に解凍した電子レンジと解凍結果のよかった送風解凍の温度変化を通して、急速解凍法の特徴をつかみたい。

電子レンジ解凍における温度上昇は図3に示したが、他に例のない特徴として、中心と表面温度が変わることなく上昇しつづけるという点である。解凍から連続して加熱調理されるため、この解凍法で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い、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。実際に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く、厚さに合わせた時間設定で解凍を行うと、すでに加熱調理されてたん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、一般の電子レンジを使用して大量を均一に解凍することは、大変難しいといえる。

常温 20℃において、扇風機により秒速 3.3, 2.8, 1.8 m(強・中・弱)の送風を加えて解凍した結果を図4に示した。送風することにより、また風速に比例して解凍速度も速まった。最大氷結晶融解帯の通過時間は20~50分と短縮され、否送風時 1/6~1/2 という短さ

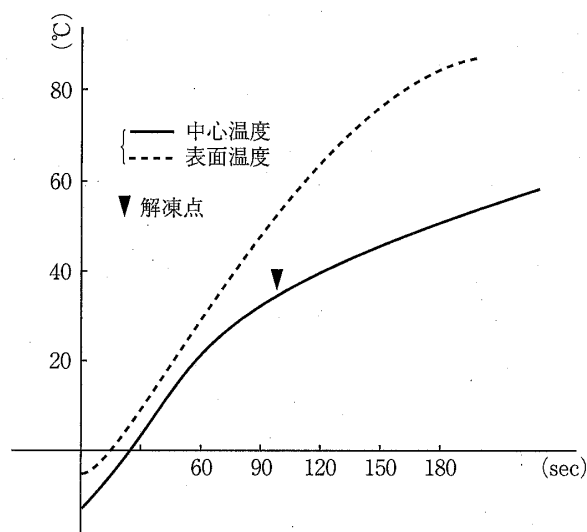


図3. 電子レンジ解凍による温度変化

であった。この温度帯を速く通過させることによって、たん白変性、この域で活動し始める多くの酵素的生化学的变化の働きが抑制され、急速解凍は、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いえる。

終温度は4°Cにとどまり、衛生的に望ましい5°C以下の範囲であった。なおこの方法は、表面の乾燥度が高いので、水分を含んだ風を送るか、調理の際に水を使う調理法が好ましい。

2) ドリップ量

解凍法の違いによるドリップ量の流出状態を示したものが図5である。ドリップの流出開始がいずれも早く、時間とともに増量していく。表2に示したドリップ量の平均は5.79%で緩慢解凍法より多かったが、解

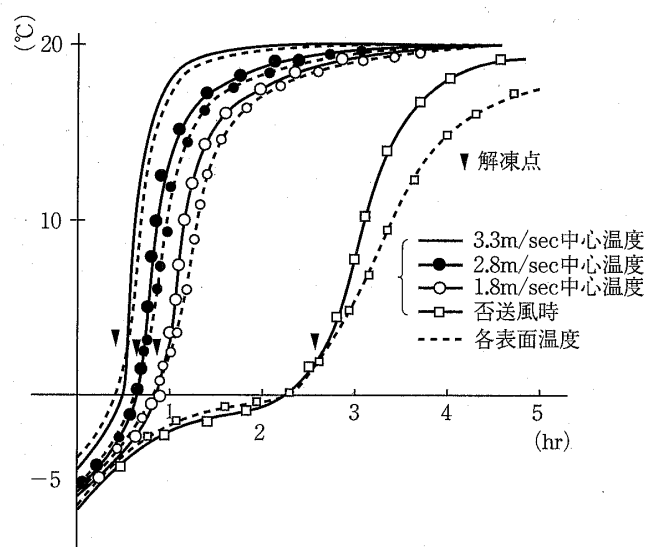


図4. 送風解凍による温度変化

凍法による違いもある。

電子レンジ解凍においては、入力後30秒でドリップを生じはじめ、90秒で解凍点を迎え、ドリップ量は7%と多かった。この解凍開始の早さと解凍時間の短さは、他に例をみない。ドリップの流出状態も他と異なり、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を生じ、急速度で増量していった。低温では細胞内に水を保っていることができ¹⁰⁾、徐々にドリップを生じるが、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。そしてドリップ液は解凍時点で白色混濁状態を呈し、部分的にすでに連続して加熱調理されていることを示している。この方法は短時間で解凍できるが、多くのドリッ

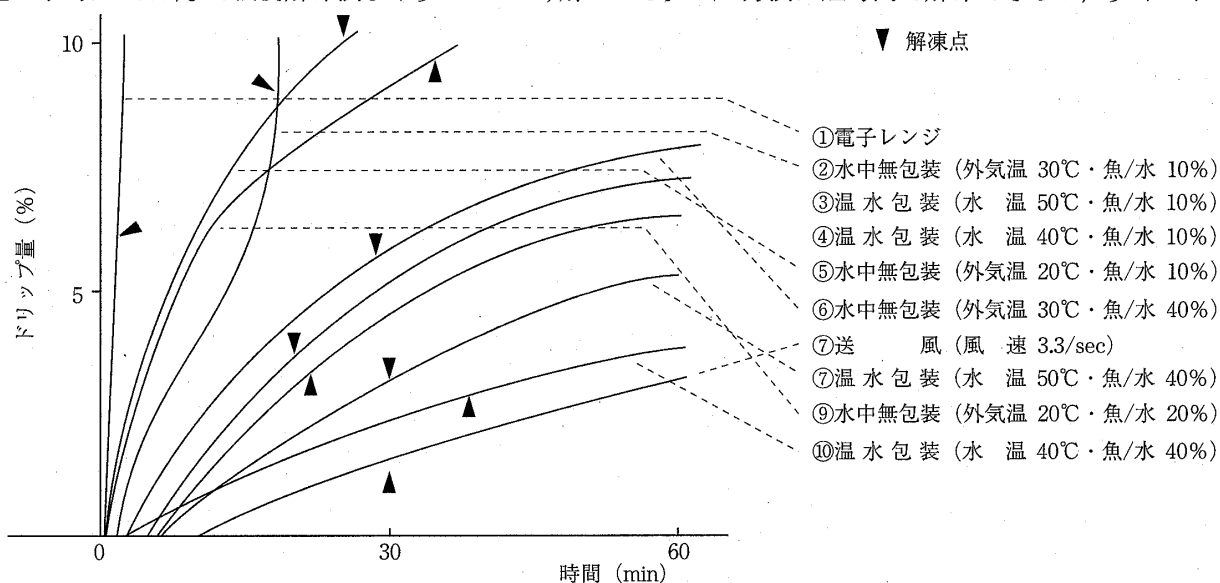


図5. 急速解凍法のドリップ量経時変化

冷凍魚の解凍について

表 2. 急速解凍法による解凍結果

順位	解凍方法	条件	解凍時間 (min)	ドリップ量 (%)	終温度 (°C)
1	電子レンジ		1.5	7	32
2	水中無包装(外気温 30°C・水温 27°C)	魚/水 10%	18	10	21
3	温水包装(外気温 20°C・水温 50°C)	魚/水 10%	20	4	21
4	温水包装(外気温 20°C・水温 40°C)	魚/水 10%	22	3.5	20
5	水中無包装(外気温 20°C・水温 15°C)	魚/水 10%	25	11	11
6	水中無包装(外気温 30°C・水温 27°C)	魚/水 40%	28	6.5	12
7	送風(外気温 20°C)	風速 3.3/sec	30	1.5	4
7	温水包装(外気温 20°C・水温 50°C)	魚/水 40%	30	3.5	11
9	水中無包装(外気温 20°C・水温 15°C)	魚/水 20%	35	10.7	9
10	温水包装(外気温 20°C・水温 40°C)	魚/水 40%	38	3.2	9

プを生じ、120 秒以後は肉眼でも肉片の大きさが小さくなっていくのを確認した。

それに対して送風解凍は、ドリップ量が 1.5% と最も少量であったが、これは終温度が 4°C と低かったからと思われる。送風によって最大氷結晶融解帯の通過時間を短くして解凍進行速度を速め、温度上昇しないうちに解凍点に到達させた結果であると考察する。高鮮度品以外は、乳酸量が多く PH も低下していて解凍時のドリップ量は多くなるので、むしろ急速解凍で、解凍中の鮮度低下を少しでも防いだ方がよいという報告¹¹⁾もある。

4. まとめ

冷凍魚の解凍法は、緩慢解凍法と急速解凍法に大別され、さらにいくつかの方法に分類される。いずれを利用するかは、時間、設備などの条件にもよるが、解凍法によって解凍結果に違いが生じるため、その特徴をつかみ、よりよく利用する必要がある。

緩慢解凍法は、長所として、栄養成分・うま味成分・重量の損失につながるドリップ量が、平均的に急速解凍法より少量である。これは復元力、水和力のある程度保っているという組織の質の良さを表していることになる。また解凍後の品質に影響する終温度は 5°C 以下であり、細菌学的に望ましい範囲内である。そして部分による解凍進行速度の差が小さく、解凍ムラがない。これらの点ではよい解凍法の条件を満たしているが、短所として最大氷結晶融解帯の通過時間が長く、その結果として解凍時間がかかるという点がある。

それに対し急速解凍法の長所は、長いとたん白質が変性し保水力低下につながる最大氷結晶融解帯の通過

時間が短く、その結果として解凍時間が短い点である。しかし、短所として終温度が高く、ドリップ量が平均的に多い。

さらに両解凍法から、次の点を得た。ドリップ量は、必ずしも解凍速度に比例しない。一方終温度が低温ほどドリップ量は少なく、5°C 以下の場合、いずれも少量であった。解凍後の品質への影響は、温度と解凍速度が関係するとされているが、解凍速度よりも温度が大きいことが確認できた。

以前は、組織への水の吸収から水和までの時間が十分とれるという理由で、緩慢解凍法をよい解凍法としていたが、最近の冷凍魚は品質のレベルアップによって、組織の復元の時間が短縮され¹⁾、経過時間を長くともるよりも、むしろ大切なのは品質が低下してたん白質の変性による保水力低下にならないよう、温度を低温に保ち、最大氷結晶融解帯を速く通過させることである。

したがって、よい解凍法の条件を具体的に示すと、① 解凍終温度が 5°C 以下で、② ドリップ量 5% 以下にとどめ、③ 最大氷結晶融解帯を約 2 時間以下の急速で解凍することである。現実には、環境温度が低いと当然速度が緩慢になるが、そこに速度を速める手段を加えて利用できれば、最良の方法となる。今回の結果でみると、3 条件を満たしていたのは、送風（風速 3.3m/sec）と温水包装（水温 40°C・魚/水 100%）解凍であった。送風によって、または温水により魚肉温度を高め、解凍速度を速めた方法である。温水の場合、魚/水の割合を少なくすると解凍速度はさらに速くなるが、同時に魚肉の温度を高めドリップ量増量に結びつくため、

100%の高割合によって水温を一定以下にとどめた結果である。次に、終温度とドリップ量の2条件のみ満した方法は、冷蔵庫、常温(外気温 10, 20°C) 解凍であった。これらは解凍速度が遅いが、終始低い庫内温度および室温によって、解凍環境温度を低温に保った方法である。

以上の点から、最もよい解凍法は低温急速解凍法であり、その次に低温緩慢解凍法といえる。解凍速度を速めるには、送風、水、温水を利用する方法があるが、その際は環境温度を低温に保ちながら、魚肉を細分化して厚みを小さくした上で利用することが、解凍速度を速める上でより効果的である。また、解凍した冷凍食品は、凍結しない食品にくらべて微生物の増殖速度が速いという報告¹²⁾もあり、解凍後は低温に保っているうちに、早く利用する必要がある。調理過程としては、解凍終了直前に加熱処理へ移すことをすすめる。

文 献

- 1) 田中武夫：コールドチェーン研究, **2**, 110 (1976)
- 2) Khan, A. W., & Lentz, C. P.: *J. Food Sci.*, **30**, 787 (1965)
- 3) Khan, A. W., Vanden Berg L. & Lentz, C. P.: *J. Food Sci.*, **28** 425 (1963)
- 4) 難波, 梅本：大阪女子学園短大紀要, **16**, 53 (1972)
- 5) 駒田, 田村：三洋電気技報, **20**, 116 (1987)
- 6) 小原哲二郎他編：最新冷凍食品事典, 114 (1987) 朝倉書店
- 7) Anon, M. C. and Colvelo, A.: *Meat Sct*, **4**, 1 (1980)
- 8) 榊原, 恩田, 中, 吉田：女子栄養大学紀要, **21**, 91 (1990)
- 9) Giannini, D. H. Ciarlo, A. S. Boeri, R. L. and Almandos, M. E.: *Foodsci. Tech.*, **26**, 111 (1993)
- 10) 難波, 福井：家政学雑誌, **25**, 207 (1972)
- 11) 杉本昌明：冷凍, **66**, 1258 (1991)
- 12) 小原哲二郎他編：最新冷凍食品事典, 66 (1987) 朝倉書店