

# 豚肉の凍結：塩可溶性窒素の抽出性並びに保水性に対する流水および空気解凍の影響

永山精美・大高文男

## Freezing of Pork: Influence of Water- and Air-Defrosting on Extractability of Salt-Soluble Nitrogen and Water Holding Capacity

KIYOMI NAGAYAMA and FUMIO OHTAKA

食肉の凍結貯蔵に際しては、肉の品質をできるだけ低下させない凍結および解凍の方法が必要である。著者らは、先に、凍結豚肉の品質に対する凍結および解凍法の組合せ効果について報告した<sup>1)</sup>。また、新しい解凍法の一つとして、マイクロ波（915MHz）による解凍を試み、肉の保水性や塩可溶性たん白質の抽出性に対する影響についても報告した<sup>2)</sup>。凍結肉の解凍方法は、いろいろ考案されているが<sup>3), 4), 5)</sup>、一般の食肉工場では、流水中または低温空气中で解凍する、いわゆる外部加熱法が普通である。これらの解凍法の良否については、肉の重量変化、ドロップの発生、肉色、保水性および微生物の汚染など、各種の観点から研究、報告されている<sup>3), 4), 5), 6)</sup>。しかし、凍結肉を実際の工場規模で解凍した場合の肉の品質や加工特性と重要な関係にあるといわれている塩可溶性たん白質の抽出性およびその性質に対する影響についての研究は、まだ不十分のようである。

本報では、一定の条件下で凍結貯蔵された豚ロース肉を用い、実用規模で流水および低温空气中で解凍したときの塩可溶性たん白質の抽出性および保水性について比較、検討した結果を報告する。

### 実験材料および方法

#### 1. 材料

<sup>2)</sup> 前報の実験に用いた凍結豚肉の一部を材料として用いた。すなわち、と殺時の体重がほぼ一定（90kg）なランドレース×ハンプシャー種のF<sub>1</sub>の去勢した豚8頭から左右のロース肉をとり、-33°Cで48時間凍結し、-18°Cで1ヶ月間貯蔵したものである。解凍に際しては、凍結ロース肉を3分割し、カット部分および左右ともに平均するように両試験区に配分し、実験に供した。試料肉は、1解凍区について8頭、計16点が供試された。

#### 2. 解凍法

カートンで保護した凍結ロース肉を0±2°Cの商業規模の冷蔵庫に、7日間放置することにより空气中で自然に解凍し、これを空気解凍区とした。また、ポリエチレン袋に入れた凍結肉を、長さ1200mm、幅970mm、高さ750mmの解凍槽（流速15m/sec., 水温13°C）に浸漬し解凍したものを流水解凍区とした。流水解凍（半解凍状態）に要した時間は、約15時間であった。

#### 3. 塩可溶性窒素区分の分別定量

前記の解凍肉を一夜冷蔵庫内に放置した後、目にみえる脂肪層および結合組織、並びに約1cmの厚さに外周の肉を除去した後、ブレンダーで細碎して分析用の試料肉を調製した。塩可溶性窒素区分の抽出並びに分別定量法は、Wardlaw, F. B. らの方法<sup>7)</sup>を参照して前報<sup>2)</sup>と同様に実施した。すなわち、Na-phosphate-KCl Buffer

(20mMKH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 30mM Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0.9M KCl,  $\mu=1.0$ , pH 7.0) で3回抽出した上澄区分を塩可溶性全窒素 (TEN) 区分とし、また、TEN区分のイオン強度を希釈して得られた沈でん部分を筋原せんいたん白態窒素区分とし、さらその上澄区分の窒素から非たん白態窒素(NPN)を除いた区分を筋漿たん白質区分とした。なお、NPNは、TEN区分に同量の20%トリクロル酢酸を加えた後、上澄区分の窒素を定量して求めた。窒素の定量には、ケルダール法<sup>8)</sup>を用いた。

4. 塩可溶性全窒素区分の乳化性の測定

Webb, N. B. らの方法<sup>9)</sup>に準じて測定した。前記TEN抽出液一定量(1および5ml)にNa-phosphate-KCl Bufferを加えて全容を50mlとし、これにあらかじめ20mlのコーンオイル(局方)を加えた後、ハイスピードホモジナイザー(H5型, スリーワンモーター)を用い、4500rpmで攪拌しつつ、さらに1分当り5mlの一定速度でコーンオイルを添加し、O/W型からW/O型への相転換点を銅電極を用いて電気抵抗値の変化から測定した。乳化性は、相転換点までに要した油の量を求め、TEN中のmg窒素当りのコーンオイル量(ml)で表示した。

5. 保水性の測定

解凍した試料肉の保水性は、ステンレス製保水測定管<sup>2)</sup>を用いた前報の方法で測定した。

実験結果

I. 塩可溶性窒素区分の抽出性

0°C, 7日間空气中, または13°C, 15時間流水中で解凍した両試験区の豚ロース肉のpHおよび水分含量は、第1表に示す通りであった。供試した豚ロース肉のNo. 1, 2, 3および4は、と殺後2日目, また5, 6, 7および8は、と殺後4日目に凍結貯蔵されたものである。

2つの方法で解凍した豚ロース肉のTEN量並びに、全窒素量に対する百分率(抽出性)を第2表に示した。

供試した豚ロース肉の全窒素量は、肉組織1g当り、流水解凍したものでは、平均値で35.2mg, 空気解凍したものでは36.0mgであって、両解凍区間に有意の差は認められなかった。TEN量は、空気解凍区では、肉組織1g当り17~23mgの範囲, また流水解凍区では、18~24mgの範囲であった。両者を比較してみると、空気解凍したものは、流水解凍したものよりやや低い値を示しているが、統計的には両解凍区間に有意の差は認められず、むしろ供試したロース肉間での差の方が大であった(P<0.05)。

つぎに、TEN中の各構成成分、すなわち筋原せんい、筋漿および非たん白態窒素区分に分別し、解凍法の違いによるそれらの抽出性を比較したところ、第3表に示す結果を得た。TEN中の各構成成分比は、空気解凍と流水解凍区のものとはやや異なり、また供試肉間での差異もかなり認められた。筋原せんいたん白態窒素のTEN中に占める割合は、各個体別にみて、流水解凍したものの方が、空気解凍したものよりも低い傾向が認められ、平均して約6%程度低かった。一方、筋漿たん白態窒素区分につ

Table 1. pH value and moisture content of defrosted pork

Pork No.		1	2	3	4	5	6	7	8
Water defrosting	pH	6.40	5.61	5.64	5.61	5.78	5.86	5.70	6.00
	Moisture (%)	74.5	73.6	74.9	74.7	73.8	74.5	73.2	73.8
Air defrosting	pH	6.18	5.66	5.61	5.60	5.71	5.78	5.82	5.92
	Moisture (%)	72.9	72.3	74.4	74.2	73.4	73.7	72.9	73.5

Table 2. Extractability of salt soluble nitrogen

	Water defrosting			Air defrosting		
	TN* (mg N/g)	TEN** (mg N/g)	TEN/TN*** (%)	TN (mg N/g)	TEN (mg N/g)	TEN/TN (%)
Pork No. 1	36.20	21.36	59.0	35.64	20.13	56.5
2	35.24	18.09	51.3	35.55	17.34	48.1
3	34.64	20.51	59.2	36.33	20.43	56.2
4	34.91	19.58	56.1	35.57	18.80	52.9
5	35.38	23.60	65.1	37.60	22.73	61.3
6	35.45	23.66	66.7	35.20	22.90	65.1
7	35.36	21.78	61.6	35.90	22.53	62.8
8	34.46	17.94	52.1	36.87	18.07	49.0
$\bar{m}$	35.21	20.82	58.9	36.02	20.37	56.5

\* : Total nitrogen    \*\* : Total salt soluble nitrogen    \*\*\* : Extractability

Table 3. Distribution of nitrogen in salt soluble fraction (%)

Defrosting method	Myofibrillar protein fraction		Sarcoplasmic protein fraction		Non protein nitrogen fraction	
	Water	Air	Water	Air	Water	Air
Pork No. 1	44.4	45.4	37.6	33.4	18.0	21.2
2	37.2	39.4	41.5	36.2	20.9	23.4
3	39.7	54.6	38.8	24.4	21.2	20.6
4	38.8	52.0	40.8	28.9	19.9	19.2
5	38.9	45.8	39.4	36.9	20.8	17.4
6	37.6	41.3	41.8	38.5	19.7	18.3
7	37.5	44.4	41.0	38.3	21.5	18.4
8	38.9	40.0	42.6	41.6	18.6	20.6
$\bar{m}$	39.1	45.4	40.4	34.8	20.1	19.8

いてみると、流水解凍したものは、空気解凍したものと比べて、平均値で約6%高かった。非たん白態窒素区分の割合は約18~21%の値を示していて、両解凍区間に差は認められなかった。

## II. 塩可溶性全窒素区分の乳化性

TEN抽出液の乳化性を知るために、TEN抽出液一定量を乳化するに要するコーンオイルの量を測定した結果は、第4表に示す通りであった。乳化性の測定は、試料

液量が1mlおよび5mlの2つの場合について行なった。

流水解凍区のTEN抽出液(1ml)の乳化に要するコーンオイルの量は、平均値で10.8ml/mgN、また空気解凍したものでは12.2ml/mgNであった。また、TEN抽出液5mlを用いて行なった実験では、それぞれ4.43ml/mgNおよび4.81ml/mgNであった。流水解凍したものから得たTEN抽出液の乳化性は、用いた液量が1mlおよび5ml、いずれの場合も、空気解凍したものから得たTEN抽出

Table 4. Emulsifying capacity of TEN\*  
fraction (oil ml / mg N)

Volume	Water defrosting		Air defrosting	
	1 ml	5 ml	1 ml	5 ml
Pork No. 3	10.0	4.06	11.9	4.68
4	10.1	4.05	12.2	5.01
5	10.7	4.57	12.4	4.82
6	10.9	4.46	11.9	4.34
7	11.7	4.76	11.4	4.67
8	11.1	4.67	13.4	5.35
$\bar{m}$	10.8	4.43	12.2	4.81

\* : Total salt soluble nitrogen

液より有意に低かった (P<0.05)。

### III. 保水性

低温空気中および流水解凍したロース肉の保水性について測定した結果を第5表に示した。

Table 5. Water holding capacity of defrosted pork (%)

Defrosting method	Without NaCl		With 3% NaCl	
	Water	Air	Water	Air
Pork No. 1	59.7	64.4	93.8	97.4
2	51.4	56.6	75.2	88.9
3	55.2	58.8	92.3	92.7
4	56.9	58.9	90.7	89.8
5	61.3	63.5	90.5	91.7
6	64.4	65.4	91.7	92.2
7	63.2	65.6	93.6	97.2
8	50.2	56.3	80.3	86.0
$\bar{m}$	57.8	61.3	88.5	92.0

流水解凍したものの保水性は供試肉間でかなりの違いが認められたが、これは空気解凍した場合でも同じ傾向であって、供試肉の個体差に基づくものと考えられた。しかし、全体的にみた場合、流水解凍したものは、空気解凍したものに比べて保水性は低く、統計的にも有意の

差が認められた (P<0.01)。つぎに、肉重量に対して3%量の食塩を添加し、18時間冷蔵したときの保水性をみると、両解凍区とも、加塩しないものに比べて約30%高い値を示したが、食塩を加えない場合と同様、流水解凍したものの保水性は、空気解凍したものに比べて有意に低かった (P<0.01)。

### 考 察

本実験では、従来、食肉工場で実用されている低温空気中(約0℃, 7日間)および流水中(約13℃, 15時間)での解凍が凍結豚ロース肉の塩可溶性窒素の抽出性並びに保水性にどのように影響するかについて比較検討した。解凍肉の塩可溶性全窒素の抽出性は、両解凍区間で有意の差は認められなかったが、流水解凍したものの保水性は、食塩添加の有無にかかわらず、空気解凍したものよりもかなり劣っていた。保水性の差については、マトン肉を用いた矢野ら<sup>10)</sup>、および豚肉を用いた河野<sup>11)</sup>の報告と同様の結果であった。一般にたん白質は変性すると溶解性が減少するといわれているが、肉を凍結貯蔵した場合、塩可溶性たん白質の抽出性が減少することをKhan<sup>12)</sup>およびAwadら<sup>13)</sup>は報告している。著者ら<sup>14)</sup>も豚筋肉ミオシンB溶液を用いたモデル実験の結果から、肉たん白質の溶解性の減少について報告した。また、さらに凍結肉の塩可溶性たん白質の抽出性は、凍結処理の影響ばかりでなく、解凍方法との組合せいかんによっても異なることを報告した<sup>1)</sup>。肉の解凍処理に伴うたん白質の抽出性やその性質についての研究報告は少ないが、例えば河野<sup>11)</sup>によると、解凍の方法によっては抽出性全窒素の全窒素に対する割合(抽出性)はかなり異なるという。本実験の結果では、 $\mu=1.0$ のNa-phosphate-KCl Bufferで抽出される塩可溶性全窒素の量は、流水解凍したものと空気解凍したものの間で有意の差は認められなかった。しかし、前記の抽出区分中の筋原せんい、筋漿並びに非たん白態窒素の割合はかなり異なっており、流水解凍は、筋原せんいたん白質および筋漿たん白質の抽出性に対し、

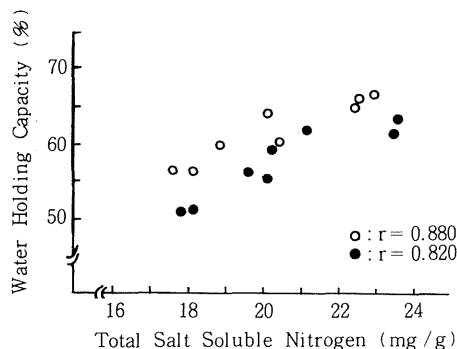


Fig. 1. Relationship between water holding capacity (without NaCl) and total salt soluble nitrogen.

○ : Air defrosted pork  
● : Water defrosted pork

かなり影響するものと考えられた。

肉の保水性は、筋肉を構成するたん白質の溶解性と合わせて密接な関係にあるといわれている<sup>15), 16)</sup>。そこで、TENの抽出量と保水性（食塩無添加）との関係を見ると（第1図）、肉の保水性は、TENの抽出量と有意に相関している。しかし、流水解凍したものと、空気解凍したものの間ではその様相が異なっていることが認められた。すなわち、流水解凍したものの保水性は、TENの抽出量が同じレベルであっても、空気解凍したものより劣っていた。これは、第3表に示したように、TEN区分のうちでも、特に保水性や結着性と密接に関係していると考えられるミオシンAとかBを含む筋原せんいたん白質<sup>16), 17)</sup>区分の構成割合が、両解凍区間でかなり差異のあったことと関連しているためと考えられる。また、このことは、TEN抽出液の乳化性の測定結果からも推察される。Tasai<sup>18)</sup>によると、筋肉構造たん白質であるミオシンおよびアクチン、並びに筋漿たん白質の乳化性は異なり、また、たん白質の変性の程度によっても差があるという。さらに、Neelakantan および Froning<sup>19)</sup>によると、ミオシンとアクトミオシンの乳化性は筋漿たん白質の乳化性よりも優れていることを報告している。本実験の結果では、

流水解凍したものから得たTEN区分の乳化性は、空気解凍したものから得たものよりもかなり劣っていた。そして、TEN区分の乳化性の良否は、TEN区分中の筋原せんいたん白質の占める割合と関係しているようであった。これらのことから、一般に実用されている流水解凍法（約13°C、15時間、半解凍）は、低温空気解凍法（約0°C、7日間）に比べて、肉の保水性や結着性および乳化性に関与すると考えられている塩可溶性たん白質、特に筋原せんいたん白質の溶解性に対して、より大きく影響するものと考えられた。

## 要 約

凍結豚ロース肉の塩可溶性窒素の抽出性並びに保水性に対する流水解凍法（13°C、15時間）の影響について、0°C、7日間空気解凍したもののそれと比較、検討した。

塩可溶性全窒素の抽出性は、流水解凍および空気解凍したものの間に有意の差は認められなかった。しかし、塩可溶性全窒素中に占める筋原せんい、筋漿および非たん白態窒素の割合は、両解凍区間で異なっていた。特に、流水解凍したものの筋原せんい区分の抽出性は、空気解凍したものよりも有意に低かった。

塩可溶性全窒素区分の乳化性は、流水解凍したものの方が空気解凍したものより有意に低かった。

解凍した肉に3%量の食塩を加えた場合、あるいは加えない場合も、流水解凍したものの保水性は、空気解凍したものより有意に低かった。

本研究を進めるに当り、実験に御協力いただいた杉沢康男氏並びに日本食肉加工協会の矢野幸男および高坂和久両博士に感謝します。

## 文 献

- 1) 大高文男・永山精美・岡田邦夫：茨大農学術報告、No. 24, 69 (1975)
- 2) 永山精美・杉沢康男・大高文男・矢野幸男・高坂和

- 久：茨大農学術報告, No. 23, 21 (1974)
- 3) 齊藤不二男：食品工業, 13, (20), 21 (1970)
- 4) 加藤舜郎：食品冷凍の理論と応用, p. 424, 光琳書院, (1967)
- 5) 加藤舜郎：食肉の低温処理, p. 290, 養賢堂 (1968)
- 6) 田中武夫：コールドチェーン研究, 2, (3), 21 (1976)
- 7) Wardlaw, F. B., L. H. Mccaskill and J. C. Acton : J. Food Sci., 38, 42 (1973)
- 8) 副島正美・菅原 潔：蛋白質の定量, p. 25, 東京大学出版会, (1977)
- 9) Webb, N. B., F. J. Ivey, H. B. Craig, V. A. Jones and R. J. Monroe : J. Food Sci., 35, 501 (1970)
- 10) 電子解凍研究委員会：冷凍食肉の急速電子解凍装置に関する研究報告 (1971)
- 11) 河野竹一：New Food Industry, 14, (4) 14(1972)
- 12) Khan, A. W. : J. Food Sci., 28, 425 (1963)
- 13) Awad, A., W. D. Powre and O. Fennema : J. Food Sci., 33, 227 (1968)
- 14) 大高文男・永山精美・雨谷 厚：茨大農学術報告, No. 21, 21 (1973)
- 15) Hamm, R. : Advances in Food Research, 10, 357 (1960)
- 16) 大高文男：食肉肉製品ハンドブック (橋本, 木塚, 安藤, 藤巻編) p. 293, 朝倉書店 (1963)
- 17) Fukazawa, J., Y. Hashimoto and T. Yasui : J. Food Sci., 26, 541 (1961)
- 18) Tasai, R., R. G. Cassens and J. Briskey : J. Food Sci., 37, 286 (1972)
- 19) Neelakantan, S. and G. W. Froning : J. Food Sci., 36, 613 (1971)

## Summary

Effects of water-defrosting method (at ca. 13°C, for 15 hr) on extractability of salt soluble nitrogen and water holding capacity of frozen pork loin were investigated, comparing with air-defrosting method (at ca. 0°C, for 7 days).

No significant differences were found in extractability of total salt soluble nitrogen of defrosted pork between water- and air-defrosting. However, some differences were found in the proportions of myofibrillar, sarcoplasmic, and non protein nitrogen to total salt soluble nitrogen between water- and air-defrosted pork. The water-defrosted pork showed significantly less extractability of myofibrillar protein nitrogen than the air-defrosted pork.

Emulsifying capacity of total salt soluble nitrogen fraction was significantly less in water-defrosted pork than in air-defrosted pork.

There were significant differences in water holding capacity (with or without addition of NaCl) of defrosted pork between water- and air-defrosting.