

解凍による冷凍食品のビタミン B₁, ビタミン B₂ 残存率と ドリップへのビタミン B₁ 損失

佐藤 雅子

Retention of thiamine and riboflavin in frozen food and thiamine loss in drip upon defrosting

Masako SATO

冷凍食品はわが国でも欧米諸国に比較すると小規模ながら年々増加の傾向にあり、品質も改良され、その種類も多種類になり水産物から獣肉類、野菜類、果実類、調理食品などの冷凍食品が市販されている。また冷凍冷蔵庫の普及により家庭でも食品を冷凍保存し簡単な冷凍食品をつくる傾向が高まってきた。

冷凍食品の栄養価をビタミンについてみると冷凍食品の凍結中のビタミンの損失は、凍結前の熱処理の過程で水溶性ビタミンの損失がみられ¹⁾²⁾、凍結中の温度が適切でないとビタミンCの損失があり¹⁾、また長期間冷凍保存するとビタミンB群の残存率が低下するなどの報告³⁾がみられるが、凍結前の処理、凍結温度、保存方法などが適切であれば凍結中のビタミンの損失はきわめて小さく⁴⁾⁵⁾、食品保存法としては安全性の面からだけでなく栄養的にも望ましい保存法である。ただ冷凍食品は一般には解凍して使用することが多く解凍時ドリップが流出し、ドリップの流出に伴い可溶性の栄養成分が溶出するため水溶性ビタミンの損失が避けられないという難点をもっている。ドリップに失われるビタミンの損失については Peason らの報告⁶⁾⁷⁾があるが詳細な報告はみられない。そこで著者は解凍方法、冷凍食品の種類や形、品質の相異による解凍時のドリップ発生量、ドリップに失われるビタミン B₁ 量、解凍後のビタミン B₁, B₂ 残存率について比較検討したので報告する。

実験方法

I. 解凍方法

1) 試料

解凍実験の試料としては食品を切断したり種皮を取り除いた後凍結したもの（例えば魚肉類の切り身）とそうでないもの（例えば豆類）では解凍時ドリップの発生量が異なるので前者には豚肉の切り身を、後者には枝豆の種子を使用した。豚肉は死後3日後の腿肉の塊を約100g づつ球状の塊になるように切り分けサランラップで包装し -20°C の冷凍庫内で3~5日間冷凍した。枝豆は粒の揃ったものを約100g、外形が球状になるようにサランラップで成形しながら包装し同様に -20°C で3~5日間冷凍した。

2) 解凍方法

一般に家庭で行なわれている4つの解凍方法で解凍した。

- ① 空气中解凍 (室内解凍)
- ② 空气中解凍 (冷蔵庫内解凍)
- ③ 液体中解凍 (流理解凍)
- ④ 高周波解凍 (電子レンジ解凍)

解凍は室内, 冷蔵庫内, 流理解凍では図1のように漏斗上に凍結した食品を置き, 食品の中心部および表面の温度変化を熱電対で経時測定し, 中心部の温度が 5°C または 1°C に達するまで解凍を継続した。解凍時間内に流出したドリップはメスシリンダーに集めドリップの発生量を記録した。

流理解凍は図1中央のように上部からの流水は試料に流水が混入しないよう大きめのビニールカバーをかけその上から流水し, また試料の下半分も流水に接するよう下部からも水道水を流した。電子レンジによる解凍では中心部の温度を経時的に測定することが不可能であり解凍終了を定めにくいので, この場合は凍結食品を15秒または30秒毎に加熱後食品を取り出し切断して氷結晶が残存しているか否かで解凍終了を定めた。電子レンジによる解凍では加熱中の食品の水分の損失を防ぐため, 凍結食品はシャーレに入れ上からサランラップで覆い解凍した。

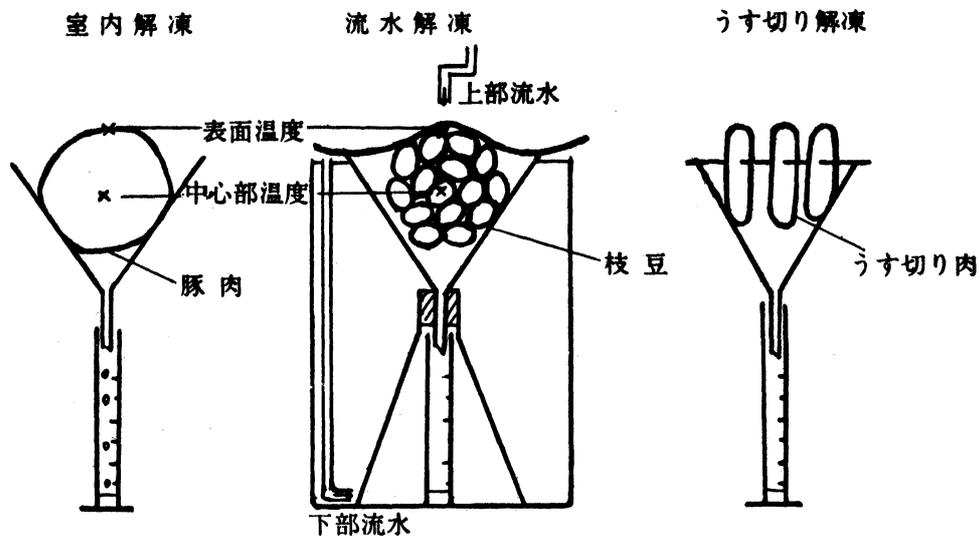


図1 解凍方法

II. 定量方法

解凍前後の食品中の B₁, B₂ 量を測定したが同一個体の豚の腿肉でも部位により B₁, B₂ 量にやや変動がみられたので, 試料は3部位から集め分析に使用した。解凍により水分損失がみられるので水分の定量も併せて行ない解凍後の B₁, B₂ 残存率は無水物当りに換算したものから算出した。

B₁ 定量はチオクローム法⁸⁾により, B₂ 定量はルミフラビン蛍光法⁹⁾により, 水分定量は常法で行った。

実験結果および考察

I. 解凍方法とビタミン B₁ 損失率および解凍後のビタミン B₁ ビタミン B₂ 残存率

室内解凍, 冷蔵庫内解凍, 流水解凍, 電子レンジによる解凍の4方法で解凍を行い, 解凍方法の相異なるによるドリップの発生量, ドリップに失われる B₁ 量, 解凍後の食品中の B₁, B₂ 残存率を検討した。試料は約 100 g の球形にした豚肉, 枝豆を使用し, 解凍終温は 5°C とした。

1) 空气中解凍 (室内解凍)

解凍時の試料の中心部, 表面の温度変化を図 2, に示したが, 夏期であったため室温が 26~28°C と高く解凍は比較的早く進行し 100 分後解凍は終了した。

室内解凍におけるドリップの発生曲線は図 2, に示したように, 豚肉では表面温度が 0°C に達した頃からドリップの発生がみられ, 中心部の温度が 0°C 前後の頃, ドリップの発生量はもっとも多く, その後は減少し, 解凍終了時のドリップの発生量は 2.3 ml であった。ドリップに溶出した B₁ 量を B₁ 損失率 (解凍前の食品中の B₁ 量に対するドリップ中の B₁ 量の比率) でみると, 豚肉のドリップへの B₁ 損失率は 2.2% であった。枝豆では図 2 のようにドリップの発生は全然認められず従ってドリップへの B₁ 損失率は 0 であった。このように同じ冷凍食品でも食品の種類が異なれば解凍時のドリップ発生量, B₁ 損失率に大きな違いがみられることがわかった。

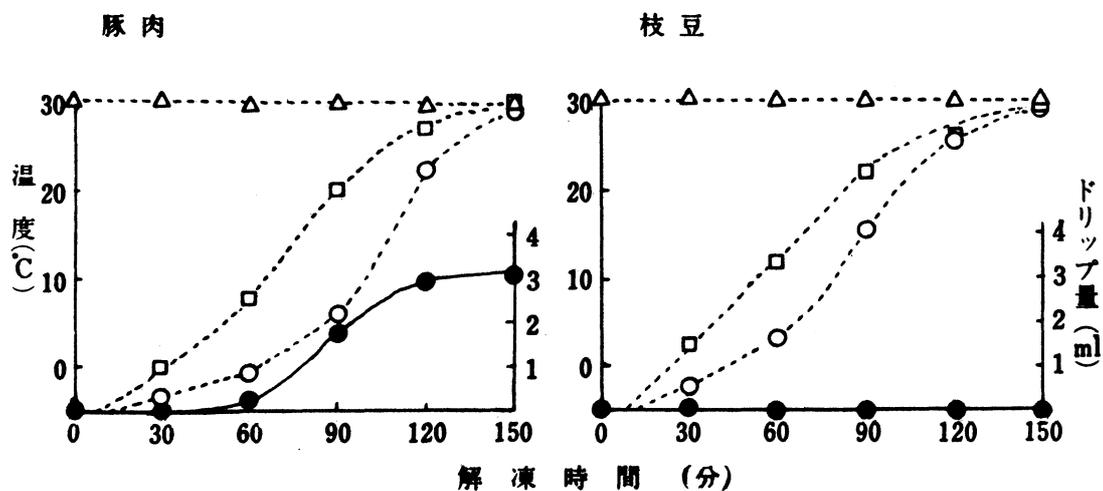


図 2 ドリップ発生曲線 (室内解凍)

△……△ 室温 □……□ 表面温度 ○……○ 中心部温度 ●——● ドリップ量

表 1 室内解凍とドリップ発生量およびビタミン B₁ 損失率

食 品	ドリップ発生量 ml	ドリップ中の B ₁ 量 mg	食品中の B ₁ 量 mg	B ₁ 損 失 率 %
豚 肉	2.3	0.012	0.554	2.2
枝 豆	0	0	0.134	0

室内解凍後の豚肉, 枝豆の B₁, B₂ 残存率を表 2 に示した。無水物当りの残存率でみると豚肉では

表2 室内解凍後のビタミン B₁ ビタミン B₂ 残存率

食 品	水分 g%	ビ タ ミ ン B ₁			ビ タ ミ ン B ₂			
		新鮮物 mg%	無水物 mg%	残存率 %	新鮮物 mg%	無水物 mg%	残存率 %	
豚 肉	解凍前	74	0.540	2.077	100	0.230	0.885	100
	解凍後	72	0.559	2.015	97	0.243	0.838	95
枝 豆	解凍前	70	0.198	0.660	100	0.156	0.520	100
	解凍後	70	0.195	0.647	98	0.153	0.509	98

B₁ 残存率 97%, B₂ は 95%, 枝豆では B₁ 98% B₂ 98% であり, B₁, B₂ 共に高い残存率を示した。

2) 空气中解凍 (冷蔵庫内解凍)

冷蔵庫解凍では庫内温度が 7~8°C で低いため中心部の温度変化は緩慢であり, 他の解凍方法に比べ解凍時間は長く, 解凍終了に要した時間は4時間であった。

豚肉のドリップの発生量は室内解凍時と同様に中心部の温度が 0°C 付近で多く, 解凍終了時のドリップの発生量は 2.7 ml でありドリップへの B₁ 損失率は 2.4% であった。冷蔵庫内解凍でも枝豆ではドリップの発生は認められず B₁ 損失率は 0 であった。(表 3)

表3 冷蔵庫内解凍とドリップ発生量およびビタミン B₁ 損失率

食 品	ドリップ発生量 ml	ドリップ中の B ₁ 量 mg	食品中の B ₁ 量 mg	B ₁ 損失率 %
豚 肉	2.7	0.019	0.551	3.5
枝 豆	0	0	0.133	0

冷蔵庫内解凍後の豚肉の B₁ 残存率は95% B₂ は 98%, 枝豆では B₁ 97%, B₂ 97% であり, 室内解凍と同様に解凍後のビタミン残存率は高かった。(表 4)

表4 冷蔵庫内解凍後のビタミン B₁, ビタミン B₂ 残存率

食 品	水分 g%	ビ タ ミ ン B ₁			ビ タ ミ ン B ₂			
		新鮮物 mg%	無水物 mg%	残存率 %	新鮮物 mg%	無水物 mg%	残存率 %	
豚 肉	解凍前	74	0.524	2.015	100	0.230	0.885	100
	解凍後	72	0.555	1.914	95	0.250	0.865	98
枝 豆	解凍前	70	0.190	0.633	100	0.122	0.406	100
	解凍後	70	0.184	0.614	97	0.119	0.394	97

3) 液体中解凍 (流水解凍)

流水解凍では約 18°C の水道水を 7l/分の流速で上部と下部から流水し解凍した。解凍時間はきわ

表5 流水解凍とドリップ発生量およびビタミン B₁ 損失率

食 品	ドリップ発生量 ml	ドリップ中の B ₁ 量 mg	食品中の B ₁ 量 mg	B ₁ 損 失 率 %
豚 肉	0.9	0.008	0.807	1.0
枝 豆	0	0	0.139	0

めて短く約50分で解凍は終了した。

流水解凍ではドリップの発生量はもっとも少なく解凍終了時の豚肉のドリップ発生量は 0.9 ml であり、B₁ 損失率は 1.0% であった。枝豆では流水解凍でもドリップの発生はみられなかった。

流水解凍による B₁, B₂ 残存率は豚肉、枝豆いずれも 97% 以上であり、解凍によるビタミンの損失はきわめて少なかった。(表 6)

表6 流水解凍後のビタミン B₁ ビタミン B₂ 残存率

食 品		水 分 g%	ビ タ ミ ン B ₁			ビ タ ミ ン B ₂		
			新 鮮 物 mg%	無 水 物 mg%	残 存 率 %	新 鮮 物 mg%	無 水 物 mg%	残 存 率 %
豚 肉	解 凍 前	74	0.669	2.576	100	0.203	0.779	100
	解 凍 後	72	0.707	2.524	98	0.213	0.763	98
枝 豆	解 凍 前	70	0.198	0.660	100	0.123	0.410	100
	解 凍 後	70	0.194	0.647	98	0.120	0.398	97

4) 高周波解凍 (電子レンジ解凍)

豚肉については電子レンジ加熱 1 分 30 秒以内では食品内部に氷結晶が残っており解凍時間は未終了であり、また 2 分以上の加熱では氷の結晶はなく部分的に熱変性が起こっており解凍時間としては長すぎていずれも不適當であった。1 分 45 秒の加熱では氷の結晶もみられずまた加熱部分もなく全体が生の状態であったので豚肉の電子レンジ解凍時間とした。同様の観察から枝豆の解凍時間は 1 分 30 秒とした。

電子レンジ解凍により豚肉では相当量のドリップが流出し、1 分 45 秒加熱でドリップ発生量は 9.1 ml であり、ドリップ中に失われた B₁ 損失率は 12.4% でありかなり高かった。枝豆では他の解凍方法と同様にドリップの発生はみられなかった。(表 7)

表7 電子レンジによる解凍とドリップ発生量およびビタミン B₁ 損失率

食 品	ドリップ発生量 ml	ドリップ中の B ₁ 量 mg	食品中の B ₁ 量 mg	B ₁ 損 失 率 %
豚 肉	9.1	0.089	0.714	12.4
枝 豆	0	0	0.139	0

電子レンジ解凍後のビタミン残存率をみるとドリップの発生量の多かった豚肉ではドリップ中にビ

タミンが流出したため B₁ 残存率は81%, B₂ 残存率は86%であり, 他の解凍方法に比べ, かなり低い値であった。ドリップの発生がみられなかった枝豆では解凍後の残存率は他の解凍方法と同じような値を示し, B₁ 残存率は96%, B₂ は98%と高い値であった。

電子レンジ加熱による B₁, B₂ の変化について Goldblith らは¹⁰⁾ B₁ 溶液を50分間加熱すると B₁ は約50%分解されるが10分程度の加熱では B₁ 分解は小さいことを報告している。また川北ら¹¹⁾ は豚肉を6分30秒加熱すると B₁ 残存率は66%, B₂ は78%になるが, 鶏の肝臓を40秒加熱しても B₁, B₂ はほとんど分解されないことを報告している。本実験でも枝豆の電子レンジ解凍後の B₁, B₂ 残存率はきわめて高く, また豚肉の電子レンジ解凍後の B₁ 残存率は81%で低かったがこれは豚肉の B₁ が解凍時ドリップ中に溶出した結果残存率は低下したのであり電子レンジ加熱による損失ではないことなどから, 加熱操作によっては電子レンジによるビタミンの損失をきわめて小さいものにすることは可能である。

表8 電子レンジによる解凍後のビタミン B₁ ビタミン B₂ 残存率

食	品	水分 g%	ビ タ ミ ン B ₁			ビ タ ミ ン B ₂		
			新鮮物 mg%	無水物 mg%	残存率 %	新鮮物 mg%	無水物 mg%	残存率 %
豚	解凍前	74	0.505	1.942	100	0.310	1.192	100
	解凍後	67	0.519	1.573	81	0.338	1.025	86
枝	解凍前	70	0.207	0.698	100	0.144	0.480	100
	解凍後	70	0.198	0.659	96	0.140	0.470	98

以上解凍方法の相異によるドリップの発生量, B₁ の損失, 解凍後の B₁, B₂ 残存率を検討したが, 解凍方法についてみると室内, 冷蔵庫, 流水, 電子レンジによる解凍の中では, 室内, 冷蔵庫内, 流水解凍でドリップの発生量およびドリップへの B₁ 損失は少なく解凍後の B₁, B₂ 残存率は95%以上でありきわめて高く解凍方法としては適切であった。電子レンジによる解凍は枝豆ではドリップの発生はみられず解凍後の B₁, B₂ 残存率も高いので解凍方法として適切であるが, 豚肉では多量のドリップが流出し B₁ 損失も大きいので豚肉のような食品には電子レンジによる解凍は望しくない。

食品の種類として本実験では豚肉と枝豆を使用した, 解凍時のドリップ発生量, B₁ 損失率は食品の種類によって大きな違いがみられた。切り身の豚肉はいずれの解凍方法で解凍してもドリップは流出し中でも電子レンジによる解凍では多量のドリップが流出した。この現象は豚肉だけでなくその他の獣肉, 魚肉類の切り身でも同様であり解凍時のドリップの流出はさげられず解凍後のビタミン残存率は低下する。これに対し枝豆やグリンピースはドリップの発生は認められず解凍後の B₁, B₂ 残存率は95%以上でありきわめて高かった。冷凍食品として年々増加の傾向にあるステック, フライ製品は魚肉類を澱粉などの衣で包んでいるため豆類と同様ドリップの流出は少なくなる。食品の種類と調理による B₁ の損失について多くの報告があるが^{12)~15)}, 解凍時の B₁ 損失もこれらの報告と同じような傾向であった。

解凍食品の解凍後のビタミン残存率を B₁, B₂ について検討したが, 同じ水溶性ビタミンの中でも B₁ の残存率は B₂ の残存率に比べて低かった。

II. 肉の品質とビタミン B₁ 損失率および解凍後のビタミン B₁ ビタミン B₂ 残存率

赤身の豚肉, 上質, 中, 下のもの3種と脂身の多いばら肉2種について, 肉質の相異による解凍時のドリップ発生量, ドリップへのビタミン損失量, 解凍後の B₁, B₂ 残存率を検討した。約 150g の赤肉, ばら肉をいずれも 2~3mm のうす切りにし凍結したものを図1のように漏斗上に置き, 冷蔵庫内で肉の内部温度が 5°C になるまで約4時間30分解凍を行った。

表9のように肉質の相異によってドリップの発生量は大きく異なり, 赤身の肉でも赤身の濃いやわらかい上質肉 A ではドリップの発生量は 13.5 ml でありきわめて多かったが, 中質肉 B では 6.8 ml 結合組織が多くかたい質のよくない C では 2.1 ml でありまた脂身の多いばら肉では C, D いずれもドリップの発生はみられなかった。ドリップへの B₁ 損失率をみると上質肉 A では 11.7% と高く,

表9 肉の品質とドリップ発生量およびビタミン B₁ 損失率

豚肉の部位	品 質	ドリッ プ量 ml	ドリッ プ中のB ₁ 量 mg	肉 の B ₁ 量 mg	B ₁ 損 失 率 %
も も 肉	上 (A)	13.5	0.084	0.717	11.7
	中 (B)	6.8	0.048	0.756	6.3
	下 (C)	2.1	0.014	0.998	1.0
ば ら 肉	上 (D)	0	0	0.325	0
	下 (E)	0	0	0.212	0

中質肉 B では 6.3%, 質のよくない C では 1.0%, ばら肉 C, D はいずれも損失率は 0 であり同

表10 肉の品質と解凍後のビタミン B₁ ビタミン B₂ 残存率

肉の部位・品質	解凍前後	水 分 g%	ビ タ ミ ン B ₁			ビ タ ミ ン B ₂		
			新 鮮 物 mg%	無 水 物 mg%	残 存 率 %	新 鮮 物 mg%	無 水 物 mg%	残 存 率 %
もも肉	上 (A)	前	0.456	1.900	100	0.196	0.817	100
		後	0.519	1.573	83	0.240	0.727	89
	中 (B)	前	0.529	2.221	100	0.213	0.895	100
		後	0.528	2.035	91	0.220	0.847	95
	下 (C)	前	0.671	2.581	100	0.200	0.758	100
		後	0.669	2.478	96	0.188	0.735	97
ばら肉	上 (D)	前	0.206	0.489	100	0.233	0.542	100
		後	0.202	0.479	99	0.254	0.546	100
	下 (E)	前	0.134	0.325	100	0.231	0.550	100
		後	0.131	0.318	98	0.228	0.543	99

じ豚肉でも肉質あるいは部位によって解凍時の損失率は異なっていた。

肉の品質と解凍後の B₁, B₂ 残存率の関係をみると、ドリップ発生量の多かった上質肉 A の B₁ 残存率は83% B₂ は89%であり、他の品質に比べかなり低く、中質肉 B では残存率は B₁ 91%, B₂ 95%であるが、質のよくない肉 C やばら肉 D, E では残存率はきわめて高かった。

III. 肉の形とビタミン B₁ 損失率および解凍後のビタミン B₁ ビタミン B₂ 残存率

赤身の豚肉約 150 g を球状の塊に切断したものと 2~3 mm のうす切りに切断したものを凍結し、食品の形と解凍時のドリップ発生量, B₁ 損失率, および解凍後の B₁, B₂ 残存率の関係をみた。

まず解凍終了温度を塊, うす切りいずれも 1°C とし塊は 8 時間うす切りは 2 時間冷蔵庫内で解凍した。(I)

ドリップの発生量は塊では 8.1 ml, うす切りは 8.5 ml であり、ドリップへの B₁ 損失は塊6.0%, うす切り 7.4% でありうす切りの方が塊よりも高かった。また解凍後の塊の B₁ 残存率は90%, B₂ は 93%であり、うす切りでは B₁ 88%, B₂ 92% であり塊よりも幾分低かった。

次に塊, うす切りいずれも同一時間解凍した。塊の中心部が1°C に達するまで 7 時間30分解凍した。(II) この時間うす切りの解凍は終了し中心部の温度は 7°C であった。

ドリップの発生曲線図 3 のように中心部の温度が 0°C 付近でドリップの発生量が多く 7 時間30分の解凍により塊では 8.7 ml, うす切りでは塊の約 2 倍に相当する 16.5 ml のドリップが流出した。ドリップへの B₁ 損失は塊では 7.1% であったがドリップ量の多かったうす切りでは11.9%であった。解凍後の塊の B₁ 残存率は 88% B₂ は89% であり、うす切りでは B₁ 76%, B₂ 80%, とかなり低い値を示した。(表 12)

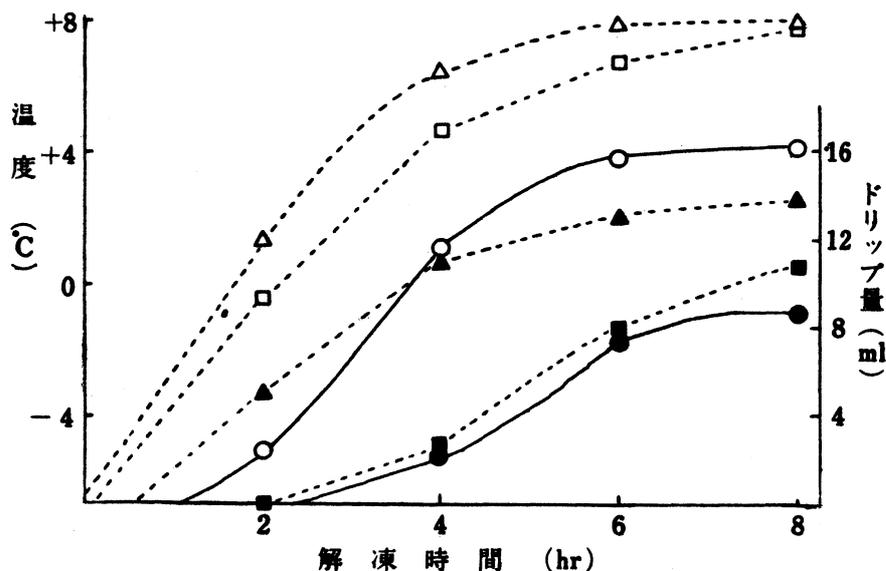


図3 ドリップ発生曲線 (塊とうす切り)

△.....△	うす切り 表面温度	▲.....▲	塊 表面温度
□.....□	うす切り 中心部温度	■.....■	塊 中心部温度
○.....○	うす切り ドリップ量	●.....●	塊 ドリップ量

