

## 저온진공기술을 이용한 예냉 및 해동 겸용장치에 관한 연구

김 성 규<sup>†</sup> · 박 영 승\* · 최 현 규\*\* · 이 정 혜\*\*\* · 김 경 근\*\*\*\*

(원고접수일 : 2002년 10월 25일, 심사완료일 : 2002년 12월 30일)

### A Study on the Combined Equipment for the Pre-cooling and the Thawing using the Low Temperature Vacuum System

Seong-Gyu Kim<sup>†</sup> · Yung-Seg Park\* · Hyun-Kue Choi\*\* · Jung-Hae Lee\*\*\* · Kyung-Kun Kim\*\*\*\*

**Key words** : Pre-cooling(예냉), Thawing(해동), Refrigeration System(냉동시스템), Low Temperature Vacuum System(저온진공시스템)

#### Abstract

We need refrigeration system which can maintain the freshness of agricultural products, because of being distance from a tiller to a consumer. Vacuum pre-cooling system has an advantage in quality maintenance through rapid cooling down by using latent heat of evaporation of stored products. A number of thawing methods in current use have also several disadvantages in thawing time, discoloration mass loss caused by drying, capital costs and running cost. These damages are, it is claimed, either eliminated or improved by the vacuum thawing system. An experimental study on the pre-cooling for the bean sprouts and cabbage, and thawing for hairtail and croaker by the low temperature vacuum system were carried out. The cabbage cooling time with this pre-cooling vacuum system took about 60 minutes to reach from 23.2 °C to 4.5 °C at 5 mmHg abs. ( $6.66 \times 10^{-4}$  MPa). The croaker thawing time with this low temperature vacuum thawing system took about 170 minutes to reach from -10.3 °C to -0.8 °C at 20 mmHg abs. ( $2.67 \times 10^{-3}$  MPa). The vacuum pre-cooling and thawing system have merits compared with present systems in their short intervals to cool down and to thaw without any quality losses.

<sup>†</sup> 책임저자(한국해양대학교 기관시스템공학부) E-mail:sgkim@hanara.hhu.ac.kr, T:051)410-4280

\* 일신엔지니어링(주) E-mail:bban73@hanmail.net

\*\* 한국해양대학교 대학원 E-mail:ian7516@hotmail.com

\*\*\* (주) 쓰리케이 엠아이텍 E-mail:ljhicing@hotmail.com

\*\*\*\* 한국해양대학교 기관시스템공학부 E-mail:kimkg@hanara.kmaritime.ac.kr

## 1. 서 론

우리 나라의 현재 농·어가 수는 1980년대의 농·어가 수와 거의 비슷하지만, 농·수산업에 종사하는 인력이 감소하고 고령화되는 실정이다. 또한 대외적으로는 WTO체제의 출범에 따른 농·수산업의 대외 개방에 의하여 농·어촌 제품이 품질과 가격의 경쟁이라는 이중고를 겪고 있다.<sup>1)</sup>

이와 같이 열악한 농·수산업 분야의 환경을 개선하기 위해서는, 수확량 증산을 위한 품종개발, 영농의 기계화, 생산물의 저장과 가공 등의 기계화를 통하여 선진 영농국가와의 경쟁력을 확보해야 한다. 특히 농·수·임·축산물의 생산지는 소비지와 멀리 떨어져 있으므로 제품의 신선도를 유지하기 위해서는, 수확 후 빠른 시간 내에 현지에서 냉각을 수행하여 저온유통으로 소비자에게 공급할 수 있는 냉장설비가 필요하며, 제품의 유통물량 조절과 신선도를 유지하기 위해서 냉장차나 대형저장창고를 통하여 유통된다. 그러나 농·축·수·임산물의 생산(채취) 후 소비자에게 전달되기까지 소요되는 장기간의 유통과정으로 인해 제품의 신선도가 저하되는 것은 피할 수 없다.

현재 주로 사용되고 있는 방식인 냉동기를 이용한 강제통풍 냉각방식은 냉각과정이 4~5시간이 소요될 뿐만 아니라, 제품 내부로부터 표면으로의 전도열전달에 의한 열효율의 저하, 제품표면에서의 수분과다증발 현상 등에 의하여 신선도의 저하가 크다.

또한 동결상태에 있는 식품을 사용할 경우, 일반적으로 해동할 필요가 있으며 이 해동방법이 적절하지 않으면 좋은 품질의 식품을 얻는 것이 어렵다. 따라서, 이러한 요구사항을 만족시키기 위해 냉동식품을 취급하는데 있어서는 냉동공정과 마찬가지로 해동공정도 중요한 요소이고, 세심한 주의를 기울이지 않으면 안 된다.

본 연구에서는 이를 개선하기 위하여 진공펌프와 수구동 공기흡입 이젝터를 이용하여 저장고를 진공으로 유지하게 하였으며, 진공도에 따른 증발 온도 하강에 의하여 낮은 온도에서 증발이 일어나므로(5 mmHg abs. 증발온도 1.6 ℃) 증발잠열을 이용할 수 있는 1회 처리량이 약 40 kg인 저온진

공열전달을 이용한 예냉 및 해동겸용 장치를 개발하였다.

이 장치로서 콩나물과 배추에 대하여 예냉실험을, 동결식품인 조기와 갈치에 대하여 해동실험을 실시하여 장치의 설계 및 기술개발에 필요한 제반 열공학적 특성을 파악하였다.

본 장치에 의한 예냉 및 해동 방식은 기존의 강제통풍 냉각장치에 비하여 냉각에 소요되는 시간을 단축시키고, 예냉과정에서 소요되는 에너지량을 최소화하고, 냉각온도를 최적상태로 조절하여 고품질의 농·축·수산물이나 임산물을 생산할 수 있었으며, 해동의 경우 진공해동 방식의 장치를 통하여 해동시간의 단축 및 고품질의 제품을 얻을 수 있음을 확인하였다.

## 2. 실험장치와 실험방법

### 2.1 실험장치

Fig. 1에 저온진공기술을 이용한 예냉 및 해동 겸용 실험장치의 계통도를 나타내었다.

실험장치는 시료의 예냉과 해동이 이루어지는 진공용기(vacuum chamber), 진공용기 내부를 소정의 진공압력으로 유지하기 위한 진공펌프(rotary type oil vacuum pump)와 수구동 기계흡입 이젝터(water jet air ejector), 이젝터 구동용 펌프(driving pump)와 물탱크(water tank), 해동 시 필요한 열량을 공급하기 위한 전기 가열기(electric heater), 각 부의 온도 및 압력을 실시간 측정하기 위한 온라인 측정장치(on-line measuring unit) 등으로 구성되어 있다.

먼저 진공예냉 및 해동장치의 핵심장치에 해당하는 진공용기의 크기는  $\Phi 1,000 \times L 1,220$  mm의 원통형용기로서 내부용적은  $0.88 \text{ m}^3$  이다. 본체 내부에는 해동실험의 경우에  $W 360 \times H 180 \times L 590$  mm의 고기상자 5개가 들어가는 트레이 1대가 들어갈 수 있도록 설계되어 있다. 또한 해동 시 해동물에서 발생하는 응축수는 아래쪽으로 모아지도록 되어 있으며, 예냉 및 해동 실험 중 내부의 상태를 관찰할 수 있도록  $\Phi 200$  mm의 관찰창 1개를 설치하였다.

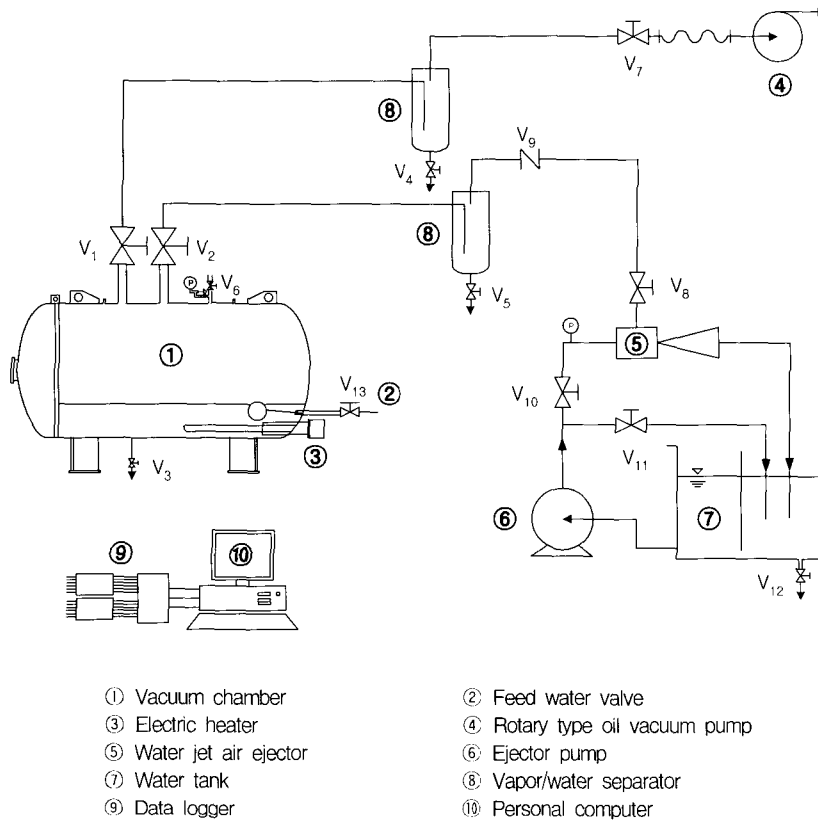


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental apparatus.

진공용기 내부를 소정의 진공압력으로 유지하기 위하여 실험초기에는 로터리형 진공펌프를 사용하여 빠른 시간 내에 어느 정도의 진공압력으로 도달시킨 다음, 수구동 기체흡입 이젝터를 이용하여 소정의 진공압력을 유지시켰다. 실제의 예냉실험에 있어 로터리형 진공펌프의 가동시간은 약 30분 정도이며, 이후에는 이젝터를 이용하여 용기내 압력을 5 mmHg abs. ( $6.66 \times 10^{-4}$  MPa)로 유지하였다. 또한 해동실험에 있어서 로터리형 진공펌프의 가동시간은 약 50분 정도이며, 이후에는 이젝터를 이용하여 해동물 내부에서 발생하는 불응축 가스 및 개폐문, 각종 밸브 등을 통하여 외부에서 유입되는 공기 등을 배기하였다.

실험에서 수구동 기체흡입 이젝터를 사용한 이유는 일반 피스톤형 진공펌프와 달리 소정의 진공압력에 도달하였을 때 이젝터 작동을 정지시키지

않아도 고장 발생의 우려가 없어 실제로 현장에 적용할 경우 내구성이 월등하기 때문이다.

해동에 필요한 열량을 공급하기 위한 주 열량공급장치로는 2 kW, 4 kW의 전기가열기를 각각 2개씩 설치하였고, 각각의 히터는 20 °C에서 120 °C까지 온도조절이 가능한 투입히터를 이용하였다.

실험장치의 각부 온도측정은 피복형 및 제작된 CA형의 열전대를 사용하였다. 해동물의 내부 온도측정을 위한 열전대는 직경 0.5 mm의 CA 열전대 소선을 전기용접으로 제작하여 사용하였다.

## 2.2 진공예냉 실험방법

진공상태에서의 예냉에 관련한 자료를 수집하기 위하여 물을 대상으로 예비실험을 수행하였고, 본 실험에서는 시중에서 구입하기 손쉬운 콩나물과

배추를 이용하여 실험하였다.

예냉실험시 식품의 탈수 현상에 의한 품질의 변화를 막고, 초기 온도를 상온으로 만들기 위해 대기에 어느 정도 방치하였으며, 실험 전 미리 측정할 만큼의 무게를 맞추기 위해 수분무기를 이용하여 충분한 수분을 공급하였다.<sup>5)</sup> 진공용기 내의 진공압력을 5 mmHg abs. ( $6.66 \times 10^{-4}$  MPa)로 일정하게 유지하도록 하였으며, 식품의 온도계측에 있어서는 콩나물의 경우 콩나물의 줄기 안쪽에 열전대를 꽂아 온도를 계측하였다.

Fig. 2는 배추의 경우에 있어서 온도측정 위치를 나타내는 것으로서, T<sub>1</sub>은 배추의 중심 부위의 온도이며, T<sub>2</sub>는 중심부와 표면의 중앙부분의 온도이고, T<sub>3</sub>는 배추의 표면에 최대한 가까운 온도이다.

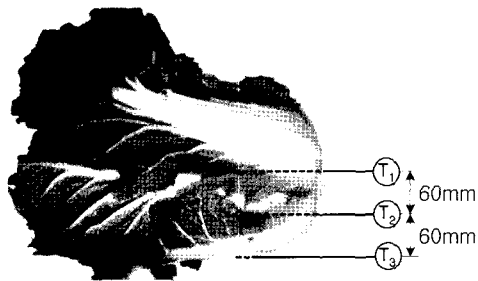


Fig. 2 Temperature measurement position for the vacuum pre-cooling.

Table 1은 진공예냉실험의 범위를 도표로 정리한 것으로서, 콩나물과 배추에 대하여 각각 실험을 수행하였으며, 이 때의 시간-온도 예냉곡선을 검토하였다.

Table 1 Experimental parameter for the vacuum pre-cooling.

Pressure	5 mmHg abs.
Saturated temperature	1.6 °C
Material	① Water ② Bean sprouts ③ Cabbage

2.3 진공해동 실험방법

Fig. 3은 해동실험시 조기와 갈치 냉동블럭의

온도측정 위치를 나타낸 것으로서, 조기와 갈치의 냉동블럭크기가 가로 590 mm, 세로 360 mm, 높이 150 mm이며, 측정위치 ①은 시료의 가장 두꺼운 부위의 중심온도로 깊이방향으로 평균 75 mm의 위치이며, 측정위치 ②는 오른쪽으로 240 mm 떨어진 곳을, 측정위치 ③은 위쪽으로 112.5 mm 떨어진 곳을 나타내었다. 깊이 방향으로는 각각의 측정위치 ①, ②, ③에서 표면으로부터 75 mm, 40 mm 되는 곳의 온도를 측정하였다. 측정위치 ①에서 깊이방향으로 75 mm부분의 측정 온도가 0 °C에 가까워 졌을 때 시료의 해동완료 여부를 판단하였다.

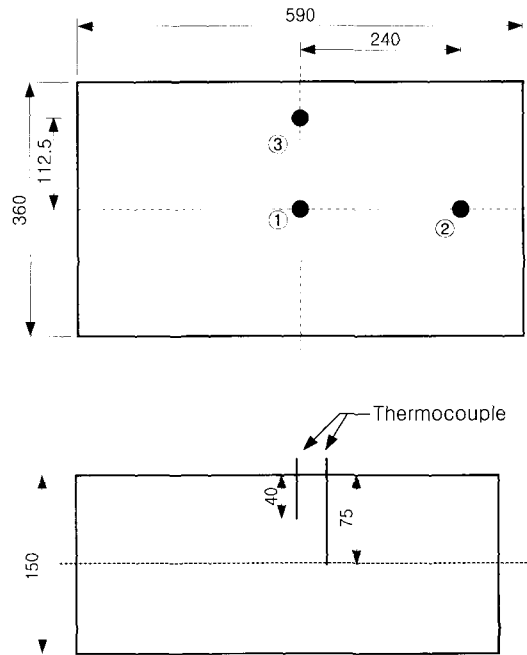


Fig. 3 Temperature measurement position for the vacuum thawing.

Table 2 Experimental parameters of the vacuum thawing.

Pressure	20 mmHg abs.
Saturated temperature	22 °C
Material	① Croaker ② Hairtail

Table 2는 해동실험에서 사용되어진 실험범위를 요약하여 나타낸 것으로, 진공압력은 20 mmHg abs. ( $2.67 \times 10^{-3}$  MPa)를 유지하도록 하였으며, 이때의 포화온도는 22 °C이고, 실험 재료로는 갈치와 조기를 이용하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 진공장치의 무부하 추가특성

진공 예냉 및 해동을 결정하는 중요한 인자는 진공용기내의 진공압력이며, 진공압력에 따라서 포화온도가 결정되며, 결국 포화온도와 피예냉물 및 피해동물 내부로의 열전도 속도에 의하여 예냉 및 해동의 속도가 결정된다. 본 실험에서는 진공추기장치로서 수구동 기체흡입 이젝터와 로터리형 진공펌프를 사용하였다. 주 진공추기 장치는 수구동 기체흡입 이젝터 시스템으로서, 이와 같은 이젝터 진공추기시스템은 현장 적용시 고장이 없어 매우 유용하게 사용된다.<sup>2)</sup>

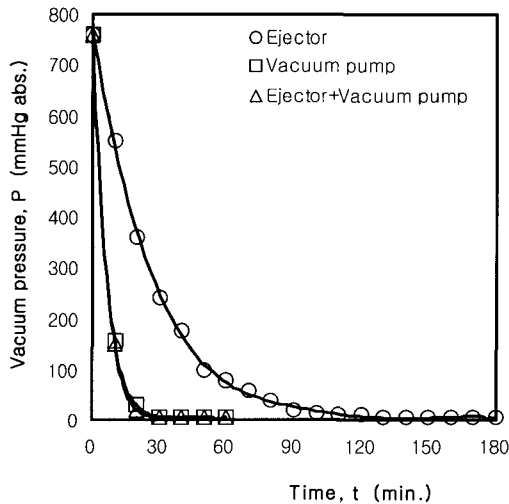


Fig. 4 Vacuum pumping characteristic curve.

실험장치내를 소정의 진공압력으로 유지시키기 위해 이젝터만을 사용할 경우 진공압력 도달시간이 많이 소요되므로 실험 초기에는 이젝터와 로터리형 진공펌프를 동시에 사용했다. Fig. 4에서 보는바와 같이 실험초기 이젝터만을 사용할 경우 5

mmHg abs. ( $6.66 \times 10^{-4}$  MPa)의 진공압력을 형성하기 위해서는 약 150분 정도가 소요되었으며, 이젝터와 로터리형 진공펌프를 동시에 사용할 경우에는 약 30분 정도가 소요되었다.

따라서, 예냉 및 해동시간의 단축을 위해 실험초기에는 이젝터와 로터리형 진공펌프를 동시에 사용하여 실험하였으며, 이후 소정의 진공압력 5 mmHg abs. ( $6.66 \times 10^{-4}$  MPa)이 형성되면, 이젝터만을 사용하여 진공압력을 유지하였다. 이젝터의 용량을 크게 선정하면 로터리형 진공펌프를 사용할 필요가 없으나, 그럴 경우 기타 실험장치의 전체적인 용량이 커져 고가의 장치가 되기 때문에 본 실험에서는 2가지를 조합하여 실험하였다.

Fig. 4에서 보는바와 같이 진공도달시간은 2가지를 동시에 사용할 경우와, 로터리형 펌프만을 사용할 경우에 대해서 큰 차이를 나타내고 있지 않는데, 이것은 이젝터로는 소정의 진공압력을 유지하기 위해서만 사용하였기 때문이다.

#### 3.2 진공예냉 실험결과

Fig. 5는 예냉시 물의 온도변화를 나타낸 그래프로서, 질량 1kg의 물을 예냉하였을 때 초기온도가 19.5 °C에서 1.6 °C까지 도달하는데 23분이 소요되었다.

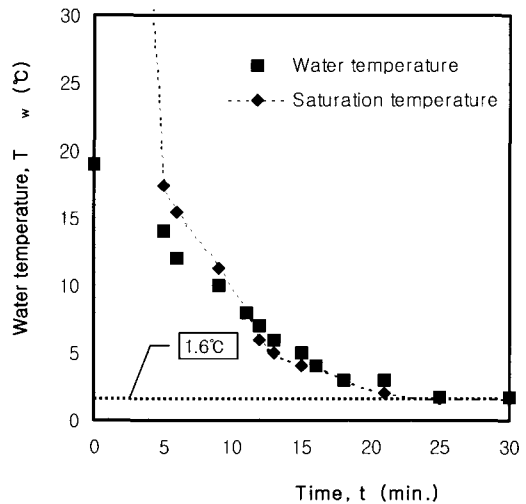


Fig. 5 Pre-cooling curve of water.

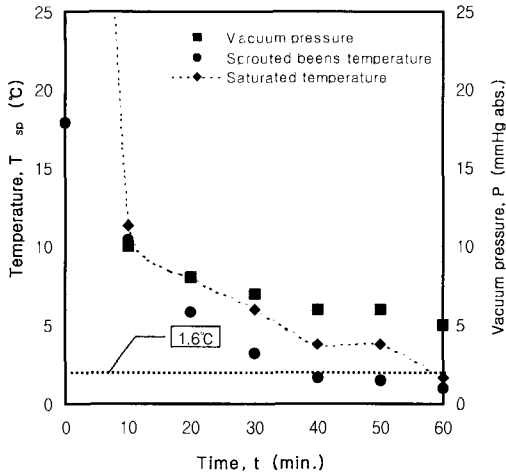


Fig. 6 Pre-cooling curve of bean sprouts.

Fig. 6은 콩나물을 예냉한 결과를 나타낸 그래프로써, 챔버내 진공압력을 5 mmHg abs. ( $6.66 \times 10^{-4}$  MPa)로 일정하게 하였으며, 이 때 콩나물의 온도가 17.9 °C 에서 1.0 °C까지 하강하는데 60분이 소요되었으며, 25분만에 콩나물의 온도가 5 °C이하로 내려갔음을 알 수 있었다. 또한 질량 변화에 있어서 실험전과 비교하여 0.022 kg이 줄어든 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 7은 배추에 대하여 진공압력 5 mmHg abs. ( $6.66 \times 10^{-4}$  MPa)를 유지하여 시간의 변화에 따른 챔버내의 진공압력과 배추의 중심, 표면, 중심과 표면의 중앙부의 온도변화를 나타낸 그래프이다.

예냉실험을 수행해본 결과 배추의 가장 두꺼운

부분의 중심온도인 측정위치 T<sub>1</sub>의 온도가 23.2 °C에서 4.5 °C까지 하강하는데 60분이 소요되었음을 알 수 있다. 특히 T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>의 온도변화를 살펴보면, 시간에 따라 T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>의 온도가 거의 동일하게 하강하는 것을 알 수 있다. 또한 질량 변화에 있어 실험전과 비교하여 0.036 kg이 줄어든 것을 확인하였으며, 이는 배추 표면의 수분이 약 2%가량이 증발하고, 시료 자체의 상태에는 변화가 거의 없음을 나타낸다.

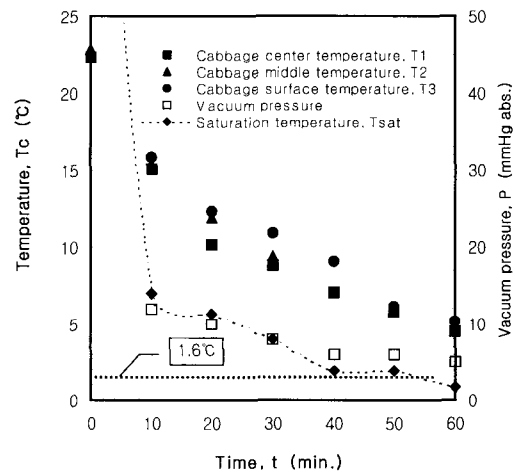


Fig. 7 Pre-cooling curve of cabbage.

Table 3은 물, 콩나물, 배추에 대한 예냉실험의 결과를 정리한 것으로서, 각 시료의 질량 변화, 예냉온도(증발온도), 시료의 초기온도(온도는 시료의 중앙부의 온도를 측정), 예냉후의 온도, 예냉에

Table 3 Results of vacuum pre-cooling.

Material	Mass (gr)		Mass reducing rate (%)	Saturated temperature (°C)	Initial temperature (°C)	Final temperature (°C)	Estimated pre-cooling time (min.)	Quantity of heat (kcal/kg)
	Initial	Final						
Water	1,000	984	0.6	1.6	30.0	5.0	21	17.3
Bean sprouts	1,106	1,084	1.9	1.6	30.0	5.0	24	15.7
Cabbage	1,846	1,810	1.9	1.6	30.0	5.0	68	17.1

필요한 시간과 각 실험재료에 따른 단위질량당 예냉에 필요한 열량을 나타내었다.

3.3 진공해동 실험결과

Fig. 8은 갈치에 대하여 진공압력 20 mmHg abs. ( $2.67 \times 10^{-3}$  MPa)로 유지하면서, 가열수의 온도를 22 °C로 일정하게 하여 시간의 변화에 따른 갈치의 중심, 표면, 중심과 표면의 중앙부의 온도변화를 나타낸 그래프이다. Fig. 8에서 보는 바와 같이 시료의 가장 두꺼운 부분의 중심온도인 측정위치 ①의 온도가 -12.2 °C에서 0.0 °C까지 상승하는데 230분이 소요되었으며, 측정위치 ①, ②, ③의 온도변화가 매우 유사한 형태로 해동되고 있음을 알 수 있었다. 또한 질량변화도 실험전과 비교해서 2 kg이 줄어든 것을 확인했으며, 이는 얼음만 녹고 시료자체의 영양성분유출이 소량임을 나타낸다.

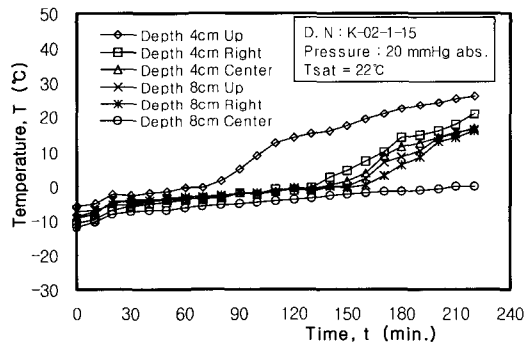


Fig. 8 Thawing curve of hairtail.

이 해동은 자연공기해동과 병행해서 실시해 본 결과, 자연공기해동은 시간이 30~40시간 걸릴 뿐

만 아니라 장시간 해동함으로써 표면이 건조해져 외관 품질이 떨어지는 현상을 보였지만, 진공해동을 하면 시료의 외관, 신선도, 색조에 있어서 선어의 상태에 매우 가까워 해동후의 상태가 매우 좋았음을 알 수 있었다.

Fig. 9는 조기에 대하여 진공압력을 20 mmHg abs. ( $2.67 \times 10^{-3}$  MPa)로 유지하면서, 가열수의 온도를 22 °C로 일정하게 하여 시간의 변화에 따른 갈치의 중심, 표면, 중심과 표면의 중앙부의 온도변화를 나타낸 그래프이다.

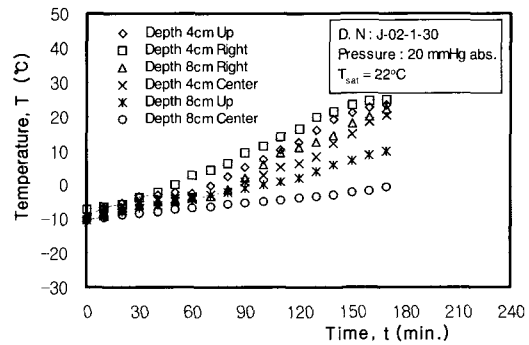


Fig. 9 Thawing curve of croaker.

Fig. 9에서 보는 바와 같이 시료의 가장 두꺼운 부분의 중심온도인 측정위치①의 온도가 -10.3 °C에서 -0.8 °C까지 상승하는데 170분이 소요되었으며, 측정위치 ①, ②, ③의 온도변화가 매우 유사한 형태로 해동되고 있음을 알 수 있었다. 또한 질량변화도 실험전과 비교해서 2 kg 줄어든 것을 확인했으며, 이는 얼음만 녹고 시료자체의 영양성분유출이 거의 없음을 나타낸다. 조기의 진공해동실험 후의 모습은 조기주위로 얼음이 거의 보이지

Table 4 Results of vacuum thawing.

Material	Mass (kg)		Mass reducing rate (%)	Saturated temperature (°C)	Initial temperature (°C)	Final temperature (°C)	Thawing time (min.)	Quantity of heat (kcal/kg)
	Initial	Final						
Hairtail	21.1	19.7	9.5	29.0	-12.2	0.0	230	74.61
Croaker	16.5	14.5	12.1	22.0	-10.8	-0.8	170	72.83

않았으며, 손으로 조기를 한 마리씩 떼어낼 수가 있었다. 또한 외관상 해동시 건조에 의한 조기의 손상은 발견되지 않았다.

Table 4는 갈치와 조기에 대한 해동실험의 결과를 정리한 표이다. 표에서 알 수 있는 바와 같이, 시료의 질량 변화, 해동온도(증발온도), 시료의 초기온도(온도는 시료의 중앙부의 온도를 측정), 해동후의 온도, 해동에 필요한 시간과 각 실험재료에 따른 단위질량당 예냉에 필요한 열량을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 저온 진공기술을 이용한 1회 처리량이 약 40 kg인 예냉 및 해동검용장치를 사용하여 예냉에는 콩나물, 배추를 대상으로 하였으며, 해동에는 조기 및 갈치를 대상으로 하여 전열공학 적 측면에서의 연구를 수행하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 본 실험을 통하여 진공예냉 및 해동장치를 설계하기 위한 정량적인 설계 데이터를 습득하였으며, 콩나물과 배추의 진공예냉과 냉동수산물의 진공해동을 통하여 설계·제작한 수구동 액체이젝터 시스템을 이용한 진공예냉 및 해동장치의 성능이 우수함을 확인하였다.

(2) 진공압력 5 mmHg abs. ( $6.66 \times 10^{-4}$  MPa), 질량 1.106 kg인 콩나물을 17.9 °C에서 1.0 °C까지 예냉하는데 60분이 소요되며, 질량감소는 0.022 kg이었으며, 이 때의 질량감소율은 1.9% 이었고, 15.7 kcal/kg의 열량이 소모됨을 알았다.

(3) 진공압력 5 mmHg abs. ( $6.66 \times 10^{-4}$  MPa), 질량 1.846 kg인 배추를 23.2 °C에서 4.5 °C까지 예냉하는데 60분이 소요되며, 질량감소는 0.036 kg이었으며, 이 때의 질량감소율은 1.9% 이었고, 배추의 겉과 속의 온도가 거의 동시에 떨어졌으며, 17.10 kcal/kg의 열량이 소모됨을 알았다.

(4) 진공압력 20 mmHg abs. ( $2.67 \times 10^{-3}$  MPa), 가열수 온도 22 °C로 크기 W 360 × H 150 × L 590 mm, 질량 16.5 kg의 조기블럭을 초

기온도 -10.3 °C에서 -0.8 °C까지 해동하는데 170 분이 소요되었고, 해동시 소모된 열량은 72.83 kcal/kg임을 알았다.

(5) 진공압력 20 mmHg abs. ( $2.67 \times 10^{-3}$  MPa), 가열수 온도 22 °C로 크기 W 360 × H 150 × L 590 mm, 질량 21.1 kg의 갈치블럭을 초기 온도 -12.2 °C에서 0.0 °C까지 해동하는데 230분이 소요되었고, 해동시 소모된 열량은 74.61 kcal/kg임을 알았다.

#### 후 기

이 연구는 2001년도 재단법인 산학협동재단의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- [1] 김병삼, "농산물의 예냉 및 저온저장", 한국식품개발연구원 보고서, pp.13~17, 1995.
- [2] 김성규, 김원녕, 김경석, 최순열, 전현필, "농축산물의 저장 및 유통을 위한 감압증발 급냉 각시스템에 관한 연구", 한국박용기관학회지, 제21권, 제1호, pp.26~36, 1997.
- [3] 냉동물제조 수산업 협동조합, "냉동식품의 이론과 실제", 1997.
- [4] 이영호, "식품냉동에서의 동결과 해동", 공기조화냉동공학회, 제16권, 제1호, pp.34~43, 1987.
- [5] 安生 三雄, "冷凍空調裝置の 設計例", 日本冷凍協會, pp.174~183, 1978
- [6] 村治哲男, "眞空法による解凍食品の解凍", 食品と科學, Vol.16, No.10, pp.112~116, 1990
- [7] "1993 Ashrae Handbook Fundamentals", Ashrae, 1993.
- [8] 일본기계학회, "JSME Steam Tables", 도서출판 신기술, 1997.
- [9] 우자원, "알기쉬운 식품분석화학", 광문각, 2001.



## 저 자 소 개



### 김성규 (金性奎)

1952년 2월생. 1974년 한국해양대학교 기관학과 졸업. 1990년 부경대학교(원) 냉동공학과 졸업(석사). 1997년 동대학원 졸업(박사). 1986년~현재 한국해양대학교 해사대학 교수



### 이정혜 (李貞惠)

1975년 1월생. 1997년 한국해양대학교 냉동공조공학과 졸업. 1999년 한국해양대학교(원) 냉동공조공학과 졸업(석사). 2003년 동대학원 냉동공조공학과 졸업(박사). 2000년~현재 한국해양대학교 시간강사, (주)쓰리케이엠아이텍 근무.



### 박영승 (朴永承)

1973년 1월생. 1995년 한국해양대학교 기관공학과 졸업. 2002년 한국해양대학교(원) 기관공학과 졸업(석사). 현재 일신엔지니어링(주) 근무.



### 김경근 (金京根)

1952년 10월생. 1974년 한국해양대학교 해사대학 기관학과 졸업. 1976년 한국해양대학교(원) 기관공학과 졸업(석사). 1979년 일본 동경대학 대학원 기계공학부 졸업(석사). 1985년 일본 동경대학 대학원 기계공학부 졸업(박사). 1994년~1999년 조선·해양기자재 지역컨소시엄 사업단장. 2000년~2002년 한국해양대학교 해사산업연구소장. 1979년~현재 한국해양대학교 기관시스템공학부 교수, 2000년~현재 (주)쓰리케이엠아이텍 대표이사.



### 최현규 (崔顯奎)

1975년 1월생. 1997년 군산대학교 기관공학과 졸업. 1999년 한국해양대학교(원) 기관공학과 졸업(석사). 현재 동대학원 기관공학과 박사과정.