

食品의 冷凍 冷蔵 (1)

許 宗 和

Freezing and Storage of Foods

Jong Wha Hur *

I. 냉동의 역사(History of Refrigeration)

1. 고대 인류와 冷·熱의 이용

(1) 지질시대의 빙하기

인류가 지구상에 나타나기 훨씬 전부터 태양 복사열의 변동 등에 의해 빙하기가 몇번 있었는데, 약 6억년 전의 先 Cambrian 紀(원생대)와 약 2억5천만년 전의 Permian 紀(이첩기)에는 곳에 따라 0~50℃의 온도 변화를 보였으나 이때는 인류가 출현하기 전이어서 인류와 직접적인 관계는 없었다.

(2) 고대 인류의 출현과 빙하기

고대 인류가 출현한 것은 약 200만년 전으로 추정되며, 그후 약 100만년이 지난 신생대 제 4기(Pleistocene 기)인 "빙하기"에는 4회의 빙하를 맞게 되는데, 이때의 온도는 때때로 -40℃ 이하나 되어 약 100만년 동안 고대 인류의 생존에 혹심한 타격을 주었다(그림 1).

(3) 추위를 이기기 위한 투쟁과 문명의 발달

이 추위는 인류에게 최초, 최대의 시련이 되



그림 1. 빙하기의 추위로 시련을 겪는 고대인류였으며, 인류는 추위를 극복하기 위하여 노력과 지혜를 모음으로써 우수한 종족만이 생존할 수 있었을 것이다.

A. 구석기 시대(약 200 만~1 만년 전)

약 50 만년 전의 북경원인(Peking man) 들은 북경 근처의 周口店 동굴에 처음으로 불을 사용한 흔적으로 재(灰)를 남겼으며, 이 불을 사용하여 음식을 삶거나 구워 먹었을 것이다. 약 9 만년 전에 유럽에 나타났다가 4 만년 전에 추위와 타종족에 의해 사라진 Neanderthal man (舊人)들은 독일의 Neanderthal 동굴에 처음으로 불을 일으키고, Mammoth 등 큰 동물을 사냥한 흔적을 남겼는데, 이와 같이 큰 먹이는 저온 저장하였을 가능성이 있다. 이때 인류는 불과 함께 땅 속의 움막(Shelter)이나, 바위 틈(Cave), 뼈바늘로 기운 털이나 가죽옷을 입음으로서 추위를 이겨나갔을 것이다(그림 2).



그림 2. 불과 가죽옷을 이용한 원시인들

우리 나라의 구석기인들은 약 10 ~ 20 만년 전에 충북 청원군 두리봉에 지름이 50cm되는 화덕터를 남겼으며, 6~7만년 전의 유적인 북제주군 애월면 어음리의 빌레못굴에서 숯이 발견되기도 하였다. 이 화덕터와 함께 식품을 저장했을 것으로 보이는 저장혈(貯藏穴)이 우리 나

라에서도 여러 곳에서 발견되었는데, 즐문토기(빗살무늬 토기) 문화기의 주거지에는 그 바닥에 큰 토기 항아리의 밑바닥을 끊어 낸 것을 거꾸로 파묻은 저장공(貯藏孔)이 상당수 있으며, 이것은 땅 속의 지온이 연중 일정하게 유지되는 것을 이용하여 도토리 등의 식품을 저장하였을 것으로 보인다. 그후 농경이 일반화되었을 때의 유적에는 이런 작은 규모의 저장공이 없는 것으로 미루어 보아, 보다 큰 규모의 식량 저장시설이 있었을 것으로 믿어진다.

그 밖에도 식량을 햇볕에 말리는 방법이 있을 것이다. 또한, 자연냉장의 실례로서 지금도 캐나다 북부의 어민들은 바닷물이 얼어서 만들어진 얼음층에 구멍을 뚫어 그 속에 물고기를 묻어서 냉동 저장을 하고 있다.

구석기인들은 불주위에 모여서 여러가지 생존에 관한 지혜를 대화를 통해 나누었으므로 이 불을 인류학자들은 "Community fire"라 하는데, 이것이 오늘날 학교제도의 시초인 "Community fire institute"이다. 이와 같이 인류는 환경 온도에 순화되거나(에스키모인과 같이), 이 환경을 바꾸는 노력을 해 온 것이 인류의 지적 수준을 높이며, 인류 문명의 발달을 훨씬 앞당겼을 것으로 보인다.

B. 신석기 시대(약 1 만~3천년 전)와 그후

이때는 드디어 빙하기가 끝나고, 극지(極地)의 얼음이 녹아서 기후가 따뜻해 짐으로서 식품의 부패를 막아야 하는 새로운 문제가 제기되었는데, 겨울에 연못 등의 얼음을 채취해 빙고에 저장하였다가 더울 때 쓰게 되었다. 또한 집을 따뜻이 하는 온돌 등의 주거생활의 기술이 발달하였고, 글자의 발명으로 지식의 보존과 전파를 보다 활발히 할 수 있어 학교가 더욱 발달되었다. 그후 Greece의 사상가들은 "추위"란 무엇인가 하는 문제를 제기하여, 추위란 몸의 4가지 상태 즉, 온·냉·진·습의 하나로 결론을 짓게 된다.

C. 근대~현대

중세를 지나 르네상스 이후 현대에 이르는 급격한 과학발달은 인류의 문명과 저온 공학의 발전에 획기적인 계기가 되었는데, 18세기경부터 생물체에 미치는 추위의 영향을 연구하기 위하여 식물의 동결실험이 시작되어, Cryobiology(저온생물학)의 효시가 되었으며, 동물에 대한 추위의 영향도 연구 관찰되어 곤충이나 수서식물이 겨울의 물의 빙결에 견디어 내는 것을 발견하기에 이른다. 이어서 저온으로 세균의 살균 실험을 통하여 세균의 포자(spore)나 종자의 저온에 대한 저항성이 상세히 관찰되었다. 이 저온생물학의 발달이 추위에 대한 이때까지의 개념(정의)을 바꾸어 "추위(또는 더위)"란 분자운동의 속도로 정의할 수 있다고 결론을 내림으로써 저온 공학, 저온 물리학, 저온 생물학, 냉동·공기조화 등의 발달에 이론적 바탕을 이루게 된다.

표 1. 인류와 추위의 관계

시기	온도 변화에 대한 인류의 반응	사람의 지식의 발달
제 1기	불의 유지, 불을 일으킴, 원시적인 피복(가죽, 털옷), 식물의 요리	언어의 발명 원시적인 학교 (community fire institute)
제 2기	진보한 피복(방직) 식품 저장에 얼음 이용 빙고 바위 틈에서 집으로 변화 집의 난방	글자의 발명 조직적인 학교 직업적인 사상가 세계관에 기초한 새로운 문명 추위의 정의
제 3기	냉동방법의 진보 식품의 냉동 공기조화	의논에서 실제의 관점 및 실험으로 전환 동식물에 대한 한냉 영향의 연구 온도의 정의, 저온 물리학 등의 진보
제 4기		저온 생물학의 발전

2. 자연 냉동의 이용

(1) 물의 증발 잠열 이용

자연 냉동의 하나로 인류는 물이 증발할 때 주위에서 빼앗는 증발열을 이용하여 냉기를 얻었을 것이다.

BC 2500 년경의 이집트 벽화에는 노예가 항아리에 바람을 불어넣는 장면이 있는데, 이것은 다공질의 항아리 안의 수분이 밖으로 스며 나와서 바람에 의해 급격히 증발하면서 항아리에서 열(증발열)을 빼앗아 항아리 안의 물이 냉각되어 차게 된 예이다. 비슷한 예로 A.D. 70 년경으로 전해지는 헤라클레스 신전의 벽화에도 물을 가죽 부대에 넣어 부채로 부치는 모습이 있다.

BC 1000 년경 중국의 시경(詩經)에도

獻羔祭韭
四之日其蚤
三之日納于凌陰
二之日鑿冰沖沖

十二月에 얼음을 깨어
正月에 빙고에 넣었다가
二月의 이른 아침
치성드려 꺼내 쓰세
염소 잡아 안주하고

.....

는 구절이 나온 것을 보면 빙고를 이용한 역사는 약 3000 년 전으로 거슬러감을 알 수 있다.

겨울에도 얼음이 얼지 않는 인도에서는 BC 500 년경에 빙전 젓법으로 얼음을 만들었는데, 마당에 30 cm 정도의 짚을 쌓고 그 위에 물이 든 접시를 놓고 공기가 비교적 건조한 쌀쌀한 밤에 짚 위의 한 쪽에 물을 뿌리면, 이 물은 짚 사이로 스며들면서 바람에 의해 급히 증발되어, 그 증발열로 접시 중의 물을 얼려서 얼음을 만들기도 하였다.

우리 나라의 경우, 기록에 의하면, 부여 시대에는 여름에 사람이 죽으면 시체의 부패를 막기

위하여 얼음을 사용했으며, 식품에 사용된 얼음의 예는 신라 지증왕 6년(A. D. 505) 겨울(11월)에 처음으로 왕이 담당관리에게 명하여 얼음을 저장하게 하였다(此冬十一月始命所司藏氷)고 三國史記에 기록되어 있다. 얼음을 돌로 만든 석빙고(그림 3)에 저장하였다가 왕가에서만 사용하였으나, 그후에는 저장량을 늘려 신하들에게 정기적으로 배급하였으며, 고려의 충렬왕(1297년)은 누구나 얼음을 저장하여 쓸 수 있게 허락하였다.

조선시대에는 병자와 죄인에게까지 배급할 수 있을 만큼 많은 양을 저장하였으며, 지금도 서울에 이름이 남아 있는 동빙고, 서빙고 등을 두어 관리자에게는 밭(氷夫田)까지 주어서 대단한 관심을 가지고 얼음을 저장한 것을 알 수 있다.

석빙고를 지하에 만든 것으로 보아 지하의 온도가 연중 변하지 않는 것과 굴의 지층에서 스며나오는 물의 증발 작용과, 저장된 얼음의 일부가 녹는 용해작용 등에 의하여 여러 달 동안

얼음 저장이 가능하였을 것이다. 우리나라에 지금 남아 있는 석빙고는 경북에 경주(보물 66 호) 현풍, 안동(보물 305 호), 청도(보물 323 호) 석빙고와 경남의 창녕(보물 310 호), 영산(사적 69 호) 석빙고 등이 남아 있는데, 어떤 방법으로 얼마나 저장했는지에 대해서는 아직도 자세히 알려져 있지 않아서, 이 방면의 연구가 활발히 진행되었으면 한다.

3. 냉동기의 발명

냉동기의 시초는 Willam Cullen (영국, 1755) 이 고안한 것으로, 배기 펌프를 써서 압력을 낮추어 물을 증발시키는 장치였는데, 이것은 물의 증발을 인공적으로 촉진시킨 최초의 인공 동결기였으나 기술이 유치하여 얼음을 많이 만들지는 못하였다.

실용적인 냉동기가 나온 것은 1834년 Jacob Perkins (미국)가 만든 ethylether 를 냉매로 한 수동 압축식 냉동기인데(그림 4), 이것은 ethyl ether 를 증발기에서 증발시켜 냉각작용을 하고,

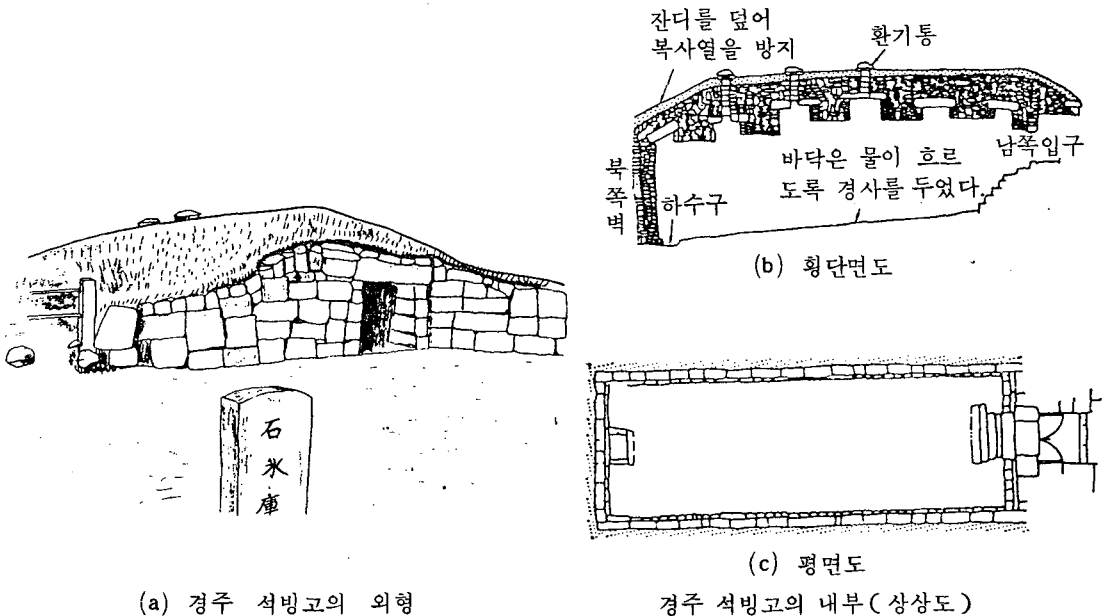


그림 3 경주 석빙고의 외형(a)과 내부상상도(b), (c).

이때 증발된 가스를 수동으로 압축하여 응축기에서 응축(액화)시켜 다시 증발기로 보내어 계속 사용하는 방식이었다. 이보다 앞서 1823년 Michael Faraday (영국)는 오늘날 많이 이용되고 있는 NH₃ 압축식 냉동기의 원리를 발견하였으며, 1872년 David Boyle (미국)과 Carl Von Linde (독일)가 각각 따로 이것을 완성하였다.

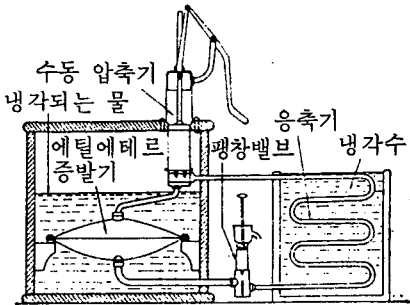


그림 4. Perkins의 ethyl ether 수동 압축식 냉동기

1850년 Ferdinand Carré(프랑스, 1857)는 카레식 냉동기(Engine Carré)를 고안하였고, Mignon과 Rouar가 이것을 공업화시켰는데, 물은 암모니아를 잘 흡수하여 암모니아수로 되고, 이것을 가열하면 쉽게 물과 암모니아로 분리되는 성질을 이용, 압축기를 쓰지 않고 암모니아가스를 물에 흡수시켜 가열에 의해 압축하는 최초의 흡수식 냉동기이었다. John Gorrie(미국, 1851)는 압축 공기를 사용하는 최초의 제빙기 특허를 얻었으며, 국제적 인정을 받은 Gorrie는 이 기계를 그의 병원에 설치하여 그 당시까지 모기가 학질을 전염시키는 것을 몰랐던 시대이므로 병실을 차게 하여, 열병 치료를 시도하였는데, 이 기계가 냉동과 공기 조화를 위해 설계, 사용된 세계 최초의 기계이었으나 증기 압축식에 비하여 큰 결점이 있어 자취를 감추게 되었다.

또, 현재는 거의 쓰이지 않지만, 1866년에 Lowe(미국)와 Wind Hausen(영국)에 의해 SO₂ 냉동기가 만들어졌다. 1890년 초에는 증기 분사식 냉동기와 더불어 흡수식 냉동기, 증기 압

축식 냉동기 등이 사용되었다.

압축기는 19세기 말까지는 증기 기관으로 운전되었고, 대형의 장치라도 회전수가 50rpm으로 증가되고, 1915년에 비로소 근대식 2단 압축기가 쓰이기 시작했으며, 1차 세계대전 이전에 회전식 압축기와 증기 분사식 장치가 등장하게 되었다.

Carré에 의해 시작되어 압축식 냉동기와 함께 발달되어 온 흡수식 냉동기는 산업용 냉동기로서 널리 이용되었으나, 소규모에는 적합하지 않을 뿐 아니라 압축식 냉동기의 발달로 다소 위축되었지만, 압축기를 쓰지 않는 특유의 장점으로 대형 냉동 장치와 일부 가정용 냉장고에 많이 쓰였다. 제 2차 세계대전 후 Carré회사에 의해 개발된 물을 냉매로 하고 브롬화리튬(LiBr)을 흡수제로 하는 흡수식 냉동방식은 공기 조화 등에 많이 이용되고 있다.

또한, 안전성이 우수한 냉매인 freon이 미국의 T. Midgley, A. L. Henne 및 한국 사람인 박 달조에 의해 1930년 개발되어, 가정용 냉장고를 비롯하여 냉동 장치에 널리 쓰이게 되었으며, 우리 나라에서도 코오프론(korfron)이란 상품명으로 1977년부터 생산되고 있다.

4. 식품 냉동의 발달

근대(1800년대)에 와서 미국을 비롯한 유럽 등에서 얼음을 일부 상업적으로 사용하기 시작하여 식품 저장에 대규모로 사용하게 되었다. 한편, 영국의 찰스 1세 때 궁중 요리사인 De. Mireo가 아이스크림을 만들었고, Clairemonre(프랑스, 1776)가 “맛있는 얼음 만드는 법”이란 책을 출판하여, 이것이 1850년 미국에 전래되어, 아이스크림 공업의 기초가 되었고, 냉동 공업을 본격화시키는 계기의 하나가 되었다.

Carré(1859)는 맥주 공장에 냉동기를 설치하여 냉동기를 식품 산업에 처음 이용하였으며, 이 냉동기의 이용으로 식품의 장기 저장이 가능하게 되어 유럽에 쇠고기와 양고기를 공급하기

위한 노력이 시도되었다.

T. S. Mort (1861, 영국)는 호주 시드니항의 Darling 부두에 최초의 냉동 공장을 설치하였으며, Charles Tellier (1868, 프랑스)는 압축식 냉동기를 기선 리오데 자네이로호에 장치하여 0℃에서 쇠고기의 해상 수송 시험을 시도하였으나 실패한 후 1877~8년에 최초로 동결육을 부에 노스 아이레스에서 프랑스까지 해상 수송하였는데, 이때 어창 온도를 -28℃~-30℃로 유지함으로써 완전 동결육을 만들어 대성공을 거두었다. 한편 Enoch Piper (미국)는 동결 상태에서 어류를 저장하고, 인공적으로 동결하는 방법으로 특허를 받았다.

그후 가금육과 액체 난류(liquid eggs)의 동결이 성공하였고, 1900년에 들어와서 어류의 동결이 미국에서 중요한 산업으로 등장하고, 1905년 과일도 미국에서 처음으로 상업적으로 동결하게 되었다. 1907년에는 식품의 급속 동결과 완전 동결의 물리적인 영향의 차이를 발견했으며 1910년대에는 동결 식품에 대한 과학적인 연구가 진지하게 시작되어 과일, 채소 등의 동결 연구와 포장의 중요성이 인식되었다.

1921년에 M. T. Zarotschzett는 냉각 브라인을 포장 또는 비포장 식품에 분무하여 동결시키는 장치로 영국 특허를 얻었는데, 미국에서는 이 방법으로 대부분의 어류와 가금, 육류를 동결하게 된다. 1920~30년대에는 Clarence Birdseye (미국)의 공헌이 컸는데, 그는 급속 동결을 시도하였고, 선별, 처리, 가공, 동결, 저장, 판매가 동결 식품에 중요한 영향을 미친다는 것을 발견하여 소매상에서도 저온 진열 및 저온 저장에 노력을 경주하게 되었다. 1929년 M. A.

Joslyn 과 W. V. C'ruess는 채소류의 동결 전에 데치기 (blanching)할 것을 제창하였고, 데치기한 야채가 Birdseye 연구소에서 상업적으로 처음 동결되었다.

1930년대에 들어와서 C. Birdseye는 이중 플레이트형 동결기와 포장 방법 등으로 식품 동결의 여러 방면에서 특허를 얻었다.

1945년 이후 육류 파이, 구운 식품 동결요리, 튀김 새우, fish stick 등 조리 냉동 식품과 농축 오렌지 주스 등이 상업적으로 생산되고, 1947년에는 냉동 화차가 등장하고 1960년대 초기는 유동층 동결기 (fluidized-bed freezer) 및 개체 급속 동결 (IQF, individually quick frozen food)이 미국 등에서 중요한 위치를 차지하게 되었다.

액체 질소 식품 동결기가 1962년에 상업적으로 사용되었으며, 1968년에는 R-12 등의 냉매액에 직접 식품을 담구어 급속 동결을 하게 되었다 (침지동결).

우리 나라에서는 근대에 들어와서 1855년에 일본인에 의해 부산과 시모노세키 사이에 수산물 운송의 빙장 수송이 실시된 이래, 수산물 냉동 냉장을 위주로 식품 냉동업이 발달해 오다가, 현재는 대량 생산과 식품 공업의 발달에 힘입어 생산지에서부터 소비자가 요리할 때까지의 저장, 수송, 판매, 보관 등 모든 유통과정을 저온하에 유지 관리하는 저온 유통 (cold chain)을 본격화시키는 단계에 돌입하였다.

앞으로 경제 성장과 국민 식생활의 향상, 88 올림픽 등으로 기대되는 식품 공업의 발달에서 냉동 산업은 에너지 절약, 대량 처리, 원가 절감, 위생 및 우수한 품질 등의 장점으로 질과 양에서 가장 큰 몫을 담당할 것으로 보인다.