

응축폐열을 이용한 건조 및 온수장치에 관한 연구

A Study on The Drying and Hot Water System Using
Condensation Waste Heat .

박 노 현,* 고 하 영,* 정 진 응,** 강 통 삼*
N.H. Park, H. Y. Koh, J.W. Jeong, T.S. Kang

ABSTRACT

In the normal Refrigeration process, the condensation heat of refrigerant has not been used because of its low-temperature waste heat.

To recover the condensation waste heat of R-12 refrigerator, a drying and hot water system was designed and experimented.

The results obtained were summarized as follows:

1. As the temperature a tmosphere was increased, the temperature of discharge gas of compressor was increased. And the temperature was 80-84 °C for air condensing type and was 68-71 °C for water condensing type during summer.
2. The condensation waste heat could be obtained up to 50-55 °C of drying heat-source and Hot water in summer. In this case, recovered rate was about 73%. And the more temperature of drying Heat-source and Hot water were increased, the more a recovered rate were decreased.
3. When comparing drying characteristics of Agro-products in dryer of waste heat utilization and Hot air, there was no quality difference in products. But drying time of the former was 3 Hours longer than the latter.
4. The condensation waste heat of compressor could be applied into the drying of marine products, the predrying of agro-products and making hot water. And showed high possibility of the waste heat using in low-temperature storage.

I. 서 론

1973년 석유파동이후 세계 각국에서는 에너지 절약 및 대체에너지 이용 그리고 폐열의 활용방안 등에 대한 연구가 활발히 진행되고

있고, 우리나라에서도 이에 대한 연구가 실시되어 실용화를 위한 검토단계에 이르렀다.¹⁾ 특히 종전에 경제성이 약하여 실용성이 없었던 Heat pump에 관심이 집중되어 선진 15개국에서는 에너지의 유효활용, 에너지의 보존

* 농어촌개발공사 종합식품연구원

** 정회원, 농어촌개발공사 종합식품연구원

및 안정적 공급 그리고 개량형 열펌프 공동개발 등을 목적으로 I. E. A (International Energy Agency)를 1975년에 발족하여 회원국간에 열펌프의 개발이 진행되고 있다.²⁾

우리나라의 에너지源은 可採기간이 타에너지보다 가장 짧은 것이라는 석유의 의존도가 78년에 63.5%, 83년에는 56.2%로 계속 줄고 있다. 이는 산업·전분야에서 유연탄, 원자력, LNG 등 대체에너지 도입을 확대 발전시키고 있으며 에너지 절약에 관심이 높음을 보여 주는 것이다. 그러나 아직까지도 산업체의 많은 부문에서 열손실을 방지하거나 열회수에 의해 줄일 수 있는 것으로 보고하고 있는데, 이를 분석하여 보면 열손실 100% 중 설비 보만에 의해 45.8%, 폐열회수에 의해 31%를 절약할 수 있을 것으로 나타나 많은 열을 폐열회수에 의해 절약할 수 있음을 시사하고 있다.³⁾

따라서 본 연구는 에너지 절약 공정의 일환으로 저장업체와 냉동업체에서 폐열로 소모되

고 있는 많은 양의 응축 저온 폐열을 농수산물 건조나 세정용의 온수로 재활용하기 위하여 폐열의 회수 이용 방안에 관한 실험을 실시하였다.

II. 실험장치 및 방법

1. 실험장치

가. 구조설명

냉동기를 연속적으로 운전하여 냉매의 응축열을 회수할 수 있도록 설계제작된 제습장치로서 그 구조는 그림 1과 같다.

즉, 압축기 ①에 의해 압축된 고온고압의 냉매가스(R-12)를 건조열원으로 사용할 경우에는 밸브 ⑥을 잠그고 ⑦을 열어 공냉식 응축기 ⑨를 지나 2차응축기 ⑤에서 완전 응축된다. 그 후 수액기 ②에서 팽창밸브를 거쳐 ③과 ④의 증발기에서 노점이하의 조건으로 외부공기를 제습시킨 후 냉매가스는 압축기 ①로 다시 돌아오도록 된 cycle 이다. 만

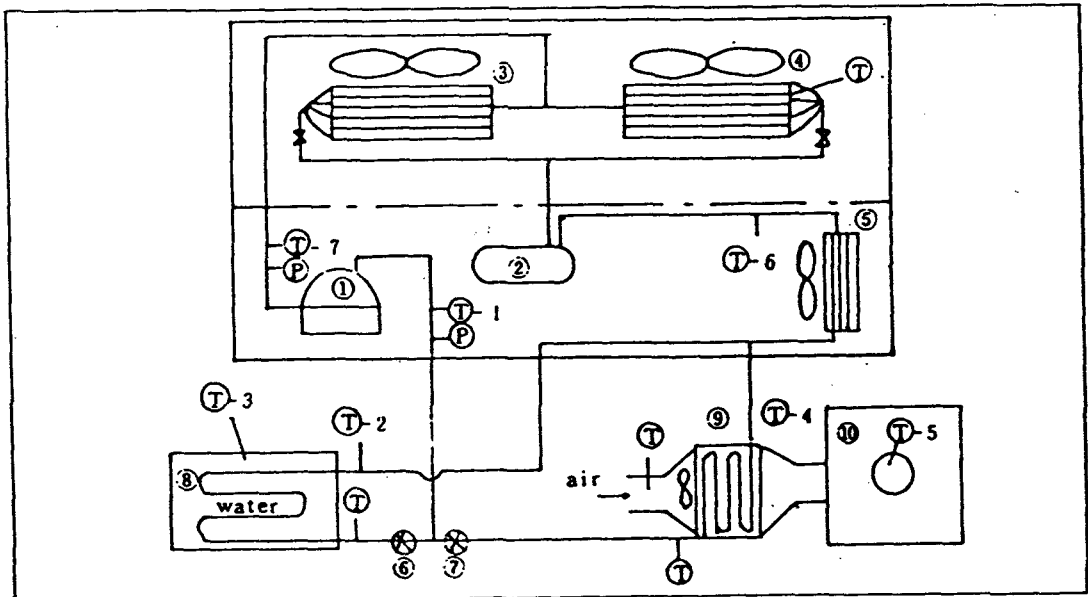


Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

- | | | |
|-----------------------|---------------|---------------------------------------|
| ① Compressor (1/4 HP) | ② Receiver | ③④ Evaporator |
| ⑤ 2nd condenser | ⑥⑦ Gate valve | ⑧ Water tank |
| ⑨ 1st condenser | ⑩ Dryer | ① : thermometer ② : pressure gauge |

약에 온수용으로 이용할 경우에는 밸브 ⑦을 잠그고 ⑥을 열어 물탱크 ⑧에서 1차 응축후 2차 응축기 ⑤를 지나게 된다. 이때 건조실 ⑩의 크기는 40cm×40cm×50cm로 1차 공냉식 응축기와 연결되었으며 0.7m³/min의 fan이 부착되어, 외부공기를 가열후 직접배기 또는 재순환할 수 있도록 제작되었다. 1차 공냉식 응축기와 물탱크 ⑧은 스킨코일(50mm)과 광명단으로 보온되었다. 또한 온수탱크 ⑧은 40cm×55cm×40cm의 스텔레스 통으로 내부에 응축coil(동파이프 9.5φ)을 정착하였고, 열교환을 가속시키기 위해 교반장치도 부착하였다.

나. 압축식 열펌프의 이론

열펌프는 냉동cycle 내에서 응축기와 증발기의 사용목적에 따라, 가열용으로 쓰이거나, 또는 냉각 및 가열을 동시에 이용될 경우를 말하고 종류로는 압축식 열펌프와 흡습식 열펌프 방식으로 크게 나누고 있다. 냉매 압축식 열펌프의 cycle은 역carnot cycle로부터 실용화 된것이고 작동유체로써 고온용에 R-114(C₂Cl₂F₄), 저온용에 R-12(CCl₂F₂) 및 R-22(CHClF₂)가 사용되며 그 구조와 cycle은 그림 2와 3으로 표시된다.

그림 3에서 열펌프의 성적계수 C.O.P(coefficient of performance)는

$$C.O.P = \frac{Q_2}{AL} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \dots\dots\dots(1)$$

로 나타내며 응축과정의 온도 변화를 그림 4와 같이 표시할 수 있다.

또한 열펌프에 의해 에너지를 절약하기 위해서는 그림 5의 예의 경우 C.O.P가 2.34이상 (0.82 ÷ 0.35 = 2.34) 이어야 보일러를 사용하는 것보다 우수함을 그림 5에서 알 수 있겠다.⁴⁾

다. 실험장치의 설계방법

1) 공냉식 응축기의 전열면적⁵⁾

condenser의 능력은 응축 온도, 통과 풍량 및 입구공기온도와의 관계로 표시할 수 있

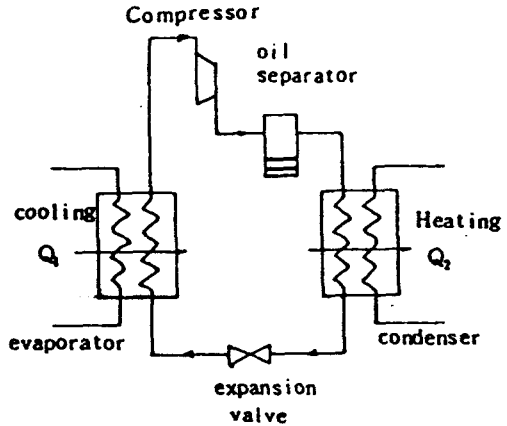


Fig.2 Standard system of refrigeration

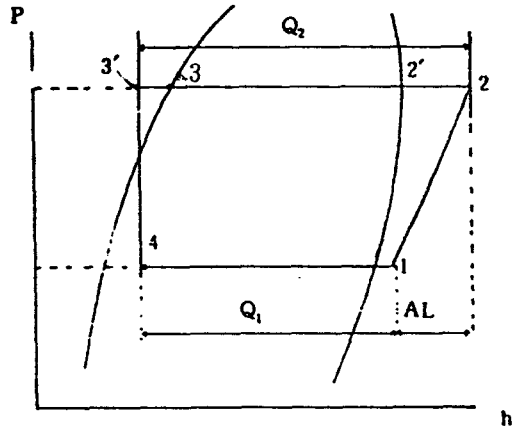


Fig.3 The cycle of refrigeration compression (Mollier Diagram)

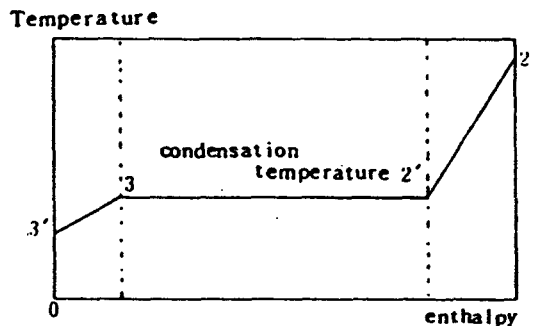


Fig.4 Change of condensing temperature

- 2-2' 2-2' : 과열 증기의 냉각과정
- 2'-3 2'-3 : 응축과정
- 3-3' 3-3' : 과냉각과정

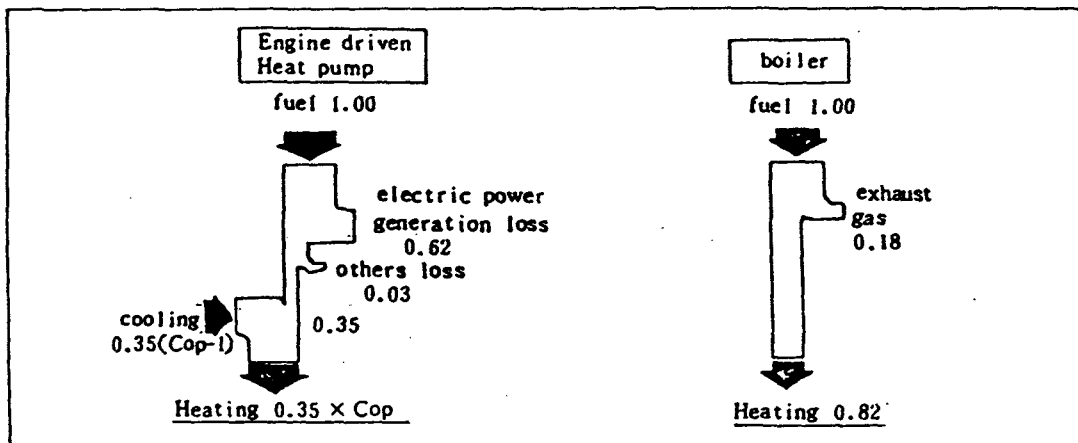


Fig.5 Energy balance

으므로 식

$$q_c = 3.600 \cdot c_p \cdot r \cdot (t_c - t_a) U_a \times \left\{ 1 - \exp \frac{C}{c_p \cdot r \cdot U_a^{0.333} + 0.275 \cdot U_a} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

를 이용하였다.

여기서 q_c : 응축기 전면 단위면적당 열전달률 (Kcal / $m^2 \cdot h$),

- C_p : 습공기비열
- r : 공기비중량(kg/ m^3),
- t_c : 응축온도
- t_a : 공기의 입구 온도,
- U_a : 응축기전면풍속(m/s),
- c : pipe 의 例에 따른 정수

2) 제습장치의 효율 ⁶⁾

제습효율은 입구공기의 온·습도 조건이 동일하면 증발기의 공기 유량이나 증발 면적에 관계없이 증발기 표면온도만의 함수임을 다음 식에서 알 수 있다.

$$\eta = \frac{(x_0 - x_c)(i_2 - i_3)}{c_p(t_0 - t_c) + (x_0 - x_c)(i_2 - i_3)} \dots \dots (3)$$

$$\eta = \frac{w(i_2 - i_1)}{\theta} \dots \dots \dots (4)$$

여기서 x_c : 냉각기 표면온도 t_c 에서의 포화습공기의 절대 습도(kg/kg)

i_2 : 냉각기 입구 공기 온도 t_0 의 수증기 enthalpy = 597.3 + 0.441 · t_0

i_1 : t_0 의 물 enthalpy = t_0 (Kcal / kg)

C_p : 습공기의 정압비열 = 0.24 + 0.441 x (Kcal / kg · °C)

i_3 : 냉각기에 포집된 상태의 물 또는 얼음의 엔탈피

x_0 : 입구공기의 절대습도(kg/kg),

w : 공기의 유량(kg/h)

θ : 소요 총열량(Kcal)

2. 측정방법

가. 폐열 회수율은 compressor 에 소비된 전기량에 대한 1차 응축 열량에 의해 얻은 가열량으로 계산 하였다.

$$\eta (\%) = \frac{1차응축에 의해 얻은 가열량}{냉동기에 소비된 전기량 \times 860} \times 100 \dots \dots \dots (5)$$

나. 공기량은 Anemometer (model v-01-Ao sogo Denishi co), 전기소비량은 적산전력계에 의해 측정하였다.

다. 냉매의 유량은 $Q = m \cdot C_p \cdot \Delta t$ 에 의해 계산되었다. (예 : R-12의 60 °C에서 C_p 는 0.2036 Kcal / kg · °C)

라. 온도는 배관 표면에 봉산 온도계를 부착하여 측정하였다. 즉, 압축기 토출가스 온도 ㉠-1, 물의 1차 응축후 냉매온도 ㉠-2, 물탱크의 물온도 ㉠-3, 건조열원의 1차 응축후 냉매온도 ㉠-4, 건조실 배기온도 ㉠-5, 2차응축후 냉매온도 ㉠-6, 압축기의 입구온도 ㉠-7로 하였다.

3. 실험방법

가. 건조 이용 시험

외부공기가 공냉식 1차 응축기에서 열교환된 후 건조기로 송풍될 때 회수되는 열량을 건조기 효율 45%로 산정하여 계산하였다. 이때의 운전 방식으로는 연속운전과 단속적 운전(20분 가동, 10분 정지)에 의해 취득되는 열량을 측정하였다.

나. 온수 이용 시험

수냉식 응축 탱크에 30ℓ의 물을 채워서 물의 상승온도에 따라 회수되는 열량을 시간별로 측정하였다.

다. 건조 확인 시험

폐열을 이용한 건조장치와 열풍(60℃)에 의한 건조장치에서 농산물(무우, 대파 및 양파) 3종을 건조하여 품질 및 건조시간을 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 냉동기 폐열의 건조열원 이용시험

정상적 냉동 cycle 에서 과열 증기열량을 건조용 열원으로 이용하기 위한 실험으로 그림 1의 1차 응축열을 건조기에 직접 송풍되도록 하였다.

가. 외기 온도에 따른 냉동기 폐열 회수량 비교

제습장치를 연속운전하면서 외부 공기를 1차응축기와 열교환시켜 건조기에 송풍 배기하였을 경우 외기의 변화에 따라 취득되는 효율은 표 1과 같았다.

즉 표 1에서 외기온도가 각각 17.9℃, 23.6℃, 29.3℃일때 토출가스 온도는 69℃, 74℃, 84.2℃, 건조기 배기온도는 35.7℃, 45.8℃, 50.5℃로 외기가 높아질에 따라 토출가스 온도와 건조기 배기온도는 상승함을 알 수 있었다. 그러나 폐열회수율은 37.1%, 33.7%, 32.8%로 각각 떨어지지 나타났다. 여기서 폐열 회수율은 건조기에서 손실되는 열량을 고려한다면(batch type 건조기 효율: 44~50%)⁹⁾ 72.9%가 회수된 결과였고, 냉매유량과 냉매출입온도에 의한 계산에서도 유사한 수치이었다.

Table 1 Comparison of the condensation heat recovery rate on the atmosphere temperature(compressor ; 3IP)

Checked Time	Atmosphere Temp (℃)			Discharge gas temp. of compressor (℃)			Temp. of after first condensing (℃)			Exhausted temp of dryer (℃)			Recovered heat in dryer (Kcal)			Electric power of compressor (KWH)			Efficiency (%)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	09 : 30	28.5	22	16.5	83	74	69	45	40	33	50	45	36	-	-	-	-	-	-	-	-
10 : 30	28.5	22	17	83.5	74	69	45	41	33.5	50	45.5	37	260	281	239	0.9	0.92	0.72	33.6	35.5	38.6
11 : 30	29.0	24	17.5	84	74	70.5	45	41	34	50	45.5	37	517	553	478	1.81	1.86	1.48	33.2	34.6	37.6
12 : 30	29.5	24	18.0	84	74	71	46	41.5	33.5	50	46	37	768	816	710	2.72	2.8	2.19	32.8	33.9	37.7
13 : 30	29.5	24.5	18.5	85	74	69	47	42	32	51	46	35	1022	1079	925	3.63	3.72	2.9	32.7	33.7	37.1
14 : 30	30.0	24.5	19.0	85	74	68.5	47	42	31.5	51.5	46	34.5	1282	1339	1118	4.53	4.63	3.51	32.9	33.6	37.0
15 : 30	30.0	24.5	18.5	85	74	66.0	47	42	31	51	46.5	33.5	1539	1602	1302	5.44	5.54	4.1	32.9	33.6	36.9
Average	29.3	23.6	17.9	84.2	74	69	46	41.4	32.6	50.5	45.8	35.7	2565	267	217	0.91	0.92	0.68	32.8	33.7	37.1

* A : August 6.1985 B : September 25. 1985 C : October 14. 1985.

Hodgett⁸⁾은 현재까지의 냉동기에서 이용할 수 있는 열펌프온도는 50℃ 부근으로 보고하였는데 건조기 배기온도 50.5℃는 유사한 결과로 보인다. 그러나 C. O. P에서 열펌프는 고·저압측을 높게 운전하여 4~7정도^{9) 10)}이나 본 실험은 응축 온도를 높이지 않고, 정상 운전에서 과열증기를 회수하였으므로 낮게 나타난 것으로 사료된다.

古在¹¹⁾은 본 실험의 구조와 유사한 원리에서 하절기에는 냉방실과 건조실로, 동절기에는 난방 온실과 냉장고의 냉방실로 동시 이용할 수 있음을 보고하고 있다.

따라서 냉동기의 응축방식을 폐열 활용 구조로 설치 운전하여 수산물의 저온건조(40℃ 미만) 농산물의 예건 등 저온의 열원으로 이용된다면 에너지 절약면에서 효과적일 것이다.

나. 냉동기의 단속 운전에 의한 폐열 회수량 측정, 산업적으로 이용되는 최대부하시 운전시간을 1일 18~20시간으로 설치됨에 에너지절약 측면에서 적절하므로¹²⁾ 본 실험은 compressor를 1일 16시간 운전하는 조

건에서 취득되는 열량을 측정코저 20분 운전, 10분 정지시켜 건조기에 송풍하였다. 그 결과는 표 2와 같다.

즉, 표 2에서 냉동기를 단속 운전한 결과 건조기 배기 온도는 평균 46.8℃였고 취득효율은 34.2%를 얻었다. 이는 표 1의 연속운전에 의해 얻은 32.8%보다 온도는 다소 낮았지만 효율은 높아 열원 대비 76%의 취득량을 얻은 결과였다. 또한 15:00~16:00시 사이의 배기온도와 취득열량을 5분 간격으로 측정하여 그림 6에 도시하였는데 냉동기를 가동 및 정지 10분 후에 정상온도에 이르렀음을 알 수 있었다.

松岡¹³⁾은 압축기를 연속 운전하는 경우가 단속 운전하는 경우보다 C.O.P 면에서 좋았고, 가동 및 정지 7~8분후에 정상적인 고저압에 다달음을 보고하고 있는데 이에 비교하여 보면 본 실험은 1차응축기의 fan은 냉동기가 정지되었어도 연속 운전되었으므로 응축기내에 지체된 냉매의 가열량이 더 부가되어 단속운전이 연속운전보다 효율이 다소 높

Table 2. Effect of the condensation heat recovery rate on the intermittent operating of compressor

Checked Time	atmospheric temp (°C)	Discharge gas temp of compressor (°C)	Temp of first condensing (°C)	Exhausted temp to dryer (°C)	Recovered Heat in dryer (Kcal)	Electric power of compressor (KWH)	Efficiency (η)	Remark	
								move	stop
14 : 00	31	51.5	39	40	-	-	-	0	
14 : 20	31	88	48	51.5	59.5	0.31	22.3	0	0
14 : 30	31	54	39	40.5	89.7	0.31	33.6	0	
14 : 50	31	88	49	52.5	152.2	0.63	28.1		0
15 : 00	31	54	38	41	184.0	0.63	34.0	0	
15 : 20	31	88	48	52.5	247.5	0.92	31.3		0
15 : 30	31	53	38	41	279.3	0.92	35.3	0	
15 : 50	31.5	88	48.5	53	343.8	1.26	31.7		0
16 : 00	32	53	38	41	375.0	1.26	34.6	0	
16 : 20	32	88	48.5	52.5	434.5	1.58	32.0		0
16 : 30	32	53	38	41	464.2	1.58	34.2		
Average	31	70.5	43.5	46.8	185.7/H	0.63/H	34.2		

은 것으로 보이고, 또한 압축기의 크기가 소형인데 반해 1차 응축 coil 이 별도 부착되어 있으므로 정상압력까지 이르는 시간이 2~3분 더 길게 나타난 것 같다.

따라서 냉동냉장업체에서 냉동기를 건조실내에 연계운전한다면 각각의 냉동기는 단속적 운전이지만 건조실 전체로 보아서는 연속운전의 효과가 있을 것으로 사료된다.

2. 냉동기 응축폐열의 가열온수 이용시험

응축열을 온수로 활용하기 위하여 압축기를 연속 운전시켜 취득열을 측정하였다. 그 결과는 표 3과 같았다.

즉, 외기가 증가함에 따라 토출가스온도, 소비전력 및 취득효율이 증가됨을 알 수 있었다. 외기 29℃의 경우 28℃의 물에서 취득되는 효율은 49.3%였으나 온도가 56℃로 상승됨에 따라 서서히 떨어져 32.8%로 나타났다.

이는 R-12의 p-h선도상에서 과열증기 열량이 동일한 응축온도에서 취득온도 증가에 따라 감소되기 때문으로 사료된다. 냉매유량이 물탱크내에서 회수할 수 있는 열량은 $Q = mc_p \Delta t$ 에 의해 70~75% 정도임을 알 수

있었지만 본실험에 사용된 압축기는 용량이 소형이며 물탱크의 완전밀폐, 완전보온이 어려워 회수율이 낮게 나타났다.

末永¹⁴⁾은 과냉각도를 크게 할 경우 배출압력이 상승되어 가열능력을 높일 수 있으며, 냉동기 소요동력도 감소시킬 수 있다고 보고하였는데 이를 고려한다면 냉동기 운전방법을 과열 증기 냉동cycle로 구성시키면 보다 높은 폐열 회수가 가능할 것이다.

또한 成由¹⁵⁾는 냉동기 응축폐열을 단열이 잘 된 축열조에 축열한다면 산업 전반에 이용할 수 있을 뿐만 아니라, 120℃ 전후의 고온 냉동 cycle 이 연구과제로 남아 있음을 지적하였다.

따라서 압축기 응축폐열의 활용에는 업체실정에 맞는 설계 시공이 요구된다.

3. 건조 확인 시험

실험장치에서 건조할 수 있는 적정 물량은 batch 당 1.5~2 kg이다. 이에 무우말랭이, 대파 및 양파를 건조제품 규격에 맞도록 절단한 후 3 kg/m²·Tray 를 적재하고 50℃의 폐열과 60℃의 열풍으로 건조 시험을 하였다. 그

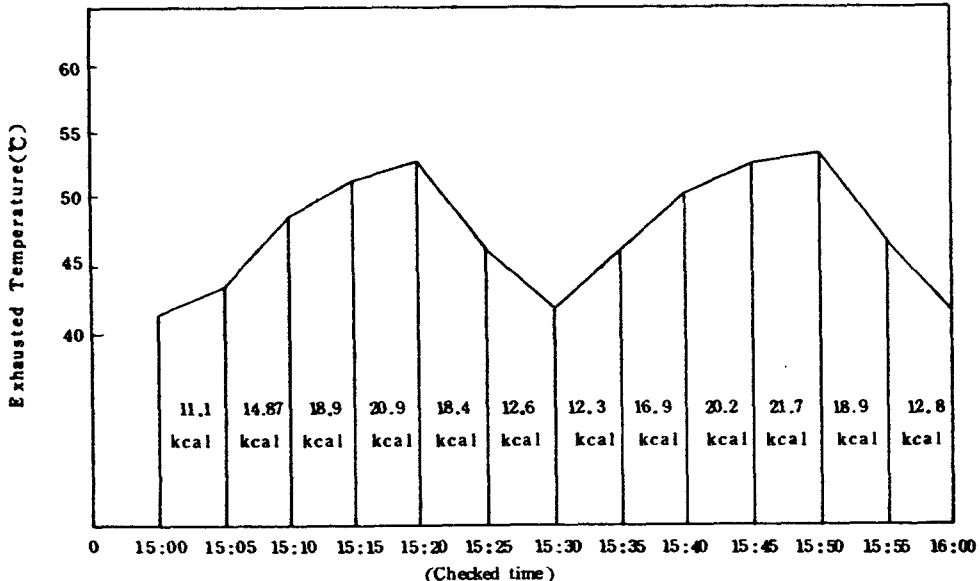


Fig.6 Effect of exhaust and recovery test the intermittent operating of compressor

Table 3 Effect of using hot water on the condensation waste heat of compressor.

Checked Time	Atmosphere Temp (°C)			Discharge gas temp. of compressor (°C)			Temp. of after first condensing (°C)			Water temperature (°C)			Recovered Heat in water tank (Kcal)			Electric power of compressor (KWH)			Efficiency (%)			
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
	10 : 00	28	21	3	63.5	58	45	32	34	11	28	35	13.5									
11 : 00	28.5	21	3	66	58	47	36	38	13	35	43.5	17	2926	2873	1193	0.69	0.68	0.41	49.3	49.1	33.8	
12 : 00	28.5	20.5	3	68	58	46.5	39	40	14	41.5	49	20	5643	4732	2217	1.48	1.36	0.8	44.3	40.5	32.2	
13 : 00	29	21	3	68	59	46	40.5	41	15.5	45.5	51	22.5	7315	5408	3069	2.03	1.96	1.19	41.9	32.1	30.0	
14 : 00	29	21	3	68	60.5	46	41.5	42	16.5	50	54	24.5	9196	6422	3751	2.74	2.54	1.58	39.0	29.3	27.6	
15 : 00	29.5	21	3.5	68	61	46.5	43	43	17	53.5	57.5	25	10669	7605	4263	3.53	3.16	1.96	35.1	28.0	25.3	
16 : 00	29.5	21	3.5	70	59	47	43.5	44	18	56	60	28	11704	8450	4945	4.15	3.69	2.33	32.8	26.6	24.6	
Average	29	21	3	68	59	46.5	39.4	40.3	15	44.2	50	21.6	1951	1408	824	0.69	0.62	0.39	32.8	26.6	24.6	

결과는 그림 7, 8 및 9와 같다.
 즉, 두가지 건조방법에서 건조품의 품질차이는 나타나지 않았으나 건조시간은 각각 50°C 폐열과 60°C 열풍에서 무우말랭이가 9시간, 7시간, 대파는 10시간, 6시간 그리고 양파는 11시간, 8시간으로 폐열을 이용한 건조장치가 3시간 정도 더 소요되었다.
 이는 초기의 항률 건조기간에 피건조물의 가

열 및 수분이동에 필요한 열원공급이 부족한 것으로 사료되었으나 이를 bin 건조 혹은 수산물의 저온 건조(40°C미만)에는 높은 효과가 있을 것으로 사료된다.

4. 국내 저장업체의 냉동기 폐열회수 적용성 검토 조사

저장 면적 400평 규모와 건조시설을 보유

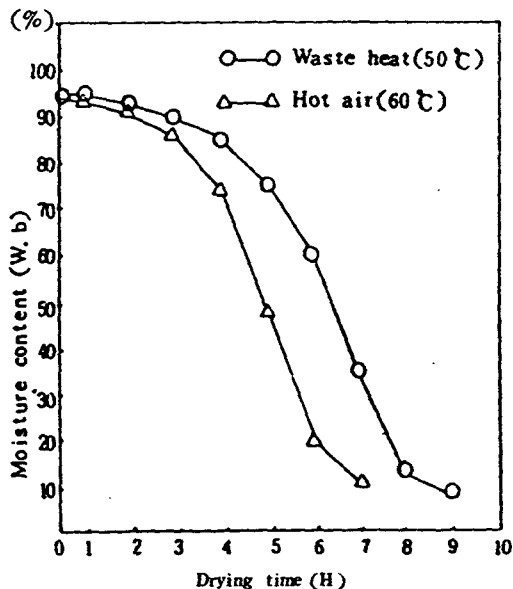


Fig.7 Comparison of the drying time of the Radish

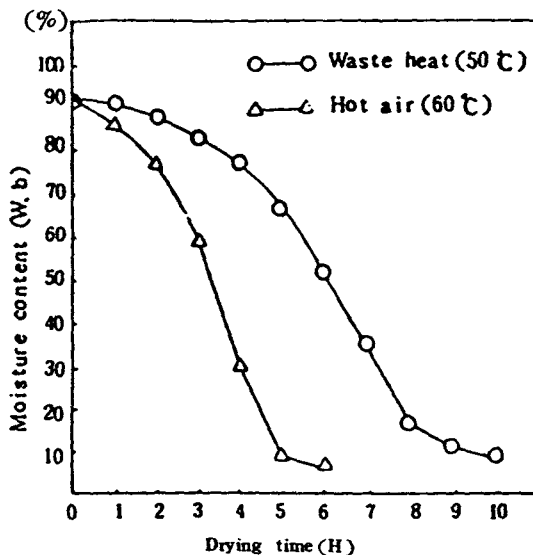


Fig.8 Comparison of the drying time of the Welsh onion

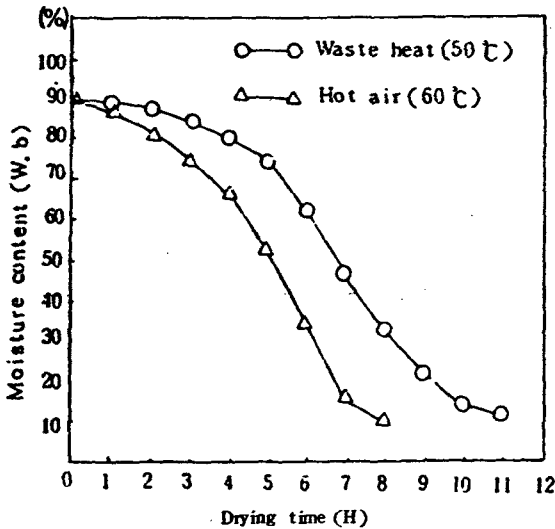


Fig.9 Comparison of the drying time of the onion

하고 있는 저온저장업체 E사(전남 광주소재)를 대상으로 년중 냉동기 운전시간 및 운전조건을 조사하여 표 4와 5를 얻었다.

즉, 표 4에서 조사대상업체는 공냉식 8대와 수냉식 1대를 보유하며 저장물량의 반출·입에 따라 운전하고 있음을 알 수 있었으며, 대체적으로 운전시간은 계절적인 기후조건, 저장물량 등에 따라 다르나 하루 평균 12~19시간 운전하고 있었다.

그리고 8월중 냉동기 배출가스 온도는 공냉식의 경우 평균 80℃, 수냉식 71℃로 공

냉식이 수냉식보다 9℃정도 높았음을 표 5에서 알 수 있었고 동절기에는 평균 68℃, 63℃로 각각 측정되었다. 이는 공냉식에 의한 전기소비가 수냉식보다 다소 많음을 뜻하지만 관리상의 편리성 때문에 공냉식으로 택한 것으로 보였다.

공냉식 냉동기에서의 응축온도는 식 $Y = 21.38 + 0.6917 a$ (Y =응축온도, a =외기 온도)로 표시되어¹⁶⁾ 외기 30℃에서의 응축온도는 42.1℃ 부근이 되므로 80℃의 토출가스는 1차공냉에 의해 대기 배열후, 흡입가스와 열교환에 의해 과열도를 높이고 냉매액은 37℃로 과냉각 응축됨을 인지할 수 있다.

따라서 본 저장업체에서는 80℃에서 42℃까지의 과열 증기열량과 응축감열을 bin건조 또는 예건용 등에 활용한다면 많은 양의 에너지를 얻을 수 있을 것이다.

IV. 결 론

냉동기 운전과정에서 저온으로 인하여 이용되지 않았던 냉매응축열을 활용하기 위하여 실험 검토한바는 다음과 같다.

1. 냉동기(R-12)의 토출가스 온도는 외기가 높아짐에 따라 상승되어 8월중 공냉식은 80~84℃, 수냉식은 68~71℃ 부근이었다.

Table 4 Condition of compressor operation on low-temperature storage.

Opera-tion period	Atmos-phere temp (°C)	1. Room		2. Room		3. Room		4. Room		5. Room		6. Room		7. Room	
		air condensing 10 hp		air condensing 10 hp		air condensing 15 hp		air condensing 20 hp		air condensing 20 hp x 2		air condensing 20 hp x 2		air condensing 20 hp	
		time of operation (H)	condensation of operating H.P L.P (kg/m ³)(kg/m ³)	time of operation (H)	condensation of operating H.P L.P (kg/m ³)(kg/m ³)	time of operation (H)	condensation of operating H.P L.P (kg/m ³)(kg/m ³)	time of operation (H)	condensation of operating H.P L.P (kg/m ³)(kg/m ³)	time of operation (H)	condensation of operating H.P L.P (kg/m ³)(kg/m ³)	time of operation (H)	condensation of operating H.P L.P (kg/m ³)(kg/m ³)	time of operation (H)	condensation of operating H.P L.P (kg/m ³)(kg/m ³)
1/16-1/19	-3	6.5	10.3 2.8	7.8	9.8 2.1	8.8	12.5 2.2	5.6	9.8 1.1	-	-	-	-	-	-
3/26-3/31	6.5	11.5		13.3				5.8							
4/14-4/25	18	13.5		13.0				7.5		19.5		12.5			
5/1-5/7	24	11.6	12.0 3.7	12.2	12.5 2.1			12.1	12.2 1.1	16.2	12.5 1.0	13.3	12.0 2.0		
8-25-8/31	29	14	16.5 2	20.7	16.5 2.5			22.1	16.0 2.2	22.1	15.5 2.0	22.4	16.0 2.5	19	13.0 1.0
Average		14.9	11.4		13.4		8.8		10.6		19.3		16.1		19

(※ 1. 2. 3 Room-R22. 4. 5. 6 and 7. Room-R502)

Table 5 Check of discharge gas temperature on low-temperature storage.

compre- ssor	1. Room air condensing 10 HP		2. Room air condensing 10 HP		4. Room air condensing 20 HP		5. Room air condensing 20 HP		6. Room air condensing 20 HP		7. Room water condensing 20 HP	
	Discha- rge temp (°C)	Tempe- rature conden- sing (°C)	Discha- rge temp (°C)	Tempe- rature conden- sing (°C)	Discha- rge temp (°C)	Tempe- rature conden- sing (°C)	Discha- rge temp (°C)	Tempe- rature conden- sing (°C)	Discha- rge temp (°C)	Tempe- rature conden- sing (°C)	Discha- rge temp (°C)	Tempe- rature conden- sing (°C)
8/29												
10 : 00	79	37	79.5	37	80	34	79.5	36	80	37.5	70	32
14 : 00	81	37.5	81	37.5	80	34	80	35	81	38.5	72.7	31.8
18 : 00	80	37	80	37	80	34	79	36	79	37	71	33
Average	80	37	80	37	80	34	79.7	35.7	80	37.5	71	32.3

2. 냉매 응축 열량중 과열증기열을 건조 열원에 이용할 경우 하절기에 50~55 °C까지 얻을 수 있고 취득효율은 73% 내외였다.

3. 폐열을 이용할 경우 가열수 온도는 55 °C까지 얻을 수 있었고 가열수 온도가 높을수록 취득효율은 감소하는 경향을 보였다.

4. 폐열을 이용한 건조장치와 열풍건조장치에서의 농산물(무우, 양파, 대파)를 건조 비교 시험한 바 품질에는 차이가 없었으나 건조 시간이 3시간 정도 더 길었다.

5. 일반 저온저장업체에서의 냉동기 운전 조건을 조사 검토한 바 냉동기 폐열을 수산물 건조, 농산물 예건 및 온수 이용에 활용할 수 있었다.

참 고 문 헌

1) 이기우, 최경빈, 강점룡, 강호근, 조명제 : 열펌프의 국내 적용에 관한 실험 연구, 한국동력자원연구소 연구보고서 (1981)

2) 電力空調硏究會 : ヒートポンプによる冷暖房, No 20(1983)

3) 權秀顔 : 에너지 현황과 대책, 85기술사보수교육재, 사단법인 한국기술사회, p. 61~86(1985)

4) 이기우, 박화춘, 강점룡, 조명제, 박영제 : 폐열회수장치 이용기술에 관한 연구. 한국동력자원연구소 연구보고서 (1984)

5) 大塚政尙 : 冷凍機式 除濕乾燥機, 冷凍空

調技術, 34(399), (1983)

6) 서정윤, 임장순 : 냉동공학, 형성출판사, p. 400~402(1972)

7) Harry. W. Von Loesecke : Drying and dehydration of Foods, Chapman & Hall, London, (1955).

8) Hodgett. D. L : Efficient drying using heat pumps. The chemical Engineer. July/August. (1976).

9) 윤창현, 이승갑 : H.Y.system의 경제성 검토에 관한 연구보고서 (1981)

10) Perry. E. J : Drying by cascaded Heat pumps, The Institute of Marine Engineers, 76 Mark Lane, London, p. 12~22. session 81~82.

11) 古在豊樹 : 空冷式 凝縮器の制御裝置計畫上の留意點, 冷凍, 59(683) p. 63-67(1984)

12) 伊村悟 : 냉장창고의 에너지 절약지침, 냉동기술강습교재, 대한냉동협회 (1985)

13) 松岡文雄 : 凝縮器, 冷凍, 56(649) p. 49~58(1981)

14) 末永秀夫 : 運轉の面よりの見直し, 冷凍, 56(649) p. 68~73(1981)

15) 成田勝彦 : 産業ヒートポンプの將來, 冷凍, 59(681) p. 26~31, (1984)

16) 김영배 : 나관식 공기열원 열펌프의 성능 특성에 관한 실험적연구 부산수산대학교 대학원 석사논문, (1985)