

## 혼합냉매 (R290/R32) 적용 소프트 아이스크림 제조기 (drop-in 시험)

박태균\*, 한성필\*, 이용렬\*, 김내현\*\*, 박형채\*\*\*  
\* 인천대 대학원, \*\* 인천대 기계공학과, \*\*\* (주) 세아 E&C

### Soft ice-cream maker operating with mixed refrigerant R290/R32

Park, T-K., Han, S-P., Lee, E-Y., Kim, N-H., and Park, H-C.,  
*Graduate school, University of Incheon*  
*Mechanical Engineering, University of Incheon*  
*Se-A E&C*

**ABSTRACT:** Drop-in tests were conducted using R290/R32 (31:69) mixture in an ice-cream maker for possible replacement of R-502 and R-404A. Optimum refrigerant charge and TEV opening were obtained through a series of experiments. At the standard outdoor condition (35°C DT, 24°C WT), the time required for initial ice-cream making was 6'22", which was approximately the same as that of R-404A. The electric energy consumed was 660 kJ, which was about 10% higher than that of R-404A. The compressor outlet temperature (80°C) and pressure (2.52 MPa) were higher than those (60°C and 1.48 MPa) of R-404A. The reason could be the usage of the same R-404A compressor although the specific volume of R290/R32 is much larger.

### 1. 서론

최근 들어 국민 식생활 문화가 개선되고 생활 수준이 향상됨에 따라 아이스크림, 슬러시와 같은 냉동 유제품의 소비가 급증하고 있다. 이들은 식품원액을 소형 냉동사이클을 사용하여 냉각시켜 제조된다. 아이스크림 제조기에는 2개의 증발기가 있다. 하나는 원액통 (mix tank)이고 다른 하나는 냉각통 (freezer)이다. 원액통은 원액이 저장되는 곳으로 4°C 정도로 유지되고 냉각통에서는 원액통으로 부터 유입된 원액을 냉각하여 -8°C 정도의 아이스크림이 생산된다. 냉각통은 이중관형으로 환형부의 냉매로부터 냉열을 받아 내

벽에 형성된 얼음을 스크레이퍼가 회전하며 깎아 내어 아이스크림을 만든다. 일반적으로 소형 아이스크림 제조기의 경우는 압축기 하나에 증발기 두 개가 연결된 단일 냉동사이클을 사용하고 중대형의 경우는 냉동사이클과 냉장사이클을 별도로 하여 두 개의 압축기를 사용한다. Fig. 1에 냉동과 냉장이 독립된 사이클이 나타나 있다.

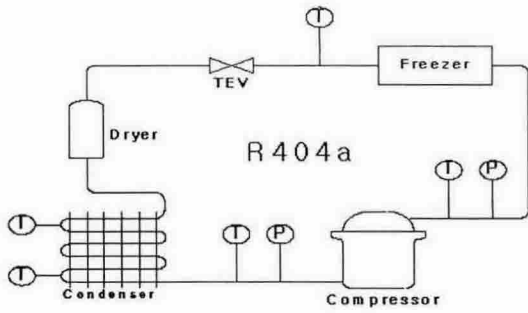
이러한 냉동식품 제조기에는 그간 R-502가 주로 사용되어 왔으나 오존층 파괴와 관련하여 냉동은 R-404A, 냉장은 R-134a로 대체되고 있다. R-502는 HCFC인 R-22와 CFC인 R-115의 공비 혼합냉매이고 R-404A와 R-134a는 HFC이다. HFC는 오존층 파괴지수는 낮으나 교토협약에서 지구온난화 가스로 분류되어 대기방출물질에 포함되어 있다. 따라서 R-502를 대체할 신냉매의 개발과 이를 사용하는 냉동시스템의 개발이 시급한 실정이다.

\* TEL : (032)770-8420 FAX : (032)770-8410

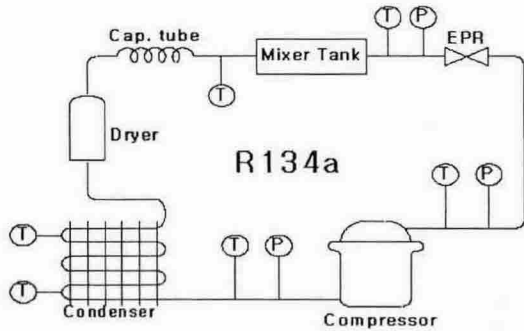
E-mail address: 0980697@incheon.ac.kr

\* 인천대학교 기계공학과 대학원

\*\* 인천대학교 기계공학과 교수



(a) Freezer cycle



(b) Cooling cycle

Fig. 1 Separate cooling and refrigeration cycle for ice-cream maker

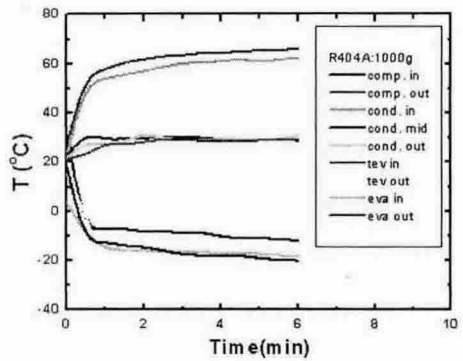
## 2. Drop-in 시험

R-32와 R290(프로판)으로 이루어진 혼합냉매에 대해 ASHRAE L.B.P 조건에서 싸이클 해석 결과<sup>(1)</sup> 냉동부하는 R-502와 R-404A에 비해 두 배 이상 크며, 성능계수 역시 크게 나타났다. 또한 R290/R32는 질량비 31:69에서 공비 특성을 나타내므로 이 조성비에서 실험을 수행하였다. 대상 아이스크림 제조기는 (주)세아 E&C에서 R404A용으로 개발한 아이스크림 제조기를 선정하였다. Table 1에 아이스크림 제조기의 사양을 나타내었다. Fig. 1에는 데이터 측정위치가 나타나 있다.

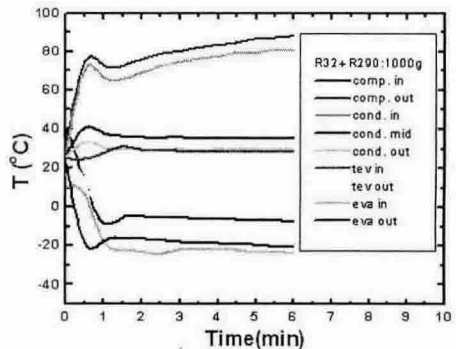
Fig. 2에 R290/R32와 R404A의 압축기, 응축기, 팽창장치, 증발기 입출구온도가 나타나 있다. 이 그림은 R290/R32의 압축기 출구온도(대략 80°C)가 R404A(대략 60°C) 보다 월등히 높음을

Table 1 Specification of the reference ice-cream maker

부 품	사 양
냉동 압축기	CAJ2446Z (Techumsh) 1.2 마력
냉장압축기	SD137H-L1Z2 (삼성) 0.1 마력
냉동증발기	외경 103 mm, 원통, 길이 365 mm
냉장증발기	내경 6.25 mm 동관, 길이 5 m
냉동팽창변	정압밸브 Parker 204C (1/4 - 2 RT용)
냉장도세관	내경 0.9 mm, 길이 2 m
냉동응축기	386 mm x 363 mm, 3열, 14단, 평관형, 원핏치 2.0 mm, 내경 9.5 mm 동관
냉장응축기	260 mm x 152 mm, 2열, 6단, 평관형, 원핏치 3.0 mm, 내경 9.5 mm 동관
증발압력 조절밸브	Parker 139 (20 psi)

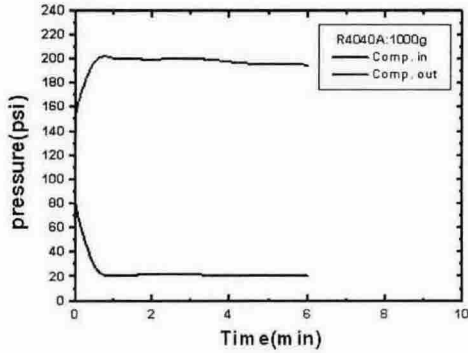


(a) R404A

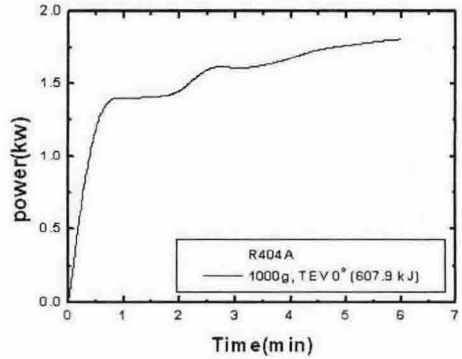


(b) R290/R32

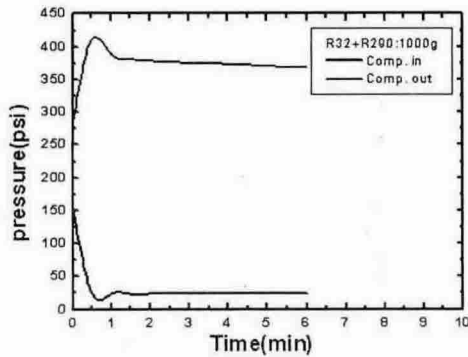
Fig. 2 Temperature variation at several locations



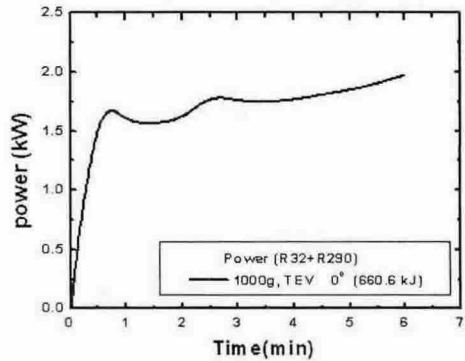
(a) R404A



(a) R404A



(b) R290/R32



(b) R290/R32

Fig. 3 Compressor inlet and outlet pressure

Fig. 4 Power consumption

보여준다. 또한 응축온도도 다소 높음을 알 수 있다. Fig. 3에는 압축기 입출구의 압력이 나타나 있다. R290/R32의 압력이 대략 370 psi로 R404A의 1.7배 가량 됨을 보여준다.

Fig. 4에는 대체냉매 drop-in 시험시 측정된 소비동력이 나타나 있다. R290/R32의 경우가 R404A에 비하여 10%가량 큼을 알 수 있다.

Fig. 5 와 6에는 R290/R32의 냉매 충전량과 TEV 개도 변화에 따른 아이스크림 제조기의 성능변화를 나타내었다. 냉매충전량 1000g, 밸브개도 '0'에서 최적임을 보여준다. 여기서 밸브개도 '0'이란 R404A 시스템에 적합하도록 세팅된 개도를 의미한다. 최적상태에서 아이스크림 제조

시간은 6분 22초로 R404A의 6분 24초와 거의 대등하였다. 하지만 압축기 소비에너지는 660 kJ로 R404A보다 10%가량 증가하였다. 아이스크림 제조기의 시험은 건구온도 35°C, 습구온도 24°C의 향온향습실에서 수행되었다.

아이스크림은 유지방과 물의 비율이 1 : 3으로 구성되고 원액의 비열은 3.35 kJ/kgK, 아이스크림의 비열은 2.72kJ/kgK 정도가 된다. 아이스크림 원액 2 kg이 증발기에 20°C로 공급되고 아이스크림의 생성이 -8°C에서 된다고 가정하고 물의 응고잠열이 335 kJ/kg임을 생각하면 냉동부하는 다음과 같다. 이때 물은 50%가 응고한다고 가정한다.

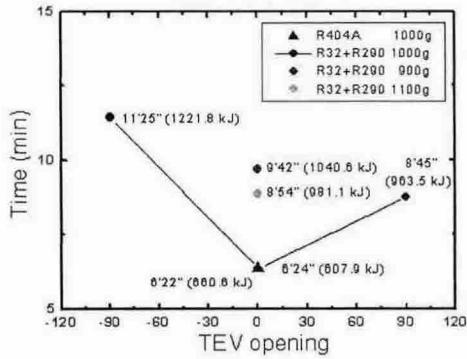


Fig. 5 Time required for ice-cream making for different refrigerant charge and TEV opening

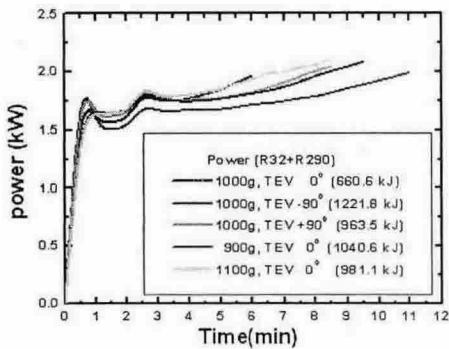


Fig. 6 Power required for ice-cream making for different refrigerant charge and TEV opening

$$Q = 2 \times [3.35 \times (20+3) + 335 \times 0.75 \times 0.5 + 2.72 \times (8-3)] = 432 \text{ (kJ)} \quad (1)$$

따라서 R290/R32를 사용하는 아이스크림 제조기의 COP는 0.65가 된다.

### 3. 결론

본 연구에서는 아이스크림 제조기에 사용되고 있는 R-502나 R-404A를 대체할 대체냉매로

R290/R32 (31:69)를 선정하여 R-404A용 제조기에 drop-in 시험을 수행하였다. 냉매 충전량과 TEV 개도를 변화시키며 최적값을 도출하였다. 표준 외기조건 (건구 35도, 습구 24도)에서 초기 아이스크림 제조시간은 6분 22초로 R-404A와 거의 동일하였고 이 기간 중 압축기 소비에너지는 660 kJ로 R404A보다 10%가량 높았다. 또한 압축기 출구온도 (대략 80°C)가 R404A (대략 60°C) 보다 높고 출구 압력도 2.52 MPa로 R404A의 1.7배 가량 되었다. 이는 R290/R32의 비체적이 R-404A보다 월등히 크에도 불구하고 동일한 압축기를 사용하였기 때문으로 판단된다.

### 참고문헌

1. 김만희, 2005, 대체냉각시스템 1차년도 보고서, 산업기술평가원