

R290/R32, R290/DME 적용 소프트 아이스크림 제조기

박태균*, 한성필*, 함정호*, 김내현**, 박형채***

* 인천대 대학원, ** 인천대 기계공학과, *** (주) 세아 E&C

Soft ice-cream maker using R290/R32, R290/DME

Park, T-K., Han, S-P., Ham, J-H., 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) or R290/DME (65:35) mixture in a ice-cream maker for possible replacement of R-502 and R-404A. At the standard room temperature (20°C), the time required for initial ice-cream making was 4' 7" for R290/32, 4' 39" for R404A and 4' 59" for R290/DME. The electric energy consumed was 436 kJ for R290/32, 425 kJ for R404A and 439 kJ for R290/DME. The mass flow rate as well as the temperature and pressure data are also provided.

1. 서 론

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 원액통으로부터 유입된 원액을 냉각하여 -8°C 정도의 아이스크림이 생산된다. 냉각통은 이중관형으로 환형부의 냉매로부터 냉열을 받아 내벽에 형성된 얼음을 스크레이퍼가 회전하며 깎아내어 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.

2. Drop-in 시험

R290/R32, R290/DME에 대해 ASHRAE L.B.P 조건에서 사이클 해석 결과⁽¹⁾ 냉동부하와 성적계수는 R-502와 R-404A에 비해 크게 나타났다. 또한 R290/R32는 질량비 41:59에서, R290/DME는 65:35에서 공비 특성을 나타내므로 이 조성비에서 실험을 수행하였다. DME(Dimethyl Ether, CH₃OCH₃)는 LPG와 프로판과 유사한 물리적 성질

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

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

* 인천대학교 기계공학과 대학원

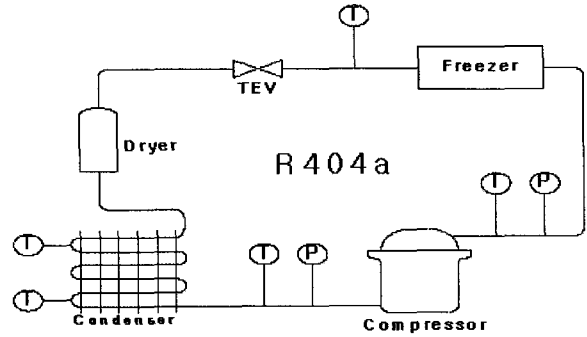
** 인천대학교 기계공학과 교수

Table 1 Specification of the reference ice-cream maker

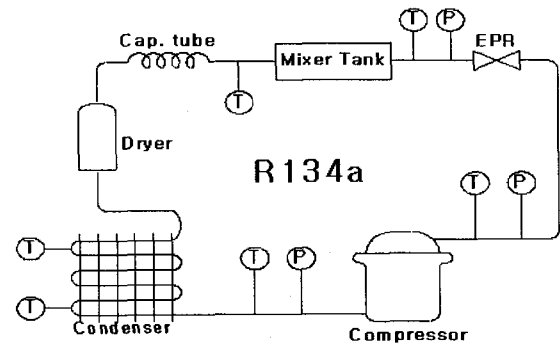
부 품	사 양
냉동 압축기	CAJ2446Z (Techumsh) 1.2 마력
냉장압축기	SD137H-L1Z2 (삼성) 0.1 마력
냉동증발기	외경 103 mm, 원통, 길이 365 mm
냉장증발기	내경 6.25 mm 동관, 길이 5 m
냉동팽창밸브	정압밸브 Parker 204C (1/4 - 2 RT용)
냉장모세관	내경 0.9 mm, 길이 2 m
냉동응축기	386 mm x 363 mm, 3열, 14단, 평판원, 원뿔치 2.0 mm, 내경 9.5 mm 동관
냉장응축기	260 mm x 152 mm, 2열, 6단, 평판원, 원뿔치 3.0 mm,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

을 가지는 인체에 무해한 안정한 화합물로 디젤이나 프로판의 대체 연료로 각광을 받고 있는 물질이다. Drop-in 대상 아이스크림 제조기는 (주) 세아 E&C에서 R404A용으로 개발한 아이스크림 제조기를 선정하였다. Table 1에 아이스크림 제조기의 사양을 나타내었다. Fig. 1에는 데이터 측정위치가 나타나 있다. 냉매충전량과 TEV의 개도는 일련의 실험을 통하여 최적값을 도출하였다. 최적 냉매충전량 R404A와 R290/32모두 1000g, 동일한 TEV개도에서 나타났다⁽²⁾. 따라서 R290/DME도 동일한 충전량과 TEV개도에서 실험하였다.

Fig. 2에 R290/R32, R290/DME와 R404A의 압축기, 응축기, 팽창장치, 증발기 입출구온도가 나타나 있다. 이 그림은 R290/R32의 압축기 출구온도는 대략 80°C, R404A는 대략 70°C, R290/DME는 대략 40°C로 크게 차이가 남을 보인다. 또한 R290/R32의 응축온도도 다른 냉매에 비해 높음을 알 수 있다. Fig. 3에는 압축기 입출구의 압력이 나타나 있다. R290/R32의 압력이 대략 350 psi로 R404A의 1.8배 가량됨을 보여준다. R290/DME의 경우는 대략 150 psi로 75% 수준이다. 이는 DME의 포화압력 (20°C에서 5기압)이 R32 (20°C에서 14.7기압)나 R404A (20°C에서 11기압)보다 현저하게 낮기 때문이다.



(a) Freezer cycle



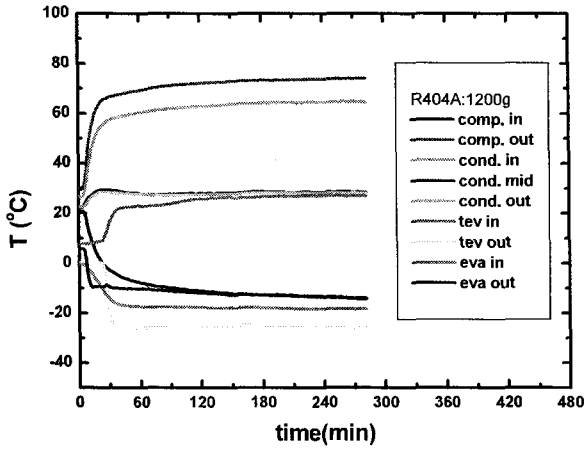
(b) Cooling cycle

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

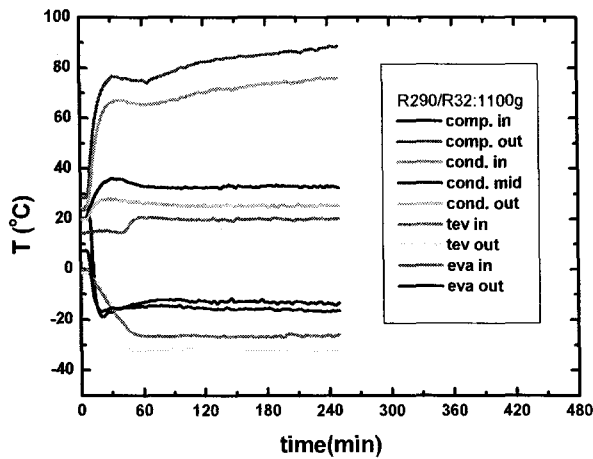
Fig. 4에는 대체냉매 drop-in 시험시 측정된 소비동력이 나타나 있다. R290/R32의 경우가 R404A에 비하여 10%가량 큼을 알 수 있다. R290/DME는 R404A보다 다소 낮다. 아이스크림 제조시간은 R290/32는 4분 7초, R404A는 4분 39초, R290/DME는 4분 59초로 나타났다. 아이스크림 제조에 소비에너지는 소비동력을 제조시간 동안 적산하여 구할 수 있다. R290/R32는 436 kJ, R404A는 425 kJ, R290/DME는 439 kJ로 나타났다. 아이스크림 제조기의 시험은 건구온도 25°C로 유지한 채 수행되었다.

Fig. 5에는 냉매순환량을 나타내었다. R404A의 경우 냉매순환량의 변동이 다른 냉매에 비하여 큼을 보여준다. 또한 초기에 상당히 높은 값을 나타내고 있다. R404A, R290/DME, R290/R32 순으로 냉매순환량이 감소함을 보여준다.

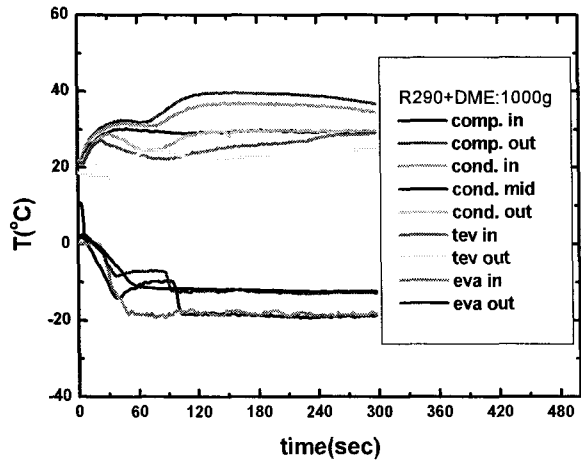
아이스크림은 유지방과 물의 비율이 1 : 3 으로



(a) R404A



(b) R290/R32



(c) R290/DME

Fig. 2 Temperature change during ice-cream making

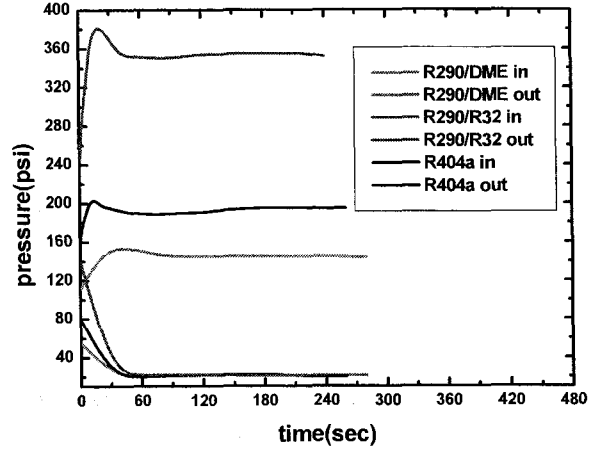


Fig. 3 Compressor inlet and outlet pressures

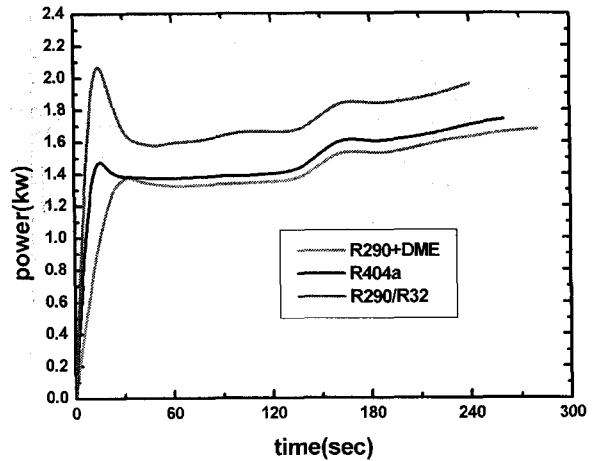


Fig. 4 Power change during ice-cream making

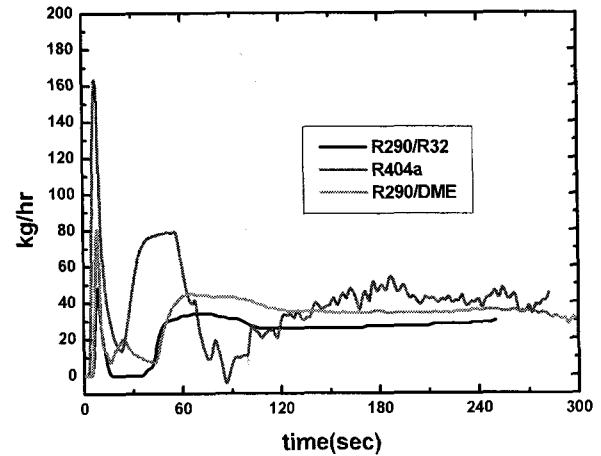


Fig. 5 Mass flow rate during ice-cream making

구성되고 원액의 비열은 3.35 kJ/kg K, 아이스크림의 비열은 2.72kJ/kg K 정도가 된다. 아이스크림 원액 2 kg이 증발기에 20℃로 공급되고 아이스크림의 생성이 -8℃에서 된다고 가정하고 물의 응고잠열이 335KJ/kg임을 생각하면 냉동부하는 다음과 같다. 이때 물은 50%가 응고한다고 가정한다.

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

따라서 R290/R32를 사용하는 아이스크림 제조기의 COP는 0.99, R290/DME의 경우 0.98, R404A의 경우 1.02가 된다.

3. 결론

본 연구에서는 아이스크림 제조기에 사용되고 있는 R-502나 R-404A를 대체할 대체냉매로 R290/R32 (31:69)와 R290/DME (65:35)를 선정

하여 R-404A용 제조기에 drop-in 시험을 수행하였다. 표준 외기조건 (건구 20도)에서 초기 아이스크림 제조시간은 R290/R32 4분 7초, R404A 4분 39초, R290/DME 4분 59초로 나타났다. 소비에너지는 R290/R32 436 kJ, R404A 425 kJ, R290/DME 438.5 kJ로 나타났다. 또한 압축기 출구 압력은 R290/R32에서 가장 크고 R290/DME에서 가장 작았다. 이는 R32의 포화압력이 DME보다 월등히 크기 때문으로 판단된다. 냉매순환량은 R404A, R290/DME, R290/R32순으로 감소하였다.

참고문헌

1. 김만희, 2005, 대체냉각시스템 1차년도 보고서, 산업기술평가원
2. 박태균, 한성필, 이웅렬, 김내현, 2005, "혼합냉매(R290/32)적용 소프트 아이스크림 제조기 성능시험" 대한설비공학회 2005 동계학술 발표대회 논문집, pp.410-414