

토기 용기를 이용한 저온 저장고 개발

김진봉*

The Development of the Refrigerator using a Pottery Vessel

Jin-Bong Kim*

요약 음식물을 장기 저장하기 위해서는 각 음식물에 적합한 온도에서 저장하여야 하는데, 우리 식생활에서 필수적인 김치의 최적 저장 온도는 0~5°C이다. 김치의 신선도를 유지하기 위해서는 저장 온도뿐만 아니라 김치의 숙성에 필요한 미생물을 조절하기 위한 용기의 제질도 중요한 요인으로 작용한다. 본 연구에서는 김치내의 미생물 활동에 최적의 조건을 유지할 수 있는 토기 용기를 이용한 저장고를 개발하여 기존의 상용화된 제품과 특성을 비교 분석하였다.

Abstract It is necessary to keep Kimchi at 0~5°C all around the year to maintain its taste, which is very sensitive to temperature changes. In addition to temperature for maintenance of taste, property of container is also important to control the activity of bacteria involved in Kimchi. As a pottery container is the best one for the bacterial activity, it was used to store Kimchi. Pottery is shielded by cooling pipe directly, and temperature of Kimchi is controlled by the independent temperature controller.

Key Words : Pottery Vessel, pH, Kimchi, F.E.M.

1. 서론

우리 식생활의 필수적인 김치를 맛있게 먹기 위해서는 김치가 너무 시어지지 않도록 보관하는 것이 무엇보다도 중요하다. 김치를 보관하기에 가장 적당한 온도는 0~5°C 정도이고, 0°C 이하에서 김치를 보관하면 김치가 얼어서 맛이 저하된다[1]. 따라서 겨울철에도 김치가 얼지 않고 적당한 온도를 유지하게 하기 위해서는 예로부터 김치독을 땅에 묻어 보관하는 방법인 김치광을 사용하여 왔다.

땅속은 온도 변화가 심하지 않기 때문에 겨울철에도 김치의 신선도를 장기간 지속시킬 수 있으나, 이런 전통적인 저장고를 현대 도시 생활에서는 찾아보기 힘들게 되었다. 따라서 최근에는 김치광의 과학성을 이용한 김치독이나 김치 냉장고가 상품화되고 있으며, 여러 가지의 저장법이 연구되고 있다.

그 중에서 가정에서 가장 손쉽게 김치를 저장할 수 있는 방법은 냉장고에 보관하는 것이다. 그러나 냉장고는 김치 이외의 식품을 저장하고 있기 때문에 김치의 보관에 필요한 온도를 일정하게 유지하기 힘들어 최근에는 김치만을 보관하는 김치 저장고가 한국 고유의 가전 제품으로 각광을 받고 있다. 현재까지 파악되고 있

는 김치 저장고의 시장 규모는 약 1,000억원 규모로서 그 시장성이 점차로 증대되고 있기 때문에 가전 3사를 비롯한 관련 업체에서는 틈새 시장의 확장에 지대한 관심을 기울이고 있는 실정이다.

현재 시판되고 있는 김치 저장고는 냉각 방식에 따라 직접냉각방식과 간접냉각방식으로 구분되고 있으며, 간접 냉각 방식의 경우에는 보관 용기가 플라스틱이나 스테인레스 등을 사용하고 있어 김치 고유의 맛을 저하시키고 있으며 전력 손실이 냉각관으로 보관 용기를 직접 냉각하는 직접냉각방식보다 큰 것으로 보고되고 있다.

한편 직접 냉각 방식에 사용되는 용기 중 전통 항아리를 이용할 경우에는 항아리의 미세한 기공(氣孔)에서의 공기 유동으로 인하여 김치의 유산균이 장기간 활발하게 활동할 수 있는 최적의 조건을 유지시켜 줄 것으로 사료되며[2], 항아리 외부의 단열 조건을 최적화시켜 냉기 유출을 최소화하여 전력 소비량을 감소할 수 있게 될 것이다.

이상의 요건들을 고려하여 본 연구에서는 기존의 간접냉각방식에 의한 플라스틱이나 스테인레스 용기 저장 방식을 개선하기 위하여, 전통 항아리를 용기로 이용한 김치 저장고를 개발하였다. 이를 위해 최적 냉각 구조를 제작하기 위하여 유한 요소 해석을 하였고, 시제품과 상용화된 기존 제품에서의 김치의 신선도를 비교하였다.

*한서대학교 항공기계학과
Tel: 041-660-1463

2. 해석 및 시험 방법

2.1 저장 용기 구조

본 연구에서 제작한 모델은 Figure 1에서 보는 바와 같이 상판에 있는 인조 대리석 분리형 덮개가 상부를 밀폐시키며, 내부에 김치가 저장되는 토기로 제작된 항아리, 항아리 외주에 나선형으로 감겨서 항아리에 저장된 김치를 냉각, 자연 대류시키는 냉각 코일, 항아리와 외함 사이의 공간에 발포되어 항아리의 유동을 방지하고 단열을 유지하는 폴리우레탄으로 구성하였다.

2.2 해석 방법

제품 개발에 따른 경비 절감과 제품의 신뢰도 향상을 위하여 유한요소법을 이용하여 개발 모델에 대한 냉각 특성을 해석하였다. 유한요소법에 사용된 model은 축대칭 4각 요소(3.5)를 사용하였으며 주위 온도는 20°C로 하였다. Figure 1은 유한요소 해석을 위한 모델의 예를 나타낸 것이다.

2.3 냉각 시험 방법

온도 분포 시험은 용기 내에 저장물이 없는 경우, 용기 내에 물을 저장한 경우, 그리고 절임 배추를 저장한 경우에 대하여 실시하였다. 측정에 사용된 기기는 YOKOGAWA $\mu R1800$ 12 POINT 이고 사용된 열전대는 K type이다.

용기 내에 물만 채운 1차 시험에서는 온도 조절기의 최저온도를 0°C로 조절하여 측정하였는데, 이때 용기 내에 결빙 현상이 생겨 2차 시험에서는 온도 조절기의

온도를 2°C로 조절하여 측정하였다. 이와 같이 결빙 현상이 생기는 구간은 항아리 외부에 설치된 냉각관 주위에만 국한되고 이외의 영역에서는 영상의 온도가 되어 온도 편차가 심하게 되었기 때문에 온도 분포를 균일하게 하기 위하여 AI 호일로 용기 전체를 둘러싸은 후 측정을 하였다.

한편 2차 시험에서는 절임 배추를 이용하여 온도 분포 시험을 실시하였다. 2차 시험에서는 온도 조절기의 특성도 동시에 평가하기 위하여 장시간 냉각을 하여 조절기의 특성 변화도 점검하였으나 조절기의 특성 변화는 없었고 열전대의 부착 위치는 Table 1에서 보는 바와 같다.

2.4 장기 신선도 유지 시험 방법

김치를 담근 직후의 pH는 일반적으로 5.5~5.8이며 숙성이 진행됨에 따라 젖산의 생성으로 더욱 산성으로 되어 최적 숙성기에는 4.2~4.5로 되고 과속하게 되면 4.0이하로 된다[6].

이를 기준으로 본 연구에서 개발한 김치 냉장고의 장기 저장 특성을 시험하기 위하여 pH meter를 이용하여 pH량의 변화를 측정하였다. 본 시험에서는 본 연구에서 개발한 시제품과 시중에서 시판되고 있는 김치 냉장고에 동일하게 제조된 김치를 저장시킨 후 일정 주기로 pH를 측정하였다. 측정에 사용된 pH meter는 ATI ORION 420A로 측정 데이터의 신뢰성을 확보하기 위하여 일정 주기로 교정을 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 냉각 해석 결과

냉각 해석 결과는 Figure 2와 같다. Figure 2(a)는 물만을 저장하였을 때의 온도 분포를 나타낸 것이고, Figure 2(b)는 절임 배추를 저장하였을 때의 온도 분포를 나타낸 것이다. 물만을 저장하였을 때 용기내의 각 부분에서의 온도는 5°C 이하가 되지만, 절임 배추를 저장하였을 때는 하부로부터 3/4되는 지점에서의 온도는 5°C 이상이 되어 이 지점 이상에서는 김치를 장기 저장할 수 없게 된다. 이와 같은 현상은 상판을 통한 열전달이 측면을 통한 열전달보다 큰 것에 기인하기 때문에 상판의 재질을 변경하거나 두께를 증가시키는 보완책이 있으나 이 경우 제조 원가가 상승하기 때문에 용기 상부에 냉각관을 추가로 배치시키는 방법으로 보완하기로 하고 냉각 시험을 통해 적합성 여부를 결정하였다.

3.2 1차 시험 결과

2.3절에서 제시한 각 조건에 대한 1차 시험 결과를 종합하여 정리한 결과는 Table 1과 같고 이를 그림으로

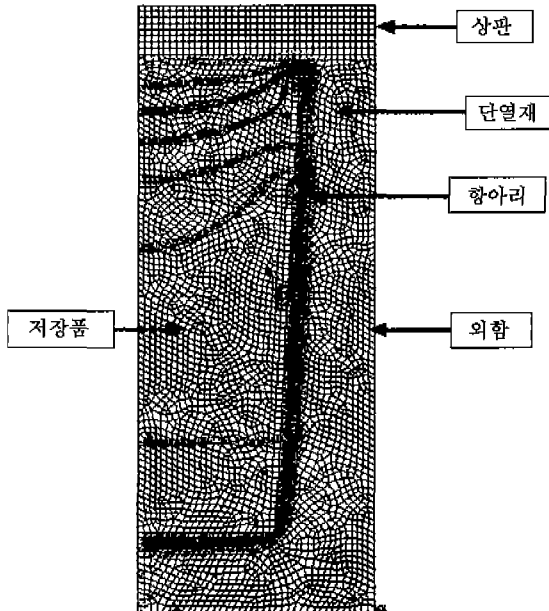


Figure 1. 저장 용기 구조 및 유한요소 모델

Table 1. 온도 측정 결과(1차 시험)

상태		높이(cm)				표면								내부		
						0	6	13	18	28	33	38	뒷면	하부	상부	
AI 호일	공기	물	온도조절기 (0°C)	온도조절기 (2°C)	대기 온도											
	●		●		27.1	6.5	-7.1	-6.2	-5.3	4.6	12.7	23.3	-0.1 (중간)			
●	●		●		28.8							45				
●		●	●		0.7	-0.8	-0.3	-1.5	0.3	1.8	4.8		1.3	1.4		
●		●		●	2.3	2.3	0.9	1.5	0.1	0.5	2.6	4.5		2.3		
		●		●	2.3	2.3	0.9	1.8	0.2	0.8	1.8	3.1		2.8		

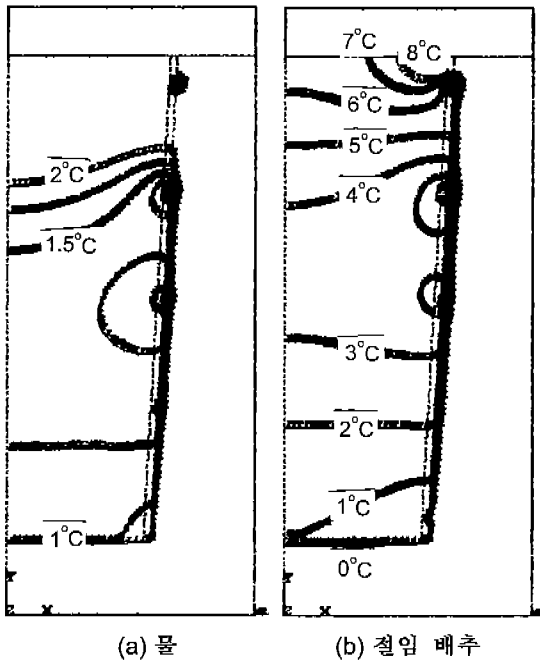


Figure 2. 온도 분포 해석 결과(1차 시제품)

정리한 결과는 Figure 3과 같다. Table 1에서 온도 측정 부위는 표면인 경우는 항아리 내부 표면을 의미하며 내부는 항아리 내부를 나타내고, 높이는 항아리 바닥부터 최상부까지를 나타낸다. Table 1의 결과를 정리한 Figure 3에서 Air 0°C(no AI)은 절기의 최저 조절온도를 0°C로 하고 용기 내부에는 저장물이 없으며 AI 호일을 둘러쌓지 않은 것을 나타낸다. 한편 Water 2°C AI은 용기 내부에 물을 채우고 온도 조절기의 최저 온도를 2°C로 한 후 AI 호일을 둘러쌓은 것을 의미한다.

Figure 3에 의하면 Air 0°C(no AI)의 경우를 제외하고는 용기 내의 온도 분포가 0~5°C 사이에 있기 때문에 AI을 둘러쌓은 것이나 둘러쌓지 않은 것의 차이는

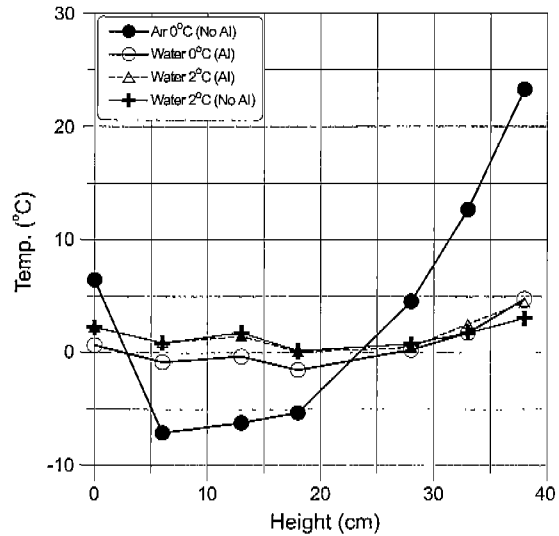


Figure 3. 온도 측정 결과 (1차 시제품 내부 표면 온도)

발견하지 못했으며 물을 채운 경우는 온도 조절기의 범위를 초기에 설정한 형태로 운전하여도 이상이 없음을 알 수 있다.

3.3 2차 시험 결과

절임 배추에 대한 온도 분포를 시험한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같고, Figure 4는 1, 2차 시제품 및 유한요소법으로 해석한 결과를 절임 배추 저장시 용기 내부 높이에 따른 온도 분포를 나타낸 것이다. ●로 나타낸 1차 시제품에 대한 측정 결과에서, 용기 내부 뒷면으로부터 25 cm까지는 0~5°C 범위로 김치의 장기 보관에 문제가 없을 것이나, 25 cm 이상이 되는 부분에서는 5~10°C가 되어 김치의 장기 저장시 김치의 신선도가 현저히 저하하게 될 것이다. 한편 냉각 해석 결과에서도 27 cm 이상에서 절임 배추의 온도가 5°C 이상

Table 2. 절임 배추의 온도 분포 시험 결과

번호	발면으로 부터의 위치(cm)	온도(°C)	
		1차 시제품	2차 시제품
용기 내부 중앙	1	0	1.2
	2	10	1.3
	3	20	2.9
	4	30	8.3
	5	37	10.4
	6	10	0.5
용기 내부 표면	7	20	2.2
	별도	25	5.4
	8	30	9.1
9	37	10.2	
10	상관내부	15.1	17.2
11	상관외부	20.2	22.3

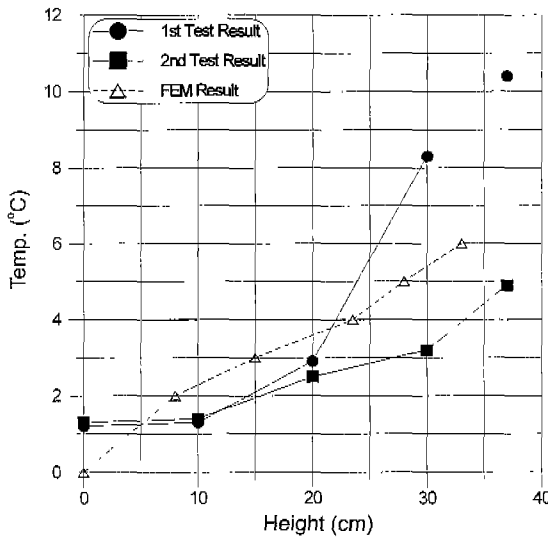


Figure 4. 절임 배추의 높이에 따른 온도 변화

이 되는 것을 알 수 있다.

이와 같이 1차 시제품에서 발생한 문제점을 보완하기 위하여 용기 상부에 냉각관을 추가 배치한 2차 시제품에 대한 냉각 시험 결과는 Figure 4에서 ■로 나타내었다. 2차 시제품의 경우 36 cm 지점까지의 온도가 5°C 이하가 되어 용기 내의 대부분의 지점에서 김치의 장기 보관이 가능한 온도 분포가 되었다.

3.4 장기 신선도 유지 시험 결과

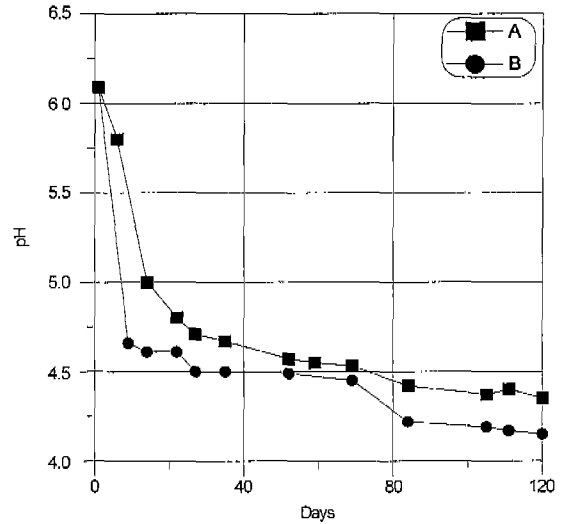


Figure 5. pH 측정 결과(A:개발 시제품, B: 시판 제품)

본 연구에서 개발한 시제품에 대한 신선도의 유지 상태를 측정 한 결과는 Figure 5에서 보는 바와 같다. Figure 5에서 ■는 본 과제에서 개발한 시제품에 대한 결과이고, ●는 시판 제품에 대한 결과이다. 4개월 간 저장된 김치에 대한 pH는 시제품의 경우 4.35이고, 시판 제품의 경우에는 4.15이다. 일반적으로 김치의 최적 숙성기에서 pH가 4.2~4.5임을 감안할 때 본 과제에서 개발한 시제품에서의 김치는 4개월이 경과하여도 최적의 숙성된 상태를 유지하고 있었으나, 시판된 김치 냉장고의 경우에는 최적 숙성기를 지나 과숙의 상태로 진행되고 있어, 본 과제에서 개발한 김치 냉장고의 장기 저장 특성은 시판되고 있는 제품보다 우수하였다.

4. 결 론

김치의 전통 저장 방식을 적용하기 위하여 자연 토기를 이용한 항아리 저장 방식의 김치 냉장고를 개발하기 위하여, 시험 모델을 제작하고 이 모델에 대한 특성 시험을 실시하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

1) 용기 내에서의 온도분포 해석 결과와 온도 분포 시험 결과는 거의 일치하였다. 1차로 제작된 시제품의 경우 용기 외부에 있는 냉각관을 5회 감았을 경우, 용기의 전체 깊이 중 상부로부터 1/4-1/3 부분에서는 김치를 장기 저장하기에는 적합하지 않은 온도분포를 하고 있다. 따라서 2차 시제품에서는 용기 상부에 냉각관을 추가로 배치하여 용기 상부의 온도도 5°C 이하가 되도록 하여 용기내 전체 구간에서 김치가 장기간 신선도를 유지할 수 있도록 하였다.

2) 4개월 간 저장된 김치에 대한 pH는 본 과제에서

개발한 시제품의 경우 4.35이고, 시판 제품의 경우에는 4.15이다. 일반적으로 김치의 최적 숙성기에서의 pH가 4.2~4.5임을 감안할 때 본 과제에서 개발한 시제품에서의 김치는 4개월이 경과하여도 최적의 숙성된 상태를 유지하고 있었으나, 시판된 김치 냉장고의 경우에는 최적 숙성기를 지나 과숙의 상태로 진행되고 있어, 본 과제에서 개발한 김치 냉장고의 장기저장 특성은 시판되고 있는 제품보다 우수하였다.

감사의 글

본 논문은 백야산업(주), 중소기업청과 충청남도, 한서대학교가 공동 지원하는 2000년도 산학연 지역 컨소시엄 사업과제의 소 과제인 향아리 방식의 김치 저장고

개발에 대한 논문임을 확인합니다.

참고문헌

- [1] 안승효, "식품 저장 및 가공", 한국방송대학 출판부, pp. 227-229, 1986.
- [2] 주현규, 김덕용, 성하진, 조원대, "최신 식품 저장학", 수학사, pp. 284-285, 1995.
- [3] D. Logan, "A first course in the finite element method", PWS Publishing Co., 1993.
- [4] ANSYS Commands Reference.
- [5] ANSYS Element Reference.
- [6] 오성지, 이현창, "식품 저장학", 수학사, pp. 290-291, 1976.