

식품 보관 용기로서 옹기의 물리적 특성

서경희* · 송봉수* · 안덕순* · 정순경** · 이동선**

*경남대학교 식품생명학과

**창원전문대학 호텔제과제빵과

Physical Properties of Korean Earthenware (*Onggi*) as Food Container

Gyeong Hee Seo*, Bong Su Song*, Duck Soon An*, Sun Kyung Chung** and Dong Sun Lee*†

*Department of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University

**Department of Hotel Confectionery and Baking, Changwon College

Abstract Thermal and gas adsorption properties were measured for Korean earthenware (*onggi*) as a step to elucidate its role as food preserving container. Thermal conductivity and diffusivity decreased with increase in porosity while heat capacity depended on the raw soil component rather than porosity. Thermal barrier of the earthenware was generally similar to that of glass. The *onggi* material could sorb or adsorb a limited amount of water vapor, CO₂ and ethylene gases (0.0005 g/g, 17 µg/g, 2.6 µg/g, respectively). Thermal and gas adsorption properties of *onggi* seem to provide unique application area for use as food container and packaging.

Key words Thermal properties, Sorption, Water vapor, CO₂, Ethylene gas

서 론

토기는 우리나라에서 기원전 6,000년경부터 사용된 것으로 추정되며, 이 토기에 음식을 담고 숙성하여 오던 것이 오늘 날까지 사용되고 있는 옹기의 근원이다 (이철호, 1999). 토기로부터 굽는 온도와 굽는 시간을 보완하여 만들어지는 전통 옹기는 여러 가지 음식을 담는 용기나 저장 용기로 광범위하게 사용되고 있다. 식문화적인 측면에서 이러한 옹기가 여러 발효식품의 발전에 기여하여 온 것으로도 해석된다. 우리나라의 전통 음식은 대부분 발효식품으로서 일반적인 용기보다는 재래적인 방법으로 제작된 옹기에 김치, 간장, 된장, 고추장 등 식품을 담고, 오랜 기간 발효와 숙성 단계를 거치면서 유용균의 발효에 적당한 조건이 유지되어, 향이나 맛 등에서 우수한 품질을 가지는 것으로 알려져 있으며, 일부의 연구에 의하여 이가 확인되고 있다 (유선미 등, 2001; 정순경 등, 2004). 이외에도 옹기는 건조 곡물, 신선 과일과 채소류, 소금 등의 다양한 식품을 보관하거나 포장하는 용도로도 많이 사용되고 있다. 오랜 기간

동안 다양한 식품의 보관과 보존에 사용되어온 옹기는 식품의 품질향상에 기여하는 여러 물리적인 특성을 가지고 있으며, 이가 적절히 이용되어 왔을 것으로 생각된다. 하지만 식품 보관 및 포장 용기로서의 물리적인 특성에 대해서는 과학적인 접근이 충분히 이루어지고 있지 못하였다.

비교적 최근에 배원태 등(1984)은 경남의 토기의 흙성분의 미세구조와 화학성분 등을 분석한 바 있고, Seo 등(2005)은 옹기의 원료조건에 따른 기체투과성을 측정하고, 이러한 옹기를 신선 과일과 채소류의 포장에 적용하는 가능성을 제시하였다. Yun 등(2006)은 이러한 개념을 더욱 확장하여 옹기 절편을 신선 과일과 채소류의 변형기체조절 포장에 적용하였다. 한편 간장 및 고추장과 같은 발효식품의 보관과 숙성에서 발효식품의 종류에 따라 적절한 투과성의 옹기가 사용되는 것이 바람직하다는 연구결과가 발표된 바 있다(정순경 등, 2005; 정순경 등, 2006; Lee et al., 2006). 흙 배합비나 유약처리유무에 따라 기공율이 조절될 수 있고, 이에 의해서 기체 투과도가 제어될 수 있으며, 적정의 투과도가 바람직한 품질을 얻는데 매우 중요하였다. 그리고 기체 투과도는 발효에 사용됨에 따라 감소될 수 있음도 보고된 바 있다(Seo et al., 2006). 기체 투과도 이외에도 여러 물리적인 특성이 옹기가 식품 보관용기로 사용될 때, 식품의 품질과 보존에 중요한 영향을 미칠 수 있

†Corresponding Author : Dong Sun Lee

Department of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University, 449 Wolyoung-dong, Masan, Korea
E-mail : <dongsun@kyungnam.ac.kr>

을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 전통적인 방법으로 제작된 용기의 열특성과, 수증기, 이산화탄소, 에틸렌 가스의 흡착 특성을 측정하여 식품보관용기로의 용기의 사용에서의 참고사항으로 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시료 조제

실험에 사용된 항아리 시료와 평판형 용기 시편은 Seo 등(2005)의 방법으로 유약을 바르지 않고 제조된 것을 사용하였으며, 그 특성은 보고된 바에 따르면 Table 1과 같다. 8.0 cm(직경) × 12.5 cm(높이)를 가지는 원통형 용기로 제작된 용기를 분쇄한 다음 기체 흡착실험으로 사용하였다. 또한 열특성을 측정하기 위한 시료는 평판형(4 × 4 × 0.72 cm) 시편으로 제작하였다. A형 용기가 가장 기공율이 낮으며, C형 용기가 가장 기공율이 높고 밀도가 낮은 시료이다.

2. 열특성 측정

열특성을 측정하기 위해 평판형 용기 시편을 사용하였다. 평판형 용기 시편의 열전도도는 비정상상태 평판 열원을 사용한 Hot Thermal Constants Analyser (TPA-501, Hot Disk AB, Gothenburg, Sweden)에 의하여 측정하였다 (Log & Gustafsson, 1995). 비열은 differential scanning calorimeter (Model 2910, TA Instrument, New Castle, DE, USA)를 사용하여 측정하였다. 16.5 mg의 시료를 알미늄 팬에 담고 질소치환 하에서 50-200°C의 범위에서 20°C/min의 속도로 가열하였다. 비교를 위한 외부 표준물질로는 sapphire (Al₂O₃)를 사용하였다.

3. 용기의 흡습 및 흡착특성

원료 흙의 조성을 다르게 하여 제조한 비유약 용기를 분쇄한 다음, 약 5 g씩을 포화염용액에 의해 상대습도를 다

Table 1. The earthenware (*onggi*) samples used for this study

Type of earthenware	Pore diameter (nm)	Porosity (%)	Density (kg/m ³)
A	829 ± 21	14.6 ± 0.2	2,213 ± 17
B	1,152 ± 11	19.6 ± 0.1	2,172 ± 33
C	892 ± 46	21.9 ± 0.1	2,122 ± 37

From Seo et al. (2005).

Table 2. Thermal property of Korean earthenware (*onggi*)

Type of earthenware	Thermal conductivity (W m ⁻¹ K ⁻¹)	Heat capacity (J kg ⁻¹ K ⁻¹)	Thermal diffusivity (m ² s ⁻¹)
A	1.254 ± 0.064	786.2 ± 33.8	7.21 ± 10 ⁻⁷
B	1.057 ± 0.107	811.0 ± 20.4	6.00 ± 10 ⁻⁷
C	0.935 ± 0.017	869.4 ± 56.4	5.07 ± 10 ⁻⁷

르게 유지시킨 데시케이터로 이동시켜서 20°C의 온도조건에 유지시키면서 흡습되는 수분의 양을 측정하였다. 실험의 시작 전에 분쇄 시료는 105°C에서 24시간 이상 건조시켰다. 평형에 이른 것을 확인하기 위하여 7일 마다 시료의 무게를 측정하여 무게 변화가 없을 때의 수분함량을 평형 수분함량으로 결정하였다. 또한 등온탈습곡선의 측정을 위해서 건조시료 5 g에 대해서 1 g의 수분을 사전에 흡수시킨 다음 일정한 여러 조건의 상대습도에 노출시킨 다음에 일정무게가 될 때까지 방치하고 이로부터 평형수분함량을 결정하였다.

용기의 기체 흡착특성으로서 이산화탄소와 에틸렌 가스에 대하여 측정하였다. 940 mL의 병에 분쇄 용기 시료 250 g을 채운 후 밀봉하였다. 밀봉된 병에 50 mL의 이산화탄소 혹은 에틸렌 기체를 밀폐형 syringe로 주입하였다. 이 병을 20°C에서 저장하면서 3~6시간 간격으로 해당 기체의 농도를 측정하여, 초기 주입된 양과의 차이를 구하여 분쇄 용기 시료에 흡착된 이산화탄소 혹은 에틸렌의 양을 결정하였다. 이산화탄소와 에틸렌 함량은 Varian model 3800 gas chromatograph (Varian Inc., Palo Alto, CA, USA)를 사용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 열특성

유약을 바르지 않은 평판형 용기 시편에 대해서 열전도도 및 비열을 측정된 결과를 Table 2에서 보여주고 있다. 용기의 열전도도는 기공성이 큰 용기에서 감소하였다. 즉, C형 용기 시료가 가장 낮은 열전도도를 보였다. 공기로 차 있는 미세공은 열전도도를 낮추어주는 역할을 하는 것으로 해석되었다. 한편 비열은 C형 용기에서 가장 높았는데, 비열은 기공도에 의하여 결정되기 보다는 용기의 구성 흙 자체의 특성에 의해 결정되는 것으로 보인다. 열확산도는 열전도도를 비열과 밀도로 나누어서 계산하였고, 함께 Table 2에 나타내었다. C형 용기는 낮은 열전도도와 높은 비열로 인하여 높은 열차단성(낮은 열확산도)을 나타내었다.

용기 벽면은 일반적으로 유리와 비슷한 열특성을 가지고 있는 것으로 평가된다. 용기의 열전도도는 금속포장의 열전도도 (34~126 W m⁻¹ K⁻¹)보다는 낮고, 종이의 플라스틱에 (0.05~0.50 W m⁻¹ K⁻¹) 비해서는 높은 값이다 (Hernandez 등, 2000; Hayes, 1987). 용기의 비열은 금속 포장에 (약

500 J kg⁻¹ K⁻¹) 비해서는 높고, 종지와 플라스틱에 (900~1600 J kg⁻¹ K⁻¹) 비해서는 약간 낮았다. Can과 같은 금속포장과 비교하여 옹기는 온도변화에 대해서 높은 차단성을 제공하고, 절대적인 값에서는 옹기는 플라스틱과 종이 용기에 비해서 낮은 열차단성을 갖는 것으로 나타난다. 하지만 옹기는 유리병처럼 금속 can 용기, 종이 및 플라스틱 용기보다는 두껍고 무거운 벽 구조를 가지도록 제조된다. 이는 외부 온도변화에 대해서 비교적 높은 차단성을 제공하는 것으로 판단된다. 옹기의 두꺼운 구조는 식품용기로서 사용에서 결점일 수도 있지만 동시에 고가의 유리포장처럼, 고품스러운 자연미와 함께 고품격 이미지를 제공하는 긍정적인 면도 가진다. 연중 외기 조건에서 장류 및 건조식품 등을 보관하는 용도로서의 옹기는 외부의 온도변화에 상대적으로 적은 영향을 받는다고 볼 수 있을 것이다.

2. 옹기의 등온 흡습 및 탈습곡선

20°C에서의 분쇄 옹기 시료의 등온 흡습곡선은 Fig. 1과 같았다. 옹기의 흡습량은 상대습도 90% 기준에서 원료 토에 관계없이 약 0.0005 g/g 건물로서 그리 높지는 않은 것으로 나타났다. 수분활성도 0.9 이하의 옹기의 등온흡습곡선을 Langmuir 방정식 (1)로 fitting 한 결과의 parameter는 Table 3과 같았다.

$$M = \frac{K \cdot a_w}{1 + K \cdot a_w} \tag{1}$$

여기서 M은 수분함량 (건물기준 %), a_w는 수분활성도, K

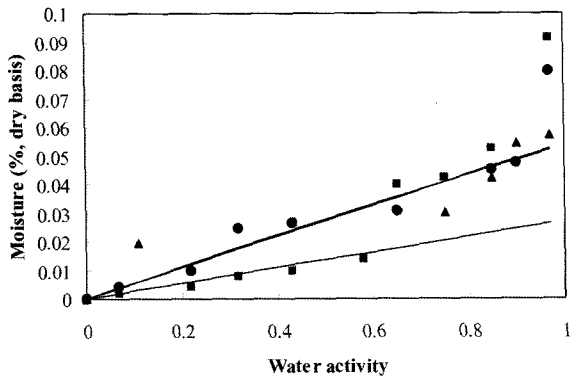


Fig. 1. Moisture sorption isotherm of powdered earthenware (onggi) at 20°C. ▲ : Type A; ● : Type B; ■ : Type C. Solid lines are moisture fitted by Langmuir equation 1.

Table 3. Langmuir constant for Korean earthenware (onggi)

Type of earthenware	K for adsorption in Eq. 1
A	0.0572
B	0.0566
C	0.0280

는 상수이다. 흡습곡선의 경우는 원료 기공율이 적은 시료 C에서 K값이 가장 작은 것으로 나타났으나, 그 차이가 크다고 볼 수는 없었다.

같은 온도에서 수분을 흡수시킨 옹기 분말을 다른 상대습도 하에 놓고 평형에 이를 때의 수분함량을 구한 결과로서 등온탈습곡선은 Fig. 2에 제시하였다. 탈습곡선으로 얻은 수분함량은 흡습시의 경우에 비해서는 상대적으로 높았으며, 상대 습도 85%이하에서는 일정한 수준을 보여서 더 이상의 탈습이 일어나지 않는 것으로 나타났다. 전체적으로 상대습도 85%이하에서는, A형 옹기에서 흡착된 수분 함량이 다른 처리구에 비하여 약간 높았다.

3. 옹기의 기체 흡착

Fig. 3에서는 A형 옹기의 분쇄시료에서의 이산화탄소와 에틸렌 가스의 흡착의 과정을 보여주고 있다. 저장 6~8일에 이르러 흡착은 평형에 도달하며, 에틸렌 흡착이 약간 늦게 완결되는 것으로 보인다. 포화된 조건에서 옹기 시료에서의 CO₂ 흡착량은 평균 17 μg/g, 에틸렌 가스 약 2.6 μg/g을 나타내었으며, 이러한 양은 다른 기체 흡착체에 비해서

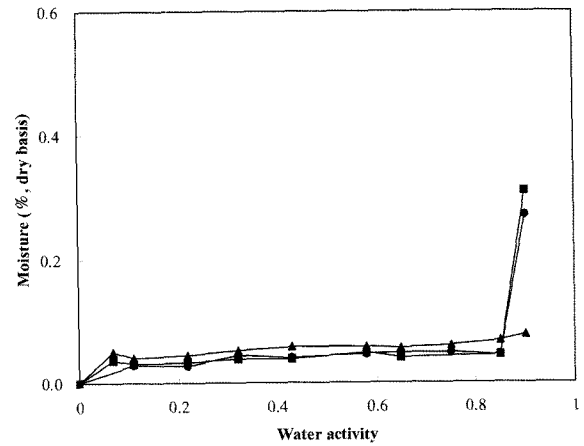


Fig. 2. Moisture desorption isotherm of powdered earthenware (onggi) at 20°C. ▲ : Type A; ● : Type B; ■ : Type C.

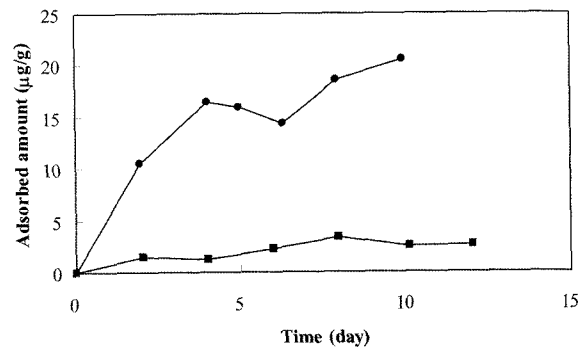


Fig. 3. Gas adsorption of powdered earthenware (onggi) Type A at 20°C. ● : CO₂; ■ : C₂H₄.

는 아주 작은 양으로 평가된다 (Calleja 등, 1998; Lee et al., 2001). 따라서 용기가 발효식품 저장에서 갖는 기체흡착의 효과는 그리 크지는 않을 것으로 평가된다. 그러나 비록 작은 양이지만, 이러한 특성을 적절히 이용하는 식품저장 시스템에서는 기체흡착특성이 유용하게 이용될 수 있을 것이다. 즉, 에틸렌을 생산하는 신선 과일 등을 용기에 보관할 때 용기의 기체 흡착특성을 고려해서 적용시키면 저장성에 도움이 될 수 있을 것이다.

요 약

식품 보관 용기로서 용기의 기능성을 설명하려는 하나의 시도로서 용기의 열특성과 수분 흡착 및 기체 흡착 특성을 측정하였다. 용기의 열전도도와 열확산도는 기공율이 증가함에 따라 감소하였으며, 비열은 기공율보다는 구성 흙의 조성에 의존하는 것으로 나타났다. 용기의 열차단성은 유리 와 비슷하였으며, 금속포장재보다는 높은 열차단성을 가지나, 종이 및 플라스틱보다는 낮은 열적 차단성을 가졌다. 용기는 상대습도 90% 기준에서 원료 흡에 관계없이 약 0.0005 g/g 건물 기준의 수분을 흡착할 수 있었으며, 약간의 CO₂ 및 에틸렌 가스를 흡착할 수 있었다 (CO₂ 약 17 µg/g, 에틸렌 가스 약 2.6 µg/g). 용기의 열특성과 기체 흡착특성은 식품보관에 이용될 수 있는 독특한 특성을 가지는 것으로 평가되었다.

감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발사업(202088-02-1-CG000)의 연구비 지원에 의해 수행된 연구결과와 일부로서 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 배원태, 조영제, 히보영. 1984. 서부경남 가야토기의 태도분 석을 위한 기초적 연구. 경상대학교 경남문화연구소 논문집 99-108.
2. 유선미, 김진숙, 신동화. 2001. 전통 된장의 담금용기에 따른

3. 이철호. 1999. 동북아시아 원시토기문화시대의 특징과 식품사적 중요성. 민족문화 연구 32: 325-357.
4. 정순경, 이광수, 조성환. 2004. 발효 담금 용기에 따른 어간장의 숙성 중 품질변화. 한국식품저장유통학회지 11(2): 233-239.
5. 정순경, 김영숙, 이동선. 2005. 고추장의 숙성 중 발효 용기가 품질변화에 미치는 영향. 한국식품저장유통학회지 12(3): 292-298.
6. 정순경, 이광수, 이동선. 2006. 흙배합비를 달리하여 기공율이 조절된 담금용기 항아리에서의 간장 발효. 한국식품과학회지 38(2): 215-221.
7. Calleja, G, Pau, J. and Calles, J.A. 1998. Pure and Multicomponent Adsorption Equilibrium of Carbon Dioxide, Ethylene, and Propane on ZSM-5 Zeolites with Different Si/Al Ratios. *J. Chem. Eng. Data* 43: 994-1003.
8. Hayes, G.D. 1987. Food Engineering Data Handbook. *John Wiley and Sons, New York, USA.* pp.36-37.
9. Hernandez, R.J., Selke, S.E.M. and Culter, J.D. 2000. Plastics Packaging. Hanser Publishers, Munich, Germany. pp.70-71.
10. Lee, D.S., Shin, D.H., Lee, D.U., Kim, J.C. and Cheigh, H.S. 2001. The Use of Physical Carbon Dioxide Absorbents to Control Pressure Buildup and Volume Expansion of kimchi Packages. *J. Food Eng.* 48(2): 183-188.
11. Lee, K.S., Lee, Y.B., Lee, D.S. and Chung, S.K. 2006. Quality Evaluation of Korean Soy Sauce Fermented in Korean Earthenware (*onggi*) with Different Glazes. *Int. J. Food Sci. Technol.* 41: 1158-1163.
12. Log, T. and Gustafsson, S.E. 1995. Transient Plane Source Technique for Measuring Thermal Transport Properties of Building Materials. *Fire Mater.* 19: 43-49.
13. Seo, G.H., Chung, S.K., An, D.S. and Lee, D.S. 2005. Permeabilities of Korean Earthenware Containers and their Potential for Packaging Fresh Produce. *Food Sci. Biotechnol.* 14(1): 82-88.
14. Seo, G.H., Yun, J.H., Chung, S.K., Park, W.P. and Lee, D.S. 2006. Physical Properties of Korean Earthenware Containers Affected by Soy Sauce Fermentation Use. *Food Sci. Biotechnol.* 15(2): 168-172.
15. Yun, J.H., An, D.S., Lee, K.E., Jun, B.S. and Lee, D.S. 2006. Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce Using Microporous Earthenware Material. *Packag. Technol. Sci.* 19(5): 269-278.