



방습포장설계의 기초지식

이재영 / 크라운제과 제품기획부 포장개발과 과장
포장기술사

식품포장에는 여러가지의 영역이 있으나 모두 식품보존 및 저장의 역사와 함께 포장은 발전되어 왔으며 장래 예견되는 식량전쟁을 생각해 볼 때 포장의, 특히 식품포장의 발전은 인류의 생존과도 밀접한 관련이 있을 수밖에 없기에 대단히 중요한 기술영역임은 두말할 나위가 없을 것이다.

특히 식품의 보존기술 중의 중요한 부분인 건조기술과 더불어 건조된 제품을 장기저장하는 포장기술은 포장기술상의 큰 맥을 형성하고 있기에 투습에 관한 몇가지 내용을 소개하고자 한다.

1. 차단성(BARRIER)의 기본 개념

- 1) 차단성(BARRIER): 내용물로부터 밖으로 또는 밖에서부터 내용물 안으로의 전이(TRANSFER)를 막는 성질
- 2) 고차단성(HIGH BARRIER) : 일반적으로 $1g/100inch^2 \cdot 24hrs(40^{\circ}C, 90\%RH)$ 이하의 투습도를 갖는 차단성을 말한다.
- 3) 차단시스템(BARRIER SYSTEM) : 상기한 차단을 목적으로 여러가지 포장재료를 이용하여 적절하게 밀봉하는 모든 방법.
- 4) 무한차단(INFINITE BARRIER) :

100%의 차단을 말함

5) 유한차단(FINITE BARRIER) : 실제로 100% 차단이 되지 않는 경우로 대부분의 포장은 이에 해당된다고 할 수 있다.

2. 차단의 정도를 나타내는 단위

- 1) 투습도(Transmission rate) : $g/m^2 \cdot 24hrs$ 로 표현되며 포장재의 임의두께, 수증기의 임의의 분압차에 대한 단위면적, 단위 시간당의 투과량을 말한다.
- 2) 투습율(Permeability) : $g/m^2 \cdot 24hrs \cdot mmHg$ 로 표현되며 임의의 두께의 포장내외에 걸리는 대상기체의 단위분압차를 기준으로 한 투습량으로 투습도를 실제측정시의 분압차로 나눈 값으로 말할 수 있다.
- 3) 투습계수(Permeance) : $g \cdot mm/m^2 \cdot 24hrs \cdot mmHg$ 로 표현되며 포장재의 단위두께, 수증기의 단위분압차에 해당되는 투과도를 말한다.
일반적으로 습기투과율의 경우 투습도 측정시의 온도에 대한 포화 수증기압($40^{\circ}C$ 일때 $55mmHg$)으로 투습도를 나누면 거의 정확한 값을 산출할 수 있으며 투습계수의 경우도 습기투과율을 포장지두께로 환산하면 구할 수 있다.



[표 1] 각 온도습도 조건의 재료별 투습계수

필름	두께(mm)	P × 10exp ³ (g · cm/cd. sec. cmHg)			Pb/Pa	Pc/Pa
		a	b	c		
		40°C, 90%RH	40°C, 65%RH	25°C, 90%RH		
LDPE	0,029	1,11	1,03	0,64	0,93	0,58
HDPE	0,019	0,83	0,77	0,51	0,93	0,62
CPP	0,03	0,7	0,68	0,37	0,97	0,53
PET	0,033	1,32	1,09	0,86	0,83	0,65
PVC	0,048	6,81	6,17	4,55	0,91	0,67
PVDC	0,03	0,17	0,15	0,08	0,88	0,53

3. 투습계수의 온습도의존성

플라스틱 필름의 경우 투습도 모세관의 가공 및 간격에 의해 일어나는 모세공 투과현상(CAPILLARY FLOW)이고 이때의 투습계수(P)는 표현될 수 있다. 즉 플라스틱 필름의 경우 확산과 용해현상이 골고루 투습계수에 영향을 주며 이는 온도 및 습도에 의해 크게 영향을 받는다.

$$P = D \cdot S \quad (D : \text{확산계수}, S : \text{용해계수})$$

1) 온도의존성

온도가 상승하면 고분자구조가 이완하면서 그 결정화도 및 배향의 정도에 따라 가르기는 하나 확산 및 용해현상이 활발해져 투습계수는 증가한다. 특히 PE, PP, PET 등의 소수성 고분자의 경우 일반적인 대기상태일 경우 습도보다는 온도의존성이 강한데 [표 1]과 같은 결과로 나타났다.

2) 습도의존성

습도가 상승하면 수증기가 고분자의 관능기와 함께 용해 현상이 활발해지는데 필름내부의 수분농도의 차에 의해 습기는 수분농도가 낮은 쪽으로 전이가 활발히 이루어진다. 특히 PVOH, EVOH, NYLON 등 친수성이 비교적 강한 필름의 경우에 그 정도는 강하므로 온도 뿐만 아니라 습도에 의한 영향이 크다.

[표 2] PE 및 PVOH의 투습의 투습계수, 확산계수, 용해계수

필름	P × 10exp ³ (mol. cm/cd. sec. cmHg)		S × 10exp ⁴ (mol/cd cmHg)		D × 10exp ⁸ (cd/min)	
	40%	60%	40%	60%	40%	60%
습도						
PE	2,9	2,9	0,04	0,04	4,08	4,08
PVOH	2,0	60,0	39,0	48,0	0,003	0,06

플라스틱 필름이 소수성이냐 친수성이냐에 따라 온도 및 습도 각각의 영향의 정도가 다르고 확산계수 및 용해계수는 [표 2]와 같다.

4. 건조식품의 SHELF-LIFE추정식의 적용

1) 추정식

To : 0도(C)에서의 보관시

$$T_o = \frac{W \cdot \ln(Me - M_i / Me - M_c)}{100 \cdot A \cdot P \cdot p_o \cdot a}$$

SHELF-LIFE(DAYS)

W : 내용물 건조중량(g)

Me : 보관조건의 내용물 평형수분함량(%)

Mi : 보관조건의 내용물 초기수분함량(%)

Mc : 보관조건의 내용물 인계수분함량(%)

A : 포장재의 투습면적(m²)

P : 포장재의 보관조건에서의 투습율

(g/m². day. mmHg)

p_o : 보관온도(C)의 포화수증기압(mmHg)

a : 등온흡습곡선의 기울기
(직선화하여 구함)

2) 추정식의 문제점

위식을 이용하여 식품의 SHELF-LIFE를 예측할 경우 몇가지 고려해야 할 점이 있는데 다음과 같다.

(1) 건조식품의 등온흡습곡선의 경우 실제로는 일반적으로 역S자모양을 그리는데 전형적인 곡선은 (그림 1)과 같고, 평형수분 함량이 12% 이하인 경우는 오차가 작으나 12%를 초과하는 경우는 오차가 대단히 커지므로 오차를 최소화 할 수 있는 범위를 나누어 직선화하고 그 기울기(a)를 취하는 것이 바람직하다.

(2) 실제의 보관에 있어서는 온습도가 항상 유동적으로 변화하고 있으며 그에 따른 투습율도 변화하는데 위 공식에서는 일정한 투습율을 적용하고 있으나 이에 따른 보관기관별 오차가 발생하기 때문에 별도로 계절적 요인을 잘 검토하여야 한다.

(3) 투습율을 투습도로부터 산출하여 적용할 수 경우 포화수증기압을 이용하는에 실제로는 서서히 투습이 진행하면서 수증기 분압차는 적으나 감소하므로 산출된 투습율은 약간 큰 치

수가 된다. 뿐만 아니라 실제 포장작업실의 습도가 0%RH가 될 수 없으므로 포장내부 공기는 상당한 습기를 가지게 되는데 이를 고려하지 않고 있으므로 주의하여야 한다.

(4) 포장내부와 외부의 분압차가 같은 숫자라 하더라도 내부의 상대습도가 0%에 가까울수록 투습율은 작게 되는데 분압차만으로 투습율을 산출하는 것은 큰 오차를 가져올 수 있으므로 주의하여야 한다. 즉 포장내외의 습도가 0%/50%의 경우는 40%/90%의 경우보다 훨씬 투습이 느리다.

(5) 위 식에서는 내용물의 흡습특성에 대한 정보로서 등온흡습곡선과 평형 및 임계수분함량만을 기준으로 하고 있으므로 내용물의 흡습속도의 차이는 고려되지 않고 있으므로 주의하여야 한다.

5. 정확한 SHELF-LIFE 측정방법

위와 같은 문제점을 충분히 고려하여 정확히 SHELF-LIFE를 산출한다는 것은 대단히 어렵고 실제로 부정확한 측면이 많다. 아울러 어떤 방법에 의하여 추정한다 해도 그 오차를 올바르게 해석하려 한다는 것은 무척 어렵다. 가장 바람직한 방법은 계산식만으로 추정하는 방법과 함께 반드시 실제 시험을 거치는 일이며 시험계획상의 세심한 배려가 필요하다고 하겠다.

건조식품의 SHELF-LIFE를 결정짓는 요인(QUALITY INDEX)중 수분함량이 가장 중요한 것이긴 하지만 때로는 지방의 산패 등 다른 요인이 더욱더 심각한 경우도 있으므로 여러가지 요인을 대상으로 시험을 진행해야 정확한 결과를 얻을 수 있음을 잊어서는 안될 것이다. [K]

