

## 플라스틱 필름 포장 김의 품질 변화 simulation과 shelf-life 예측

고하영·박형우·강통삼·권용주\*

농수산물유통공사 종합식품연구원, \*전북대학교 식품가공학과

### Simulation of Quality Changes and Prediction of Shelf-life in Dried Laver Packaged with Plastic Films.

Ha-Young Koh, Hyung-Woo Park, Tong-Sam Kang and Yong-Ju Kwon\*

Food Research Institute/AFMC \*Chonbuk National University

#### Abstract

In order to develop a rapid predicting method of the shelf-life of moisture sensitive foods and establish their proper packaging methods, the quality changes and shelf-life of dried laver as a model food were studied by the computer simulation. A mathematical model of the relationship between the rate constants of chlorophyll a and water activity was established at 10°C, 25°C and 40°C. Computer simulation to predict water activity and chlorophyll a was developed by considering the simultaneous influence of storage conditions such as water content of products, storage temperature and relative humidity, packaging materials. Simulated quality changes of dried laver was in good agreement with the experiment data. Chlorophyll a and sensory score decreased as the water activity increased. And correlation coefficient between the sensory scores and the contents of chlorophyll a was very high as 0.991. The critical water activity by sensory evaluation was around 0.55. The shelf-life of dried laver packaged with plastic films could be predicted from the above results in various storage conditions.

#### 서 론

건조 김은 저장중 공기와의 접촉에 의한 수분 흡수 및 산화 반응 등에 의해 변색이나 異臭味 등을 나타내게 되어 품질이 저하되는 식품이다.

저장 중 품질 변화는 chlorophyll 및 carotenoid와 같은 색소 물질과(1-9) 비타민C, (10-11) 유기산(12), 당류(13) 등의 변질에 의해 일어나는데, 이러한 요인들 중 품질 변화에 가장 관련이 있는 것은 김의 수분 함량 증가에 따른 chlorophyll의 파괴로 나타났다.

이 등(4,7) 木繁 등(3,5) 및 Hirata 등(8)에 의하면 chlorophyll 색소 안정화에 필요한 수분활성도는 0.11~0.22로 매우 낮아 저장중 수분 흡수를 막아 오래 동안 저장할 수 있는 포장 방법이 필요하다고 하였다.

적정 포장재의 선정은 저장온·습도, 식품의 수분흡수특성 및 포장재의 수증기 투과성에 따라 변화하는 shelf-life를 고려하여 이루어져야 한다.

이에 관련하여 Oswin(14,15)은 일정한 저장온·습도 조건하에서 포장된 식품으로 투과되는 수분량을 예측할 수 있는 식을 최초로 개발하였다. Heiss(16)는 이 식을 응용하여 식품의 등온흡습곡선, 포장재의 투습도를 연

관시켜 shelf-life를 예측한 바 있다.

Mizrahi 등(17)은 최초로 컴퓨터를 이용하여 수분흡수에 따른 동결건조 배추의 갈변 변화를 예측할 수 있는 수학적 모델을 제시하였다. 또, Mizrahi 등(18,19)은 식품 변질에 대한 반응차식을 알면 미리 반응 속도를 알지 않아도 식품의 품질 변화를 예측할 수 있는 방법을 개발하였다. Peppas 등(20)은 식품의 등온흡습곡선 식과 포장재의 투습도로부터 간단한 투습·흡습상수를 얻어 식품의 최대저장가능기간과 최적 포장재를 선정할 수 있는 식을 유도한 바 있다.

그 외에도 Quast 등(21), Karel 등(22,23), Labuza 등(24), Purwadaria 등(25) 및 Hirata 등(8)이 식품 저장중 수분흡수에 따른 비타민 파괴, 갈변, 색소 파괴 등에 대해 연구한 바 있다.

본 연구에서는 포장재 및 저장 온·습도 조건별 건조 김의 수분활성도 및 품질 변화를 Mizrahi(17-19) 및 Peppas(20)방법에 의해 시뮬레이션하고 이들 변화를 관능검사와 상관분석후 shelf-life를 예측하였다.

#### 재료 및 방법

재료

1985년 3월에 충남 고창에서 수확후 일광 건조된 김을 구입하여 55°C 열풍으로 최종 수분 약 4% 될 때까지 건조하여 공시 재료로 하였다.

등온흡습곡선 측정<sup>(26-28)</sup> 및 적합도 분석<sup>(20,29,30)</sup>

건조 김 약 1g을 플라스틱 접시에 담아 LiCl, CH<sub>3</sub>COOK, MgCl<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, NaBr, CuCl<sub>2</sub> 및 NaCl로 포화된 데시케이터에 놓고 무게 변화를 달아 무게 增量으로부터 평형수분함량을 계산하였다. 등온흡습곡선은 직선부분 수분활성도에서 적합도가 높은 Linear식과 넓은 범위의 수분활성도에서 적합도가 높은 Halsey식으로 수식화한 후 회귀분석에 의해 식의 적합도를 분석하였다.

사용한 식은 다음과 같았다.

Linear식 ;  $m = A_1 \cdot a_w + A_2$  .....(1)

Halsey식 ;  $a_w = \exp[-B(2)/m^{B(1)}]$  .....(2)

단, m은 평형수분 함량, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B<sup>(1)</sup> 및 B<sup>(2)</sup>는 상수임.

포장재의 투습도

시험에 사용한 포장재는 H<sub>2</sub>O barrier성은 좋으나 O<sub>2</sub> barrier 성이 나쁜 low density polyethylene(LDPE)과 polypropylene(PP), 이와 반대로 H<sub>2</sub>O barrier 성은 나쁘나 O<sub>2</sub> barrier 성이 좋은 nylon(PA)과 polyester(PET)와 이들을 적층한 PE/PP lamination재, PE/PP coextrusion 재, PE/PA, PE/PET 및 OPP/ CPP(oriented polypropylene-casted polypropylene)을 사용하였다.

이들 포장재의 투습도는 투습컵을 이용하는 KS A 1013방법<sup>(31)</sup>과 간이방법으로 측정하였다.

KS A 1013방법은 8~30메쉬의 무수염화칼슘을 투습컵에 넣고 측정용 필름을 얹은 다음 왁스와 파라핀 용액으로 밀봉한 후 무게를 달고 항온항습실에 24시간 방치후 무게를 측정, 그 무게차에 의해 투습도를 계산하였다. 항온항습실은 온도 40°C를 일정하게 유지하기 위하여 incubator를 사용하였으며, 습도 유지를 위해서는 데시케이터 속에 KNO<sub>3</sub> 포화액을 넣어 습도가 90%RH를 유지하도록하였다. 풍량은 D.C. 5A. 모터 2개를 사용하여 약 0.5m/sec풍속을 유지하도록하였다. 투습도 측정회수는 실험데이터의 오차를 줄이기 위해 3-6회의 실험을 하여 평균치로 나타냈다.

간이 방법은 크기가 12×12cm인 포장재 속에 무수 CaCl<sub>2</sub>를 넣고 밀봉한 후 75%RH에서 저장하면서 일정기간 동안 흡습되는 수분량으로부터 투습도를 계산하였다.

포장재의 투습도는 Henry의 법칙과 Fick의 확산제1 법칙에 근거한 것으로 다음 식(3)과 같이 표시된다.<sup>(32)</sup>

$dw/dt = [k/x] \cdot A \cdot [p_1 - p_2]$  .....(3)

여기서, dw/dt는 단위시간당 투과수분량(g/day)이고, K는 필름투과도(g-mm/m<sup>2</sup>/day/mmHg)이고, X는 필름두께(mm)이고, A는 포장재 면적(m<sup>2</sup>)이다.

이때 k/x는 필름투과도로 보통 일정 면적의 포장재 내의 수증기압력 p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>를 일정하게하고 시간에 대한 수분변화를 측정하여 얻은 결과로서 dw/dt값을 포장면적(A)으로 나눈 값으로 단위는 g/m<sup>2</sup>/day로 표시된다. 그러나, 여기에서는 식품이 흡습함에 따라 투습도가 감소함으로 p<sub>1</sub>과 p<sub>2</sub>의 수증기 압차를 고려하여 40°C, 90% RH 및 75% RH의 수증기압으로 나눈 값으로 표시하여 단위는 g/m<sup>2</sup>/day/mmHg로 표시하였다.

포장재내 건조 김 수분활성도 예측

포장재내 건조 김 수분활성도 변화는 등온흡습곡선 식 (1), (2)와 포장재 투습식(3)으로부터 얻을 수 있다.

즉, 식(1)의 Linear식과 식(3)의 적분식을 이용하여 다음과 같은 수분활성도 예측식을 얻을 수 있다.

즉,  $\ln \frac{m_e - m_i}{m_e - m_f} = \frac{k/x \cdot A \cdot t}{A_1 \cdot m_s} = p't$  .....(4)

여기서 p'는 포장재와 식품의 특성 변수로서 다음과 같이 정의할 수 있다.

$p' = \frac{k/x \cdot A}{m_s} \cdot \frac{1}{A_1}$  .....(5)

단, m<sub>e</sub>는 식품이 외부 환경에 노출되어 저장될때의 평형수분 함량, m<sub>i</sub>는 식품의 초기 평형수분 함량 m<sub>f</sub>는 일정시간 t때의 평형수분 함량, m<sub>s</sub>는 포장식품 고형량(g), 식(2)의 Halsey식과 식(3)의 포장재 투습식으로부터 다음과 같은 수분활성도 예측식을 얻을 수 있다.

$a' \frac{1}{a_w} \left( -\frac{1}{\ln a_w} \right) \frac{1+B(1)}{B(1)} \left( \frac{1}{a^e - a_w} \right) da_w = p'' \cdot t$  .....(6)

여기서 투과·흡습상수 p''는 다음과 같다.

$p'' = \frac{k/x \cdot A}{m_s} \cdot \frac{B(1)}{B(2)^{1/B(1)}}$  .....(7)

단, a'<sup>e</sup>는 포장식품의 초기 수분활성도, a'<sup>e</sup>는 일정시간 t에서서의 수분활성도, a<sup>e</sup>의 저장고내에 식품이 노출되었을 때의 수분활성도.

chlorophyll 변화의 simulation

건조 김 품질 변화 지표 물질인 chlorophyll a의 함량을 저장온도 및 수분활성도 조건별로 Hirata 등의

방법<sup>(8)</sup>에 의해 측정하여 다음과 같은 1차 반응식으로 표시하였다.

$$dC/dt = -kC \dots\dots\dots(8)$$

단, C는 chlorophyll a의 농도, t는 시간, k는 일차 반응상수임.

건조 김 색소 파괴에 영향을 미치는 요인은 수분과 산소로 볼 수 있으나 산소 농도는 제한 요소가 아니기 때문에 k를 수분량에 대해 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$k = a \cdot m + b \dots\dots\dots(9)$$

단, m은 김의 수분함량, a와 b는 상수임.

위의 식(9)에서 보는 바와 같이 chlorophyll a의 반응 상수는 일정온도에서 평형수분 함량에 직선적으로 변화한다. 그래서 식(4) 및 (5)와 식(8) 및 (9)를 이용 포장재내 수분활성도 변화에 따른 chlorophyll a의 변화를 simulation 할 수 있었다.

관능 검사

건조 김 색택에 대한 기호도 평가는 남녀 25명의 관능검사 요인을 대상으로 가장좋다를 5점으로하고 보통이다를 3점으로하는 한편, 1점을 가장나쁘다고 하는 5단계 관능검사로 평정하도록하였다. 평가는 이들 결과를 종합, 통계 처리하여 유의성을 검정하였다. 관능검사 결과와 화학적 chlorophyll a의 측정치와의 40°C 저장 1주일후의 감소 관계를 상관 분석하여 기호도와

chlorophyll 측정치와의 관계를 상관계수 R값으로 나타냈다.

shelf-life 예측

건조 김 저장 한계 수분활성도는 관능요인이 2.5점(보통이다와 약간나쁘다의 중간점수)으로 평가한 시점으로 하였다. 이 시점까지 수분활성도가 도달하는 시간은 건조 김의 shelf-life로 하여 수분활성도 예측식별 및 저장 조건별로 shelf-life를 비교하였다.

수치 계산<sup>(30)</sup>

등온흡습곡선식, 포장재내 수분활성도 예측식 및 chlorophyll a 변화의 simulation 등 모든 수식의 해는 BASIC 언어에 의해 program된 AppleII 컴퓨터를 이용하여 계산하였다.

결과 및 고찰

등온흡습곡선식의 적합도

저장·온도에 따른 건조 김의 등온흡습곡선식을 Linear식 및 Halsey식에 의해 적합도를 분석한 결과는 Tab. 1 및 Tab. 2와 같았다.

Tab. 1은 수분활성도 0.75까지의 등온흡습식을 직선식과 Halsey식에 의해 계산한 결과로서 직선식의 상관계수는 0.96~0.97이었고, 표준오차는 2.19~2.44인데

Table 1. Adsorption data for dried laver at various temperature

Temperature (°C)	Linear				Halsey			
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	R*	SE**	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	R*	SE**
0	48.10	-3.13	0.9742	2.1903	1.01	12.24	0.9998	0.0042
10	41.91	-2.54	0.9739	2.2627	0.92	10.19	0.9711	0.0393
25	42.48	-2.60	0.9711	2.4426	0.99	10.05	0.9946	0.0329
40	38.88	-2.93	0.9648	2.3364	1.08	8.77	0.9915	0.0412

\*R : Correlation coefficient \*\*SE: Standard error

Table 2. Adsorption data for dried laver by the linear equation at various temperature

Storage temperature (°C)	Range of a <sub>w</sub>	Adsorption constants			
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	R*	SE**
0	0.17-0.55	36.70	0.03	0.9934	0.6622
10	0.14-0.54	29.25	0.81	0.9999	0.0200
25	0.11-0.52	30.61	0.51	0.9953	0.4997
40	0.11-0.57	30.67	0.67	0.9902	0.7437

\*R : Correlation coefficient \*\*SE: Standard error

비해 Halsey식은 상관계수 0.97이상, 표준오차 0.04이하로 높았다.

Tab. 2는 직선식의 적합도를 높여 수분활성 및 품질 변화 예측식에 이용하기 위해 등온흡습곡선의 직선 부분에 가까운 0.57이하로 수분활성도 적용 범위를 낮춰 적합도를 분석한 결과이다. 여기에서 보면 이 범위에서 직선식의 상관계수가 0.99 이상되었고 표준오차도 0.02~0.7 범위로 낮아져 식의 적합도가 크게 높아짐을 알 수 있었다.

#### 포장재의 투습도

보통 투습도 측정 방법으로 투습컵을 이용하여 일정 면적의 포장재에 대한 일정 습도(90% RH) 및 일정 온도(37.8°C, 혹은 40°C)에서 측정하는 것으로 이는 실제 식품을 포장하여 저장할 때 일어나는 투습량에 비해 상당히 많은 투습량일 수도 있다. 그래서 본 연구에서는 투습도를 투습컵 법과 일정 면적 포장재에 흡습제를 넣고 실제 저장 습도 및 조건에 가까운 75% 상대습도에서 투습도를 측정간이 방법과 비교하여 Tab. 3에 나타냈다.

투습도가 적은 포장재는 투습컵 법과 간이 측정법과의 차이가 거의 없었으나 투습도가 큰 포장재는 투습컵법에서 간이 방법에서 보다 2배 정도 큰 투습도를 나타냈다. 이는 간이 방법이 저장기간 동안 제품의 수분 흡수에 의해 흡습력이 떨어지기 때문이다. 그래서 실제 포장시 식품의 흡습력 및 저장 기간 등을 고려하

면 투습컵법은 실제 포장에 요구되는 포장재 투습도보다 2배 이상의 수분 보호성을 갖는 재료를 선택하게 할 수도 있다. 이는 기업적 측면에서 볼 때 포장재에 더 많은 투자를 하게 되므로 비경제적이다.

그러므로 제품 포장후 저장하는 방법과 비슷한 조건인 간이 측정 방법에 의해 적정 포장재를 선정하는 것이 더 바람직할 것으로 사료되었다.

#### 포장재내 건조 김 수분활성도 변화

김의 품질 변화는 수분함량 변화에 매우 민감하므로 포장재 내 수분활성도 변화를 예측하여 shelf-life 설정 자료로 하는 것은 매우 중요하다. 그래서 저장 온·습도 조건별 포장재내 김의 수분활성도 변화를 직선식으로 예측한 결과는 Fig. 1 및 Fig. 2와 같았다.

Fig. 1의 온도별 수분활성도 변화를 보면 초기 수분활성도 0.16에서 0.50까지 되는데 20°C에서 28일이 소요된데 비해 40°C에서는 8일만에 도달하여 같은 습도 조건에서 온도 20°C 증가함에 따라 약 4배의 수분활성도 변화속도 차이를 보였다.

Fig. 2의 습도별 수분활성도 변화 속도를 보면 초기 0.16에서 0.48까지 되는데 걸리는 시간은 75%RH에서 14일, 65%RH에서 28일로 습도 10%차이에 의해 수분활성도 변화 속도는 2배 차이가 났다.

#### chlorophyll a 변화의 simulation

건조 김 품질 변화 지표 물질인 chlorophyll a의 평형

Table 3. Comparison in H<sub>2</sub>O permeability of plastic film measured by CUP and conventional methods

Plastic films	Thickness (μm)	H <sub>2</sub> O Permeability (g H <sub>2</sub> O/m <sup>2</sup> /day/mmHg)		
		CUP	conventional	CUP/conventional
PE	62	0.29	0.124	2.3
PE	85	0.24	0.106	2.3
PP	40	0.29	0.124	2.3
PP	65	0.20	0.094	2.2
PA	34	6.36	0.806	7.9
"	82	0.22	0.154	1.5
PET	28	0.74	0.282	2.6
"	90	0.20	0.122	1.6
PET/PE	15/65	0.17	0.124	1.5
PA/PE	15/60	0.19	0.142	1.4
OPP/CPP	20/30	0.082	0.082	1.0
PE/PP*	20/30	0.079	0.078	1.0
PE/PP**	50	0.058	0.057	1.0

\* Laminated

\*\* Coextruded

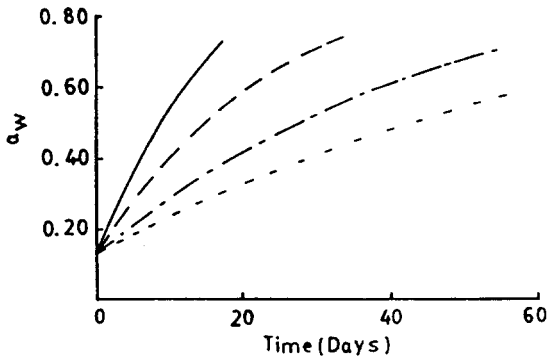


Fig. 1. Water activity changes in dried laver packaged with PE/PA film at 75% RH and various temperatures

—: 40°C    ---: 30°C  
 - · - ·: 20°C    ···: 10°C

수분함량별 저장기간 동안의 파괴 현황을 Fig. 3에 표시했다.

chlorophyll a의 파괴는 수분 함량이 낮은 단분자층 수분 함량 건물 기준 8%부근에서는 저장 기간이 지남에 따라 감소량이 적었으나 평형수분 함량이 높은 20% 부근에서는 초기 480mg%에서 저장 3일후 210mg%로 급격히 떨어지는 것을 볼 수 있었다.

건조 김 품질 변화를 시뮬레이션하고 예측하기 위해 저장 온도 10°C, 25°C 및 40°C에서 평형수분 함량별로 반응율을 계산하여 표시한 결과는 Fig. 4와 같았다.

수분 함량 증가에 따른 반응물의 변화는 대수함수적으로 감소하였으며, 이것의 파괴 속도 상수는 다음과 같이 직선 반응식으로 표시될 수 있었다.

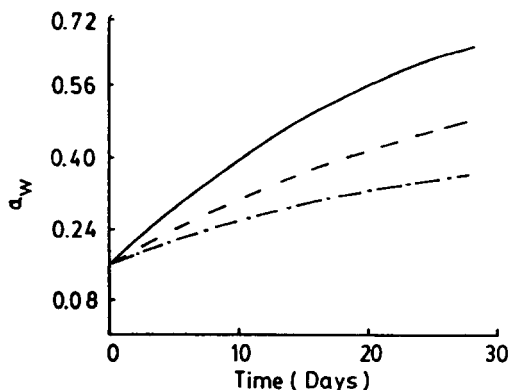


Fig. 2. Water activity changes in dried laver packaged with OPP/OPP film at 40°C and various relative humidities

—: 75% RH    ---: 65% RH    - · - ·: 55% RH

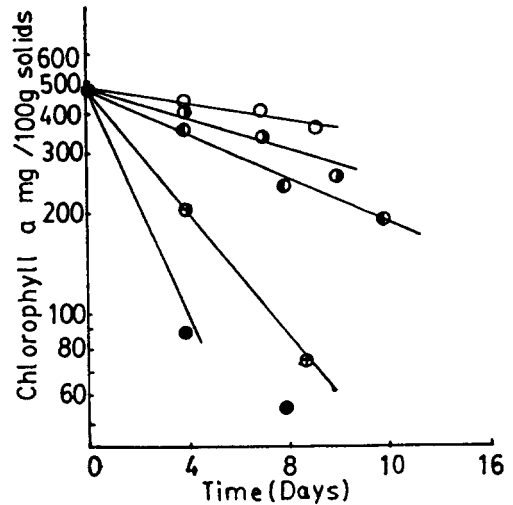


Fig. 3. Chlorophyll a destruction of dried laver as a function of storage time at 40°C and various water contents

○—○: 3.20 W.C.%    ●—●: 8.50  
 ⊙—⊙: 15.40    ⊕—⊕: 20.30  
 ●—●: 30.70

즉, 40°C에서의  $k=0.0069m-0.005$ ,  $R=0.995$

25°C에서의  $k=0.0030m-0.007$ ,  $R=0.990$

10°C에서의  $k=0.0020m+0.006$ ,  $R=0.991$

단, m은 건조김의 평형수분함량(d.b.%)

온·습도별 chlorophyll a의 파괴 속도와 직선식에 의한 수분활성도 예측식으로부터 포장재내 김의 chlorophyll a의 변화를 simulation한 결과는 Fig. 5와 같았다.

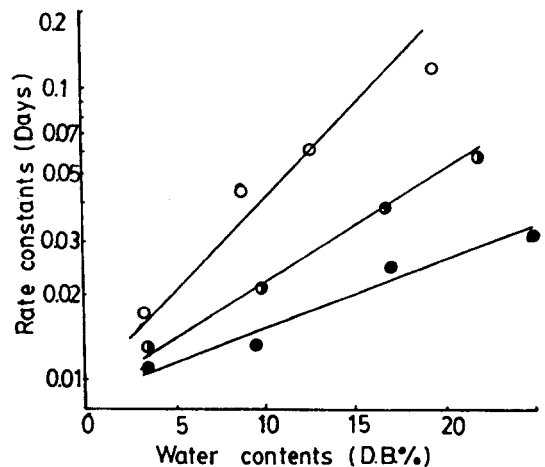
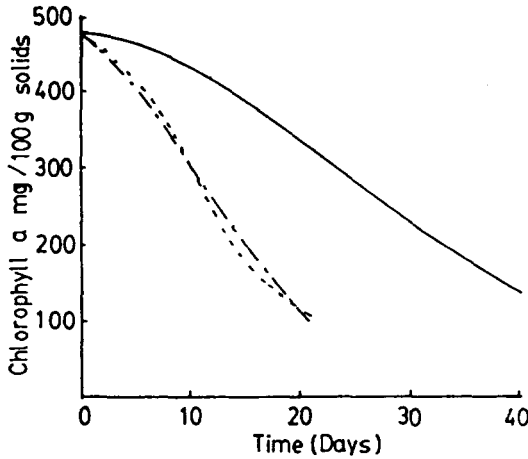


Fig. 4. Rate constants of chlorophyll a destruction as a function of water content at various temperatures

○—○: 40°C    ●—●: 25°C    ⊙—⊙: 10°C



**Fig. 5. Simulated and actual changes in chlorophyll a of dried laver in different plastic films (50 $\mu$ m) at 75% RH and 25 $^{\circ}$ C or 40 $^{\circ}$ C**

—: Simulated (PA/PE, 25 $^{\circ}$ C)  
 - - -: Simulated (OPP/CPP, 40 $^{\circ}$ C)  
 - · - ·: Actual (OPP/CPP, 40 $^{\circ}$ C)

40 $^{\circ}$ C에서 저장된 김의 chlorophyll a의 변화는 예측치와 실측치가 근접하고 있었음을 볼 수 있었다. 25 $^{\circ}$ C에서 저장된 김은 PA/PE 포장된 것으로 40 $^{\circ}$ C의 opp/cpp포장에 비해 흡습성이 큰 필름으로 포장되었지만 저장 온도가 낮아 chlorophyll a의 감소가 적음을 볼 수 있었다.

이상에서 보는 바와 같이 식품의 등온흡습곡선, 포장재의 투습도 및 식품 품질 지표 물질의 변질 특성을 알면 수식을 이용 포장재내 품질 변화를 저장 조건별로 추적할 수 있었다.

**수분활성도별 김의 기호도**

건조 김의 수분활성도별 선택에 대한 기호도 및 chlorophyll a의 변화를 40 $^{\circ}$ C에서 저장 1주일후 조사한 결과는 Tab. 4와 같았다.

수분활성도가 증가함에 따라 기호도가 감소하기 시작하여 수분활성도 0.57에서 기호도 2.3점으로 관능 한계치에 도달했다. 이 시점에서 chlorophyll a도 211 mg%로 수분활성도 0.11의 480mg%에 비해 거의 반으로 감소되었음을 볼 수 있었다. 기호도와 chlorophyll a와의 상관계수는 0.991로 chlorophyll a의 측정치는 기호도와 매우 밀접한 관계가 있음을 보여 주었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 건조 김의 저장 한계점은 수분활성도 0.55부근이었고, chlorophyll a는 초기치에 비해 약 반으로 된 220mg%정도인 것으로 나타났다.

**Table 4. Chlorophyll a and sensory scores of dried laver at various water activities**

Water activity	Chlorophyll a (mg %)	Sensory score
0.11	480	4.3 <sup>a</sup>
0.32	415	4.2 <sup>a</sup>
0.49	317	3.3 <sup>b</sup>
0.57	211	2.3 <sup>c</sup>
0.65	155	1.7 <sup>d</sup>
0.75	62	1.0 <sup>e</sup>

1. \*\* Medians followed by the same letter are not significantly different from each other. (P<0.05)
2. Correlation coefficient between chlorophyll a and sensory score was 0.991

**shelf-life 예측**

건조 김이 초기 수분활성도 0.16에서 저장 한계 수분활성도 0.55까지 도달하는 기간을 shelf-life로 하여 저장기간 동안 조사한 결과는 Tab. 5 및 Tab. 6와 같았다.

포장재별 shelf-life를 직선식과 Halsey식을 이용하여 예측한 Tab. 5의 결과를 보면 예측치가 실측치와 거의 일치함을 볼 수 있었다. 이는 김의 저장 한계 수분활성도가 0.55로 직선 부분에 있으므로 예측식으로 가장 간단한 직선식을 이용해서 김의 shelf-life를 예측해도 타당함을 보여 주었다.

그래서, 저장 온·습도별 포장 김의 shelf-life를 직선식에 의해 예측한 결과 Tab. 6과 같은 shelf-life를

**Table 5. Predicted and actual shelf-life of dried laver packaged with different plastic films at 40 $^{\circ}$ C and 75% RH storage condition**

Plastic films (50 $\mu$ m)	Shelf-life (Days)		
	Linear	Halsey	Actual
PE	14.8	14.5	14.3
PP	16.2	16.0	15.6
PA	5.4	5.3	-
PET	6.6	6.4	-
PE/PP*	20.8	20.3	19.8
PE/PP**	26.6	26.5	-
PE/PET	8.4	8.2	-
PE/PA	9.4	9.2	-
OPP/CPP	19.6	19.1	19.0

\* Laminated  
 \*\* Coextruded

**Table 6. Shelf-life of dried-laver at various storage temperatures and relative humidities**

Packaging Material	Temp (°C)	R.H. (%)	Shelf-life (Days)
PA/PE (50µm)	10	75	52
	20	75	33
	30	75	17
	40	75	9
OPP/OPP (50 µm)	40	75	20
	40	65	36
	40	55	57

보여 주었다. 즉, PA/PE 포장의 경우 shelf-life는 습도 75%RH에서 30°C가 17일, 40°C가 9일로 온도 10°C 차이에 따라 2배 정도의 shelf-life 차이를 보였다. opp/cpp 포장의 shelf-life는 40°C에서 75%RH가 20일, 65%RH가 36일로 10%RH차이에 의해 거의 2배에 가까운 shelf-life 차이를 보였다.

요 약

건조 식품의 적절한 포장 기법을 확립하고 포장된 제품의 품질 변화를 신속하게 예측할 수 있는 방법을 개발하고자 건조 김을 모델 식품으로 하여 저장 온·습도 조건 및 포장재별로 수분활성도 및 품질 지표 물질로서 chlorophyll a의 변화를 simulation하고 shelf-life를 예측하였다. 수분활성도와 chlorophyll a의 반응상수 사이의 수학적 변화 모델을 10°C, 25°C 및 40°C에서 설정하였다. 수분 함량, 저장 온·습도 및 포장재와 같은 저장 조건의 영향을 동시에 고려하여 제품의 수분활성도 및 품질 지표 물질인 chlorophyll a의 변화를 예측할 수 있는 컴퓨터 simulation 방법이 개발되었다. simulation에 의해 예측된 품질 변화는 실측치와 잘 일치하였다. 수분활성도가 증가함에 따라 기호도 및 chlorophyll a는 감소하였으며, 기호도와 chlorophyll a와의 상관관계도 매우 높아 상관계수는 0.991이었다. 관능 검사에 의해 측정된 저장 임계 수분활성도는 약 0.55이었다. 여러 저장 조건에서 플라스틱 필름 포장된 건조 김의 shelf-life를 예측할 수 있었다.

문 헌

1. Hirata, T., Ishitani, T. and Yamada, T. :*Bull.*

*Japan. Soc. Sci. Fish.*, **47**, 89(1981)

2. Hirata, T., Tanaka, Y. and Ishitani, T. : *J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol.*, **31**, 272(1984)

3. Araki, S., Ogawa, H., Oohusa, T., Ueno, J., Saito, M. : *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **48**, 647(1973)

4. 李康鎬, 崔浩然, 한국수산학회지 **6**(1.2), 27-36(1973)

5. Araki, S., Ma, J., Ogawa, H., Oobusa, T., and Kayama, M. : *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **51**(7) 1109-1114(1985)

6. Iwaki, M., Fukuda, N., Matsui, K., Noda, H., and Amano, H. : *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **49**(6), 933-938(1983)

7. 李康鎬, 한국수산학회지, **2**(2), 105-133(1969)

8. Hirata, T., and Ishitani, T. : *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **30**(4), 266-273(1985)

9. 김영동, 김동수, 신동화, 민병용 : 연구보고서, 농어촌개발공사, 종합식품연구원 181-201(1985)

10. 木繁, 小川廣男, 大房剛, 齊藤實, 上野順士, 鹿山光 : *日水誌*, **48**(5), 643-646(1982)

11. 小川廣男, 木繁, 大房剛, 鹿山光 : *日水誌*, **50**(2), 2085-2089(1984)

12. 박영호 : 한국식품과학회지, **5**(4), 231-234(1973)

13. 박영호 : 한국식품과학회지, **5**(4), 235-239(1973)

14. Oswin, C. R. : *J. Soc. Chem. Ind.*, **64**, 67(1945)

15. Oswin, C.R. : *J. SOC.L Chem. Ind.*, **64**, 419(1946)

16. Heiss, R. : *Mordern Packaging*, **31**(8), 119(1958)

17. Mizrahi, S., Labuza, T.P. and Karel, M. : *J. Fd. Sci.*, **35**, (1970)

18. Mizrahi, S. and Karel, M. : *J. Food Sci.*, **42**, 958(1977)

19. Mizrahi, S. and Karel, M. : *J. Food Sci.*, **42**, 1575(1977)

20. Peppas, N. A. and Khanna, R. : *Polymer, Eng. Sci.*, **20**(17), 1147-1156(1980)

21. Quast, D. G. and Karel, M. : *J. Food Sci.*, **37**, 679(1972)

22. Karel, M. : *Principles of Food Science. Part II. Physical Principles of Food Preservation.* Ed. O. R. Fennema, Marcel Dekker Pub., New York, p 339 (1975)

23. Karel, M. : *Computer-aided Techniques in Food Technology.* Ed. I. Saguy, Marcel Dekker Pub.,

- New York. p 113 (1983)
24. T.P. Labuza and R. Contreras-Medellin, *Cereal Foods World*, **26** (7), 335(1981)
25. H.K. Purwadaria, D.R. Heldman: and J.R. Kirk: *J. of Food Proc. Eng.*, **3**, 7(1979)
26. L.B. Lockland: *Anal. Chem.*, **32**, 1375(1960)
27. W.A. Wink and G.K. Sears: *TAPPI*, **33**, 96A (1950)
28. D.F. Houston: *Cereal. Chem.*, **29**, 71(1952)
29. H.A. Iglesias and J. Chirife: *Handbook of Food Isotherms*. AP. p 262-264(1982)
30. 김상진 : 수치계산프로그램 (BASIC), 서문문화사 (1985)
31. 한국공업표준협회 : 한국공업규격 KS A 1013(1978)
32. Paine, F. A. : *Fundamentals of Packaging*. Blackie & Son, Ltd., London, 1963  
(1987년 3월 3일 접수)