

통증 흡습이 일어나 김이 눅눅해지거나 변색 또는 이 미, 이취의 발생에 따라 품질이 급격히 저하되는데, 이러한 품질저하를 방지하기 위해서는 적정한 수분함량의 유지가 필수적이며 이를 위해 방습포장재를 사용하여 김의 풍미나 보존성 향상을 기하고 있다^{1,14-16}.

방습포장재로는 유리병이나 금속용기 또는 알루미늄박 등의 재질이 우수하나 실제 상업적으로 유통되는 조미김은 경제적인 이유로 이러한 재질의 사용이 불가능하여 수증기 투과성이 낮은 복합필름을 사용하고 있다. 또한 상업적으로 생산되는 조미김은 유통과정중 김의 수분흡습을 최대한 방지하기 위하여 김을 포장할 때 silica gel과 같은 흡습제를 동봉하는 방법을 사용하고 있다^{17,18}. 이러한 모든 노력은 저장중 수분흡습을 막아 제품의 품질을 유통기간 동안 최적상태로 유지하기 위한 것이다.

건조식품의 유통중 흡습에 의한 품질저하를 방지하기 위한 적정한 저장조건을 결정하기 위해서는 식품과 주위의 대기 사이의 수분이동현상 즉, 건조식품의 수분흡습특성을 규명하여야 하는데 이를 위해 등온흡습곡선이 흔히 활용된다^{12,13,19}.

김에 대한 등온흡습곡선은 여러 연구자들에 의해 조사된 바 있으나^{1,2,6,8,14,16-18} 그 결과가 서로 일치하지 않으며, 김과 함께 동봉하는 흡습제의 흡습특성이나 김의 흡습에 미치는 흡습제의 영향에 관한 연구는 극히 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 저장상대습도 및 온도가 조미김의 흡습에 미치는 영향을 조사하여 조미김의 이상적인 저장조건을 규명하기 위한 기초자료로서 조미김 및 흡습제의 흡습특성과 포장재의 투습특성을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

조미김은 목포시 소재의 S 제조업체에서 생산한 신선한 제품(수분함량 0.4%이하)을 시료로 사용하였다. 조미김 시료는 Fig. 1에 표시된 공정에 따라 제조하였는데, 이 공정은 상업적으로 생산되는 조미김의 제조에 일반적으로 널리 사용되고 있는 방법이다. 우선 원료김을 구운 후 김의 풍미를 높이기 위해 조미를 실시하는데, 이를 위해 구운김 74.97%, 대두유 14.67%, 참기름 0.04% 및 맛소금 10.34%의 배합비율을 사용하여 조미하였고 조미가 끝난 김은 전장을 8절로 절단하여 8매를 흡습제 (silica gel)와 함께 PS (polystyrene) tray (100×50

×15mm)에 넣은 후 OPP(20μ)/SSF(30μ)로 구성된 복합 필름을 사용하여 3면 접착포장(131×78mm)을 하여 이를 10개 단위로 PP(polypropylene)포장하였다.

흡습제의 흡습특성을 조사하기 위하여 silica gel과 zeolite계 흡습제 2종을 사용하였는데, silica gel은 김 포장시 동봉하는 일반 제품을 사용하였으며 zeolite계 흡습제는 zeolite에 CaCl₂를 coating한 것으로 포항 소재의 Y산업에서 개발한 제품을 구입하여 사용하였다.

일반 성분

김의 수분함량은 105°C에서 2시간 건조법을 사용하여 측정하였으며, 조단백, 회분, 조지방 등의 일반성분은 A.O.A.C.²⁰ 표준시험방법에 따라 정량하였다. 김의 색소함량은 이²¹의 방법에 의해 측정하였다.

수분활성도 측정

Rockland²²와 Labuza 등²³의 방법에 따라 7종의 염 (LiCl, KC₂H₃O₂, MgCl₂, K₂CO₃, Mg(NO₃)₂, NaCl, KCl)을 사용하여 포화염용액을 만들었다. 우선 각 염들을 100°C로 가열한 증류수에 녹인 후 vacuum desiccator

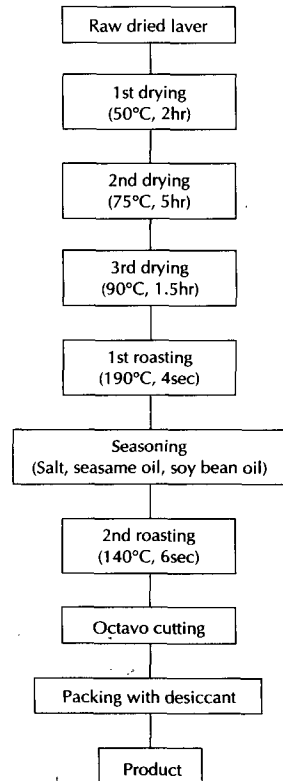


Fig. 1. Procedure for preparing seasoned laver.

에 넣고 각 실험온도(30, 40, 50°C)에서 방냉하면서 결정을 이루도록 하여 포화염용액을 제조하였다. Desiccator의 내부가 포화된 후에 수분활성도를 Humidity and Temperature Digital Indicator(Novasina: Humidat-IC II, Switzerland)를 사용하여 측정하였다.

등온흡습곡선

조미깃, silica gel 및 zeolite의 등온흡습곡선을 30, 40, 50°C에서 측정하였다. 수분함량이 약 0.4%인 선택한 조미깃 약 2g을 미리 무게를 측정해 둔 알루미늄 시료접시에 넣어 수분활성도가 0.11~0.85 사이로 조정된 포화염용액을 포함하는 desiccator에 넣어 일정한 온도로 미리 조절된 정온기에 넣은 후 주기적으로 시료의 무게를 측정하면서 수분 이동에 의한 시료 무게의 증감량을 조사하였다. 흡습에 의한 무게의 증가량을 경과시간에 대해 도시하면서 무게의 증가가 더 이상 관찰되지 않는 점을 평형점으로 보고 이때의 수분함량을 측정하여 평형수분함량을 결정하였으며, 평형수분함량을 수분활성도에 대해 도시하여 각 온도에서 등온흡습곡선을 작성하였다.

Silica gel과 zeolite의 경우는 우선 시료를 180°C에서 2시간 이상 가열하여 수분을 완전히 제거한 후 조미깃과 같은 방법으로 등온흡습곡선을 작성했다.

단분자층 수분함량의 결정

각 시료에 대한 단분자층 수분함량은 다음의 BET (Brunauer-Emmett-Teller)식²⁴⁾을 이용하여 결정하였다.

$$\frac{Aw}{M(1-Aw)} = \frac{1}{m_1 \cdot C} + \frac{(C-1)Aw}{m_1 \cdot C}$$

여기에서, Aw=수분활성도, % ERH/100
M=평형수분함량(%, dry basis)
C=상수
m₁=단분자층 수분함량(%, dry basis)

포장재의 투습도

조미깃의 포장재인 복합필름(OPP(20μ)/SSF(30μ))의 투습도 측정은 KS A 1013 방법²⁵⁾을 수정한 간이방법¹⁶⁾을 사용하였는데 실제로 조미깃을 포장하는 것과 같은 조건에서 측정하기 위하여 PS tray에 조미깃 대신에 8~30메쉬의 무수염화칼슘 약 30g을 넣고 조미깃의 포장시와 같은 방법으로 입구 부분을 접착하여 무게를 측정한 후 일정 습도 유지를 위해 Na₂HPO₄ 포화염용액으로 포화시킨 desiccator에 넣어 30, 40, 50°C로 유

지시킨 항온기에 방치하면서 일정기간동안 주기적으로 흡습되는 수분량을 측정하여 투습도를 계산하였다.

포장재 투습도는 Henry의 법칙과 Fick의 확산 제 1 법칙에 근거한 것으로 다음 식과 같이 표시된다¹⁶⁾.

$$dw/dt = [k/x] \times A \times [P_1 - P_2]$$

여기에서, dw/dt : 단위시간당 투과수분량(g/sec)

k : 투습율(g · cm/cm² · sec · cmHg)

x : 필름두께(cm)

A : 포장재 면적(cm²)

P₁-P₂ : 필름 양측의 수증기 분압차(cmHg)

일반적으로 포장재의 투습도는 보통 일정 면적의 포장재 내외의 수증기 압력 P₁, P₂를 일정하게 유지하고 시간에 대한 수분함량변화를 측정하여 얻은 결과로서 24시간동안 포장재 1m²를 통과하는 수증기의 중량(g)으로 나타내며 단위는 g/m²/day로 표시된다. 그러나, 여기에서는 식품이 흡습함에 따라 투습도가 감소하므로 P₁과 P₂의 수증기압차를 고려하여 각 온도에서 내·외 수증기압차로 나눈 값으로 포장재의 투습율 또는 투습계수를 표시하며 단위는 g · cm/cm² · sec · cmHg로 표시하였다.

결과 및 고찰

조미깃의 일반성분 및 색소함량 변화

김의 구이 및 조미공정에 따른 김의 성분변화를 조사하기 위하여 조미가공 전의 원료 건조김과 조미공정을 마친 조미 건조김의 일반성분 및 색소함량을 분석하여 Table 1에 나타내었다.

건조시료 100g당 수분함량은 원료 건조김이 10.49g, 조미김이 1.11g으로 나타났는데 이는 조미김의 제조과정 중 열처리에 의한 수분의 감소, 즉 건조현상에 기인한다. 단백질 및 탄수화물의 함량은 원료건조김이 건조시료 100g당 44.02g, 35.76g, 조미김이 41.45g, 35.11g으로 나타났다. Noda²⁶⁾에 의하면 김의 품질은 김의 성분 중 특히 단백질 및 탄수화물의 함량과 상관관계가 높다고 하였는데, 이에 의하면 조미김의 제조 중에는 품질의 저하가 거의 없는 것으로 생각된다. 조미김의 함량이 가공 전에는 건조시료 100g당 0.74g에서 가공 후에 10.08g으로 현저하게 증가한 것은 조미에 따른 식물유의 첨가때문이다. 김의 대표적인 색소성분인 chlorophyll과 carotenoids의 함량은 가공 전 시료 100g당 452.0mg, 194.2mg에서 가공후 231.

3mg, 91.2mg으로 현저하게 감소하였는데 이는 열처리
리에 의해 김의 색소가 급격히 감소되었다는 김 등¹⁾ 및
이²⁰⁾의 결과와 일치하였다. 이러한 결과로 볼 때 조미
김 제조시의 품질의 변화는 색소성분의 감소외에는 미
미한 것으로 생각된다.

포화염용액의 수분활성도

각 온도에서 측정된 포화염용액들의 수분활성도 값
을 Table 2에 나타냈다. 각 포화염용액들의 수분활성
도 값들은 온도가 올라갈수록 증가하였는데 이는
Rockland²²⁾나 Labuza 등²³⁾의 결과와 일치한다. 또한 각
포화염용액의 수분활성도 값과 온도와의 관계를 조사
하기 위해 Labuza 등²³⁾이 제시한 바에 따라 수분활성
도의 자연대수값 (ln Aw)을 절대온도의 역수 (1/T)에
대해 직선회귀분석을 실시하여 이들 사이에 직선관계
가 성립함을 알 수 있었으며, 그 결과를 Table 3에 나타
냈다.

또한 Table 3은 수분활성도에 대한 온도의 영향이
사용한 염의 종류에 따라 다른 것을 보여주는데 이는
Labuza 등²³⁾이 지적한 바와 같이 각 염마다 각기 다른
용해열을 갖기 때문이다.

조미김과 흡습제의 등온흡습곡선

조미김과 2종의 흡습제 (silica gel 및 zeolite계 흡습
제)에 대한 등온흡습곡선을 작성하기 위해 각 시료를
30°C, 40°C 및 50°C에 보관하면서 각 시료가 평형수
분함량을 갖는 점을 결정하였는데 조미김과 흡습제들
은 사용한 포화염용액의 종류 및 적용 온도에 따라 평
형수분함량에 도달하는 시간이 각기 달랐는데, 조미김
은 4~6시간, silica gel은 20~25시간, zeolite는 43~46시
간 만에 각각 평형수분함량에 달했다.

Labuza 등²³⁾은 150여개의 등온흡습곡선에 관해 보
고된 결과를 살펴보았을 때 대부분의 연구자들은 각
온도에서 실제로 측정된 포화염용액의 실제수분활성
도를 사용하기보다는 25°C에서 측정된 값을 사용하는
오류를 범하고 있음을 지적하였다. 따라서 본 연구에
서는 각 시료의 평형수분함량을 Table 2에 표시된 포
화염용액의 각 온도에서 측정된 실제수분활성도 값을
사용하여 등온흡습곡선을 작성하였으며, 그 결과는
Fig. 2에 나타낸 바와 같다. 이들 등온흡습곡선들은 전
형적인 sigmoid형의 곡선을 나타내었으며 온도가 낮
을수록 일정한 수분활성도에서 시료의 수분함량은 크
게 나타났는데 이는 일반적인 물리현상으로 동일 압력
하에서 동일 물질의 증기압은 온도가 올라갈수록 상승
한다는 사실로 설명할 수 있다. 즉 온도가 상승할수록
수분활성도가 증가하기 때문에 Fig. 2에 나타난 바와

Table 1. General composition of dried lavers

Composition(g/100g)	Raw dried laver	Seasoned dried laver
Moisture	10.49	1.11
Crude protein	44.02	41.45
Crude fat	0.74	10.08
Ash	8.99	12.25
Carbohydrates	35.76	35.11
Chlorophyll(mg/100g)	452.0	231.3
Carotenoids(mg/100g)	194.2	91.2

Table 3. ln Aw versus 1/T regression equations

Salt	Regression equation	r ²
LiCl	lnAw=472.03 × 1/T-3.7418	0.956
KC ₂ H ₃ O ₂	lnAw=328.22 × 1/T-2.5875	0.992
MgCl ₂	lnAw=196.96 × 1/T-1.7720	0.965
K ₂ CO ₃	lnAw=105.14 × 1/T-1.1882	0.960
Mg(NO ₃) ₂	lnAw=456.48 × 1/T-2.1846	0.978
NaCl	lnAw=190.87 × 1/T-0.9132	0.945
KCl	lnAw=278.23 × 1/T-1.1153	0.964

Table 2. Values of water activity of saturated salt solutions at different temperatures as compared to the literature values

Salt	Determined value				Rockland ²²⁾			Labuza et al. ²³⁾		
	25°C	30°C	40°C	50°C	25°C	30°C	40°C	25°C	30°C	45°C
LiCl	0.116	0.111	0.106	0.104	0.11	0.11	0.11	0.115	0.110	0.103
KC ₂ H ₃ O ₂	0.226	0.221	0.216	0.206	0.23	0.23	0.23	0.234	0.236	0.197
MgCl ₂	0.330	0.323	0.318	0.315	0.33	0.32	0.31	0.329	0.326	0.309
K ₂ CO ₃	0.433	0.430	0.428	0.422	0.43	0.42	0.40	0.443	0.437	0.429
Mg(NO ₃) ₂	0.520	0.495	0.489	0.464	0.52	0.52	0.51	0.536	0.521	0.496
NaCl	0.764	0.746	0.736	0.730	0.75	0.75	0.75	0.765	0.748	0.727
KCl	0.835	0.815	0.793	0.783	0.86	0.84	0.83	0.846	0.841	0.786
Na ₂ HPO ₄	-	0.950	0.922	0.904	0.97	0.96	0.91	-	-	-

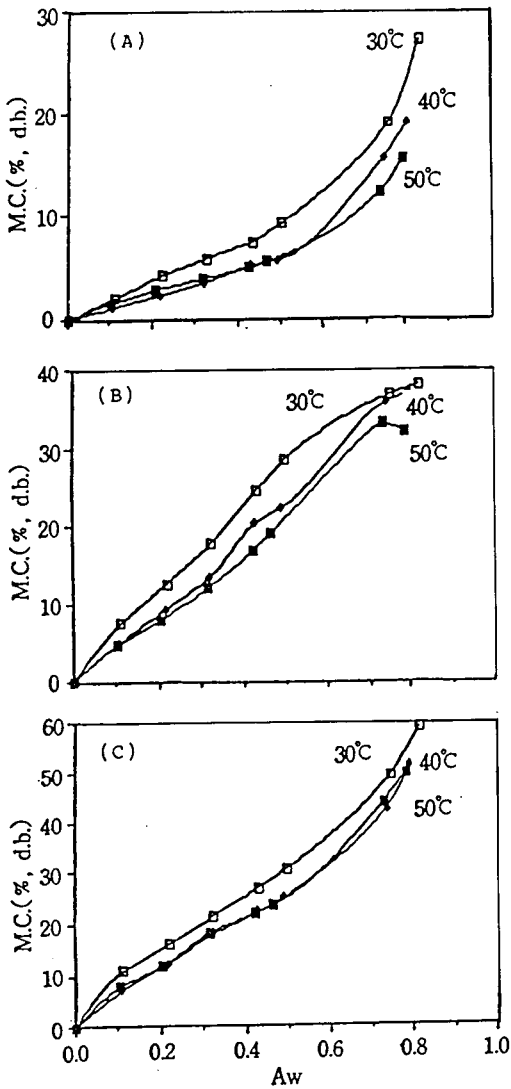


Fig. 2. Moisture sorption isotherms for (A)seasoned laver, (B)silica gel and (C)zeolite at different temperature.

같이 온도가 높을수록 등온흡습곡선은 낮은 쪽에 위치하게 된다. 이러한 현상은 많은 등온흡습곡선 연구에서 밝혀진 바 있다^{19,27-29}). 김을 사용하여 온도에 따른 등온흡습곡선에 대한 연구는 많지 않는데 Hirata 등⁸⁾은 건조김을 대상으로 20, 30, 40°C의 3개 온도에서 등온흡습곡선을 측정하여 본 연구와 같은 결과를 얻었으나 김 등¹⁾은 5, 15, 25°C에서 건조김의 등온흡습곡선을 측정하였으나 온도의 영향이 뒤바뀐 결과를 얻었는데 그 이유는 확실치 않으나 아마도 실험상의 오류인 듯 하다. 또한 조미김과 흡습제의 등온흡습곡선을 비교해 보면 동일 수분활성도에서 조미김보다는 흡습

제가 수분함량이 현저하게 높았는데 Hirata 와 Ishitani^{17,18)}도 유사한 결과를 얻은 바 있다.

이러한 사실은 흡습제를 조미김과 함께 동봉하였을 때 흡습제가 조미김에 비해 상대적으로 많은 양의 수분을 흡습하여 조미김의 수분조절에 기여할 것으로 기대된다.

단분자층 수분함량

조미김 및 두가지 흡습제에 대한 평형수분함량과 Aw 값을 활용하여 BET 식에 따라 도식한 결과 Fig. 3과 같은 직선을 얻을 수 있었으며 이들 직선식으로부터 단분자

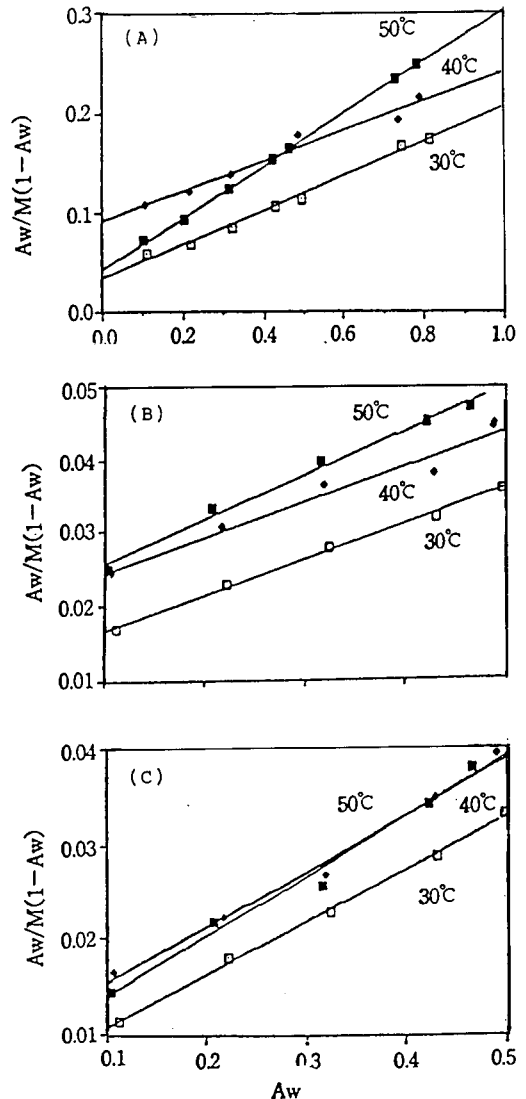


Fig. 3. BET isotherms for (A)seasoned laver, (B)silica gel and (C)zeolite at different temperature.

Table 4. Monomolecular layer moisture content of seasoned laver and desiccants calculated from BET equation

Temp.(°C)	Moisture content(% , d.b.)		
	Seasoned laver	Silica gel	Zeolite
30°C	5.26	17.32	16.87
40°C	4.46	15.24	14.92
50°C	3.49	12.87	14.33

층 수분함량을 계산한 결과를 Table 4에 표시하였다.

단분자층 수분함량은 전반적으로 실험온도 범위내에서 온도에 따라 큰 변화를 보였으며 이들 단분자층 수분함량을 표시하는 값에 대한 수분활성도 값을 등은 흡습곡선 (Fig. 2)에서 읽어보면 조미김이 0.28~0.37, silica gel이 0.33~0.37 그리고 zeolite가 0.24~0.27 사이에 있었다.

또한 Table 4에 의하면 흡습제들이 각 온도에서 조미 건조김보다 높은 단분자층 수분함량 값을 나타냈는데, 이 또한 흡습제를 조미김과 동봉하는 이유를 잘 설명하고 있다.

김의 단분자층 수분함량에 대해 보고된 바를 살펴보면 김 등¹⁾은 5, 15, 25°C에서 각각 7.4, 6.9, 6.4%를 얻었으며 Hirata 등²⁾은 20, 30, 40°C에서 각각 5.7, 5.6, 5.5%를 얻었다. 이와같이 단분자층 수분함량이 각기 다른 이유는 측정온도가 서로 다르고, 사용한 김의 품종이 서로 다르기 때문이라 생각되며, 또한 김의 전처리 조건에 따라서도 김의 수분흡습특성이 달라지는데 이와 최³⁾는 전처리를 하지않은 건조김의 단분자층 수분함량이 20°C에서 7.91%인데 반해 60°C 및 100°C에서 열처리한 경우는 각각 6.32, 9.06%라는 각기 다

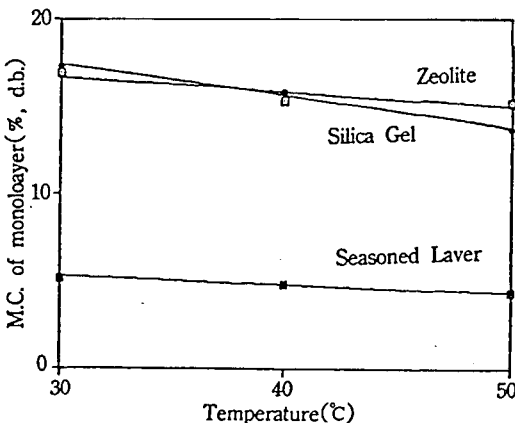


Fig. 4. Relationship between monomolecular layer moisture content of seasoned laver and desiccants with temperature.

른 값을 얻은 바 있다.

Table 4에 표시된 각 시료의 단분자층 수분함량과 온도사이의 관계를 회귀분석을 통해 조사해 본 결과 본 실험에 사용한 온도범위 내에서 단분자층 수분함량과 온도사이에 단순비례관계가 성립함을 발견하였는데 그 결과는 Fig. 4에 표시된 바와 같다.

포장재의 투습도

포장재에 조미김 대신 무수 CaCl₂를 충전하여 Na₂HPO₄ 포화용액으로 포화시킨 desiccator에 넣고 30, 40, 50°C의 온도에서 조미김 포장재의 투습도를 측정하였다. 포장재의 벽면을 통한 투습에 의해 CaCl₂가 충전된 조미김 포장재의 무게증가량을 경과시간에 대해 도시한 결과 Fig. 5과 같은 투습곡선을 얻었다. 그림에서 보는 바와 같이 각 온도에서 투습에 의하여 조미김 포장재의 무게는 측정범위 내에서 일정한 비율로 증가하였다. 즉, 일정한 조건에서 포장재의 벽면을 통한 투습속도는 일정함을 알 수 있는데, 이는 조미김의 저장기간이 길어 질수록 조미김의 투포재를 통한 투습량이 비례적으로 증가함을 의미한다.

각 투습곡선의 기울기와 포장재의 표면적 (0.131m × 0.078m × 2 = 0.020436m²)을 활용하여 투습도를 계산한 결과 30, 40, 50°C에서 각각 1.89, 4.16, 9.34g H₂O/m² · 24hr로 나타났다. 이는 온도가 증가할수록 투습도가 급격히 증가하는 것을 보이는데, 이러한 사실로부터 조미김의 저장온도가 낮을수록 조미김의 흡습에 의한 품질저하를 방지할 수 있음을 알 수 있다.

조미김 포장재에 대한 투습계수 k를 구하기 위하여 Table 2에 표시된 각 온도에서의 포화 Na₂HPO₄ 용액

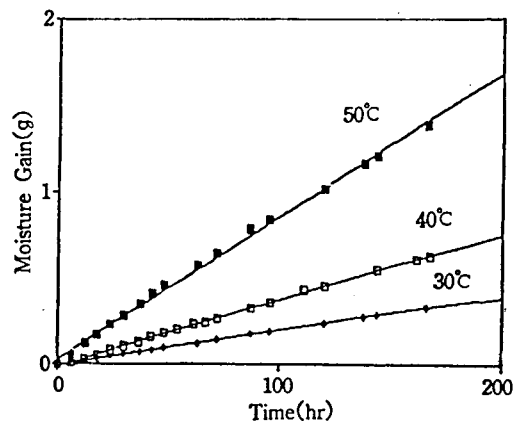


Fig. 5. Water vapor transmission rate of packaging film of seasoned laver at different temperature.

의 RH 값으로부터 증기압을 계산하여, 이 증기압 값과 위에서 구한 투습도 및 포장재의 두께 (50 μ) 값을 앞의 투습량 계산식에 대입하며 계산한 결과, 각 온도에서의 투습계수는 30, 40, 50°C에서 각각 8.68×10^{-10} , 1.13×10^{-9} , $1.55 \times 10^{-9} \text{ g} \cdot \text{cm/cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{cmHg}$ 이었다. Table 5에 조미김 포장재의 각 온도에서의 투습도와 투습계수를 표시하였다. 투습계수 역시 온도의 증가에 따라 급격한 증가를 나타냈다. 투습계수에 대한 온도의 영향을 조사하기 위하여 Arrhenius식 ($\ln k = \ln B - E_a/RT$)에 따라 투습계수의 대수값을 절대온도의 역수에 대해 도시한 결과 Fig. 6 과 같은 직선이 얻어졌는데, 이는 조미김 포장재의 흡습율이 온도에 따라 크게 영향 받음을 의미한다. Fig. 6의 직선식으로부터 조미김 포장재의 투습에 대한 활성화 에너지 (activation energy)는 23.58kJ/mol, 지수앞인자 (preexponential factor)는 $9.93 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{cm/cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{cmHg}$ 을 얻었다. 이들에 대한 물리적 의미는 분명치 않으나 이들 파라미터들은 Arrhenius식을 활용하여 일정한 저장온도에서의 포장재의 투습율을 예측하여 조미김의 저장수명을 결정하기 위한 기초 자료로 사용할 수 있다.

요 약

상업적으로 생산되는 조미김의 흡습특성을 조사하기 위하여 조미김과 2종의 흡습제 (silica gel, zeolite)의 등온흡습곡선을 30, 40, 50°C에서 포화염용액을 사용하여 측정하였다. 실험온도 및 상대습도 범위내에서 평형수분함량에 도달하는데 조미김은 4~6시간, silica gel은 20~25시간, zeolite는 43~46시간이 소요되었다. 조미김과 흡습제의 등온흡습곡선은 모두 전형적인 sigmoid형 곡선을 나타냈다. BET식을 활용하여 구한 단분자층 수분함량은 조미김이 각 온도 (30, 40, 50°C)에서 5.26, 4.46, 3.49% (d.b.)이었고, silica gel은 17.32, 15.24, 12.89% (d.b.), 그리고 zeolite가 16.87, 14.92, 14.33% (d.b.)로서 조미김에 비해 흡습제가 높은 범위의 단분자층 수분함량을 나타냈다. 또한 단분자층 수분함량은 온도가 증가함에 따라 실험온도 범위 내에서 직선적으로 감소함이 발견되었다. 포장재의 투습도 역시 온도의 영향을 받음을 알 수 있었는데, 조미김 포장재의 투습계수의 온도의존성은 Arrhenius식으로 표시할 수 있었다.

Table 5. Water vapor transmission rate (dw/dt) and coefficient of permeability (k) of packaging film of the seasoned laver

Temp(°C)	RH(%)	dw/dt g/m ² ·24hr	k g·cm/cm ² ·sec·cmHg
30°C	95.0~0%	1.89	8.68×10^{-10}
40°C	92.2~0%	4.18	1.13×10^{-9}
50°C	90.4~0%	9.34	1.55×10^{-9}

감사의 글

본 연구는 1992년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모 (지방대학육성)과제 학술연구조성비에 의하여 수행된 연구 결과의 일부이며, 연구비를 지원하여 준 한국학술진흥재단에 깊은 감사를 드립니다.

문 헌

1. 김영동, 김동수, 신동화, 민병용 : 김 제품의 품질향상을 위한 가공 및 포장방법 개선시험 연구 보고서. 농어촌개발공사, 종합식품연구원, p.181(1985)
2. 김영동, 김동수, 김영명, 신동화 : 건조김의 저장중 품질특성 변화. 한국식품과학회지, 19, 206(1987)
3. 이강호, 송승호, 정인학 : 김의 가공 및 저장 중의 품질변화, 1. 산지별, 등급별 품질평가 및 저장 중의 변화. 한국수산학회지, 20(5), 408(1987)
4. 이강호, 송승호, 정인학 : 김의 가공 및 저장 중의 품질변화, 2. 배소김의 가공 및 저장중의 품질안정성. 한국수산학회지, 20(6), 520(1987)
5. 이강호, 육지희, 정인학, 정우진 : 김의 가공 및 저장 중의 품질변화, 3. 배소 및 저장중의 색소, trypsin 저해물질 (TIS) 및 dietary fiber의 변화. 한국수산학회지, 23(4), 280(1990)
6. 이강호, 최호연 : 건 해태 저장시의 수분활성과 색소 분해 반응. 한국수산학회지, 6, 27(1973)

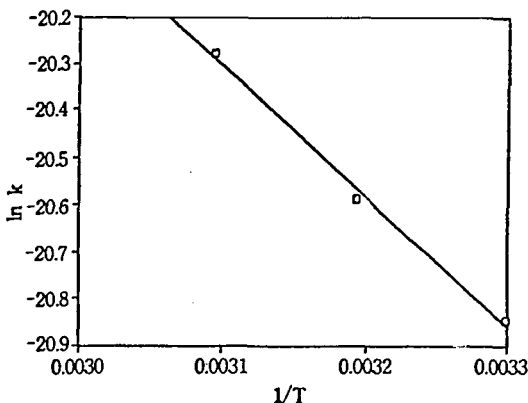


Fig. 6. Temperature dependency of the permeability coefficient of the packaging film of seasoned laver.

7. Shigeru, A., Jiahai, M., Hiroo, O., Tuyosio, O. and Mitsu, K. : Influences of moisture and temperature on the storage of dried laver, *Porphyra yezoensis*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **51**, 1109 (1985)
8. Hirata, T., Ishitani, T. and Yamada, T. : Influences of moisture and temperature on the quality changes in dried laver, *Porphyra yezoensis*, during storage. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **47**, 89 (1981)
9. Salwin, H. : Defining minimum moisture contents for dehydrated foods. *Food Technol.*, **13**, 594 (1959)
10. Salwin, H. and Slawson, V. : Moisture transfer in combinations of dehydrated foods. *Food Technol.*, **13**, 715 (1959)
11. Salwin, H. : Moisture levels required for stability in dehydrated foods. *Food Technol.*, **17**, 1114 (1963)
12. Labuza, T. P. : Nutrient losses during drying and storage of dehydrated foods. *CRC Crit. Rev. Food. Technol.*, **3**, 217 (1972)
13. Labuza, T. P. : Moisture gain and loss in packaged foods. *Food. Technol.*, **36**, 92 (1982)
14. 고하영, 박형우, 강통삼, 권용주 : 플라스틱 필름 포장 김의 품질 변화 simulation과 shelf-life 예측. *한국식품과학회지*, **19**(6), 463 (1987)
15. Hirata, T., Tanaka, Y. and Ishitani, T. : Moisture-proof packaging of dried laver *Porphyra yezoensis* with flexible plastic materials. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **50**, 899 (1984)
16. Hirata, T., Watanabe, N. and Ishitani, T. : Prediction of moisture changes in roasted and seasoned lavers, *Porphyra yezoensis*, double-packaged with polyolefin plastic materials. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **33**, 685 (1986)
17. Hirata, T. and Ishitani, T. : Simulation of moisture and chlorophyll changes in dried laver, *Porphyra yezoensis*, in a desiccant enclosing packaging system. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **32**, 266 (1985)
18. Hirata, T. and Ishitani, T. : Simulation of moisture change in dried laver, *Porphyra yezoensis*, in a desiccant enclosing packaging system. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **32**, 426 (1985)
19. Labuza, T. P. : Sorption phenomena in foods. *Food Technol.*, **22**, 263 (1968)
20. A.O.A.C. : *Official method of analysis*. 13th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C., p.189 (1980)
21. 이강호 : 김의 가공 저장 중에 있어서의 색소의 안정도. *한국수산학회지*, **2**(2), 105 (1969)
22. Rockland, L. B. : Saturated salt solutions for static control of relative humidity between 5°C and 40°C. *Anal. Chem.*, **32**, 1375 (1960)
23. Labuza, T. P., Kaanane, A. and Chen, J. Y. : Effect of temperature on the moisture sorption isotherms and water activity shift of two dehydrated foods. *J. Food Sci.*, **50**, 385 (1985)
24. Brunauer, S., Emmett, P. H. and Teller, E. : Adsorption of gases in multimolecular layers. *J. Am. Chem. Soc.*, **60**, 309 (1938)
25. 한국공업표준협회 : 한국공업규격 KS A 1013 (1978)
26. Noda, H. : Biochemical studies on marine algae-II. Relation between quality and chemical composition of "Asakusanor". *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **37**, 30 (1971)
27. 김동만, 장규섭, 윤한교 : 분말두부의 수분흡착특성. *한국식품과학회지*, **12**(4), 292 (1980)
28. 김현구, 박무현, 민병용, 서기봉 : 저장상대습도 및 온도에 따른 분말고추의 흡습특성. *한국식품과학회지*, **16**(1), 108 (1984)
29. 황용수, 이철원, 유주현, 이신영 : 동결건조 분말된장의 흡습 거동에 대한 속도론적 연구. *한국식품과학회지*, **51**(3), 231 (1989)

(1993년 2월 3일 접수)