

## 흡탈습량에 의한 씹임껌의 Shelf-Life 예측

정덕호 · 이윤형 · 유명식 · 변유량\*  
해태제과, \*연세대학교 식품공학과

### Prediction of Shelf-Life of Chewing Gum Based on Moisture Gain and Loss

Duk-Ho Chung, Yoon-Hyung Lee, Myung-Shik Yoo and Yu-Ryang Pyun\*  
Hai-Tai Confectionery, \*Department of Food Engineering, Yonsei University

#### Abstract

The shelf-life of wrapped chewing gum(7 sticks) under the climate condition of Seoul was predicted by using moisture gain equation to reach safe moisture limits of 3.16% (dry basis). The overall water vapor permeability of multilayer packaging material was about 0.00045g water/pack·day·mmHg. The water activity of chewing gum at any temperature was predictable using Clausius-Clapeyron equation. The most significant loss of shelf-life was occurred between June and July, and most products reached the end of shelf-life at July and August. The product which were made in October and November had the longest shelf-life as seven months.

Key words: chewing gum, shelf-life, permeability

#### 서 론

가공식품의 보관, 유통중 외부 환경조건의 변화에 따른 품질변화를 예측하는 것은 식품공업에 있어서 중요한 과제로서 이에 대한 많은 연구가 요청된다<sup>(1)</sup>.

유통 및 저장중 씹임껌의 품질저하는 저장온도보다는 수분의 흡·탈습이 가장 큰 품질변화 요인인 것으로 보고되고 있는데 이는 주로 가용성 성분인 당류 및 시럽류의 물성변화에 기인되는 것으로 판단된다<sup>(2,3)</sup>. 저장중 씹임껌의 수분함량과 품질변화에 대한 연구<sup>(1,4)</sup>에 의하면 씹임껌의 관능적 품질 및 기계적 물성은 수분함량과 높은 상관관계를 가지고 있으므로 수분함량은 품질변화를 예측하는 품질지표로 사용할 수 있음을 밝혔으며, 상품적 가치를 가지는 수분함량은 2.17~3.16%(dry basis)인 것으로 보고하였다.

본 연구에서는 포장된 껌의 수증기투과율, 흡탈습곡선을 구하고 이를 기초로 하여 유통중 기후변화에 따른 수분변화를 산출함으로써 씹임껌의 shelf-life를 예측하는 방법을 연구하였다.

#### 재료 및 방법

##### 재료

본 연구의 시료는 A제과의 실제 시판중인 제품과 동일한 생산공정 및 시설을 이용하여 Table 1과 같은 배

합으로 생산한 껌이다.

그 제조방법은 먼저 껌베이스를 조제하고, 껌베이스와 물엿 및 총배합량의 1/2량에 해당하는 분말 설탕을 씹임껌 배합기에 넣고 3분간 혼합하였다. 계속하여 나머지 분말설탕과 글리세린 및 향료를 넣고 3분간 더 혼합한 후 꺼내어 압축, 압연, 절단하고 24시간 숙성(19±1℃, 50~60%RH)시킨 후 포장하였다. 이와 같이 생산된 제품중 무작위 표본추출에 의해 시료를 채취한 후 7일간<sup>(5)</sup> 실내조건(20±1℃, 50~65%RH)에 보관한 후 실험에 사용하였다.

##### 포장 씹임껌의 수증기투과율 측정

유통중인 시판 제품과 동일하게 포장한 시료(포장단위: 7매입 1통)의 포장 내·외부로 이동되는 수분량을 측정하기 위하여 염류를 이용하여 일정한 상대습도를 유지한 소형 데시케이터에 시료를 넣고 25 및 40℃의 항온습기에 10일간<sup>(6)</sup> 저장하였다. 저장기간 동안 수분함량의 변화는 각 조건마다 10통씩의 시료를 사용하여 흡·탈습에 의한 시료의 중량 변화량을 측정하였고, 중량 변화량의 평균값을 저장기간에 흡·탈습된 수분량으로 보았다.

이 값으로 포장단위당 수증기투습량 (g water/pack·day)을 산출하고, 포장 내·외부의 단위 증기압차이에 의한 포장단위당 수증기투과율 (g water/pack·day·mmHg)을 산출하였다.

##### 투습량의 계산 및 shelf-life 예측

포장씹임껌의 투습량은 식(1)에 의하여 계산하였으며<sup>(7)</sup> 흡습에 의한 위험수분함량에 이르는 shelf-life( $\theta_{gain}$ )를

Corresponding author: Yu-Ryang Pyun, Department of Food Engineering, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

Table 1. Proximate composition(% w/w) of chewing gum sample

|                |       |
|----------------|-------|
| Powdered sugar | 55.0  |
| Dextrose       | 15.5  |
| Corn syrup     | 6.7   |
| Gum base       | 21.45 |
| Flavor         | 1.0   |
| Caramel color  | 0.05  |
| Glycerine      | 0.3   |

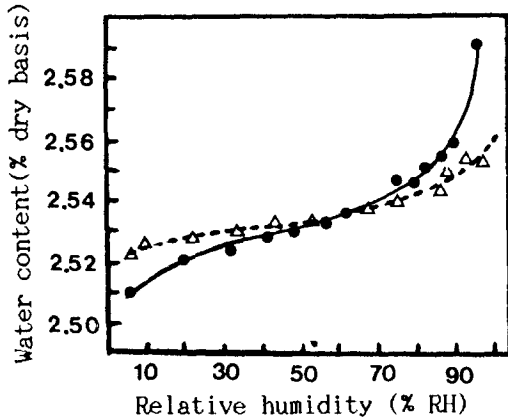


Fig. 1. Comparison of experimental water contents and calculated values by permeability of chewing gum pack during storage at 25°C(△) and 40°C(●) for 10 days

Experimental data: △, ●  
Calculated value: —, ---

예측하기 위하여 Labuza 등<sup>(8,9)</sup>이 제안한 식을 사용하였다.

$$\frac{dm}{dt} = \frac{100 \cdot A \cdot P \cdot P' \left( \frac{RH}{100} - a_w \right)}{W} \quad (1)$$

결과 및 고찰

포장 휴잉껌의 수증기투과율

일반적으로 휴잉껌은 포장단위 1통으로 판매되는 경우가 많기 때문에 품질수명은 1통 단위로 예측하는 것이 합리적인 것이다. 휴잉껌은 포장방법이 복잡하여, 시료인 경우 휴잉껌 날개 스틱을 aluminum lined paper(7 μ aluminum foil + 25 g/m<sup>2</sup> paper)의 laminated paper)로 1차 포장한 후 vellum paper(7 μ aluminum 증착 + 60 g/m<sup>2</sup> paper)로 bending 포장하고 7매를 다시 알루미늄 적층필름(20 MST # 300 + 25 g/m<sup>2</sup> paper + 7 μ aluminum foil)의 laminated 필름)으로 1통을 포장한다. 그러나 이와 같은 방식 포장방법을 사용하더라도 외부의 환경 조건에 따라 휴잉껌은 보관중 흡·탈습되는데 이는 실제

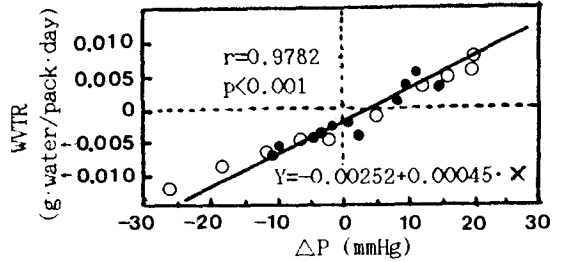


Fig. 2. Water vapor transmission rates vs. water vapor pressure difference between inside and outside of wrapped chewing gum stored at 25°C(●) and 40°C(○)

유통되는 제품은 봉합부분이 불완전하기 때문에 봉합부분에 의한 수증기 투습량이 많다는 것을 의미한다<sup>(10)</sup>.

따라서 이들 재질의 필름투과율과 불완전봉합에 의한 투과율을 합하여 포장단위 1통에 대한 복합적인 수증기 투과율(P')로 나타낼 수 있다. 식 (1)에서 P는 완전히 밀봉된 포장필름을 통한 수증기투과율이므로 수정하여야 한다. 즉  $A \times P = P'$ 로 수정할 수 있을 것이며, 이때 P'는 포장단위 1통에 대한 복합수증기투과율 [g water/pack·day·mmHg]을 나타낸다.

일정한 상대습도에 10일간 저장했을 때의 휴잉껌 1통의 무게변화량(10통의 평균값)을 측정하여 저장 상대습도에 대하여 도시하면 Fig. 1과 같다. 저장 상대습도에 따라 휴잉껌 1통의 무게변화량은 sigmoid 형태를 나타내었으며, 40°C에서의 변화량이 크다.

한편 복합수증기 투과율 P'를 구하기 위해서는 포장내외의 수증기압차 ΔP를 구해야 한다. 포장내부의 수증기압 즉, 저장시료가 나타내는 수증기압은 다음과 같이 구하였다. 25 및 40°C에서 측정된 초기시료의 평균 수분활성도는 각각 0.50 및 0.53이고, 포장 내부의 초기 수증기압은 포화증기압에 수분활성도를 곱한 것이므로 각각 11.9(23.8 mmHg×0.05) 및 29.3 mmHg(55.3 mmHg×0.53)이다. 저장중 포장된 시료의 10일간 흡·탈습량은 비교적 적기 때문에 시료의 내부 수증기압 변화를 무시하고 포장내·외부간 수증기압차(ΔP)를 구하였다.

포장내·외 증기압차 ΔP에 따른 단위포장당 투습량[g water/pack·day]의 변화를 도시하면 Fig. 2와 같이 비례적으로 증가되었다<sup>(7)</sup>. 이 직선의 regression equation은  $WVTR = -0.002515 + 0.00045 \Delta P$ 로 주어졌으며, 이 직선의 기울기는 곧 복합수증기투과율 P'[permeability : g water/pack·day·mmHg]이다.

위와 같이 구한 복합수증기투과율(P')을 이용하여 시료의 저장 실험중 10일간의 투습량을 식으로부터 구한 예측값을 Fig. 1에서 점선(25°C) 및 실선(40°C)으로 나타내어 실제 10일간의 포장 저장실험에서 얻은 시료의 측정값과 비교 확인한 결과 상대습도 20~70%RH 영역에서는 거의 일치하였다.

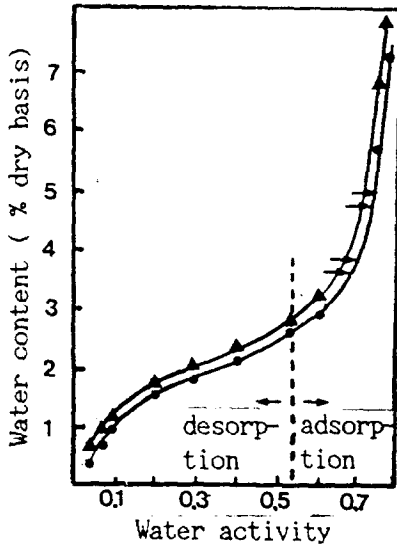


Fig. 3. Desorption and adsorption curves for a chewing gum at 25(▲) and 40°C(●) showing the potential water activity shift if a product were transferred from 25 to 40°C at constant moisture content in a wrapped package

포장휴잉검의 흡·탈습곡선의 온도 의존성

휴잉검은 유통단계에서 변동되는 온습도 조건에 노출되므로 변동되는 온도조건에서 흡습량을 식 (1)에 의하여 정확히 구하기 위해서는 포장휴잉검의 수분활성도의 온도 의존성을 알 필요가 있다.

Labuza<sup>(12)</sup>, Loncin<sup>(13)</sup> 등은 임의온도에서  $a_w$ 를 예측하는데 Clausius-Clapeyron 식을 적용할 수 있다고 보고하였다.

$\ln a_w$ 를  $1/T$ 에 대해 그리면 직선의 기울기로부터 net isosteric heat of sorption( $Q_{st,n}$ )을 구할 수 있다<sup>(11)</sup>. 식 (2)를 두 온도범위에 적용하면 식 (3)과 같이 적분된다.  $Q_{st,n}$ 을 구하면 식 (3)으로부터 온도변화에 따른  $a_w$ 값을 예측할 수 있다.

$$\frac{d \ln a_w}{d(1/T)} = -\frac{Q_{st,n}}{R} \quad (2)$$

$$\ln \frac{a_2}{a_1} = \frac{Q_{st,n}}{R} \left[ \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right] \quad (3)$$

휴잉검의 유통과정중 온도변동 조건은 10~40°C 범위이므로 휴잉검의 일반적인 판매단위인 통단위로 일정한 상대습도의 염용액이 들어있는 데시케이터에 넣고, 25, 30 및 40°C로 고정시킨 항온항습기에 저장하여 흡탈습곡선을 구하여 Fig. 3에 나타내었다. 그러나 휴잉검의 품질수명 예측에는 Fig. 3에서 시료의 초기수분함량 2.57%(dry basis)에 대응하는 수분활성도보다 높은 상대습도조건에서 저장하면서 측정된 흡습곡선만을 사용하여

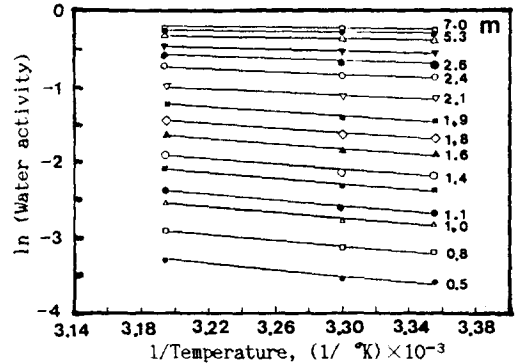


Fig. 4. Plot of  $\ln a_w$  vs. the reciprocal of the absolute temperature of chewing gum at various moisture contents

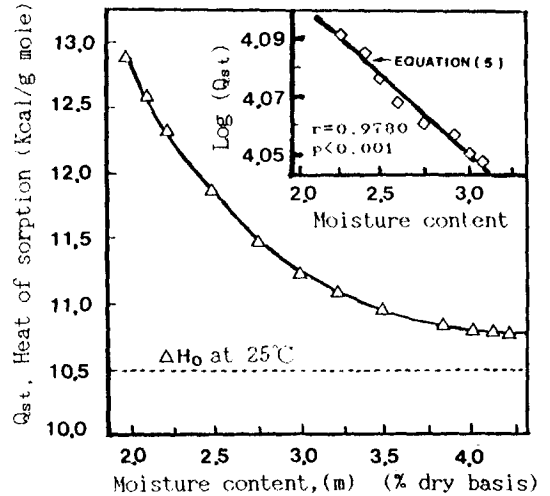


Fig. 5. Isothermic heat curves for water adsorption on chewing gum

$Q_{st}$ :  $\Delta$  and  $\log(Q_{st})$ :  $\diamond$

는데 그 이유는 Fig. 6에서 알 수 있는 것과 같이 30년간 서울지역의 기후조건은 년중 월평균 60%RH 이상을 유지하므로 보관 및 유통중 휴잉검의 품질변화는 흡습에 의한 변화로서 품질변화의 예측을 위해서는 흡습곡선만 이용하여도 충분하기 때문이다.

휴잉검의 상품적 가치를 잃어버리는 탈습에 의한 위험수분량은 2.17%(dry basis)이고 흡습에 의한 위험수분량은 3.16%(dry/basis)의 비교적 좁은 범위이며<sup>(4)</sup>, 이에 상응하는 40°C에서의  $a_w$ 범위는 0.5~0.6 범위이다. 이와 같이 좁은  $a_w$ 범위에서는 Fig. 3에서 알 수 있는 것과 같이 수분함량과  $a_w$  사이의 관계를 식 (4)와 같이 근사 ( $r=0.9999$ ,  $p<0.001$ )할 수 있으며, 이를 이용하여 수분함량에 의한 수분활성도를 추정하였다.

$$m = 0.7 + 3.6569 \cdot a_w \quad (4)$$

또한 25, 30 및 40°C에서 측정된 흡습곡선으로부터 net isosteric heat of sorption( $Q_{st,n}$ )을 구하기 위하여 각 동일 수분함량에서의  $\ln(a_w)$ 를  $1/T$ 에 대하여 도시하면 Fig. 4와 같은데 각 직선의 기울기로부터 식 (2)에 의하여 net isosteric heat을 구하였다. Isosteric heat of sorption ( $Q_{st}$ )은  $Q_{st,n} = Q_{st} - \Delta H_v$ (이때  $\Delta H_v$ 는 순수한 물의 증발 잠열로서 25°C일 때 10.53 Kcal/mole)이므로<sup>(14)</sup> 수분함량의 함수로 isosteric heat을 나타내면 Fig. 5와 같으며 수분함량이 증가함에 따라 isosteric heat은 급격히 감소하여 순수한 물의 증발잠열 값에 접근하였다. 수분함량(m) 2.17~3.16%(dry basis)의 범위에서는 식 (5)와 같이 직선식으로 표현할 수 있으며 이때 0.1%의 유의 수준으로 상관관계를 가졌다.

$$\text{Log}(Q_{st}) = 4.2080 - 0.0524 \cdot m \quad (5)$$

식 (3), (4) 및 (5)를 이용하여 유통중 츄잉껌의 온도변동 및 수분함량 변화에 따른 시료의 수분활성도를 계산하였다.

**Shelf-life 예측**

츄잉껌은 저장, 유통되는 단계에서 주위환경의 온습도조건이 유동적으로 변화된다. 국내의 30년간 기후표<sup>(15)</sup>에 의하여 서울지역의 년중 평균 온·습도를 나타내면 Fig. 6과 같다. 따라서 환경조건 변화에 따르는 츄잉껌의 수분함량의 변동은 식 (1)을 적분하여 구하였으며, 이

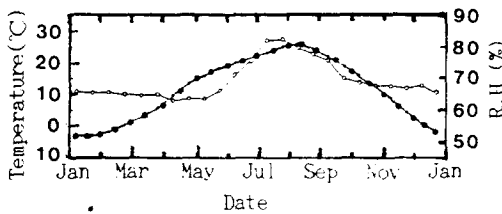


Fig. 6. Climatic condition(average relative humidity: ○ and temperature: ●) for annual normals in Seoul

때 수증기투과율은  $A \times P = P'$ 로부터, 수분활성도는 상술한 식 (3), (4) 및 (5)으로부터 구하였다.

한편 츄잉껌의 초기 수분함량으로부터 위험수분함량에 이르는 수분의 변화량을 품질의 변화량으로 볼 수 있으므로 30년간 기후표에 의한 서울지역의 매일의 평균 온·습도 자료를 기초로 생산일자별로 유통일자 경과에 따른 츄잉껌의 품질변화를 simulation하면 Fig. 7과 같다. 그림의 종축 품질수명 분율,  $\theta$ ,는 다음과 같이 식 (6)에 의하여 계산하였다. 여기서 품질수명 분율 1.0은 시료의 수분함량(m)이 상품적 가치를 가지는 임계 수분함량( $m_c$ )에 도달했을 때를 가르키며 이때 품질수명이 끝난 것을 의미한다.

$$\theta = \frac{m - m_i}{m_c - m_i} \quad (6)$$

Fig. 7을 주의깊게 살펴보면 11월부터 5월 동안 생산된 제품은 5월 이전에는 품질변화가 완만하다가 6~8월에 급격히 흡습하여 위험수분함량에 도달되어 shelf-life가 끝나는 것을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 Fig. 6에서 보는 것과 같이 9월 하순부터 다음해 5월 초순까지 평균상대습도는 65%RH로 큰 변동이 없으나 6월 초순부터 7월 중순까지 상대습도가 급격히 증가하기 때문에 츄잉껌의 품질하락에 결정적인 영향을 미치는 것으로 생각되며 츄잉껌의 품질변화는 온도변동 보다는 습도 변동에 좌우된다는 것을 알 수 있다. 최장 shelf-life는 10~11월에 제조한 것으로 약 7개월이며, 6~8월에 제조한 츄잉껌의 품질수명은 40일 정도에 지나지 않았다.

이상에서와 같이 포장을 통한 수증기투습율, 흡탈습 곡선의 온도의존성 자료 및 상품성을 가지는 수분함량의 한계값을 기초로 츄잉껌의 변동되는 온습도 조건에서의 품질수명을 예측할 수 있었다. 그러나 실제 제품이 출하될 때는 box 포장상태로 소매점까지 유통된 후 통단위로 판매되고, 또한 유통단계에서 창고 온습도 조건은 하절기의 외기보다 낮기 때문에 실질적인 츄잉껌의 shelf-life는 Fig. 7의 예측값보다 길 것으로 예상된다.

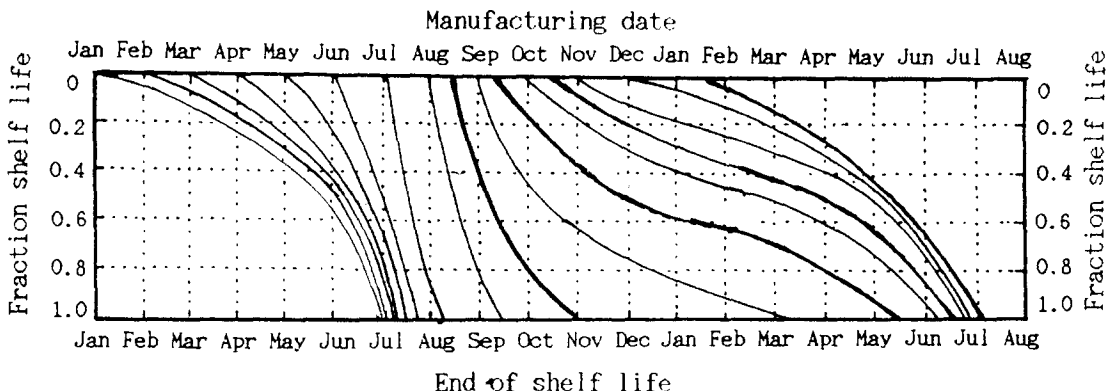


Fig. 7. Estimated shelf-life of wrapped chewing gum

그러나 하절기 특히 6~8월의 기후에 대비한 품질보호 대책이 소비자에게 좋은 제품을 공급할 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

츄잉검의 shelf-life 예측을 위하여 유통중인 제품과 동일한 시료를 조제하여 상대습도를 달리한 저장조건에서 포장된 츄잉검의 수증기투과율, 흡탈습곡선의 온도의존성을 고찰하고 츄잉검의 상품적 가치를 유지하는 수분함량 2.17~3.16%(dry basis)을 기준으로 품질수명을 예측하였다. 포장된 츄잉검 1통(7 sticks)의 수증기투과율은 0.00045g water/pack·day·mmHg였으며 25, 30 및 40℃에서 얻은 등온흡습곡선의 온도의존성은 Clausius-Clapeyron 식으로 표현될 수 있었다. 서울지역 기후변동에 따른 츄잉검 1통의 수분변화량을 simulation 시켜 위험수분함량에 도달하는 품질수명을 예측한 결과 10, 11월에 생산된 제품의 품질수명은 7개월 정도로 가장 길었고 6, 7월에 생산된 제품은 평균 40일로 나타났으며 1년중 7월의 기후가 제품 보관에 가장 큰 영향을 주었다.

기호설명

- m :  $\theta$  시간후 시료의 수분함량 [g water/100g dry solid ]
- t : 단위시간 [day]
- A : 식품포장의 표면적 [m<sup>2</sup>]
- P : 단위수증기압 차이에 의한 수증기 투과율 [g/m<sup>2</sup>·day·mmHg]
- P<sub>o</sub> : 보관환경(유통환경)의 온도에서의 수증기압 [mmHg]
- $\Delta P$  : 포장 내외부의 수증기압 차, P<sub>out</sub> - P<sub>in</sub> [mmHg]
- RH : 유통환경의 상대습도 [%RH]
- a<sub>w</sub> : 보관중(유통중)식품의 수분활성도
- W : 식품의 중량 [g]
- m<sub>e</sub> : 보관환경의 상대습도에 해당하는 등온흡습곡선에서의 수분함량 [% dry basis]
- m<sub>i</sub> : 초기수분함량 [% dry basis]
- m<sub>c</sub> : 임계수분함량 [% dry basis]
- a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> : 절대온도 T<sub>1</sub>과 T<sub>2</sub>[K]에서의 수분활성도
- Q<sub>st</sub> : 흡착 잉여열 [cal/mole K]
- Q<sub>st,n</sub> : 순수 흡착 잉여열 [cal/mole K]

- R : 기체상수 [1.987 cal/mole K]
- $\Delta H_o$  : 주어진 온도에서의 heat of condensation of water vapor [10.53 Kcal/mole at 25℃]

문 헌

1. Quast, D.G. and Karel, M.: Computer simulation of storage life of foods undergoing spoilage by two interacting mechanisms. *J. Food Sci.*, **37**, 679(1972)
2. 이윤형, 유명식, 지홍승, 변유량 : 츄잉검의 저장중 물성변화. 한국식품과학회지, **6**, 460(1985)
3. Labuza, T.P.: The effect of water activity on reaction kinetics of food deterioration, *J. Food Technol.*, **34**(April), 36(1980)
4. 정덕호 : 흡탈습량에 의한 츄잉검의 보관수명의 예측에 관한 연구. 연세대학교 석사학위 논문 (1987)
5. 佐藤吉永 : チュ-インガム. 食品の熟成. 佐藤 信監修, 光琳書院, 東京, p.417(1984)
6. Labuza, T.P., Mizrahi, S. and Karel, M.: Mathematical models for optimization of flexible film packaging of foods for storage. *ASAE*, **15**, 150(1972)
7. 平田 孝 : 乾燥食品の 防濕包裝設計. *Food packaging*, **30**, 109(1986)
8. Labuza, T.P.: Scientific evaluation of shelf-life. In *Shelf-life dating of foods*. Labuza, T.P.(ed), Food & Nutrition Press Inc., New York, p.41(1982)
9. Labuza, T.P.: Moisture gain and loss in packaged foods. *J. Food Technol.*, April, 92(1982)
10. Hinton, C.L.: Some aspects of the shelf life of candies. *P.M.C.A.*, Section **14**, 7(1958)
11. Kapsalis, J.G.: Influences of hysteresis and temperature on moisture sorption isotherms. In *Water Activity*. Rockland, L.B.(ed), Marcel Dekker, Inc., New York, p.197(1987)
12. Labuza, T.P., Kaanane, A. and Chen, J.P.: Effect of temperature on the moisture sorption isotherms and water activity shift of two dehydrated foods. *J. Food Sci.*, **50**, 385(1985)
13. Loncin, M.: Water adsorption isotherms of foods at high temperature. *Lebensm. Wiss. Technol.*, **13**, 182 (1980)
14. Saravacos, G.D., Tsiourvas, D.A. and Tsami, E.: Effect of temperature on the water adsorption isotherms of sultana raisins. *J. Food Sci.*, **51**, 381(1986)
15. 중앙기상대 : *Climatic table of Korea*. Volume 1, Seoul (1982)

(1991년 9월 12일 접수)