

**특집 : 식품포장과 품질관리 기술**

## 포장 식품의 Shelf Life와 영양

이 종 현

한국컨테이너폴(주)

### 서 론

식품포장은 식품의 유통 과정에 있어서 그 보존성과 위생적인 안전성을 높이고, 편의성과 보호성을 부여하며, 판매를 촉진하기 위하여 알맞은 재료나 용기를 사용하여, 식품을 포장하는 기술이다. 이러한 기능과 목적을 지닌 식품포장은 식품공업의 발달과 더불어 많은 발전을 하여 왔으며 근래에 와서 우수한 플라스틱 필름 등의 포장재료가 개발되고 포장기술이 개선됨으로써 식품의 소비 형태에도 많은 변화를 가져오게 하였다. 앞으로 식품공업이 발달할수록, 또 식생활 방식이 개선될수록, 식품포장은 발전될 것이고 또한 그 중요성은 더욱 가중될 것이다.

과학 및 기술의 진보에 따라 식품의 생산, 가공에도 대량생산 체제가 도입되고, 그 유통 및 소비도 대량화, 대형화되어서 우리의 식생활을 풍요하고 편리하게 하고 있다. 이러한 식품 유통의 구조 개선에 있어서 포장의 역할은 그것을 가능케 하는 하나의 기술이고 방법이 되고 있다. 따라서 오늘날 식품공장에서는 제품의 생산 설계를 하는 단계에서부터 그 제품의 포장도 아울러 검토하여, 생산 공정의 일부로서 포장 공정을 관리하고 있다. 또한 식품의 가공 공정과 포장 공정이 같은 수준에서 보조를 맞추어 작업이 될 수 있도록 포장 작업의 기계화, 자동화가 이루어져, 이른바 시스템화된 포장 체제가 확립되고 있다. 한편 생활 수준이 향상됨에 따라 우리의 소비 양식에도 많은 변화를 가져와, 편의 식품, 기능성 식품, 레토르트 식품, 전자레인지 식품, 신선 식품 등의 형태로 고도화된 가공 식품의 수요가 늘게 되었다. 또한 인구 증가에 따른 식품 수요의 증가, 교통 및 운반 수단의 발달에 따른 유통 구역의 확대, 식품 보장 방법의 발달에 따른 유통 기간 (shelf life)의 연장 등으로 유통 과정 중의 식품의 품질 유지, 손상 방지, 위생적인 안전성, 또는 취급·소비시의 편의성 등을 한층 필요로 하게 되었고, 이에 따라 적절한 식품의 포장에 필연적으로 요구되기에 이르렀다.

포장 식품의 보관 수명(shelf life)에 미치는 외부적인

요인을 들면 산소, 빛, 온도 및 습도 등이 있다. 포장 식품은 저장 유통 중에 산화 및 갈변 등의 변화가 일어날 수 있는데, 영양가의 손실도 이러한 변화와 더불어 일어나게 된다. 지방은 산화가 되면 향미가 변화하고, 착색이 되며, linoleic acid 및 linolenic acid 등의 필수 지방산의 분해에 의하여 영양가가 감소하게 된다. 또 지방의 산화 생성물은 비타민 A, C, D, E, biotin, pyridoxine 등 각종 비타민류를 산화 분해시켜 효력을 감소시킨다. 뿐만 아니라 산패한 지방은 극단적인 경우에는 식중독의 원인이 되기도 한다. 비타민에 있어서는 A, C, E 등이 특히 산화되기 쉽다. 비타민 C의 경우, 각종 플라스틱 필름에 포장한 과일 당액 절임 제품을 30°C, 80% RH의 환경 조건에 저장하였을 때 비타민 C의 손실을 보면, polyethylene 단층 필름과 polyethylene/polypropylene에 포장한 것은 약 8일만에 거의 소실되었으나 polyvinylidene chloride/cellophane/polyethylene, polyester/polyvinyl alcohol/polyethylene 등의 복합 필름에 포장한 것은 30일간 저장하여도 75% 이상이 잔존한다(1). 따라서 포장 식품에 있어서 내용 식품의 산화, 갈변 등을 방지할 수 있는 방법이 곧 영양가의 감소를 방지하고 보관수명을 연장할 수 있어 이에 대한 적정 포장 방법과 기술이 매우 중요하다.

### 식품 포장의 목적과 기능

식품을 포장하는 것은 식품의 생산에서부터 소비에 이르는 저장, 수송, 판매 및 소비 등의 과정에 있어서 다음과 같은 목적이 있다.

#### 1. 식품의 변패방지와 품질유지

##### 1) 미생물적 변패

식품에 생육하고 있는 세균, 곰팡이, 효모 등의 미생물이 발육하여 식품을 부패시키거나 이상 발효된다. 이것을 방지하기 위하여 산소가 통과하기 어려운 포장재료로 포장한 후 가열살균, 냉장, 냉동 등의 처리를 한다.

### 2) 물리적 변패

건조, 흡습 또는 과자류에서 설탕의 결정화 등으로 분말 식품이나 고형식품 등의 수분이 증발하여 식품이 딱딱해 지거나 역으로 수분이나 공기중의 습기를 흡습하여 식품이 변질하는 것이 있다. 이것을 방지하기 위하여 수증기를 통과하기 어려운 포장재료를 사용하여 실리카겔 등의 흡습제를 넣어 식품을 포장한다.

### 3) 화학적 변질

직사일광이나 형광등 밑 또는 온도가 높은 경우, 식품 중에 포함되어 있는 색소나 지방이 산화된다. 이것을 방지하기 위하여 산소가 통과하기 어렵고 광이나 자외선을 차단하는 포장재료가 사용된다.

## 2. 식품위생성의 보전

식품은 제조된 후 소비자에게 공급될 때까지 사람의 손에 닿거나 기구에 접촉하는 기회가 많아져 미생물이나 먼지가 부착되기 쉽다. 식품은 포장되는 것에 의해 식중독을 일으키는 세균 등의 오염도 방지되고 위생성도 보전할 수 있다.

## 3. 식품생산의 합리화와 성력화

식품의 포장은 생산의 합리화와 성력화에 연결된다. Can에 주입하는 토마토 주스는 1분간에 1,000~1,200 개의 고속으로 충전되고 있다. 액상식품이므로 파이프에 의한 closed system으로 토마토주스는 can에 들어가고 컨베이어 시스템으로 고속 운반된다. 즉, 토마토주스는 통조림으로 되는 것에 의해 생산의 합리화와 성력화가 이루어진다고 할 수 있다.

## 4. 유통, 수송의 합리화와 경비의 절감

식품은 포장되는 것에 의해 취급도 편리해지고 유통, 수송의 합리화와 계획화가 가능하며, 또한 이에 의해 유통 경비의 절감을 꾀할 수 있다.

## 5. 상품가치의 증대

포장의 미관에 따라 소비자의 구매의욕을 증진시키고 상품가치를 증진시킨다. 이 때문에 포장의 디자인, 인쇄 등이 커다란 역할을 담당한다.

## 6. 소비자 취급의 편리성

식품포장은 소비자에 편리성을 제공한다. 이 때문에 적

절한 포장단위, 이개봉성, 취급의 편리성 및 폐기 처리성이 중요해진다.

식품포장은 식품의 유통과정에 있어서 그 보존성과 위생적인 안전성을 높이고 편의성과 보호성을 부여하며, 판매를 촉진하기 위하여 알맞은 재료나 용기를 사용하여 식품에 적절한 처리를 하는 기술이다. 포장의 기능을 대변하여 양대 기능으로 구별할 수 있는데 첫째는 기업의 물류합리화를 통한 생산성 향상에 따른 원가절감의 측면이고, 둘째는 마케팅 분야의 상품화기획과 상호 유기적 관계를 구축하고 있는 포장디자인, 즉 상품의 판매촉진기능을 들 수 있다.

## 포장환경 요소

포장의 기능은 물리적, 대기, 인간적, 3가지 환경요소들을 고려하여 검토되어야 한다. 만일 이러한 환경요소들을 포장개발에 고려하지 못하면 잘못된 포장디자인, 비용증가, 소비자 불만, 또는 소비자가 제품을 거부하는 결과를 초래하게 된다.

물리적 환경요소는 제품에 물리적 손상을 초래하게 되는 요소이며 운반, 수송 중에 제품을 떨어뜨리거나 충격으로 인한 손상이나 수송중 진동, 물류창고에 적재시 압상이나 파손 등의 결과를 초래한다.

대기 환경요소는 제품 둘레에 있는 산소 같은 기체, 물, 수증기, 빛 (특히 자외선), 상온이나 저온의 온도에 의한 영향으로 미생물에 의해 식품 손상을 초래한다. 또한 포장재질이 효과적인 차단성을 유지하지 못하면 대기중의 자동차, 매연, 먼지 등으로부터의 오염을 방지할 수 없다.

인간 환경요소는 소비자와 포장의 상호관계, 소비자에 대한 시각, 강도효과, 법적요구 등에 대한 포장디자인의 요구 사항이다. 포장기능 중의 하나는 정보 전달이기 때문에 소비자에게 제품의 메시지를 정확하게 전달하는 것이 매우 중요하다. 더욱이 포장에는 영양 함량, 중량 등 식품 위생법에 요구되는 정보가 반드시 포함되어야 한다. 따라서 이러한 기능들을 편리하고 극대화하기 위하여 포장은 소비자가 반드시 손쉽게 잡을 수 있고, 개봉하며, 사용할 수 있어야 한다. 또한 소비자가 처음 개봉하여 제품을 완전히 소비하지 않았을 경우, 포장은 다시 밀봉할 수 있고 남은 제품은 소비할 때까지 잘 보존될 수 있어야 한다. 더욱이 포장은 소비자가 소비할 수 있는 만큼의 날포장 용량 크기가어야 하며 크기가 너무 커서 완전히 소비되기 전에 부패가 되어서는 안된다.

포장의 기능과 환경요소들은 상호 매츨릭 관계에 있기

때문에 포장을 개발 할 때에 이러한 기능들과 환경요소들을 분석하여 포장의 수행 상태를 포장유통분석, 켈포장 분석, 법적 문제에 맞추어 평가를 하여 개발하여야 한다. 이렇게 함으로서 실질적인 포장개발, 포장디자인, 경제적 비용, 효율적인 포장의 최적화를 실현시킬 수 있다.

## 식품포장과 영양

포장식품의 영양 감소에 미치는 주요 4대 요소는 빛, 산소농도, 온도, 수분활성도가 있다. 그러나 각 식품에 있어서 화합물의 화학적 이질성과 마찬가지로 다양한 영양소의 다양한 특성과 상호 복합작용 때문에 식품에 있어 영양감소에 대한 일반적인 성질을 이해함이 중요하다.

### 1. 비타민

식품에 함유된 비타민 C (ascorbic acid)는 비타민 중 환경요소의 pH, 금속이온, 산소의 농도에 따라 가장 불안정하다. 식품을 포장하고 있는 포장재질의 화학적 성질뿐만 아니라 수분, 산소에 대한 포장재질의 차단성이 중요한 요소이다. 예를 들어 과일주스를 무균포장한 경우 비타민 C의 불안정한 문제는 산소의 투과성과 이에 따른 비타민 C 감소 반응의 결과이다. 마찬가지로 금속 주석의 산화작용 선호로 감귤주스캔 포장 안에서 에나멜 캔이나 유리 용기 포장보다 비타민 C의 불안정성이 높다(2). 저 수분 식품의 비타민 C의 수분활성도에 대한 호기성과 혐기성 감소 반응을 보면 수분활성도 0.1~0.8 범위에서 기하급수적으로 반응속도가 증가하였다(3).

### 2. 단백질

영양적 가치나 단백질의 상태는 가열이나 산화에 의해 변화된다. 단백질의 산화는 단백질 영양가치를 떨어뜨리는데 부산물을 형성하게 된다. 또한 단백질은 지방과 반응해서 식품의 조직감에 영향을 끼치며 적게는 단백질 영양가치를 떨어뜨리는 화합물을 형성한다. Maillard 반응은 주로적으로 lysine 함량을 감소시킴으로서 영양학적 특성을 잃어버리는 결과를 초래하게 된다.

### 3. 지방

특히 불포화지방은 식품 포장 제조과정 중 화학적 변화를 일으키며 이러한 변화가 지방의 영양적 가치에 영향을 끼치게 된다. 과산화 지방은 단백질과 비타민과의 화학적 상호 작용에 의해 식품의 영양적 가치에 부정적인 영향을 끼친다. 따라서 산소는 포장식품에 있어서 지방의 변패에

중요한 역할을 한다.

## Shelf Life

우리 나라 식품공전에서 유통기간 (shelf life)이란 일정한 조건에서 식품을 제조·포장한 시점에서부터 소비자에게 판매가 가능한 시점까지의 기간으로 이 기간 내에서는 식품으로서의 충분한 품질유지 및 위생안전성이 보장되어야 하고 또한 유통기간 이후에도 일정한 기간동안 품질과 위생안전성이 유지되어 소비자가 소비할 수 있는 적절한 소비기간을 포함한 것을 말한다.

포장식품의 shelf life에 미치는 3가지 주요 요소는 식품의 특성, 유통 환경, 포장의 특성이며, shelf life는 그 식품이 어떤 포장을 사용하여 어떠한 환경에 놓이게 되느냐에 따라 달라지게 된다(4).

### 1. 식품의 특성

유통기간 중에 일어나는 변화에 따라 식품을 3가지 종류로 나눌 수 있는데 shelf life가 매우 짧고 썩기 쉬운 perishable 식품, semi-perishable, 보관 안정한 non-perishable 또는 shelf stable 식품으로 구분할 수 있다.

Perishable 식품은 장기간 보존하기 위하여 반드시 냉장(0~7℃) 또는 냉동(-12~-18℃) 온도에서 보관하여야 한다. 이러한 식품들은 우유, 고기, 닭고기, 어류 같은 신선식품, 채소와 과일 등이 있다.

Semi-perishable 식품은 자연 억제제 (치즈나 채소 뿌리)를 함유하거나 유통기간 중의 환경여건에 견딜 수 있도록 약간의 보존처리를 한 식품군이다.

Shelf stable 식품은 상온에서 안정하며 가공하지 않은 많은 식품들이 이에 속하며 저 수분 함량으로 미생물에 의해 영향을 받지 않는 캔 식품들처럼 가열 살균처리 또는 보존제를 함유한 가공식품들이다. 그러나 이러한 식품들은 오직 포장 상태가 식품을 제대로 봉합하고 있는 상태에서 안정되게 유지할 수 있다. 또한 이들의 shelf life는 포장 상태에 관계없이 상온에서 영양감소 화학반응과 고차단성 포장 재질을 통하여 기체, 향, 수분의 흡수 등으로 한정되게 된다.

### 2. 유통환경

#### 1) 기후조건

포장식품의 영양품질 감소는 포장재질을 통한 질량과 열량의 변화와 상호 깊은 관계가 있다. 포장식품은 수분은

잃거나 얻을 수 있으며, 또한 대기 온도에 따라 영향을 받는다. 따라서 유통환경의 온도와 습도 등 기후조건에 포장 식품의 영양감소율은 매우 중요하다.

2) 물리적 조건

식품은 가공공정을 거쳐 공장에서 창고 또는 물류센터로 트럭이나 다른 운송수단에 의해 이동되고 다시 소매점으로 운송되게 된다. 이러한 운송 과정에서 제품이 손상되게 되는데 이러한 손상을 방지하기 위하여 유통환경과 수송방법의 특성에 맞는 포장의 기능, 역할을 할 수 있어야 한다. 대부분의 곁포장은 파렛트에 적재되고 파렛트는 2~4단 적재하여 수송 또는 물류창고에 보관되는데 이때 바닥에 미치는 압축강도가 다르기 때문에 장기간 보관시 식품의 shelf life에 영향을 미친다. 따라서 기후와 물리적 유통환경을 고려하여 shelf life를 설정하는 것은 필수 불가결하다.

3. 포장의 특성

식품의 보호성 요구에 따라 분리해서 Table 1에 나타냈다(5).

이러한 분석의 장점은 최대한의 수분 획득과 산소흡수

의 포장 요구성에 초점을 맞추어 주어진 식품의 shelf life 설정에 필요한 포장재질을 계산하여 결정할 수 있도록 하기 위한 것이다. 금속 캔이나 유리용기의 경우 기체, 향, 수분의 침투는 거의 없지만 종이 또는 플라스틱 포장 재질의 경우 이러한 차단성이 각기 다르기 때문에 어떤 재질을 선택하느냐가 shelf life에 미치는 영향에 매우 중요하다.

예를 들어 수분에 민감한 포장식품의 shelf life는 식품의 평형흡습등온곡선, 초기 및 포장재를 통하여 흡수된 최종 수분함량, 포장재질의 투과성, 대기환경의 온도와 상대 습도 등을 파악함으로써 그 식품의 shelf life를 예측할 수 있으며 공식 1과 같다(6).

공식 1.

ln

$$\frac{m_i - m_e}{m - m_e} = \frac{P}{X} \cdot \frac{A}{Ws} \cdot \frac{P_0}{b} \cdot \theta_s$$

where:

$m_e$  = equilibrium moisture content of the food if exposed to external packaged RH.

$m_i$  = initial moisture content of the food.

Table 1. Degree of protection required by various foods and beverages(Assuming one year shelf life at 25°C)

Food/beverage	Maximum amount of O <sub>2</sub> gain (ppm)	Other gas protection needed	Maximum water gain or loss	Requires high oil resistance	Requires good barrier to volatile
Canned milk and flesh foods	1-5	no	3% loss	yes	no
Baby foods	1-5	no	3% loss	yes	yes
Beers and wine	1-5	<20%CO <sub>2</sub> (or SO <sub>2</sub> ) loss	3% loss	no	yes
Instant coffee	1-5	no	2% gain	yes	yes
Canned soups, vegetables, and sauces	1-5	no	3% loss	no	no
Canned fruits	5-15	no	3% loss	no	yes
Nuts, snacks	5-15	no	5% gain	yes	no
Dried foods	5-15	no	1% gain	no	no
Fruit juices and drinks	10-40	no	3% loss	no	yes
Carbonated soft drinks	10-40	<20%CO <sub>2</sub> loss	3% loss	no	yes
Oils and shortenings	50-200	no	10% gain	yes	no
Salad dressings	50-200	no	10% gain	yes	yes
Jarus, jellies, syrups, pickles, olives, vinegars	50-200	no	3% loss	no	yes
Liquors	50-200	no	3% loss	no	yes
Condiments	50-200	no	1% gain	no	yes
Peanut butter	50-200	no	10% gain	yes	no

$m$  = moisture content of the food at time  $t$ .

$\frac{P}{X}$  = the permeance (the permeability constant  $P$  divided by the thickness of the film  $X$ ).

$A$  = the surface area of the package.

$W_s$  = weight of dry solids enclosed.

$P_o$  = vapor pressure of pure water at the storage temperature.

$b$  = slope of curve.

$\theta_s$  = the shelf life.

위와 같이 단순한 공식으로 주어진 식품의 특성, 환경여건, 포장의 특성들을 종합하여 shelf life를 예측함으로써 불필요한 실험의 시간과 경비를 절약하고 유통 환경여건에 알맞은 적정 포장재질을 선택하는데 중요한 역할을 한다.

포장식품에 있어서 포장재질과 식품사이의 상호작용의 정도에 따라 shelf life에 영향을 끼치게 되는데, 예를 들어, LDPE/foil/paper/PE 카톤박스과 유리용기에 무균포장한 오렌지쥬스의 경우 25°C에서 2.5개월 보관 후 오렌지쥬스의 맛이 상이하게 ( $P \leq 0.05$ ) 틀렸다(7). 밀감쥬스의 필수 지방 성분 중의 하나인  $\delta$ -linonene 분석을 보면 35일 후 카톤박스 포장의 경우 70에서 40 ppm으로 감소하였다. Linonene은 오렌지쥬스와 접촉하고 있는 포장재질의 PE 표면에 의해 흡수되었으며 또한 PE필름 접촉으로 ascorbic acid의 감소성(degradation) 현상과 갈색변화가 증가하였다. 따라서 카톤박스의 무균포장으로 오렌지쥬스의 shelf life가 끝나는 시점은 포장재질에 의한 맛과 향의 변질에 의해 결정된다.

### Shelf life 측정장치

모든 식품의 품질은 시간이 지남에 따라 감소되는데 비록 이상적인 유통조건하에서도 식품을 제조해서 소비할 때까지 지속적으로 품질상태가 저하된다. 따라서 현대 식품유통기술의 목적은 식품이 소비자의 손에 닿기까지 가능한 한 원래 상태로 유지할 수 있도록 품질 감소성을 최소화하는데 있다. 포장식품의 영양감소를 촉진하는 외부 요소들 중 가장 큰 것은 온도이다. 특히 perishable 식품의 경우 적정 보관온도의 유지가 매우 중요하지만 유통, 보관 온도의 남용 문제가 크게 대두되고 있다. 온도 남용 하에 포장의 봉합상태가 파손되어 샘플링하기 전에 영양 품질 감소성을 발견 또는 판단하는 것은 매우 힘들다.

식품에서 미생물수의 변화율에 영향을 미치는 3가지 중요 요소는 pH,  $A_w$ , 온도이며 pH와  $A_w$ 는 *pseudomonas*균의 성장을 억제하지 못하며 생태학적 조건 중 보관 온도만이 성장률과 식품 부패율에 중요한 영향을 끼친다. 이러한 식품군들인 신선육, 닭고기류, 어류와 우유 등은 호기적인 상태에서 냉장온도에 보관하여야 한다(8). 따라서 식품 제조자들은 그들의 식품들이 적정한 온도 또는 더 좋은 조건하에서 보관되고 있으며 이때 얼마나 shelf life가 남아 있는지를 나타낼 수 있고 간단하며 단순한 방법이 요구된다. 이러한 장치로 TTI (time temperature indicator)를 들 수 있다. TTI는 유통기간에 따라 온도와 시간의 경과를 나타내는 장치로서 현재 60개 이상의 TTI 장치가 개발되어 포장에 부착되어 쓰여지고 있으며 원래는 냉동식품에 주로 쓰였지만 지금은 온도에 아주 민감한 대부분의 식품의 shelf life를 측정할 수 있도록 광범위하게 쓰이고 있다(9,10).

### 결론

포장식품의 고품질 영양을 소비자에게 제공하기 위하여 포장식품 수송 중에 더 많은 품질보증을 할 수 있으며 유통 중에 영양 품질저하를 최소화 할 수 있는 재고 보관관리 방법의 개선이 절대적으로 필요하다. TTI는 perishable 과 semi-perishable식품들의 shelf life를 관찰 또는 측정하는데 중요한 역할을 할 수 있을 것이다.

최근 들어 자연적이며 신선하고 고영양가 식품의 개발이 소비자로부터 요구되고 있어 이에 알맞는 식품 포장기술 개발이 절실히 요구되고 있다. 이러한 식품 특성에 부응하는 환경기체조절 포장방법 적용이 상품화에 성공하고 있으나 유통 환경여건에 따라 설정된 shelf life 이내에 미생물학적 안전성 문제가 대두되고 있어 이에 대한 예측모델 개발이 또한 시급하다(11).

따라서 포장식품의 고품질영양을 소비자에게 안전하게 제공하기 위하여 포장식품 수송 중에 확실하게 품질 보증을 할 수 있으며 유통 중 영양품질 저하를 최소화 할 수 있는 재고 보관관리 방법으로 TTI를 포장재에 부착하여 포장식품의 shelf life 상황을 관찰할 수 있도록 하고 포장식품의 미생물학적 안전성을 예측할 수 있는 여러 식품들의 안전성 모델을 개발하여 이를 동시에 적용함으로써 포장식품의 영양학적 shelf life는 물론 국민건강에 중요한 영향을 끼치는 식품포장의 안전성 문제를 해결할 수 있을 것이다.

## 문헌

1. 박영호 : 포장식품의 영양가의 변화. 식품포장학, 수확사 (1993)
2. Robertson, G. R. : Nutritional quality. In "*Food packaging principles and practice*" Marcel Dekker, Inc., New York (1992)
3. Kirk, J. R. : Influence of water activity on stability of vitamins in dehydrated foods. In "*Water Activity*" Rockland, L. B. and Stewart, G. F.(eds.), Academic Press, New York(1981)
4. Harte, B. R. and Gray, J. I. : The influence of packaging on product quality In "*Food product-package compatibility proceedings*" Gray, J. I., Harte, B. R. and Miltz, J.(eds.), Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, Pennsylvania (1987)
5. Salame, M. : The use of low permeation thermoplastics in food and beverage packaging. In "*Permeability of plastic films and coatings*" Hopfenberg, H. B.(ed.), Plenum Pub. Corpn, New York(1974)
6. Labuza, T. P. : Moisture Sorption : Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use. American Association of Cereal Chemists, St Paul, Minnesota(1984)
7. Mannheim, C. H., Miltz, J. and Letzter, A. J. : Shelf life estimation of packaged orange juices. *J. Food Sci.*, **52**, 737(1987)
8. McMeekin, T. A. and Olley, J. : Estimating quality change from a known temperature history. *Food Technol. in Australia*, **38**, 331(1986)
9. Fields, S. C. and Prusik, T. : Time-temperature monitoring using solid-state chemical indicators. Proceedings XVIIth International Congress of Refrigeration, Commission C2, D1, D2 & D3, International Institute of Refrigeration, Paris, France(1983)
10. Schoen, H. M. and Angelo, M. : Thermal indicators for frozen foods. Proceedings XVIIth International Congress of Refrigeration. Commission C2, D1, D2 & D3, International Institute of Refrigeration, Paris, France(1983)
11. Lee, C. H. and Cash, J. N. : Predictive modeling of microbial growth in a modified atmosphere packaged minimally processed meat-vegetable product. *Foods and Biotechnol.*, **6**, 131(1997)