

식품의 품질수명기간 설정

Determination of Shelf-Life of Foods

최진영, 노봉수*

Jin Young Choi, Bongsoo Noh*

한북대학교 식품영양학과, 서울여자대학교 식품공학과*

Department of Food and Nutritional Science, Hanbuk University

Department of Food Science and Technology, Seoul Women's University*

식품 산업체에서 생산되는 다양한 제품들의 경우 그 특성에 따라 다르며 똑같은 방법으로 제조한 제품이라도 지역에 따라, 유통 환경에 따라, 생산시점에 따라 품질유효기간이나 유통기한은 차이가 난다. 과연 어떤 방법으로 식품의 품질수명기간을 설정하는 것인지 알아보고자 한다. 아울러 이런 변수에 어떻게 대처하여야 정확히 산출할 수 있는 것인지에 대하여 알아보고자 한다. 최근 소비자들의 요구가 확대되고 있는 시점에서 소비자들이 신뢰할 수 있는 제품을 생산하기 위하여 어떻게 관리해 나가는 것이 보다 정확한 것인지를 알아보고자 한다.

1. 식품의 품질수명기간(Shelf life)이란?

우리나라 식품 유통기한의 의미는 "Expiration date" (유통기한 날짜까지만 섭취 가능) 개념이 아니라 "Sell by date" (식품의 제조일로부터 소비자에게 판매가 허용되는 기한) 개념으로서, 정해진 방법으로 보관한 경우 부패, 산패, 기타 품질 저하를 수반하는 위생상 위해 발생우려가 없다고 인정하는 기일을 표시한 날짜이다. 이 기한 내에서 적정하게 보관, 관리된 식품은 안심하고 먹고 마시거나 먹을 수 있다는 의미이며, 제조업체가 제품의 품질이

나 안전성 등에 대해 소비자에게 책임지고 보증한다는 상징으로 저온살균우유, 도시락, 빵, 두부 등과 같이 보존기한이 짧은 식품 등에 소비기한이라고 표시되는 것이 바로 여기에 해당된다.

식품이 최상의 품질을 유지할 수 있는 최종일을 말하며 장기간 보관하거나 유통해도 부패나 변질 우려가 없는 식품에 대해 유통기한 표시 대신 품질 유지기한으로 표시할 수 있도록 하였는데 수분함량, 수분활성도, 멸균처리, 포장형태, 보존기준 등을 고려해 부패나 변질 우려가 없고 소비자들이 오래 보관하면서 사용할 수 있는 식품에는 유통기한 대신에 품질 유지 기한으로 표현할 수 있다. 김치 절임식품(김치, 젓갈, 절임류, 멸균처리 조림류), 조미식품(장류, 식초, 카레), 다류, 당류, 멸균처리 음료류, 인삼 제품류, 쥘류, 기타 벌꿀, 밀, 레토르트식품, 통조림식품 등이 이에 해당한다.

선진국에서는 대부분 유통기한 표시가 법적으로 의무화되지 않고 식품업체 자율에 맡겨져 있거나 변질이나 부패가 우려되는 즉, 품질변화가 빠른 제품에 대해서만 소비기한/사용기한을 사용하도록 하고 있다. 그 외에는 상미기한, 품질유지기한 등으로 표시하고 있다.

일본의 경우 품질변화가 빠른 것으로 5일 이내에 소비

*Corresponding author: Bongsoo Noh
 Department of Food Science and Technology, Seoul Women's University
 126 Kongleung-2-dong, Nowon-ku, Seoul 139-774, Korea
 Tel: +82-2-970-5636
 Fax: +82-2-970-5977
 e-mail: bsnoh@swu.ac.kr

되어야 하는 것은 소비기한으로 표시하고 품질 변화 속도가 느린 것은 상미기한으로 표시하고 있다. 미국의 경우 제품의 특성에 따라 사용기한(use by date), 판매기한(sell by date), 포장일자(packaging date), 최상품질기한(best before date) 등으로 나타낸다. EU는 부패하기 쉬운 것은 최종사용일자(use by date)로 표시하고 일반 식품은 최소품질유지 일자(date of minimum durability)로 표시하도록 하고 있다.

2. 품질유지기한의 설정과 관리

1995년부터 단계적으로 자율화를 추진하여 2000년 9월 1일부터 모든 식품의 유통기한 설정이 자율화되었고, 이에 따라 현재는 식품 제조·판매업체에서 식품별 특성에 맞춰 자율적으로 유통기한을 설정하여 표시한다.

‘유통기간’의 산출은 포장완료(단, 포장 후 제조공정을 거치는 제품은 최종공정을 마친 시점)시점을 기준으로 하되 캡셀제품은 충전 성형완료시점으로 하며, 선물 셋트와 같이 유통기한이 상이한 제품이 혼합된 경우에는 유통기한이 짧은 제품을 전체 제품의 유통기한으로 정하여야 한다는 규정이 운영된다.

원칙적으로 식품의 제조·가공 영업허가를 받아 생산되는 모든 식품은 유통기한을 표시하여야 하나, 식품의 수분함량이 낮거나 미생물이 번식할 수 없는 조건 등을 갖고 있는 식품은 유통기한 표시를 생략할 수 있는데 유통기한 표시가 생략되는 식품으로는 설탕, 아이스크림류, 병과류, 식용 얼음, 껌류(소포장 제품), 제재·가공소금 및 주류(탁주·약주 제외)가 있다.

유통기한은 정부가 식품 생산자와 판매자에게 제품명, 식품의 유형, 업소명 및 소재지, 함량, 영양성분 등에 관한 각종 식품 정보를 제품의 포장이나 용기에 표기하도록 하는 「식품 등의 표시기준」에 따라 표시하게 되어 있다.

3. 품질 예측을 위한 지표물질

품질의 예측은 일차로 미생물 검사를 통하여 위해한 미생물의 오염이 일어나는지 여부를 바탕으로 설정을 한다. 미생물의 경우 대부분 식중독균을 대상으로 하며 특별한 경우 유산균이 적용되는 경우가 있다. 그러나 미생물의 생성이 관찰되지 않는 경우에는 품질의 변화를 관능검사를

표 1. 품질수명기간에 영향을 미치는 요소 (1,2)

품질의 변질 요인	유통기한에 영향을 미치는 요인	변질시 일어나는 반응
온도	원재료의 신선도	효소반응
수분	위생상태	산화반응
산소	원료의 배합 및 조성	지방 산패
광선	pH, 산도	색소파괴
금속이온	수분활성도	영양가 파괴
	산소이용성	갈변화반응
	산화환원전위	미생물 번식
	재료 및 포장 시스템	
	저장조건	
	유통조건	
	제조공정	

통하여 확인하게 된다. 관능적인 지표로는 색상, 물성, 침전물, drip, 점성, 케이킹, 곰팡이 발생 유무 등이 여기에 해당된다. 또, 맛이나 향기 등의 변화는 미세한 화학반응들이 일어남으로 야기된다. 따라서 식품의 유통기한을 설정하기 위한 지표로는 이화학적 지표, 미생물학적 지표, 관능적 지표가 모두 적용되어야 한다.

식품의 품질을 변질시키는 직접적인 요인으로는 온도, 산소, 수분, 광선, 금속이온 등이 있으며 유통기한에 영향을 주는 인자들로는 원재료의 신선도, 원료의 배합 및 조성, pH, 산도, 수분활성도, 산소이용성, 산화환원전위, 제조공정, 위생상태, 포장재료 및 포장 시스템, 저장조건 및 유통조건 등에 따라 얼마든지 달라질 수 있다. 이와 같은 변질 요인과 유통기한에 영향을 줄 수 있는 요소들에 의해 식품 내에서는 다양한 화학적 반응들이 일어날 수 있다. 예를 들면 효소반응, 산화반응, 지방 산패, 색소파괴, 갈변화 반응, 영양가 파괴, 미생물 번식에 의한 변질 등이 일어난다(표 1).

식품 내에서는 각 성분들마다 일어나는 반응뿐만 아니라 식품성분 상호간의 반응, 식품성분과 포장재간의 반응, 그리고 미생물들이 일으키는 반응 등 복잡한 반응들이 동시에 많이 일어나고 있다. 따라서 식품 내에서 일어나는 화학적, 물성학적, 미생물학적 변화 중에서 관능적 변화와 가장 일치하는 요소를 품질지표로 선택하는 것이 바람직하는데 이것은 관능적 평가 방법을 매년 품질 관리를 위

표 2. 일반식품에서 유통기한 예측시 사용되는 이화학적 지표

식품	이화학적지표	식품	이화학적지표
빵, 떡류	과산화물가(유통제품) 산가(유통제품)	견과류	수분, 과산화물가(유통제품) 산가(유통제품)
잼류	pH, 가용성고형분	식육제품	TBA가, 휘발성염기질소
어육가공품	pH, 산가	두부류	산가(튀긴 것), 과산화물가
식용유지	산가, 과산화물가	차, 커피	수분
간장	pH, 총질소, 순추출물	식초	총산, 알코올, 산도
소스류	색도, 총산	카레	수분, 산도
김치류	pH, 산도	젓갈류	총질소, 아미노산성 질소
주류	pH, 에탄올, 메탄올, 가스압, 알데히드, 총산	메주	조단백질, 아미노산성 질소 아플라톡신B1
별꿀	수분, 산도, 전화당, HMF	즉석건조 식품	수분, 산가, 과산화물가 (유지함유제품)
땅콩	수분,아플라톡신B1	생식류	수분

하여 실시하기에는 한계가 있고 주관적인 방법을 객관화 시키는 것이 효율적이기 때문이다. 식품의 성분이 단순하거나 공정이 복잡하지 않은 경우에는 비타민 C와 같이 어떤 특정 성분을 대상으로 이 성분의 변화되는 값과 온도에 따른 변화 정도를 바탕으로 품질 변화와 제품의 품질 유지기간을 예측하는 것이 용이하다. 이에 관련된 연구는 많이 이루어져 왔다(3-6).

일반적으로 식품의 변질이 일어나는 경우 지방의 산패나 비타민의 파괴, 색깔의 변화, 조직감의 변화 등이 예상되며 이런 변화를 품질 변화의 대표적인 변수로 간주하고 품질의 지표로 선정하되 온도에 의해 변화되는 정도가 큰 물질로 품질 변화의 지표물질로 이용될 수 있는 성분 및 이화학적 성질을 Arrhenius 식에 대입하여 예측을 하여 왔다(4-6). 이와 같은 예측 시 사용된 지표로는 산가, 과산화물가, 아미노태질소, pH, 산도, 아스코브산, 티아민, retinol, 핵사날, 생리활성 물질, 클로로필, 폴리페놀함량, 색도 등이 있으며 이러한 변화를 지표 물질로 삼아 이들에 관한 kinetics를 관찰하면 식품의 변화 정도를 예측할 수가 있다. 표 2는 일반 식품업체에서 현재 활용되고 여러 가지 일반 지표들으로써 이화학적 지표들을 주로 제시하였다(7). 보는 바와 같이 식품의 종류에 따라 다양하다.

이화학적 변화가 객관적인 분석이라고 한다면 주관적인 분석인 관능검사와의 상관관계를 바탕으로 지표물질의 변

화가 소비자의 선택기준을 결정할 수 있어야 하며 나아가 품질을 유지할 것으로 기대되는 시점까지를 예측하는 것이 가능해야 한다.

4. Kinetics 모델

대부분의 식품의 품질 변화는 다음과 같은 관계식으로 표현할 수 있다.

$$\text{바람직한 품질의 감소} = -\frac{dA}{dt} = k(A)^n$$

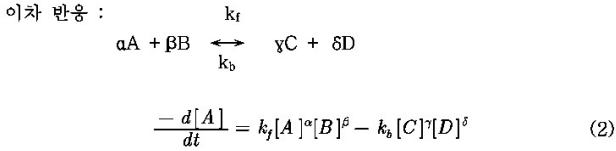
$$\text{혹은 바람직하지 못한 식품의 변화} = \frac{dB}{dt} = k(B)^n$$

$\frac{dA}{dt}$, $\frac{dB}{dt}$ 는 시간에 따라 A, B 성분이 변화하는 양을 나타내며 (A), (B)는 주어진 시간에서 반응물 및 생성물 A, B의 양을 나타낸다. k는 반응속도상수를, n는 반응차수 즉 0, 1차 반응을 나타낸다

$$\text{일차 반응 : } \ln \frac{A_0}{A} = k_1 \theta \tag{1}$$

로 나타낼 수 있다. 1차 반응에서는 저장기간에 따라 한 가지 반응물의 농도에 따라 반응속도에 영향을 미치며 로

그함수 관계로 비례하면서 감소한다.



두 가지 반응물의 농도가 모두 반응속도에 영향을 주는 경우인데 이 경우 미분방정식의 해를 구하면 되지만 이 식의 풀이를 적용하여 응용하기에는 너무 복잡하여 농도 변화에 영향을 주는 요인 중 미약한 것을 하나를 무시하도록 한다. 품질 변화를 주는 성분이 비타민 C와 산소인 경우 이 둘 중 영향이 적은 산소를 차단함으로써 한 개의 반응물에 의해서만 영향을 받게끔 하는 방안이다. 진공 포장을 하거나 질소를 충전하는 경우가 여기에 해당된다.

식품의 경우 특별한 경우에 2차반응(속도)에 따르며 대부분 0, 1차 반응이다.

이와 같은 식품 내에서의 화학 반응은 온도에 따라 영향을 받아 반응속도가 달라지는데 이러한 변화는 Arrhenius가 제안한 모델 식에 따른다.

$$k = k_0 \cdot \exp(-E_a/RT) \quad (3)$$

- k : 반응속도 상수 k₀ : 임의의 상수
- E_a : 활성화 에너지 R : 가스상수(1.987cal/mol K)
- T : 절대온도 (K)

참고로 여러 가지 화학반응의 kinetics 상수는 아래 표 3과 같다.

품질수명기간을 비롯한 여러 반응 중에서 반응속도상수를 구하는 실에에 대하여 참고문헌을 참고하기 바란다(8).

표 3. 여러 가지 식품에서 일어나는 반응의 kinetics 상수 (7)

반응	기질	차수	D ₁₂₁	z값
티아민 파괴	고기류	1차 반응	158분	31℃
카로틴 파괴	간	"	43.6	25
비타민C 파괴	콩	"	246	50
비효소적 갈변	우유	"	12.5	26
엽록소 파괴	콩	"	13.2	38
Sensory quality	여러 가지 식품	"	5-500	26

5. 복잡한 식품구성 시스템에서 전자코 활용

식품을 구성하는 성분이 여러 가지이고 다단계 공정을 거치면서 복잡한 화학변화가 일어나게 되는 경우 특정 성분 한 가지 변화만을 토대로 품질 변화를 예측하는 것이 어려운 경우도 있다. 경우에 따라서는 어떤 성분들이 한꺼번에 많이 생성되는 산화반응을 거쳤음에도 불구하고 다른 성분과의 상호반응으로 말미암아 관능적 평가와 상관관계를 갖지 않은 경우도 예상하여 볼 수 있다. 이처럼 복잡한 반응들이 혼재하여 일어나는 경우 한 가지 반응의 변화만으로 전체 품질을 대변하기가 어려운 상황도 충분히 예상하여 볼 수 있을 것이다.

식품과 같이 여러 성분이 복합적으로 작용하고 이들 성분들 중 한 가지만을 선택하지 않고 여러 성분들의 변화를 고려하고, 나아가 물리적 변화나 관능평가까지도 함께 고려하여 예측한다면 보다 정확하게 예측을 할 수 있을 것이라고 여겨지며 이런 시도가 김정환 등(9)에 의하여 시도된 바 있다. 김 등은 다변량 통계기법에 하나인 주성분 분석을 이용하여 pH, 산도, Hunter L, a, b 값, 관능검사 결과(기호도, 이취, 신맛)를 함께 변수로 활용하여 품질변화의 평가를 주성분 분석을 이용하여 판단할 수 있는지 가능성을 검토한 바 있다. 그 결과 제1주성분 값(PC1)과 저장기간간의 상관관계를 통하여 온도에 따라 기율기값이 비례적인 관계를 보여 주었다. 사실, 산화반응이나 변질에 추가 되는 한 가지 성분만으로 어느 정도 변화를 예측할 수 있겠으나 보다 더 세밀한 예측을 하고자 한다면 이처럼 여러 가지 변수를 함께 고려하여 예상하는 것이 오히려 더 효과적이라고 생각된다.

한 가지 성분만이 아니라 여러 가지 성분의 변화를 토대로 예측하고자 한다면 제1주성분 값으로부터 얻어진 가상적인 반응속도 상수와 저장기간간의 관계로부터

$$(PC1)_i = k_i \times \theta_i + \text{intercept} \quad (4)$$

(PC1)_i : i 온도에서 전자코 센서로부터 얻은 데이터로 분석된 제1주성분 값

k_i : i 온도에서 가상적인 반응속도상수

θ_i : i 온도에서의 저장시간

식 (4)를 얻을 수 있다(10).

pH, 산도, Hunter L, a, b 값, 관능검사 결과(기호도, 이취, 신맛) 등과 같은 여러 가지 변수를 함께 활용한 것처럼 여러 성분의 변화를 함께 고려하여 이들 변수를 함께 고려할 수 있는 방법에는 전자코를 이용한 방법을 예로 들 수 있다. 저장 기간에 따라 여러 가지 휘발성분을 측정할 수 있는 전자코에서 얻어지는 각 센서들의 값(MS를 바탕으로 한 전자코의 경우 각 ion fragment들의 값)을 패턴화하여 시료간의 그 차별성을 추적하다보면 각 센서들의 모든 값들을 여러 변수로 인식하여 주성분분석이나 또 다른 다변량통계분석 방법으로 각 품질의 차이를 차별화하고 나아가 유통기한을 예상할 수가 있다.

두부시료의 경우 각 온도별로 저장을 하면서 전자코로 분석을 하고 여기서 얻어진 각 센서의 데이터를 주성분분석하여 제1주성분 값과 저장기간의 상관관계로부터 가상적인 반응속도 상수를 구할 수 있다. 그리고 각기 다른 온도조건에서 상기와 같은 실험을 반복하여 보면 표4에서 보는 바와 같이 두부를 저장하면서 전자코로 분석한 후 가상적인 반응속도 상수가 저장온도와 상관관계가 있음을 알 수 있다(그림 1). 이 관계식은 마치 1차반응에 따른 지방 산패나 비타민의 파괴의 경우와 유사하다. 단 log 함수로 표시되지 않았을 뿐이다.

가상적인 반응속도 상수와 저장온도간의 관계에서 결정계수(r^2)값이 0.96일 정도로 높은 상관관계를 보여주는데 이 관계식은 마치 활성화에너지를 구하기 위해 Arrhenius 식에서 유도된 관계식으로부터 임의의 온도에서 반응속도 상수를 구할 수 있는 것과 마찬가지로 실험하지 않은 온도에서의 가상적인 반응속도 상수(k_1)를 구할 수 있다(10). 그리고 불규칙한 온도 조건에서 유통되거나 저장되는 경우 일일이 실험하여 확보하지 않아도 해당 온도에서의 가상적인 반응속도상수를 구할 수 있어 이와 같은 조건에서의 품질 변화를 예상하는데 활용될 수가 있을 것이다.

가속저장실험을 통하여 짧은 시간 내에 식품의 화학적

표 4. 각기 다른 온도에서 전자코 분석 결과로부터 확보된 값을 이용하여 주성분분석 결과와 저장시간간의 가상적인 반응속도상수값 (10,11)

저장온도(°C)	가상적인 반응속도 상수	절편값	결정계수
5	-0.0015	+0.52	0.88
15	-0.0076	+0.44	0.95
25	-0.010	+0.49	0.96
35	-0.0131	+0.51	0.87

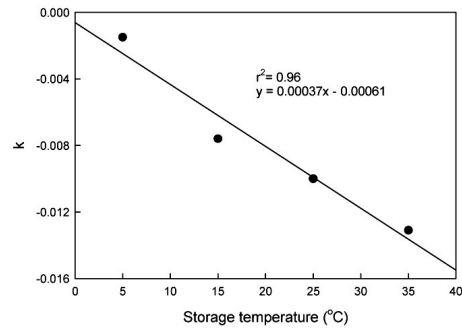


그림 1. The relationship between rate constant and storage temperature for soybean curd (10).

인 변화를 관찰할 수 있는데 이와 같이 주위환경을 임의로 변화시켜 보다 빠른 변화를 유발하여 품질유지기한을 예측하는 방법으로 경우에 따라서는 온도를 상승시키거나 산소 압력을 상승시키거나 금속이온이나 광선을 쬐이는 환경을 만들어 준다. 또 수분을 증가하는 방법이나 이들을 적절히 혼합하는 방법을 활용하게 된다. 온도가 보통 10°C를 올라가면 반응속도가 2~3배 정도 빠르게 진행되는데 지방 함량이 많은 식품의 경우는 지방 산패를 촉진시키기 위하여 산소의 농도 또는 압력을 높임으로써 지방 산패 반응을 촉진시킨다.

이러한 조건에서 얻은 실험 자료를 토대로 하여 Ln k vs 1/T 관계로부터 활성화 에너지를 구할 수 있고 아래 식에 대입하면 저장 실험을 하지 않은 조건에서의 반응속도 상수(k_2)를 구할 수 있다.

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{-E_a}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (5)$$

이 관계를 이용하면 임의 온도 조건 즉 저장 온도가 수시로 변화되는 조건에서의 품질 유지 기한을 예측할 수 있다. 이처럼 오랜 기간 동안 저장 실험을 거치지 않더라도 짧은 기간 동안의 반응만으로도 저장 기간 중 변화되는 품질의 정도를 예측할 수 있다(12).

6. 계절적 요인과 지역적 차이에 따른 유통온도의 차이

얼마 전 신문 지상을 통해 똑같은 제조공정을 거쳐 제조된 두부가 한국에서 유통기한이 평균 10~15일인데 미국에선 60~90일이나 된다는 보도가 나간 적이 있었는데 소비자들은 마치 한국의 식품 산업이 기술면에서 선진국

에 비하여 낙후되어 제조한 제품의 유통기한이 짧은 것으로 오해를 살 수도 있다. 이와 같은 유통기한 차이는 바로 유통 시 지켜지는 온도의 차이 때문이다. 한국의 법적 냉장온도는 0~10°C인데 반하여 미국은 0~5°C 로써 10°C에서는 미생물이 소량 증식할 수 있지만, 5°C에서는 미생물이 거의 증식하지 못하는 온도로서 냉장 유통 제품의 경우 미국에서는 유통기한이 상대적으로 길 수밖에 없는 것이 사실이다. 현재 유통시장에서의 저장유통 온도를 철저히 잘 지키는 것도 중요하지만 향후 이 온도를 미국처럼 낮게 조정하여 유통기한을 연장시켜나가는 문제도 식약청과 산업체간의 협의를 거쳐 조정해 나가는 것이 바람직하다고 판단된다.

많은 경우 온도 실험은 일정한 온도에서만 품질 변화를 예측을 하는데 현실적으로 유통단계에서에서는 일정한 온도 조건을 유지하기가 어렵고 불규칙한 온도 조건이 제공된다(그림 2). 그림에서 보는 바와 같이 유통단계별로 온도가 다를 수 있다. 냉동제품이나 냉장제품의 경우 cold chain을 통하여 이루어지기 때문에 비교적 일정한 온도 조건이 이루어지지만 부분적으로 외부에 노출되는 시간을 고려하면 결코 무시할 수 없는 변화가 일어나고 있다. 또, 실온에서 보관되는 과자류, 커피, 라면 등은 실온조건에서 유통이 이루어지지만 계절에 따라 온도 변화가 일어나기 때문에 실온에 노출되는 경우 계절적인 변화에 따라 온도 조건이 달라지는 점을 고려하여 품질수명기간을 예측해야 한다.

서울, 경기지역의 10년 동안의 온도 변화를 토대로 분말주스의 제품수명기간을 예측한 바 있다(그림 3). 이 경우 Fourier series를 이용하여 온도변화를 예측할 수 있으며 변화된 온도조건에서의 반응속도 상수를 바탕으로 비타민 C의 잔존량을 예측하고 관능검사결과로부터 받아

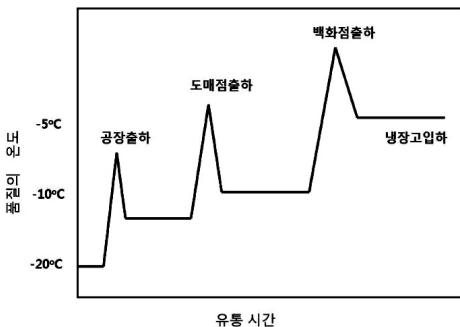


그림 2. 유통 중 출하 입고에 따른 제품의 온도 변화

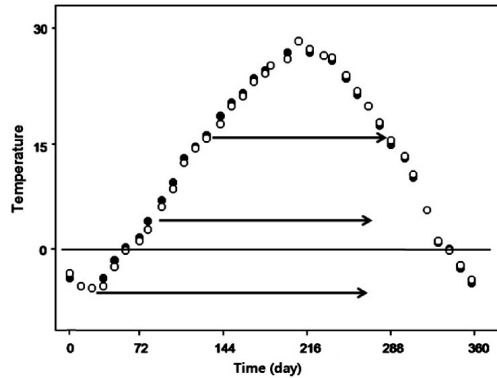


그림 3. 출하 시기에 따른 분말주스제품의 품질수명기간의 차이

- : 서울지역의 10년동안의 온도변화(1970-1980)
- : Fourier series에 의해 계산된 온도
- > : 예상되는 제품의 품질수명기간

들여질 수 있는 비타민 C양을 토대로 제품수명기간을 예측을 실시한 바 있다(13).

이 경우에서도 볼 수 있듯이 1월 달에 출시하는 제품과 3월, 5월경에 출시하는 시점에 따라 제품의 수명기간은 달라질 수 있는 것이다. 겨울철에 생산된 제품과 여름철에 생산된 제품의 경우 이후 6개월간의 온도 변화 양상은 매우 다르다. 또 같은 온도 조건인 봄과 가을에 생산된 제품에서도 봄에 생산된 제품보다는 가을에 생산된 제품이 제품수명기간이 길 정도로 많은 차이를 나타낸다.

서울, 경기지역에서 생산, 판매되는 양이 대부분을 차지하기는 하나, 남쪽 지방과는 4~5°C의 온도 차이를 보이므로 남부 지역으로 출하하는 것과 서울 경기지역에 출하되는 제품 간에는 제품 수명기간이 각기 달라져야 할 것이다. 이런 세밀한 부분까지도 고려해서 제품을 출하하여야 소비자들로부터 신뢰받을 수 있는 제품을 생산하는 기업으로 남게 되는 것이다.

7. 불규칙적인 환경변화에서의 제품수명기간예측

온도가 수시로 변화되는 조건인 경우 임의온도에서 손실되고 남아 있는 양은 다음 온도 조건에서의 초기값 A₀ 값에 해당하므로 이를 대입하여 다음 온도 조건에서의 반응속도상수와 초기 농도(A₀ 값)을 대입하여 1차 반응식에 적용하는 식으로 모든 환경 변화(온도 변화)를 조그만 segment로 나누어 생각하는 방식이다.

따라서 그때그때 A_0 값이 달라지고 반응속도상수와 기간이 달라져 각각의 온도 조건에서의 변화량을 모두 합쳐 나가면 다시 말하면 누적효과에 따라 남는 양이 계산되는데 이것을 도해법에 의하여 합산하면 다음과 같이 된다.

$$\ln A = \ln A_0 - \sum_{i=0}^n (k_i \Delta \theta_i) T_i \quad (6)$$

- A : 저장 후 최종 시점에서 남아 있는 양
- A_0 : 저장 초기의 양
- T_i : i 조건에서의 저장온도
- k_i : T_i 온도에서의 반응속도 상수
- θ_i : T_i 온도에서의 저장시간

제1주성분 값을 이용하여 이런 변화 조건에서 적용을 하면 우선 먼저 임의의 온도조건에서의 가상적인 반응속도 상수가 일정한 절편값을 갖는다고 가정을 하여보면 (4) 식은 다음과 같이 변형될 수 있다

$$((PC1)_{app})_i = k_i \times \theta_i \quad (7)$$

어떤 한 순간에서의 품질 변화가 아니라 각기 다른 온도 조건에서의 변화된 양의 합을 걸보기 제1주성분 값 $((PC1)_{app})$ 으로 나타낸다면 각각의 온도조건에서의 변화 차이의 합이라고 말할 수 있다. 즉 유통기일이 경과한 후 품질이 변화된 제품의 제1주성분 값의 합은

$$\text{Sum of } ((PC1)_{app})_i = \sum_{i=0}^n (k_i \Delta \theta_i) T_i \quad (8)$$

으로 나타낼 수 있다. 두부 제품을 대상으로 온도 변화를 4°C 에서 보관한 후 다시 10°C 에서 보관하는 방법을 반복하면서 품질의 변화를 관측한 값과 실제로 위에서 설명한 이런 모델에서 예상된 걸보기 PC1값과 비교를 한 결과 7%내에서 오차를 보이고 있는 것으로 나타났다. 제1주성분 값은 품질의 상태를 여러 변수를 고려하여 압축된 표현으로 현재의 품질이 어떤 상태인지 알려주는 값이라고 말할 수 있다.

제품의 품질변화를 보다 더 세밀하게 분석하여 제품 정보를 소비자들에게 제공하고자 한다면 이와 같은 시도도 필요할 것이다(그림 4). 이 방법은 모든 제품에 적용하기 보다는 식품을 구성하고 있는 성분들이 복잡한 시스템으

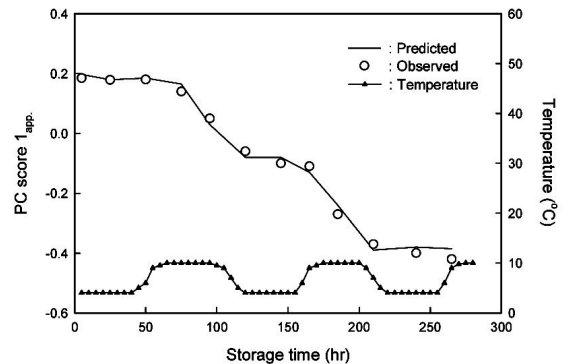


그림 4. The relationship between apparent first principal component score (PC1)app and storage time at fluctuating temperature condition. The predicted value means that the value was obtained from kinetics equation while the observed value was determined by electronic nose(10). ▲ : temperature ○ : (PC score 1)app

로 이루어져 있고 식품 내에서 일어날 수 있는 반응들의 변화가 여러 가지인 경우 적당할 것으로 사료된다. 단순한 성분으로 구성된 시스템의 경우는 기존의 모델을 적용하는 것이 바람직할 것이다.

8. 공장위생관리에 따른 안전계수(Safety factor)

품질 수명기한의 예측은 제조한 식품이 가장 안전한 조건하에서 제조되어 다른 외부 환경에 의한 변화가 가장 적게 일어났을 때를 기준으로 하여 예상을 한 것이므로 실제 상황은 여기에 미치지 못하는 경우가 더 많다. 영세 제조업자의 경우 제조 공정이 HACCP를 적용할 수 없을 정도로 환경이 매우 열악한 조건이라면 예상한 품질유지 기간에 대하여 안전계수 값으로 0.6~0.65 정도의 값을 곱하여 주어 실제 얻어진 기간보다도 짧은 기간의 값으로 대신하는 것이 바람직하다. 그러나 매우 위생적인 환경에서 안전하게 생산되고 품질이 관리된다면 안전계수는 0.8 값만을 고려하여도 무방하다. 만일 100일 이라는 제품 유통기한을 관계식으로부터 얻게 되었다면 안전계수 0.8 값을 고려하여 80일이라고 간주하는 것이다. 이처럼 제조 환경에 따라 안전하게 판단할 수 있도록 안전계수를 고려하여 주는 것이 보다 원만한 품질 관리를 수행을 위해 바람직하다.

위생관리뿐만 아니라 좋은 원료를 선택하고 있는지 또

한 원료를 보관하는 상태가 원료의 변질을 최소화할 수 있는 환경인지에 따라서도 안전계수의 폭은 달라질 수 있는 것이므로 이에 대비한 철저한 관리와 분석이 뒤따라야 할 것이다.

9. 전자코 분석과 인공신경망을 이용한 제품수명시간 관리

현장에서 유통되는 제품들이 제대로 품질을 유지하고 있는지 여부를 관리하기 위해서 임의로 시료를 채취하여 관능검사를 해 볼 필요가 있다. 이것은 유통온도조건이 당초의 예상대로 지켜지고 있는지 공장에서 출하 시 예상되었던 품질이 현장에서 지켜지고 있는지를 확인하는 작업과 함께 이루어지면 더욱 바람직하다. 물론 이런 노력이 아직 이루어지지 않고 있는 산업체들이 대부분이다. 그러나 소비자들의 요구도가 높아지면서 소비자를 보호하고 또 소비자 상담관리 차원에서 꼭 필요한 사항 중에 하나이다. 이런 경우 관능검사 요원들이 동원되어 맛을 보고 확인할 수 있겠으나 관능검사 요원들이 정확히 평가를 내릴 수 있는 시간은 아침 10시, 오후 3시인 점을 고려하면 많은 제품을 관능검사 요원에 의해 관리하기에는 한계점이 뒤따른다. 따라서 이런 문제도 객관적인 분석방법을 이용하여 분석할 수 있겠으나 며칠이 되었는지를 정확히 파악하기에는 어려움이 있고 단순히 먹을 수 있다. 혹은 곤란하다 등으로 표현할 수밖에 없다. 전자코와 인공신경망을 이용하면 비교적 정확하게 며칠이 지났는지를 예상할 수 있다(14-16). 이와 유사한 접근 방법으로 GC에서 분석한 데이터를 이용하여 인공신경망 프로그램으로 우유의 유통기한을 예측하기도 한 바 있다(17). 즉, 인공신경망 프로그램을 활용하기에 앞서 우선 임의의 온도조건에서 일정 기일이 지난 시료들을 전자코로 분석을 하고 분석한 데이터를 인공신경망을 활용하여 반복된 학습을 시키는 것이다(그림 5). 이런 학습된 정보를 토대로 미지의 시료에 대하여 시료간의 차별성을 토대로 며칠이 경과된 제품인지를 판단할 수 있고 유통시장에서 판매되는데 무리가 있는지 여부를 판단할 수 있다. 아직 유통기한이 남아 있 다손 치더라도 품질면에서 저하된 품질을 갖고 있다면 소비자 보호 차원에서 수거하는 노력이 필요할 것이다. 이런 체계와 노력은 향후 산업계가 추구해야할 방향이라고 생각된다.

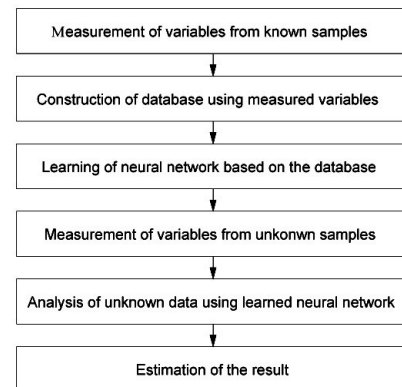


그림 5. Neural network analysis mechanism for predicting shelf life of food.

10. 소비자를 위한 홍보와 교육의 필요성

소비자가 마스크를 통해 쉽게 접하고 우려하는 것 중에 유통기한이 지난 식품을 판매한다는 것이다. 이것은 식품 판매자와 소비자 간의 신뢰를 손상시키는 주요 원인이 되고 있으나 유통기한 1시간 지난 것이라고 하여 절대로 먹어서는 안 되는 것이냐 하면 그렇지 않다. 다소 품질은 떨어질는지 모르나 식용하는 데에 문제가 없을 수도 있다. 따라서 품질 보증기간(품질유지기한: 상미기한)이라는 개념으로 이를 받아들여야 할 것이다. 유통기한과 품질을 보증하는 기한 간에 약간의 차이점을 내포하고 있으며 이에 대한 소비자교육과 홍보가 요구되고 있는 실정이다.

일반 소비자들은 하루라도 경과한 제품은 먹으면 큰 탈이라도 날 것처럼 잘 못 판단을 하고 있는데 이는 잘못된 상식이다. 만족할 만 한 상태로 먹기에 어렵다는 것이며 소비자가 받아들일 수 있는 품질의 수준은 아니지만 그래도 먹을 수는 있는 것이다. 외국에서는 이런 경우 1/2가격이나 1/4가격으로 조정하여 판매를 하고 있으며 어려운 계층의 사람들은 소위 유통기한이 지난 식품을 섭취하는 경우가 많다. 이제는 이런 방향으로 우리도 개선할 필요가 있다. 우리나라에서 버리는 음식 쓰레기가 년간 15조 원에 도달한다는데 월드컵 경기장을 70개나 건설할 수 있다 하니 한번 생각하여 불만한 사항이다. 따라서 품질수명 기한에 대하여 소비자들을 위한 충분한 정보가 제공되고 이에 대한 홍보가 제대로 이루어져 상호 신뢰할 수 있는 분위기가 조성되어야 할 것이다.

제품수명기간을 결정하기 위한 방법은 제품의 특성에

따라 다양하며 모든 내용을 전부 서술할 수는 없으나 여기서는 전자코를 이용한 휘발성분을 측정함으로써 접근할 수 있는 방법을 소개하였고 아울러 몇 가지 제언들을 통하여 현장에서 정화한 관리와 외적인 변화요인들에 대한 올바른 대처가 뒤따름으로써 잘 관리되고 홍보되어 소비자들에게 더욱 신뢰 받을 수 있는 환경이 조성되기를 기대한다.

참고문헌

1. 신동빈, 식품의 유통기한 설정실험계획법, 식품의 유통기한 설정실험 설명회 6월7일, pp7-21 식품의약품안전청 (2007)
2. 손경현 식품의 유통기한 설정실험사례 I, 식품의 유통기한 설정실험 설명회 6월7일, pp23-44 식품의약품안전청 (2007)
3. Singh TK, Cadwallader KR. The shelf life of foods. ACS Symposium Series 836, pp. 2-21. In: Freshness and Shelf Life of Foods. Cadwallader KR, Weenen H(ed). Am. Chem. Soc., Washington, D.C. USA (2002)
4. Labuza TP, Kamman JF. Reaction kinetics and accelerated tests simulation as a function of temperature. pp. 71-115. In: Computer-aided Techniques in Food Technology. Saguy I(ed). Marcel Dekker, New York, USA (1983)
5. Labuza TP. Kinetics of lipid oxidation in foods. Crit. Rev. Food Technol. 2: 355-405 (1971)
6. Schmidl MK, Labuza TP (ed). Essentials of Functional Foods. pp. 15-48 An Aspen Publication, Gaithersburg, MD, USA (2000)
7. 노봉수, 김석신, 장관식, 이현규, 김태집. 식품저장학, pp 349, 수화사, 서울 (2008)
8. Earle R. Earle M. Fundamentals of Food Reaction Technology. pp.12-72 Leatherhead Food International, Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK (2003)
9. Kim JH, Yoon SG, Kim JC, Long UY, Application of principal component analysis to shelf life determination of processed food. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 703-707 (1995)
10. Youn, A.R. and Noh, B.S. Prediction of the freshness for soybean curd by the electronic nose in the fluctuating temperature condition. Food Sci. Biotechnol. 14 : 437-439 (2005)
11. Park, E.Y., Noh, B.S. and Ko,S.H. Prediction of shelf life for soybean curd by the electronic nose and artificial neural network system. Food Sci. Biotechnol. 11(3) : 245-251 (2002)
12. 박현진, 이철호, 식품저장학, 고려대학교 출판부 pp.63-70, 서울 (2008)
13. Noh BS, Lee YC, Prediction of ascorbic acid stability in powdered beverages, Korean J. Food Sci. Technol. 14: 330-335 (1982).
14. Ko, S.H., Park, E.Y., Han, K.Y., Noh, B.S. and Kim, S.S. Development of neural network analysis program to predict shelf life of soymilk by using electronic nose. Food Engineering Progress. 4(3):193-198 (2000)
15. Park, E.Y., Kim, J.H. and Noh, B.S. Application of the electronic nose and artificial neural network system to quality of the stored soymilk. Food Sci. Biotechnol. 11(3) : 320-323 (2002)
16. 양영민, 노봉수, 홍형기: 휴대용 전자코를 이용한 우유의 신선도 예측. 산업식품공학, 3(1): 45-50 (1999)
17. Vallejo-cordoba, B., Arteaga, G.E. and Nakai, S. Predicting milk shelf-life based on artificial neural networks and headspace gas chromatographic data. J. Food Sci. 60: 85-888 (1995)