



식품의 유통기한 설정: 현황 및 미래 전망

Shelf-life Prediction: Status and Future Possibilities

김지영 | 안전유통연구단

Ji Young Kim | Safety, Distribution and Marketing Research Group

서론

식품은 시간이 경과함에 따라 품질이 저하되어 일정 시간이 지나면 소비할 수 없는 상태에 이르게 된다. 미생물에 대한 부패 등으로 식품의 품질이 저하되면 영양성분의 손실, 색깔, 맛, 냄새의 변화를 초래하게 된다. 이와 같은 품질변화를 가능한 한 방지하는 것이 식품 보존기술이다.

식품을 구입할 때 소비자들은 식품 포장지에 표시된 제품 정보를 참고하여 식품을 선택한다. 일반적으로 원재료(주원료), 영양성분, 첨가물 등을 살펴보게 되지만, 그 중에서 식품 선택 시 가장 많은 영향을 주는 요인은 유통기한이다. 또한 새로운 식품의 개발, 기존제품의 품질개선 및 단순한 원료의 규격 변동일지라도, 모든 제품의 개발에는 유통기한에 대한 고려가 반드시 수반되어야 한다.

식품이 생산에서부터 섭취할 수 있는 품질수준까지 유지되는 기간을 흔히 식품의 저장수명(Shelf-life, 품질수명, 안전기간, 유통기한)이라고 한다. 수확

된 원료 식품이나 이를 제조 가공한 수많은 가공식품은 제조 후 시간이 경과됨에 따라 어느 시점에서 먹을 수 없는 상태가 된다는 것은 이미 언급된 사실이다. 그러나 유통과정 중 노출되는 환경에 따라서 실제로 이 기간이 달라질 수 있으며, 특히 저온저장을 유지해야 하는 식품의 경우 공장에서 도매상 또는 소매상을 거치면서 이동 운반되는 과정에서 상당히 높은 온도나 햇빛 등에 노출되어 이 기간이 달라지게 된다. 소비자는 과거와 달리 제조업자에게서 직접 상품을 구매하지 않고 다양한 유통과정을 거친 상품을 간접적으로 구매하므로 상품에 대한 정보와 위생 상태를 직접 확인할 수 없다. 유통기한을 잘못 책정하여 품질이 나쁜 제품을 소비자들이 구입하게 되면 소비자의 불만을 초래하게 되며, 이로 인해 발생하는 소비자 클레임 제기는 식품 기업 입장에서도 골칫거리이다. 또한 잘못된 유통기한 설정은 식중독 및 식품사고의 발생 등 식품안전 문제를 일으킬 수도 있다. 따라서 식품의 유통기한 설정 기준과 먹을 수 있는 일정 수준의 품

질을 유지할 수 있는 기간이 어느 정도 될 것인가를 사전에 예측한 적용 사례들을 살펴보았다.

유통기한 개요

우리나라의 식품 기한 표시는 유통기한(流通期限)을 중심으로 하고 있다. ‘유통기한’이란 제품의 제조일로부터 소비자에게 판매가 허용되는 기한을 말하는 것으로 법령상 유통기한은 판매기한으로 정의된다. 즉 식품을 판매할 수 있는 최종일을 나타내는 것으로 이 기한 내에 적정하게 보관·관리된 식품은 안심하고 먹을 수 있다는 의미이며, 제조업체가 제품의 품질이나 안전성 등에 대해 소비자에게 책임지고 보증한다는 뜻이다. 일반적으로 식품의 유통기한을 산출하는 방법은 식품업체에서 실험을 통하여 식품이 정상적인 품질을 유지할 수 있는 기한을 계산하고, 여기에 안전계수(0.7~0.8)를 곱하여 유통기한을 설정한다. 예를 들어 실험을 통해 얻은 유통기한이 100일이라면 결정되는 유통기한은 70~80일이 되는 것이다. 이처럼 유통기한은 소비자의 안전을 고려하여 실제 부패 및 변질이 일어나는 기한보다 짧게 설정하기 때문에 구매 후 유통기한이 경과하더라도 관능적으로 제품이 안전한 경우에는 섭취하는 것이 가능하다. 물론 해당제품이 출고 후 유통단계 등을 거치면서 온도 관리가 적절하게 관리되었다는 조건 아래서다.

그러나 대부분의 소비자들은 현행 유통기한을 판매가 허용된 기간으로 인식하기보다는 섭취가 가능한 ‘소비기한’으로 오인하고 있기 때문에 유통기한이 경과된 식품을 부패 및 변질된 식품으로 잘못 인식하고 있으며 식용 여부와는 상관없이 제품

을 폐기하고 있다. 폐기물 통계 조사에 의하면 유통기한 초과 등으로 인해 전국에서 버려지는 음식물 쓰레기의 하루 평균 발생량은 2008년 기준으로 1만 5000톤에 이르는 것으로 보고되었으며, 수거, 처리 비용 등을 감안하면 연간 20조원의 경제적 낭비가 이루어지고 있다고 한다.

현재 선진국에서는 대부분 유통기한 표시가 법적으로 의무화 되어있지 않고 식품업체 자율에 맡겨져 있거나 변질이나 부패 우려가 커서 품질변화속도가 빠른 제품에만 소비기한(use by date) 또는 사용기한을 사용하도록 하고 있으며, 비교적 저장성이 길고 품질의 변화가 거의 일어나지 않는 식품들을 최상품질유지기한(Best before)을 채택하여 사용하고 있다. 국가별로 일본의 경우 품질변화속도가 빨라 5일 이내에 소비되어야 하는 제품은 소비기한으로, 품질변화속도가 느린 제품은 상미(上味)기한으로 표시하도록 되어 있으며 미국은 제품의 특성에 따라 사용기한, 판매기한, 포장일자, 최상품질기한 등으로 사용하고 있으며 EU는 부패가 용이한 식품은 최종사용일자 표시로, 일반식품은 최소품질유지일자로 표시하도록 하고 있다. 또한 유통기한의 경과만으로 우리나라처럼 일률적인 제재가 이루어지기 보다는 소비기한을 경과하여 안전성 문제를 일으킨 경우에 한하여 법원의 구체적 판단에 의해 그 위해 정도에 따른 처벌이 이루어지고 있다(Table 1).

유통기한 설정기준 및 실험방법

우리나라의 유통기한 관련 설정 제도는 2000년부터 제조업자가 유통기한을 자율적으로 설정할 수

Table 1. Status of Shelf-life indication system in major countries.

국가	종류	소비기한 경과 시 제재
CODEX	제조일(Date of manufacture) 포장일(Date of packing) 유통기한 최상품질유지기한 소비기한	최상품질유지기한 표시 권장
미 국	포장일 - 식육, 가금류, 난, 유제품 등 상하기 쉬운 제품 유통기한 최상품질유지기한 소비기한 - 영유아용 식품, 신선하고 조리되지 않은 식품	(연방법) 별도 규정 없음 (주법) 6만~130만 달러 벌금
일 본	상미기한 - 소비기한 제외 식품 소비기한 - 도시락, 반찬 등	비위생적 식품 판매에 해당할 경우 3년 이하의 징역 300만엔 이하의 벌금
E U	최상품질유지기한 - 일반 식품 소비기한 - 부패가 용이한 식품	별도 규정 없음
호 주	최상품질유지기한 - 저장성 2년 미만인 식품 소비기한 - 저장성 7일 미만인 식품	구체적 근거는 찾기 어려우나, 식품 관련 규정 위반 시 범죄 관련 규정 적용 받는다는 규정 존재
영 국	최상품질유지기한 소비기한 - 부패가 용이한 식품	“비위생적 식품 판매”로 보아 벌금 또는 2년 이하의 실형으로 기소 2만 파운드 이하의 벌금 또는 6개월 이하의 실형으로 즉결심판
캐 나 다	포장일 최상품질유지기한 소비기한	구체적 근거 찾기 어려움
홍 콩	소비기한 품질유지기한	‘Use by’ date 경과 식품을 판매하고 위반증거가 충분한 경우, 법원에 의한 판결로 벌금 레벨5에 해당하는 벌금(최대 \$50,000), 징역 6개월
중 국	제조일 소비기한(종료기한)	제품의 생산과 판매를 중단하고, 생산, 판매된 제품가의 30%미만의 벌금 부과

(보건복지부, 가공식품의 유통기한 표시제도 개선방안, 2011)

있도록 법이 개정되었으나 과학적 근거가 미흡한 가운데 자의적으로 설정하거나 제조공정 및 포장상태를 고려하지 않고 타사와 비슷한 유형 제품의 유통기한에 따라 설정함으로써 유통기한의 신뢰도에 문제점이 발생하였다. 따라서 식품의약품안전청에서는 식품의 유통기한설정기준(고시 제2007-66호)을 최초로 고시하였으며 유통기한 설정실험 가이드라인을 제시하였다. 이에 따르면 유통기한을 과학적으로 설정하기 위해서는 먼저 개별식품의 특성이 충분히 반영된 객관적인 품질지표를 설정해야 한다. 객관적인 품질지표란 일반세균, 병원성세균, 포자형성균 등과 같은 미생물학적 지표와 수분, 수분활성도, pH, 산가, 색도, 영양성분 등과 같은 이화학적 지표를 말한다. 주관적인 품질지표는 색, 향미, 기호도 등과 같은 관능적 품질지표를 말하는 것으로 이러한 품질지표들을 이용하여 유통기한을 설정한다(Table 2). 실험 수행 시 저장온도는 제품의 제조 후 보관, 유통, 진열 및 소비단계에 이르는 전 과정에서 일어날 수 있는 온도조건을 고려하여 제품의 대표적인 유통온도와 극단적인 환경 및 여러 유통단계에서 소비된 시간을 참조한 남용온도

를 설정한다. 상온유통제품의 경우 15~25℃ 유통조건을 설정하되 반드시 25℃가 포함되어야 하고, 실온유통제품의 경우 1~35℃ 유통조건을 설정하되 35℃가 포함되어야 한다. 냉장유통제품은 0~10℃ 유통조건을 설정하되 10℃가 반드시 포함되어야 하며, 냉동유통제품은 -18℃ 유통조건을 설정하여야 한다(Table 3).

식품 유통기한 연구동향

반응속도론

식품의 저장수명 판단은 실제 저장조건에서 저장실험을 수행하여 설정하는 것이 바람직하다고 할 수 있으나 이 경우에는 경제적·시간적 손실이 크기 때문에 고온에서 단기간에 수행하는 가속저장시험이 널리 이용되고 있다. 가속저장시험은 제품의 품질변화와 밀접한 상관관계가 있는 측정값을 품질변화의 지표로 사용하여 식품이 쉽게 변화할 수 있는 고온 다습한 조건에서 일정기간동안 저장하면

Table 2. Quality indicators of food during storage for shelf-life establishment.

품질지표	실험항목
이화학적	수분, 수분활성도, pH, 산가, TBA가, 휘발성염기질소(VBN), 산도, 당도, 영양성분(비타민) 등
미생물학적	세균수, 대장균군, 곰팡이수, 진균수, 유산균수, 병원성균수(바실러스세레우스, 장염비브리오균, 살모넬라, 황색포도상구균 등)
물리학적	점도, 색도, 탁도, 용해도, 경도, 비중 등
관능적	외관(곰팡이, 드립, 침전물, 분리상태, 색택, 외형 등), 풍미(냄새, 산패취 등), 조직감(물성, 점성, 표면건조 등), 맛 등

(식품의약품안전청, 식품의 유통기한 설정 가이드라인, 2011)

서 측정된 품질요인의 변화량에 대한 속도반응식을 구하여 일반저장조건에서의 저장수명을 예측하는 방법이다. 즉 훈련된 연구실의 관능검사 요원에 의한 검사 결과와 이화학적·물리적 그리고 미생물 측정값의 변화량과의 상관관계를 분석하여 유통과정에서 일어나는 품질변화를 가장 잘 나타내는 객관적인 품질지표를 선정하는 것을 말한다.

일반적으로 모든 화학반응의 속도는 온도가 증가함에 따라 증가하고 이들의 관계는 Arrhenius식으로 설명될 수 있다.

$$-\frac{dA}{dt} = k_0 \text{Exp}\left(-\frac{E_a}{RT}\right)A^n$$

여기서 E_a 는 활성화 에너지, R은 기체상수, T는 절대온도, k_0 는 절대 속도상수를 나타낸다. 따라서 품질손실량을 예측하기 위해서는 품질지표에 대한 자료로서 유통기한을 결정하는 품질지표의 반응차수(n)와 활성화에너지(E_a) 또는 Q_{10} 값을 알아야 한다. Q_{10} 값이란 활성화에너지와 마찬가지로 온도변화에 대한 반응의 민감도를 나타내는 척도이다.

$$Q_{10} = \frac{k_{(T+10)}}{k_T}$$

여기서 k_T 는 임의의 온도 T에서의 반응속도상수이며, $k_{(T+10)}$ 는 임의의 T보다 10℃ 높은 온도에서의 반응속도상수를 나타낸다. Baik 등은 인삼유화염료를 3가지 저장온도에서 저장하면서 품질변화를 측정하고 결과 유의차를 나타내는 품질지표는 유화안정성, 산도, 점도 및 yellowness로 선정하였고 Arrhenius식을 이용하여 판단한 결과, 점도의 Q_{10} 값이 가장 큰 것으로 나타나 점도를 이용하여 저장수명을 예측하는 것이 가장 신속한 결과를 얻을 것이라고 보고하였다. Lee 등은 김치의 품질지표로서 총산 생성량을 사용하였으며 품질수명 예측결과 10℃ 이상에서는 관능적으로 실측한 품질수명과 잘 일치되었으나 10℃ 이하에서는 예측결과가 실제보다 길게 나타났다. 그 외에도 장류의 품질수명을 예측한 결과 쌈장 및 고추장은 표면색 측정값이 관능적 기호도와 높은 상관관계를 나타내 품질 지표로 선정되었으며, 회귀방정식에 의하여 품질수명을 예측한 결과 저장일수와 저장온도에 따른 장류의 품질예측이 가능한 것으로 보고되었다. 복합가공품인 냉동만두의 경우 객관적인 품질지표는 산가, 과산화물가, 휘발성 염기질소, 미생물 생균수

Table 3. Food storage temperature for shelf-life establishment.

구분	유통온도	저장온도	상대습도
상온유통	15~25℃	유통온도: 25℃ 납용온도: 15℃	75%
실온유통	1~35℃	유통온도: 35℃ 납용온도: 25℃	90%
냉장유통	0~10℃	유통온도: 10℃ 납용온도: 15℃	90%이상
냉동유통	-18℃이하	유통온도: -18℃ 납용온도: -10℃	100%

(식품의약품안전청, 식품의 유통기한 설정 가이드라인, 2011)

등이며 저장온도를 기준으로 실시한 관능검사 점수와 객관적 품질지표와의 상관성을 분석한 결과, 과산화 물가의 상관성이 가장 높은 것으로 나타났다. 반응속도론에 의한 식품의 유통기한 설정은 무엇보다도 식품의 품질을 가장 잘 대표할 수 있는 품질지표를 선정하는 것이 매우 중요한 과제이다.

예측미생물

식품의 미생물학적 안전성을 확보하기 위해서 식품 중에서 미생물의 증식, 성장 및 사멸을 수학적 모델을 이용하여 정량적으로 해석·예측하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 이를 예측미생물학(predictive microbiology)이라고 하며 각 조건에서 식품 중 미생물의 증식을 예측할 수 있는 해석 수단으로서의 가치가 인정되고 있다. 일반적으로 예측미생물학이 대상으로 하는 미생물은 세포수를 계측하기 쉬운 세균 또는 효모이며, 그 균수 자체 또는 증식속도를 수식에 의해 나타내고 있다. Whiting과 Buchanan은 예측미생물학에 있어서 자주 이용되는 모델을 그 발전단계에 따라 3가지 모델군으로 분류하고 있다. 1단계는 직접균수의 시간적 변화를 나타내는 기본적인 증식모델, 2단계는 각종의 환경조건에 따라 기본증식 모델의 각 parameter가 어떻게 변화하는가를 나타내는 모델, 3단계는 제1, 제2

모델을 통합한 expert model이다(Table 4). 이런 예측미생물학을 이용하여 즉석 섭취 식품 중 하나인 김밥의 유통기한 설정 및 연장과 관련된 연구로 황색포도상구균을 대상으로 정량적 미생물 위해평가(quantitative microbial risk assessment, QMRA) 모델을 개발하였으며, Food Micromodel을 활용하여 김밥 중 황색포도상구균으로 인한 독소형 식중독이 발생하지 않을 농도를 기준으로 유효기간을 산정한 연구도 있다. 또한 수산가공 식품을 포함한 전체 식품 중의 병원미생물을 대상으로 그 성장변화에 미치는 환경인자의 영향에 대한 연구결과도 보고되었다. 그러나 관련 병원미생물을 대상으로 각 요인의 어느 범위 내에서 각각의 값에 대응하는 균의 반응을 정량적으로 해석하는 수치계산 모델 및 예측 프로그램 개발에 관한 연구는 미비한 실정이다. 또한 예측프로그램을 일반 사용자가 PC 상에서 손쉽게 이용할 수 있도록 하는 소프트웨어의 개발은 전무한 상태이다.

향후 전망

국민의 생활수준 및 소득수준이 향상되고 식생활 양식도 변화되어 관능적 기호만을 충족시킬 수 있는 제품보다는 품질이 우수하고 안전한 식품에

Table 4. Classification of mathematical model Using predictive microbiology

구분	모델
기본모델(1차 모델)	Gompertz model, Logistic model,
환경요인모델(2차 모델)	Squareroot model, Polynomial model
Expert 모델(3차 모델)	Pathogen Modeling Program, Food Micromodel

(Shin *et al.*, Food Science and Industry, **36**(2), 18-24, 2003)

대한 소비자의 관심이 높아지고 있다. 날로 까다로워지는 소비자들의 요구와 엄격해지는 식품 관련 규정들은 식품 산업으로 하여금 안전성 확보는 물론, 고품질 식품 생산을 위한 새로운 기술 개발을 요구하고 있다. 현재 우리나라의 유통기한 제도는 판매시한을 설정한 것으로 각 식품에 대한 관능적·이화학적·미생물학적 변화에 대한 특성이 고려되지 않고 운영되고 있다. 이로 인해 유통기한이 지난 많은 제품이 섭취가 가능함에도 불구하고 판매가 불가능하게 되어 막대한 식품이 반품 또는 폐기되는 것은 물론, 소비자들은 유통기한을 소비기한으로 오인하여 유통기한이 임박한 제품의 구입을 기피하거나 경과한 제품의 푸드뱅크 기탁 등 선의의 활용도 여의치 않은 실정이다. 유통기한 제도는 안전하고 신선한 식품의 선택과 소비를 위한 핵심적 지표로서 역할을 수행해왔으나 판매행위만을 규제하는 수단이기 때문에 소비자들로 하여금 유통기한이 경과된 제품의 섭취를 꺼리게 함으로써 유통기한 제도 본래의 기능을 제대로 수행하지 못하고 있다는 문제점이 제기되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 제품의 군별로 빠른 소비를 요하는 제품에 대해서는 소비기한을 적용하고, 그 외의 식품에는 품질유지기한을 적용하여 최상의 식품을 소비자가 안전하게 접할 수 있도록 변화되어야 한다는 의견이 제시되고 있다.

그러나 소비기한 및 품질유지기한으로 적용이 된다 하더라도 각 식품의 유통이력, 보관 방법 그리고 최종 소비자가 어떻게 관리하느냐에 따라서 유통기한은 달라질 수밖에 없다. 또한 과학적 근거가 없는 소비기한으로의 변경은 판매기한을 늘려주는 것 이외에 소비자에게 제품에 대한 신뢰도를 각인 시켜주는는 어려울 것으로 보인다. 따라서 소비기

한의 적용과 동시에 식품의 안전성을 보장하고 소비자가 스스로 품질이 좋은 제품을 올바르게 판단하고 선택할 수 있도록 유통과정 중의 정확한 온도 이력 정보를 제공하는 시스템의 도입이 절실히 필요한 것으로 판단된다. 대표적인 시스템으로는 USN 기술 및 RFID 기술을 활용한 식품 품질 모니터링을 들 수 있다. 현재 이러한 관리기술은 RFID와 USN 기술의 지속적인 발전에 따라 적용 대상 농식품의 품목과 범위가 계속 증가될 것으로 전망된다. 이러한 기술이 효과적으로 적용되기 위해서는 식품의 제조·유통 단계에서의 각 주체가 상호 협력체계가 잘 구축되어야 할 것이며 주고받는 정보의 신뢰성을 확보할 수 있어야 한다.

● 참고문헌 ●

1. 보건복지부, 가공식품의 유통기한 표시제도 개선방안, 2011
2. 식품의약품안전청, 식품의 유통기한 설정 가이드라인, 2011
3. Baik EK, Seo YK, Lee G, Baik MY, Quality factor determination and shelf-life prediction of emulsified ginseng drink, *Korean J Food Sci Technol*, **37**, 597-602, 2005
4. Hwang TH, Park KH, Harmonization of date marking for export of Korean foods. *Food Industry and Nutrition*, **12**, 12-18, 2007
5. Labuza TP, Shelf-life dating of foods. Food & Nutrition Press, Inc., Westport, 1982
6. Lee HM, Lee GY, Yoon EY, Kim HJ, Kang YS, Lee DH, Park JS, Lee SH, Woo GJ, Kang SH,

- Yang JS, Yang, KH, Computation of maximum edible time using monitoring data of Staphylococcus aureus in Kimbap and Food Micro-Model, J Fd Hyg Safety, **19**, 49-54, 2004
7. Lee KH, Yong HY, Pyun YR, Kinetic modelling for the prediction of shelf-life of Kimchi based on total acidity as a quality index, Korean J Food Sci Technol, **23**, 306-310, 1991
 8. Mattoli V, Mazzolaia B, Mondinia A, Zampollic S, Dario P, Flexible tag datalogger for food logistics, Procedia Chemistry, **1**, 1215-1218, 2009
 9. Park HO, Kim CM, Woo GJ, Park SH, Lee DH, Chang EJ, Park KH, Monitoring and trends analysis of food poisoning outbreaks occurred in recent years in Korea, J Fd Hyg Safety, **16**, 280-294, 2001
 10. Roberts CM, Radio frequency identification (RFID), Computers & Security, **25**, 18-26, 2006
 11. Shin IS, Kim JS, Woo GJ, Application of predictive microbiological safety in food, Food Science and Industry, **36**, 18-24, 2003

김 지 영 공학석사

소 속 : 한국식품연구원 안전유통연구단

전문분야 : 식품 유통 연구

E-mail : jykim@kfri.re.kr

T E L : 031-780-9350