

# 식품의 유통기한



## 설정실험 가이드라인

2008. 9

**KFDA** 식품의약품안전청  
Korea Food & Drug Administration



## 목 차

배경 및 목적 .....	3
용어의 정의 .....	4
I. 유통기한의 개요 .....	10
II. 유통기한 설정실험 지표 .....	14
III. 유통기한 설정실험 .....	27
[별첨 1] 업무흐름 .....	33
[별첨 2] 가속실험결과 해석방법 .....	35
[별첨 3] 간단한 예측적 방법의 사용 .....	50

## 배경 및 목적

- ▶ 2000년부터 식품의 유통기한 설정이 전면 자율화되었으나, 식품제조업소는 유통기한의 과학적 근거가 미흡한 가운데 자의적으로 설정하거나 타사 동일품목의 유통기한을 따라 설정함으로써, 이에 대한 대책 마련이 필요하다고 지적되어 왔다. 이에 2006년 12월 국내 식품제조·가공업자가 신규 품목제조보고 시 식품의약품안전청장이 정하여 고시한 방법에 따라 “유통기한설정 사유서”를 의무적으로 제출하도록 하는 식품위생법 시행규칙 제25조 제1항 제3호가 신설되었다.
- ▶ 이를 근거로 식약청은 『식품의유통기한설정기준』 (식약청 고시 제 2007-66호)을 고시하였으며(2007.10. 2), 지난 8월에는 일부 내용을 개정(식약청 고시 제2008-53호)하였다(2008. 8. 14).
- ▶ 새로운 기준이 신설되면서 업체 및 실험기관에서는 정보 부족을 가장 큰 애로사항으로 여기고 있다. 이에 식약청은 유통기한 설정실험 가이드라인을 마련하기 위한 연구사업을 실시하였다. 본 가이드라인은 그 결과를 토대로 제작된 것으로, 유통기한 설정에 직접적으로 관여하는 관계자들에게 유통기한 설정 원리와 결과보고서 작성에 기초가 되는 정보 제공을 목적으로 한다.
- ▶ 참고로 본 가이드라인은 제품의 유통기한을 정확하고 일관되게 결정하기 위한 최선의 방법을 기술한 것이나, 모든 식품과 원료 및 성분에 대한 실험계획을 대표하는 것은 아님을 밝힌다.

## 용어의 정의

가속실험	온도가 물질의 화학적, 생화학적, 물리학적 반응과 부패 속도에 미치는 영향을 이용하여 단기간에 저장온도를 상승시켜 증가된 변화율로부터 획득한 데이터를 아레니우스 방정식(Arrhenius equation)을 사용하여 정상 저장 조건으로 외삽하여 유통기간을 예측하는 실험
가열	식품에 열을 가하여 미생물 사멸, 효소 및 독성 성분의 파괴 등을 유도함으로써 식품에 안정성과 저장성을 부여하는 방법
가염	식품에 소금을 가하여 미생물 성장 억제를 유도함으로써, 식품의 저장성을 높이는 방법
검증	실험을 통해 증명하는 방법
고온살균	100℃ 또는 그 이상의 온도로 살균하는 방법
납용온도	유통기한 설정을 위한 실측실험이나 가속실험 시 실제 유통되는 온도 이외의 온도조건을 예상하여 상승시킨 저장 온도
냉동저장	식품의 수분을 얼려 효소나 산화에 의한 변질을 최소화하는 저장방법. 온도범위는 -18℃ 이하
냉장저장	식품의 어는점 이상의 낮은 온도에서 식품을 보관, 저장 방법. 온도범위는 0~10℃
물리적 부패	수분의 손실, 증가, 이동 및 온도변화 등에 의해 일어나는 부패. 식품 내부 성분의 점도 생성, 용해도 증가, 결정화 등을 포함

<b>미생물학적 모의시험</b>	식품 내 병원균이나 부패 미생물의 잠재적 위험을 결정하기 위하여 제품에 영향 미칠 가능성이 있는 미생물을 연구 중인 시료에 주입하고 위해성을 알아보는 시험
<b>미생물학적부패</b>	미생물이 원인이 되어 식품이 변질되거나 부패되는 것으로, 세균, 효모, 곰팡이 발육 등의 형태를 포함
<b>반응차수</b>	반응속도와 반응물질의 농도관계를 나타낸 반응속도식에서 반응물질 농도항의 지수 0차반응 - 반응속도가 반응물질의 농도에 의하여 변하지 않는 반응 1차반응 - 반응속도가 반응물질의 농도에 비례하는 반응
<b>반응속도</b>	반응물의 농도가 시간에 따라 변화하는 정도를 정량적으로 기술한 것. 반응속도로 부터 반응속도상수에너지, 활성화에너지, 반감기, $Q_{10}$ 값, 유통기한을 구할 수 있음
<b>반응속도 그래프</b>	<b>Kinetic plot.</b> 여러 가지 물리적조건(온도, 농도 등)에 대해 시간변화에 따른 품질변화량(화학반응량)을 나타낸 그래프
<b>발효</b>	미생물에 의한 유기화합물의 화학적 분해 또는 미생물이 무산소조건에서 당으로부터 알코올을 만드는 반응
<b>병원성미생물</b>	사람에게 병을 일으키거나 해를 주는 미생물. 바이러스, 리케차, 세균, 진균, 원생동물 등
<b>변질</b>	식품의 품질이 점차적으로 나빠지는 것. 냄새, 빛깔, 외관 또는 조직 등에 바람직하지 않은 변화가 일어나는 것
<b>부패</b>	유기물이 썩거나 붕괴되는 과정. 단백질과 유기물이 부패 미생물에 의해 분해되어 유독한 물질과 악취를 생성하는 변화

---

**산도** 염기 한 분자에 있는 수산기의 수. 이 수에 따라 일산염기, 이산염기, 삼산염기라고 함. 산성도의 준말로써 산을 가진 용액의 산성 세기를 나타내는 척도

**산화환원전위** oxidation-reduction potential : redox potential. 어떤 물질이 전자를 잃고 산화되거나 또는 전자를 받고 환원되려는 경향의 강도를 나타내는 것으로 측정은 산화환원 가역 평형상태에 있는 수용액에 부반응성 전극(예 : 백금전극)을 주입시켜 가역반전지를 구성, 발생하는 전위를 측정함. 산화환원전위는 Eh로 표시되며 단위는 volt (또는 milli volt)

**결정계수** Coefficient of determination. 두 변량 사이에 존재하는 상관관계를 나타내는 값. 선형 상관계수(correlation coefficient, r)를 제공한  $r^2$ (r-Square)로 표시함. 값은 0~1이며, 값이 클수록 강한 상관관계를 나타냄

**상온저장** 실온저장 참조. 온도범위는 15~25°C

**선형회귀분석** 선형회귀분석이란 쌍으로 관찰된 두 연속형 변수들 사이에 선형관계가 있다고 전제한 후, 한 변수를 원인(독립변수)으로 하고 다른 변수를 결과(종속변수)로 하여 두 변수사이의 선형식을 구하는 통계분석방법

단순선형회귀분석 - 1개의 종속변수와 1개의 독립변수 사이의 선형관계식을 구하는 분석

다중선형회귀분석 - 1개의 종속변수와 여러 개의 독립변수 사이의 선형관계식을 구하는 분석

**수분활성도** 한 온도에서 식품이 나타내는 수증기압(P)과 순수한 물의 수증기압( $P_0$ )과 의 비.

식품에 들어있는 물의 자유도를 나타내는 지표

$$Aw = \frac{P}{P_0}$$

---

<b>식품</b>	의약으로 섭취하는 것을 제외한 모든 음식물(식품위생법). 인간 또는 동물이 음용할 수 있는 모든 재료와 껌 및 그러한 재료의 성분으로 사용되는 모든 물질(FDA). 사람의 섭취목적으로 가공, 반가공 또는 가공되지 아니한 모든 물질을 의미하며, 음료수, 껌 및 식품의 제조, 가공 및 처리에 사용되어온 물질은 포함되나, 화장품, 담배 또는 약품으로만 사용되는 물질은 제외(국제식품규격위원회, CODEX)
<b>실온저장</b>	식품을 환기장치와 단열만으로 저장하는 방법. 상온 저장이라고도 함. 과일류의 호흡을 없애기 위한 간이 저장방법이기도 함. 온도범위는 1~35°C
<b>실측실험</b>	의도하는 유통기한 동안 실제 저장조건 또는 유통조건으로 저장하면서 선정한 품질지표에 대해 품질한계에 이를 때까지 일정간격으로 실험을 진행하여 변화를 측정하는 실험
<b>아레니우스방정식</b>	물질의 품질변화에 대한 온도 의존성을 설명하기 위해 시간과 속도상수로 표현되는 화학반응식. 가속저장실험에서 가속 인자가 열(온도)인 경우에 주로 사용
<b>안전계수</b>	제조사 등이 제품의 사용 조건을 정할 때, 이론치나 실험에 의해서 구할 수 있는 수치의 안전한 사용을 위해 설정한 상한치에 대한 비율. 식품의 경우 실제 유통조건에서 성분 열화(劣化)의 불확실성을 고려하여 제조사가 수용할 수 있는 계수를 정하고, 이론상의 수치보다 적은 유통기한을 상한치로 설정
<b>유통기한</b>	제품의 제조일로부터 소비자에게 판매가 허용되는 기한

---

<b>출장실험</b>	Travel test. 국내외 유통시 문제점을 사전에 파악하여 대처하기 위하여 유통 판매 하고자하는 지역에서 일정기간 실험을 설계하여 수행하는 것
<b>탈수</b>	식품에서 수분을 제거하는 제조공정으로 식품의 무게나 부피를 줄여 수송과 취급을 편리하게 하고, 미생물 성장을 억제하여 저장성을 높이는 방법
<b>통성 혐기성균</b>	산소성 또는 무산소성에서 발육할 수 있는 균의 총칭
<b>품질지표</b>	식품의 유통 및 저장 중 발생하는 미생물학적, 화학적 및 물리화학적 품질 변화를 수치화하여 객관적으로 표현할 수 있는 실험항목
<b>품질특성</b>	유통기한 설정을 위한 지표의 미생물학적, 화학적 및 물리학적 성질
<b>혐기성균</b>	무산소성에서 발육할 수 있는 균의 총칭
<b>호기성균</b>	산소성에서 발육할 수 있는 균의 총칭
<b>혼합</b>	분리된 두가지 이상의 상(相)을 서로 섞이게 하는 불규칙 분배. 서로 혼합하고자 하는 물성에 따라 고체-고체 혼합, 고체-액체 혼합, 액체-액체 혼합, 액체-기체 혼합 등이 있으나, 주로 고체-고체 혼합을 의미
<b>화학적 부패</b>	식품 내부의 탄수화물, 단백질, 지방과 같은 성분들의 반응과 분해에 의해 일어나는 부패. 산화, 산패, 비효소적 갈변, 호화, 노화 등을 포함
<b>활성화 에너지</b>	물질이 반응을 일으키는 데 필요한 최소한의 에너지. 활성화 에너지값이 크면 그 이상의 에너지를 갖는 분자의 수가 적어 반응이 느리게 진행되고, 활성화에너지값이 작으면 반대로 반응속도가 빨라짐. 이러한 활성화에너지를 낮춰 반응속도를 빠르게 하기 위해서는 촉매가 사용되며, 한편 천천히 진행되도록 하기 위해서는 부촉매가 사용됨

---

**훈연** 목재를 불완전 연소시켜 생기는 연기를 쫓이는 방법. 탈수, 건조와 동시에 훈연성분을 식품에 부여하여 저장성 및 식품의 풍미, 외관 등의 기호성 향상을 도모하는 방법

**GMP** **Good Manufacturing Practice**  
"의약품제조품질관리기준"의 약칭으로 의약품의 안정성과 유효성을 품질면에서 보증하는 기본조건으로서의 우수한 약품의 제조·관리의 기준을 의미. 또한 건강기능식품의 경우 "우수건강기능식품제조기준"의 약칭으로 제조업소가 우수한 품질이 보장된 건강기능식품을 제조하기 위하여 준수하여야 할 사항을 설정한 것으로 시설구조·설비, 제조관리, 품질관리 등에 관한 기준을 의미

**HACCP** **Hazard Analysis Critical Control Point**  
"식품위해요소중점관리기준". 식품의 원재료 생산에서부터 제조, 가공, 보존, 조리 및 유통단계를 거쳐 최종소비자가 섭취하기 전까지 각 단계에서 위해 물질이 해당식품에 혼입되거나 오염되는 것을 사전에 방지하기 위하여 발생할 우려가 있는 위해요소를 규명하고 이들 위해요소 중에서 최종 제품에 결정적으로 위해를 줄 수 있는 공정, 지점에서 해당 위해요소를 중점적으로 관리하는 위생관리시스템

**pH** 수용액의 수소이온 농도에 대한 음의 상용대수값. 산을 첨가하면 수소이온농도가 증가하고 수산화물 이온이 증가하면 수소이온농도가 감소하며, 전기화학적인 방법으로 측정. pH의 범위는 1~14

---

☞ 상기 정의는 유통기한 설정실험을 위한 참고용으로 작성된 것이며, 법적인 정의가 아님을 참고하시기 바랍니다.

## 유통기한이란?

『유통기한』이라 함은 제품의 제조일로부터 소비자에게 판매가 허용되는 기한을 말한다. 신규품목제조 시 식품 제조·가공업자는 제품의 특성에 따라 식품의약품안전청장이 정하여 고시한 기준에 의해 설정한 『유통기한 설정사유서』를 제출하여야 하며, 제품은 표시된 유통기한 내에서는 식품공전에서 정하는 식품의 기준 및 규격에 적합하여야 한다.

## 유통기한 설정이 필요한 이유는?

적절한 유통기한의 설정은 제조업체가 생산한 제품의 품질이 저하되어 판매할 수 없게 되기까지의 기간을 파악하기 위해서이다. 유통기한 설정 실험은 제품에 따라 어려운 과정이 될 수 있으나, 제품 회수 비용보다 저렴할 뿐 아니라 회사의 이미지를 유지하는데 필요하다.

## 유통기한 실험을 수행해야 하는 경우는?

- 가. 새로운 제품의 개발 시
- 나. 제품 배합비율 변경 시
- 다. 소매포장 변경 시
- 라. 제품의 가공공정의 변경 시
- 마. 제품의 포장재질 및 포장방법의 변경 시

## 유통기한 설정실험의 생략이 가능한 경우는?

가. 유통기한 표시를 생략할 수 있는 식품에 해당하는 경우

- (1) 설탕, 빙과류, 식용얼음, 껌(소포장), 식염 및 주류(맥주, 탁주 및 약주 제외), 품질유지 기한으로 표시하는 식품

나. 신규 품목제조보고 제품이 기존 제품과 동일한 경우

- (1) 식품유형, 성상, 포장재질 및 포장방법, 보존 및 유통 온도, 보존료 사용 여부, 유당 및 유처리 여부, 살균 또는 멸균 방법

다. 유통기한 설정과 관련한 국내·외 식품관련 학술지 등재 논문, 정부기관 또는 정부출연기관의 연구보고서, 한국식품공업협회 및 동업자조합에서 발간한 보고서를 인용하여 유통기한을 설정하는 경우

## 유통기한에 영향을 주는 사람은?

가. 원재료 생산자

생산단계에서의 원료 품질은 제품의 품질이나 유통기한 설정에 중요한 역할을 한다. 따라서 원재료생산자는 제조업자가 원하는 사양을 준수하여 생산관리 함으로써 제품의 일정한 품질을 유지시킬 수 있다.

나. 원재료 공급자

제조업자가 원하는 정확한 원재료를 제공하여 최종 제품의 사양을 충족할 수 있도록 한다. 원재료 공급자는 적절한 포장방법과 운송방법(온도조절) 등을 이용하여 일정한 품질의 원재료를 공급하여야 한다.

다. 제조업자

제품의 적합한 유통기한 설정에 책임을 갖는다. 제품에 부여된 유통기한은 객관적인 판단 및 평가를 바탕으로 해야 하며, 유통

기한을 길게 잡으려는 유통업체의 압력에 영향을 받아서는 안 된다. 단, 예상되는 유통기한보다 날짜를 짧게 명시하는 것은 무방하다.

**라. 유통업자**

식품을 제조공장에서 소매업체로 운송한다. 식품을 저장고 내에 안전하게 저장하고, 적절한 온도의 운송체계를 갖추는 것이 필수적이다. 또한 운송지연, 제품포장 손상 및 운송 중 다른 제품으로부터 오염되지 않도록 주의하여야 한다.

**마. 소매업자**

제품이 소비자에게 전달되기 직전까지의 저장, 진열, 취급, 판매를 담당한다. 소매업자는 유통기한이 지난 제품을 진열 판매대에서 회수하여야 하고 제조업체에서 정한 취급방법에 따라 제품을 저장해야한다.

**바. 소비자**

유통의 최종단계이며, 저장조건을 준수하여 제품을 보관하는 것이 중요하다. 소비자는 제품에 명시된 표시사항을 지키고 신중한 식품 취급습관을 길러 식품의 영양소 및 품질이 최상일 때까지 안전하게 먹을 수 있도록 하여야 한다.

## **유통기한 설정과 관리에 책임이 있는 사람은?**

제품이 얼마나 오랜 기간 동안 품질변화 없이 유지될 수 있는지를 설정할 책임은 식품제조업자에게 있으며, 설정된 유통기한이 유지될 수 있도록 관리할 책임은 원재료 생산자, 원재료 공급자, 포장업자, 유통업자, 도소매업자, 소비자 모두가 책임을 갖는다.

## 유통기한 설정을 위해 요구되는 사항은?

유통기한 설정은 제품의 안전과 회사의 지속적인 품질에 대한 책임을 반영한다. 식품의 유통기한 설정을 위해서는 다음과 같은 시설, 인력 및 관리체계를 유지하여야 한다.

가. 유통기한 실험시설

- (1) 연구(시험)에 적절한 저장시설의 존재(온도 및 습도조절이 가능한 저장고 등)
- (2) 미생물실험 시설
- (3) 이화학실험 시설
- (4) 관능검사 시설

나. 유통기한 실험계획, 유통기한 실험결과, 결과 분석 및 해석이 가능한 전문인력

다. 유통기한 설정실험 업무의 체계적 수행을 위한 관리체계

## 유통기한의 최종 결정시 참고할 자료는?

가. 식품위생법 시행규칙 제25조 제1항제3호, 「식품의 유통기한 설정기준(식약청고시 제2007-66호)」 및 「식품의 유통기한 설정기준 일부개정고시 (식약청고시 2008-53호)」 등 관련 법규

나. 자사에서 정한 품질기준 및 규격

다. 식약청 등 관련기관의 가이드라인

라. 주요 학회지에 발표된 연구 논문 및 정부기관 또는 정부출연기관의 연구보고서

마. 시장정보 (유사제품 등)

## II 유통기한 설정실험 지표

### 식품의 부패 형태와 주요 요인

가. 모든 식품은 본질적으로 시간의 흐름에 따라 부패·변질되기 마련이다. 부패는 여러 방식으로 정의될 수 있으나, **식품 부패란 소비자자들이 더 이상 섭취할 수 없는 정도로 변질된 것을 말한다.** 일반적인 의미의 부패는 단순히 색깔, 풍미, 조직감, 향 등이 변하여 소비자가 더 이상 섭취할 수 없게 되는 것을 말한다. 또 다른 의미의 부패는 식품 중의 비타민 등과 같은 영양소가 파괴되어 표시된 함량을 유지하지 못하는 것도 말한다. 가장 심각한 의미의 부패는 식품으로 인해 발병이 되거나 사망까지 이르게 하는 식품 안전 문제를 일으키는 것이다. 이에 식품제조업자들은 배합 비율, 가공 처리, 포장, 저장, 취급 등을 통하여 이러한 부패·변질 속도를 가능한 늦추려는 노력을 하고 있다.

나. 식품 부패가 발생하는 주요 3가지 변화는 **물리적 부패(physical spoilage), 화학적 부패(chemical spoilage) 및 미생물학적 부패(microbiological spoilage)**이다. 이러한 식품 부패를 일으킬 수 있는 요인들은 여러 가지가 있으며, 표 1에서는 식품의 유형에 따라 부패를 일으키는 주요 요인들과 부패의 형태를 분류하여 정리하였다.

표 1. 식품유형별 부패·변질의 주요 형태 및 요인

식품 유형	부패·변질 형태	주요 요인
우유	산화, 가수분해형 산패, 세균발육	산소, 온도, 빛, 금속
분유	산화, 갈변화, 응고	산소, 습도, 온도
유제품	산화, 산패, 유당결정화	산소, 온도, 빛, 금속
아이스크림	빙결정, 유당결정화, 산화	산소, 온도
쇠고기	세균발육, 산화, 수분 손실, 색 손실	산소, 온도, 빛, 습도
닭고기	세균발육, 병원균, 관능품질, 효소 저하, 물리적 부패	산소, 온도
어류/수산물	세균발육, 산화	산소, 온도
과일	효소성 연화, 세균 발육, 수분 손실	산소, 온도, 빛, 습도
야채	효소 활성, 세균발육, 수분 손실	산소, 온도, 빛, 습도
빵	수분이동, 전분 노화, 세균/곰팡이 발육, 산패	산소, 온도, 습도
초콜릿	당결정, 지방결정, 산화	산소, 온도, 습도
커피/차	산화, 휘발성 향기성분 손실	산소, 빛, 습도
향신료/설탕/소금	색·향 손실, 덩어리화	산소, 빛, 습도
캔디	수분 이동, 당결정	온도, 습도
튀김식품	산패, 수분증가	산소, 온도, 빛, 금속
치즈	세균/곰팡이 발육, 수분 손실, 산화, 비효소적 갈변, 유당결정화	산소, 온도
건조식품	영양소 손실(비타민C, B1, 라이신), 수분 증가 비효소적갈변, 산화, 색소분해	산소, 온도, 습도
탈지분유	비효소적 갈변	습도
시리얼	수분이동, 산화, 전분 노화, 파손	산소, 온도, 습도
파스타	수분증가, 색소손실, 산화, 전분 노화 영양소 손실(비타민B1, 단백질)	습도
농축주스	영양소 손실(비타민C, A), 세균/곰팡이 발육, 색·맛·탁도 손실	산소, 온도
과실/채소 통조림	색·맛·조직감 손실, 영양소 손실	온도
기타 냉동제품	산화, 빙결정, 조직 변화	산소, 온도

(Kilcast and Subramanian(2000), Labuza and Szybist (2001), Open shelf-life dating of foods NTIS (1979))

## 유통기한에 영향을 주는 요인들

식품은 수분, 탄수화물, 지방, 단백질 등 다양한 성분을 함유하고 있다. 이 때문에, 개별 제품의 유통기한을 정하기 위해서는 이에 영향을 미치는 구체적인 요인들을 정확하게 식별하는 것이 중요하다. 현재 개발 중인 제품이 시판중인 제품과 유사하거나 동일한 것처럼 보이는 제품이라도 유통기한 정보를 사용하고 해석할 때는 각별한 주의를 기울여야 한다.

제품의 유통기한은 여러 가지 요인들에 의하여 영향을 받을 수 있고 이러한 요인들은 일반적으로 내부적 요인과 외부적 요인으로 나눌 수 있다. 내부적 요인과 외부적 요인들은 서로 상호작용할 수 있으며, 그 결과는 유통기한을 연장시킬 수도 단축시킬 수도 있다. 식품의 유통기한에 영향을 미치는 내부적 요인과 외부적 요인은 표 2와 같다.

표 2. 유통기한에 영향 미치는 내부적, 외부적 요인

내부적 요인	외부적 요인
<ul style="list-style-type: none"><li>• 원재료</li><li>• 제품의 배합 및 조성</li><li>• 수분함량 및 수분활성도</li><li>• pH 와 산도</li><li>• 산소의 이용성 및 산화환원 전위</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 제조공정</li><li>• 위생수준</li><li>• 포장재질 및 포장방법</li><li>• 저장, 유통 및 진열조건 (온도, 습도, 빛, 취급 등)</li></ul>

## 1) 내부적 요인

### 가. 원재료

원재료는 최종제품의 품질, 오염물질 함량 및 관능적 특성을 결정한다. 따라서 식품 안전과 위생을 위하여 법적기준을 준수하는 원료와 성분을 사용하여야 하며, 원료를 납품받는 경우 원재료 품질을 증명할 수 있는 서류(원산지증명, 시험성적서 등)를 공급업자로부터 제공받아야 한다.

### 나. 제품의 배합 및 조성

사용하는 원료의 종류와 원료간 혼합시 일어나는 반응 및 원료 배합비율의 오차 등은 미생물 생육에 영향을 줄 수 있다. 원료, 희석제, 안정제, 유화제, 향산화제, 효소 등의 식품첨가물의 사용은 식품의 유통기한 뿐만 아니라 식품의 특성에 영향을 미칠 수 있다.

### 다. 수분함량 및 수분활성도

수분활성도( $A_w$ )란 동일한 온도에서 순수한 물의 수증기압( $P_0$ )과 식품이나 용액의 수증기압( $P$ )의 비율을 말한다. 끓는점, 어는점, 평형상대습도 및 삼투압과 관련이 있다.

$$A_w = P / P_0$$

쉽게 말해, 미생물이 이용할 수 있는 식품 내 수분의 양이라고 표현할 수 있다. 이는 용액의 수분활성도가 용액의 분자나 이온수에 의존하는 분자적 특성을 갖기 때문이다. 미생물은 세포질의 구조적 안정성과 물질 대사 과정을 위해 수분을 필요로 한다. 그런데 미생물의 세포막은 선택적 반투과성이기 때문에 용질의 농

도가 증가하면 최대값 이하에서 용질의 수분활성도는 감소되어 세포로부터 물을 끌어내면서 내·외부의 수분활성도 값이 동일해질 때까지 세포의 내용물이 농축될 것이다. 이러한 농축에 의해 미생물의 물질대사과정이 늦어지거나 성장이 정지된다. 따라서 수분활성도는 미생물 성장의 잠재성 및 품질 손실과 관련된 식품 안정성을 표시하는데 널리 사용된다. 식품의 수분활성도는 다음과 같이 분류되며, 대부분의 미생물은 수분활성도 0.6 이하에서는 성장할 수 없고 0.9 이상에서 성장이 가능하다.

- 고 수분활성도 (>0.92)
- 중간 수분활성도 (0.85~0.92)
- 저 수분활성도 (<0.85)

단, 제조시 사용된 소금, 설탕 같은 성분과 건조, 절입, 조리 등과 같은 가공 기술은 수분활성도에 영향을 미치므로, 수분활성도 값을 제품 안정성에 대한 절대값으로 간주해서는 안 된다.

#### 라. pH와 산도

식품의 pH는 유통기한, 특히 미생물학적 부패에 영향을 미칠 수 있다. 미생물은 일정한 pH 범위에서 성장하고 번식한다. 일반적으로 pH 4.5 이하인 식품에서 클로스트리디움 보툴리눔 (*Clostridium botulinum*)은 자랄 수 없다고 알려져 있으며, pH에 따라 식품은 다음과 같이 분류할 수 있다.

- 강 산성 (pH < 3.5)
- 중간 산성 (pH 3.5~4.5)
- 약 산성 (pH > 4.5)

이외에도, 산의 본질은 보존 및 유통기한에 영향을 미친다. 예를 들어, 보존료가 첨가된 제품의 보존력은 비해리산의 효과이고

pH가 낮을수록 비해리 정도도 낮아지기 때문에 보존력에 영향을 미치는 pH 효과를 고려해야 한다.

#### 다. 산소의 이용성 및 산화환원 전위

산소 이용 환경은 미생물의 생존과 성장에 필수적이다. 산소 이용성은 환경의 산화환원 전위나 식품의 산화환원 반응에 영향을 미쳐 유통기한에 영향력을 갖게 된다. 식품에서 산화환원전위(Eh)는 전자를 얻거나 잃음으로써 안정된다. 산화환원전위(Eh)는 미생물 성장에 필요한 산소 요구에 의해 달라진다. 이에 산소요구에 따라 미생물을 다음과 같이 분류하기도 하나, 제품의 안정성을 평가하기 위해 단독으로 산화환원전위(Eh)를 사용하지는 않는다.

- 호기성균 ( +500 ~ +300 mV )
- 혐기성균 ( +100 ≤ -250 mV )
- 통성혐기성균 ( +300 ~ -100 mV )

미생물의 산소이용정도를 이용하여 공기조절포장 또는 진공포장을 사용하거나 식품 주변에 공기를 제거함으로써 유통기한을 연장할 수 있다. 그러나 몇몇 혐기성 세균들은 산소가 없는 상황에서 성장할 수 있기 때문에 생산과정에서부터 철저한 미생물 관리가 필요하다.

## 2) 외부적 요인

### 가. 제조공정

제조공정이란 혼합, 가염, 혼연, 발효, 가열, 냉각, 냉동, 탈수, 고온살균 등 제품 제조시 가공 처리되는 모든 공정을 포함한다. 가

공을 하는 중요한 이유 중 하나는 보존과 유통기한의 연장이다. 적절한 공정의 선택은 최종제품의 유통기한을 개선할 수 있다. 외관, 향미, 유통기한 등을 일정하게 유지하기 위해 원료의 양과 품질 및 제조공정단계는 항상 동일하게 유지되어야 한다.

#### 나. 위생수준

식품의 위생수준은 식품 제조 공정 중 환경으로부터 화학적, 물리적, 미생물학적 오염을 최소화 하는 데 영향을 미치므로, 식품의 안전성과 유통기한을 유지하고 증명하는데 도움이 되는 GMP 및 HACCP 등을 참고한 식품안전시스템을 운영하는 것이 바람직하다.

#### 다. 포장재질 및 포장방법

포장은 저장, 판매, 유통 등의 단계를 거치는 동안 오염물질로부터 제품을 보호할 뿐만 아니라 식품의 안전, 품질 및 유통기한에 영향을 미치므로, 가공공정 외에 적절한 포장재질과 포장방법의 선택은 중요하다. 또한 사용된 포장 방법이 미생물의 생존, 성장, 감소 또는 제거 등에 어떠한 영향을 줄 것인지도 판단해야하므로, 전문가로부터 자문을 구하여 적절한 포장재질이나 포장방법을 선택하는 것이 바람직하다.

#### 라. 저장, 유통 및 진열조건

저장, 유통 및 진열 시 온도, 상대 습도, 빛과 같은 조건들은 제품의 품질과 유통기한에 영향을 미칠 수 있다. 특히, 정해진 저장온도를 지키지 않는 것은 미생물 성장, 조직감, 물성 변화 등을 초래할 수 있으므로 유통기한 설정의 실험조건으로 포함되어야 한다.

#### 마. 소비자

소비자가 제품을 구매하여 실제로 섭취할 때까지의 취급방법은 제조사가 설정한 유통기한을 유지하는데 중요한 요인이다. 따라서 제조사는 제품 포장에 저장온도와 소비자가 안전하게 섭취할 수 있는 취급방법을 명확히 표시하는 것이 좋다.

#### 바. 내부적 요인 및 외부적 요인의 상호작용

위에 언급된 내·외부적 요인들은 상호작용하여 조합되는 내용에 따라 유통기한에 미치는 효과가 다르게 나타나므로, 특정 요인 한 가지가 유통기한에 영향을 줄 것으로 판단하는 것은 바람직하지 않다.

## 품질지표의 선정

### 1) 품질지표선정의 필요성 및 활용

가. 유통기한을 과학적으로 설정하기 위해서는 개별식품의 특성이 충분히 반영된 객관적인 품질지표를 선정할 필요가 있다.

나. 객관적인 품질지표란, 이화학적, 미생물학적 실험 등에서 수치화가 가능한 지표를 말한다. 주관적인 품질지표로는 색, 향미 등을 측정하는 관능검사 품질지표가 있는데 적절히 관리된 환경에서 훈련된 패널에 의해 정해진 방법에 따라 실시된다면 관능검사의 품질지표도 객관적인 항목으로 사용할 수 있다.

다. 유통기한 설정을 위한 품질지표는 식품의 특성에 따라 이화학적, 미생물학적, 관능적지표로서 설정되어야 하며, 이들 품질지표는

다음 특성을 갖추어야 한다.

- (1) 측정이 용이하고 재현성이 있을 것
- (2) 관능적 품질평가와 잘 일치할 것
- (3) 낮은 반응차수( $n=0, 1$ )를 가질 것
- (4) 위생적인 특성을 고려할 것
- (5) 영양적인 특성을 고려할 것

라. 언급된 조건에 적합한 품질지표를 선정하더라도 정확한 유통기한을 얻기 위해서는 실험결과의 신뢰성과 타당성이 확보되는 조건에서 실시해야 하고, 선정된 품질지표의 개별특성 뿐만 아니라 지표간 연관성을 종합적으로 판단해야 한다.

## 2) 품질지표 실험의 종류

### 가. 이화학 실험

식품의 제조일부터 품질변화를 이화학적 분석법에 의해 평가하는 것이고 식품의 특성을 반영하는 지표를 선택하여 측정한다. 단순한 물리화학적 실험에서부터 정밀 기기분석에 의한 정량까지 다양하다. 수분, 산가, 과산화물가, TBA, pH, 점도, 탁도, 비중, 산도, 영양 성분, 당도, 비타민류, 지방산 분석 등을 들 수 있다. 실험법은 국내외적으로 공인된 공정서의 실험법을 사용하는 것이 바람직하다.

### 나. 미생물학 실험

식품의 제조일부터 품질변화를 미생물의 변화로 평가하는 것이다. 식품의 종류, 제조방법, 온도, 시간, 포장 등의 보존 조건에 따라 효과적인 평가를 기대할 수 있는 미생물학적 지표를 선택할 필요가 있다. 일반적 지표로서는 일반세균수, 대장균수, 효모

수, 진균수, 병원성균수(살모넬라, 포도상구균, 바실러스 등), 유산균, 저온세균 등을 들 수 있다. 이러한 지표는 객관적인 지표(수치)로서 표현되는 것이 가능해야 합리적·과학적인 근거로서 사용할 수 있다. 이화학 실험과 마찬가지로 가능한 국내외적으로 공인된 공정서의 실험법을 사용해야 하나, 필요한 경우 적절한 검증과 문서화를 거쳐 개발된 방법을 사용할 수 있다. 필요에 따라 식품 내 병원균의 잠재적 위해결정을 위하여 연구 중인 샘플에 의도적으로 미생물을 주입하는 미생물학적 모의시험(microbiological challenge testing)을 사용할 수 있다. 품질한계 기준은 식품의 종류에 따라 허용된 법적기준을 따르거나, 법적기준이 없는 경우 수년 간의 경험에 근거한 미생물학적 기준을 고려할 수 있다. 후자의 경우, 제조사의 내부표준 등 기준을 설정한 타당한 근거가 있어야 한다.

#### 다. 관능 검사

식품의 특성을 사람의 시각·미각·후각·청각·촉각 등의 감각을 이용해 훈련된 패널 또는 유경험 및 무경험 패널(제품 개발에 밀접하게 참가한 사람 제외)을 통해 제품에 적절한 방법으로 일정한 조건하에서 평가하는 것이다. 최근에는 측정기기를 이용하여 향미, 색, 조직감 등을 측정하기도 하나, 측정기기로부터 얻어진 결과와 관능검사로부터 얻은 결과간의 연관성을 고려하여야 한다. 관능 검사 결과의 신뢰성과 타당성을 높이기 위해서는 훈련된 패널에 의해 정해진 방법으로 실시하고, 결과는 통계학적 해석 기법으로 산출해야 한다. 단, 시료의 미생물학적 안전이 보장되지 않는다면, 맛 시험이 포함된 관능평가를 수행해서는 아니 된다.

### 라. 물리적 및 기타 실험

관능적, 이화학적, 미생물학적 실험 이외에 다른 실험이 필요할 수 있다. 예를 들어 비스킷이나 스낵의 바삭함 정도를 결정하기 위한 경도 측정, 소스의 점성을 측정하기 위한 유동학적 실험 등이 있다. 이 방법들은 널리 사용되는 것은 아니지만 특정 식품에 대해서는 중요하다. 또한 일부 플라스틱의 균열, 평판 알루미늄의 작은 구멍, 캔 재질의 결함 등의 포장재 검사는 꼭 필요한 사항이다. 기후조건 또한 포장의 물리적 특성에 큰 영향을 줄 수 있다. 수출을 목적으로 하는 경우 수출국의 기후조건에 적합한 포장재를 선택하기 위해 단순 시각검사 뿐만 아니라, 진동, 충격, 압력 등의 실험이나 출장실험을 실시하여 제품의 잠재적 불안정성을 확인할 수 있다.

표 3. 품질지표 실험을 위해 이용될 수 있는 실험항목들

이화학 실험	수분, 수분활성도, pH, 산가, 과산화물가, TBA가, 휘발성염기질소(VBN), 산도, 당도, 영양성분(비타민) 등
물리적 실험	점도, 비중, 색도, 탁도, 용해성, 강도, 경도 등
미생물 실험	일반세균수, 대장균군수, 곰팡이수, 효모수, 진균수, 병원성균수(바실러스 세레우스, 장염비브리오, 살모넬라, 황색포도상구균), 호기성포자생성균수, 혐기성포자생성균수 등
관능 검사	시각(색, 광택, 외관, 성상, 곰팡이), 미각(맛), 후각(향, 냄새) 등

### 3) 결과의 해석

- 가. 품질지표에 대한 물리화학적, 미생물학적 실험결과는 식품의 품질변화에 대해 시간과 반응속도상수로 표현되는 화학반응식(아레니우스 방정식 등)을 사용하여 해석할 수 있다.
- 나. 미생물이 주요 품질지표인 제품의 경우, 수학적 방정식을 이용한 상용화된 예측 프로그램을 이용할 수 있으나, 실제 적용에 한계가 있으므로 유통기한 설정실험을 위한 준비 단계에서만 활용하는 것이 좋다.
- 다. 관능검사 결과는 다양한 통계적, 그래프식 해석방법을 사용할 수 있다. 예를 들면, 화학 및 제약 산업에서 사용되고 있는 Weibull Hazard법 등이 있다.

### 안전계수의 설정

- 가. 결정된 유통기한의 재현성과 신뢰도는 식품의 내부적 또는 외부적 특성에 의해 영향을 받는다. 따라서 설정된 유통기한은 매번 100% 재현성을 나타내기 어렵고, 정확한 시간과 날짜에 종결되는 절대 값이 아니기 때문에 평균 저장기간에 근접하게 시간과 날짜를 설정하는 것이 필요하다.
- 나. 통상적으로 식품의 특성에 따라 설정된 유통기한에 대해 1 미만의 계수(안전계수)를 적용하여 객관적인 품질지표에 대해 얻을 수 있는 유통기한보다 짧은 기간을 설정하는 것이 기본이다. 또한 설정된 기간에 대해서는 시간 단위로 설정하는 일도 가능하

다. (예 : 20개월(예측된 유통기한) × 0.7(안전계수) = 14개월(제품표시 유통기한))

다. 적용할 안전계수의 최종결정은 제조사의 유통기한 관리방향과 위험 수용도에 따라 결정한다.

## 정보의 제공

유통기한 표시를 실시하는 식품제조업자 등은 유통기한 설정의 근거 자료 등을 정리·보관하고, 소비자 등으로부터 요구가 있을 경우에는 정보를 제공할 수 있도록 해야 한다.

### III 유통기한 설정실험

#### 1) 실측실험이란?

『실측실험』이란 제조사가 의도하는 유통기한의 약 1.3~2배의 기간 동안 실제 보관 또는 유통온도로 저장하면서 선정한 품질지표가 품질한계에 이를 때까지 일정간격으로 실험을 진행하여 얻은 결과로부터 유통기한을 설정하는 것을 말한다.

#### 2) 실측실험의 한계

실측실험은 비교적 유통기한이 짧은 제품(3개월 이내)에 적용이 가능하고, 별도의 통계처리가 필요하지 않아 초보자도 쉽게 접근할 수 있다. 그러나 예정된 보관 또는 유통 조건이 바뀌면 새롭게 실험을 설계하여 수행해야 하고, 예측이 불가능한 단점이 있다.

#### 3) 가속실험이란?

『가속실험』이란 실제 보관 또는 유통조건보다 가혹한 조건에서 실험하여 단기간에 제품의 유통기한을 예측하는 실험이다. 즉, 온도가 물질의 화학적, 생화학적, 물리학적 반응과 부패 속도에 미치는 영향을 이용하여 실제보관 또는 유통온도와 최소 2개 이상의 남용 온도에 저장하면서 선정한 품질지표가 품질한계에 이를 때까지 일정 간격으로 실험을 진행하여 얻은 결과를 아레니우스 방정식(Arrhenius equation)을 사용하여 실제 보관 및 유통 온도로 외삽한 후 유통기한을 예측하여 설정하는 것을 말한다.

#### 4) 가속실험의 한계

- 가. 온도 증가에 따라 물리적 상태의 변화가 일어날 수 있으며(예, 고체지방의 용해), 이 변화는 유통기한 설정에 중요한 반응속도에 영향을 주어 예상치 못한 결과를 초래할 수 있다.
- 나. 불투과성 포장재질로 포장되지 않은 제품의 경우, 수분 손실로 인한 반응속도 증가로 예상치 못한 결과를 초래할 수 있다.
- 다. 냉동이 진행되는 동안, 반응물은 동결되지 않은 부분에 농축될 수 있어 대조구 저장을 위한 낮은 온도(영하)에서 더 높은 반응속도를 초래할 수 있다.(예: 냉동육의 지방산화)
- 라. 매우 높은 온도에서는 단백질 변성 등의 변화로 반응속도를 증가 또는 감소시켜 잘못된 결과를 초래할 수 있다.
- 마. 가속실험은 각각 다른 온도조건에 관련된 변질이기 때문에, 미생물 실험 시 저장온도에 따라 최적온도에 해당하는 부패 미생물이 성장할 수 있다. 단기 저장 냉장식품에 있어서 가속실험의 필요성은 적다.
- 바. 가속실험의 기초가 되는 아레니우스 방정식은 온도만을 단일 변수로 사용하는 경우에는 정확도가 높지만, 2개 이상의 변수(온도, 습도, 염, pH 등)를 적용하는 경우에는 적합하지 않을 수 있다.

#### 5) 실측실험과 가속실험의 선택범위는?

- 가. 유통기한 3개월 미만의 식품 : 실측실험 (시료에 따라서 가속실험도 가능)
- 나. 유통기한 3개월 이상의 식품 : 가속실험

## 6) 실험의 수행

### 가. 검체준비

- ① 현재 시판하고자 하는 최종 제품을 시료로 준비한다.
- ② 시료와 포장재질에 사용된 성분의 특성 및 부패와 잠재적 위해 요소 등과 같은 관련 **정보**를 알고 있어야 한다.
- ③ 시료의 생산이 실험실 또는 공장 규모에 관계없이 시료의 준비과정은 적절하게 계획되고 기록되어야 한다.
- ④ 시료는 대표성을 갖도록 무작위로 선별하여 준비하는 것이 좋다.
- ⑤ 시료수는 실험에 필요한 대조구와 실험구의 수를 고려하여 준비한다. 특히, 재실험이나 관능검사를 수행할 경우 패널수를 고려하여 실험 종료 시까지 충분히 실험할 수 있는 양을 준비한다.
- ⑥ 시료는 **불투과성 재료로 포장**되어야 한다 (가속실험에서 식품 성분은 수분활성도에 영향을 받으므로 불완전한 포장은 상대습도로 인해 잘못된 결과를 초래할 수 있다).

### 나. 저장조건(온도, 상대습도)

- ① 제조 후 보관, 유통, 진열, 소비 전 보관 등 제조에서 소비에 이르기까지 일어날 수 있는 조건들을 고려하여 설정한다.
- ② ①의 조건설정이 불가능하다면, 다음의 대표 저장조건을 참고하여 설정한다.

구 분	유통온도	저장온도	상대습도
상온유통제품	15~25℃	15℃, 25℃*	75%
실온유통제품	1~35℃	25℃, 35℃*	90%
냉장유통제품	0~10℃	10℃*, 15℃	90%이상
냉동유통제품	-18℃이하	-18℃*, -10℃	100%

- \* 반드시 해당온도 등을 포함하여 저장조건을 설정한다.
- ※ 실측실험인 경우 최소 2개 온도(유통온도와 남용온도)를 설정한다.
- ※ 가속실험인 경우 정확한 예측을 위해 **최소 3~4개의 온도가 필요하므로, 제품의 보관 또는 유통온도 외에 최소 2개 이상의 온도를 추가하여 설정한다.**
- ※ 수출제품의 경우 수출국의 규정을 참고하여 설정한다.
- ※ 가속실험에서 다음의 조건을 참고하여 설정할 수 있다.

구 분	저장온도
냉동식품	-40(대조구), -15, -10, -5℃ -40(대조구), -30, -10℃ -25(대조구), -18, -13, -8℃
건조/중간수분 식품	0(대조구) 25, 30, 35, 40℃ 또는 20~45℃범위 내에서 5℃간격으로 최소 3조건
가열살균식품	5(대조구) 25, 30, 35, 40℃ 또는 20~40℃범위 내에서 5℃간격으로 최소 3조건

- ④ 상대습도는 불투과성 포장재질로 포장된 제품인 경우 습도의 영향을 받지 않으므로 제외하여도 무방하나, 습도영향이 높은 포장 재질(에틸렌비닐알코올(EVOH), 폴리아미드/나일론(polyamide/nylons), 폴리카보네이트(PC) 등)로 포장된 제품인 경우 중요하므로 설정한다.

다. 저장기간 및 실험주기

- ① 저장기간은 실험의 정확성을 위하여 목표 유통기한 이상으로 저장한다. 통상, 실측실험은 의도한 유통기한의 1.3~2배 기간으로 저장하고, 가속실험은 최소 3개월 이상의 기간으로 저장한다.
- ② 실험주기는 각 저장온도별로 의도한 유통기한이 15일 이내의

것은 매일 실험하고, 15일 이상의 것은 저장기간 내 최소 6회 또는 저장기간의 20%에 해당하는 간격으로 설정한다.

라. 실험반복수

- ① 실험주기마다 1회 단일 포장을 1개 실험군으로 하여 무작위 최소 3개의 검체로 3반복 수행되어야 한다.(관능평가지 샘플 수는 재고려한다.)

마. 품질지표

- ① 본 가이드라인의 3. 품질지표의 선정에 언급된 내용을 참조하여, 제품 특성에 따라 이화학적, 미생물학적, 관능적 및 물리학적 실험을 위한 품질지표를 선정한다(식약청고시 제2008-53호 식품의 유통기한 설정기준 일부 개정고시 별표 2참조).
- ② 본 가이드라인 “식품유형별 고려할만한 품질지표”를 참조할 수 있다.
- ③ 관련된 연구 문헌과 유통되는 유사제품의 자료를 활용할 수 있다.

바. 품질한계

- ① 법규에서 정한 규격 한계값 또는 한계값에 안전계수를 고려하여 설정할 수 있다.
- ② 국내에 정해진 기준이 없는 경우 국제규격(CODEX 등)을 참조할 수 있다.
- ③ 수년 간 경험을 근거로 관련 식품 제조업체가 일정하게 합의한 한계기준을 고려할 수 있다.

사. 실험방법

- ① 법규에서 정한 공인시험법을 사용한다.

- ② 법규에 따로 정해진 시험방법이 없는 경우에는 AOAC(Association of Official Analytical Chemists), CODEX 규격 등의 시험방법에 따라 시험할 수 있다. 만약, 상기 시험방법에도 없는 경우에는 타법령에 정해져 있거나 국제적으로 통용되는 공인시험방법 또는 학술진흥재단 등재학술지나 과학기술논문인용색인(SCI, SCIE)에 해당하는 학술지에 게재되었거나 게재 증명서를 제출한 논문에 기재되어 있는 실험방법에 따라 시험할 수 있으며 그 시험법을 제시하여야 한다.
- ③ 필요한 경우 적절한 검증과 문서화를 거쳐 개발된 방법을 사용할 수 있으며, 관련된 자료를 첨부하여야 한다.

아. 결과해석

- ① 법규상의 기준에 적합하여야 한다.
- ② 시간에 따른 품질변화를 반응속도상수로 표현하는 화학반응식에서 적절한 반응차수(0차 또는 1차)를 사용하여 데이터를 선형회귀분석한다.
- ③ 회귀분석과 잘 맞지 않는 데이터( $r^2 < 0.8$ )는 이용가능 여부를 결정하여 재실험한다. 시험결과의 오차는 10% 이내가 되도록 한다.
- ④ 품질한계에서 안전계수를 반영하지 않은 경우, 예측 결과값에 안전계수를 적용하여 해석한다.

자. 문서화

- ① 유통기한 설정실험 결과보고서에는 실험결과보고서 요약, 제품특성, 실험방법(시료준비, 저장조건(온도, 습도), 저장기간 및 실험주기, 실험반복수, 품질지표, 품질한계, 실험법), 실험결과(데이터, 결과해석자료), 결론, 참고자료에 관한 내용을 기록하고 날짜와 서명을 기재하여 보관한다.

[별첨 1] 업무흐름

<p>Step 1. 실험계획 수립</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유통기한 설정실험 생략 가능 제품 여부 검토(식품의 유통기한 설정기준 참조)</li> <li>실험방향 결정 (유통기한 3개월 미만 식품 : 실측실험/ 유통기한 3개월 이상 식품 : 가속실험)</li> <li>제품특성, 포장재질, 권장 저장온도에 따른 상세한 실험 디자인</li> <li>비용산출</li> <li>시간, 공간, 비용에 따른 실행절차 확정</li> </ul>																				
<p>Step 2. 주요 품질지표 선정</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>종합적 판단이 가능하도록 이화학적, 미생물학적, 관능적, 물리학적 지표를 설정</li> <li>관련 연구 문헌 및 유통되는 유사제품의 자료 활용</li> </ul>																				
<p>Step 3. 시료준비</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시판하고자 하는 최종제품으로 준비</li> <li>필요한 대조구와 실험구의 수를 계산 (재실험이나 관능평가시 패널수를 고려하여 충분한 양을 준비)</li> <li>시료는 불투과성 재질로 포장된 것으로 준비 (만일, 불투과성 재질이 아닌 경우, 습도조건 고려)</li> <li>시료가 공기 중에 노출되거나 다른 특이한 사항이 일어나지 않도록 저장장소 내에 시료의 위치를 정하여 기록(시료 저장장소에 불필요한 물건 제거)</li> </ul>																				
<p>Step 4. 실험조건 결정</p>	<p>온도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>보관 및 유통온도 조건에 따라 저장온도 결정</li> <li>조건 불명확시 제품의 실제 보관·유통조건을 고려하여 최소 3~4 온도조건에서 실시</li> </ul> <table border="1" data-bbox="491 1213 1136 1435"> <thead> <tr> <th>구 분</th> <th>유통온도</th> <th>저장온도</th> <th>상대습도</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>상온유통제품</td> <td>15~25℃</td> <td>15℃, 25℃*</td> <td>75%</td> </tr> <tr> <td>실온유통제품</td> <td>1~35℃</td> <td>25℃, 35℃*</td> <td>90%</td> </tr> <tr> <td>냉장유통제품</td> <td>0~10℃</td> <td>10℃*, 15℃</td> <td>90%이상</td> </tr> <tr> <td>냉동유통제품</td> <td>-18℃이하</td> <td>-18℃*, -10℃</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ 반드시 *해당 온도를 포함하여 설정          ※ 실측실험인 경우 최소 2개 온도(유통온도와 남용온도)에 저장          ※ 가속실험인 경우 정확한 예측을 위해 최소 3~4개의 온도가 필요하므로, 제품의 보관 또는 유통온도 외에 최소 2개 이상의 온도 추가 설정          ※ 수출제품의 경우 수출국의 규정을 참고하여 설정          ※ 가속실험에서 다음의 조건을 참고하여 설정</p>	구 분	유통온도	저장온도	상대습도	상온유통제품	15~25℃	15℃, 25℃*	75%	실온유통제품	1~35℃	25℃, 35℃*	90%	냉장유통제품	0~10℃	10℃*, 15℃	90%이상	냉동유통제품	-18℃이하	-18℃*, -10℃	100%
구 분	유통온도	저장온도	상대습도																		
상온유통제품	15~25℃	15℃, 25℃*	75%																		
실온유통제품	1~35℃	25℃, 35℃*	90%																		
냉장유통제품	0~10℃	10℃*, 15℃	90%이상																		
냉동유통제품	-18℃이하	-18℃*, -10℃	100%																		

Step 4. 실험조건 결정	온도	구 분	저장온도
		냉동식품	-40(대조구), -15, -10, -5℃ -40(대조구), -30, -10℃ -25(대조구), -18, -13, -8℃
		건조/중간 수분식품	0(대조구) 25, 30, 35, 40℃ 4(대조구) 20~45℃ 범위 내에서 5℃ 간격으로 최소 3조건
		가열살균 식품	5(대조구) 25, 30, 35, 40℃ (대조구) 20~40℃ 범위 내에서 5℃ 간격으로 최소 3조건
	저장 기간	<ul style="list-style-type: none"> <li>실측실험 : 유통하고자 하는 기간의 1.3~2배</li> <li>가속실험 : 최소 3개월 이상</li> </ul>	
Step 5. 실험	실험 주기	<ul style="list-style-type: none"> <li>실험 횟수 : 저장기간 동안 적어도 6회</li> <li>실험주기 : 저장기간의 20%에 해당하는 간격 (실험 간격이 너무 길면, 유통기한이 길거나 짧게 추정되는 위험이 있을 수 있음)</li> </ul>	
	실험반 복수	<ul style="list-style-type: none"> <li>1회 단일 포장을 1개 실험군으로 하여 <b>3개 이상의 검체로 3반복</b></li> </ul>	
Step 6. 결과 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>시간에 따른 품질변화를 반응속도상수로 표현하는 화학반응식에서 적절한 반응차수(0차반응 또는 1차반응)를 사용한 데이터의 선형회귀분석</li> <li>회귀분석과 잘 맞지 않는 데이터(<math>r^2 &lt; 0.8</math>)의 이용가능 여부 및 재실험 결정</li> <li>시험결과의 오차는 10% 이내</li> <li>유통기한은 제품의 품질을 확보할 수 있는 최대기한과 안전성을 확보할 수 있는 최대기한을 두고 더 짧은 것으로 결정 (회사의 유통기한 관리방향과 위험 수용도에 따라 결정)</li> </ul>		
Step 7. 결과 보고서 작성	<ul style="list-style-type: none"> <li>유통기한 설정실험 결과 보고서에는 실험결과보고서 요약, 제품특성, 실험방법(시료준비, 저장조건(온도, 습도), 저장기간 및 실험주기, 실험반복수, 품질지표, 품질한계, 실험법), 실험결과, 결론, 참고자료를 기록하여 보관</li> </ul>		

[별첨 2] 가속실험결과 해석방법

**STEP 1. 저장온도별 저장기간에 따른 각 품질지표의 함량 변화 분석**

- ▶ 품질지표별(A, B, C성분) 저장온도와 저장기간에 따른 함량변화량을 작성한다.
- ▶ 모든 결과는 3회 반복실험에 대한 평균값을 사용한다.

표 1. X제품의 저장기간별 A성분 시험결과(%)

저장온도 저장기간(개월)	25℃	35℃	45℃
0	0.84	0.84	0.84
1	0.82	0.80	0.80
2	0.76	0.73	0.73
3	0.70	0.69	0.67
4	0.60	0.58	0.57
5	0.58	0.54	0.52
6	0.56	0.52	0.50

표 2. X제품의 저장기간별 B성분 시험결과(%)

저장온도 저장기간(개월)	25℃	35℃	45℃
0	4.09	4.09	4.09
1	4.06	3.98	3.95
2	3.95	3.86	3.75
3	3.50	3.48	3.4
4	3.32	3.23	3.21
5	3.25	3.14	3.12
6	3.18	3.09	3.02

표 3. X제품의 저장기간별 C성분 시험결과(meq/kg)

저장온도 저장기간(개월)	25℃	35℃	45℃
0	1.76	1.76	1.76
1	1.91	2.00	1.92
2	2.05	2.15	2.38
3	2.30	2.45	3.06
4	2.55	2.88	3.95
5	3.10	3.40	4.38
6	3.20	3.61	5.18

## STEP 2. 품질지표별 반응속도상수(K)의 산출

- ▶ 식품의 품질변화에 대한 화학반응식은 시간과 반응속도상수로서 표현되는 다음 식을 기초로 한다.

$$-\frac{dA}{dt} = KA^n$$

A : 품질지표

t : 저장기간

K : 온도, 습도, 산소, 빛과 같은 저장환경에 영향 받는  
반응속도상수

n : 반응차수

dA/dt : 시간 변화에 따른 품질지표 A의 변화

- ▶ 유통기한 실험에서 얻은 품질변화 결과를 저장기간(t)에 따른 반응속도그래프(Kinetic Plot)으로 변형시키면 품질손상의 반응속도상수(K)를 얻게 된다. 이 때, 물질의 품질저하속도가 반응물의 농도에 관계없이 일정한 반응을 나타내는 경우 0차 반응(n=0)을 따르게 되며, 반응물의 농도에 따라 지수적으로 감소하는 반응을 나타내는 경우 1차 반응(n=1)을 따르게 된다.

<0차 반응식>

품질 저하속도가 품질특성에 관계없이 일정한 반응을 나타내는 경우

$$-\frac{dA}{dt} = KA^n \quad (n=0) \quad (\text{적분}) \rightarrow A_e = A_0 - Kt$$

<1차 반응식>

품질 저하속도가 품질특성에 따라 지수적으로 감소하는 반응을

나타내는 경우

$$-\frac{dA}{dt} = K A^n \quad (n=1) \quad (\text{적분}) \rightarrow \ln A_e = \ln A_o - Kt$$

Ao : 품질지표의 최초 측정값

Ae : 품질지표의 t시간 경과 후 측정값

K : 반응속도상수

t : 저장기간(일, 월, 년)

표 4. 저장온도별 품질지표의 반응속도상수

품질 지표	반응 차수	온도(°C)	회귀방정식	결정계수
A	0차 <sup>1)</sup>	25	Y = -0.0529X + 0.8529	0.9614
		35	Y = -0.0582X + 0.8461	0.9754
		<b>45</b>	<b>Y = -0.0621X + 0.8479</b>	<b>0.9804</b>
	1차 <sup>2)</sup>	25	Y = -0.0766X - 0.1472	0.9609
		35	Y = -0.0877X - 0.1510	0.9734
		45	Y = -0.0952X - 0.1461	0.9791
B	0차	25	Y = -0.1779X + 4.1550	0.9243
		35	Y = -0.1896X + 4.1218	0.9504
		45	Y = -0.1932X + 4.0854	0.9663
	1차	25	Y = -0.0491X + 1.4289	0.9291
		35	Y = -0.0533X + 1.4218	0.9530
		<b>45</b>	<b>Y = -0.0549X + 1.4129</b>	<b>0.9722</b>
C	0차	25	Y = 0.2571X + 1.6386	0.9573
		35	Y = 0.3243X + 1.6343	0.9722
		45	Y = 0.5982X + 1.4382	0.9755
	1차	25	Y = 0.1064X + 0.5369	0.9780
		35	Y = 0.1253X + 0.5505	0.9881
		<b>45</b>	<b>Y = 0.1927X + 0.5218</b>	<b>0.9853</b>

1) Y = KX + B (X:저장기간, Y:저장기간 X시점에서 시험항목의 결과값, K:반응속도상수)

2) Y = KX + B (X:저장기간, Y:Ln A, B: Ln Ao, K:반응속도상수)  
(Ln A: 저장기간 X시점에서 시험항목의 Ln값, Ln Ao: 최초 시험항목의 Ln값)

- ▶ 0차 및 1차 반응식의 결정계수 분석결과 A성분은 0차 반응식을 B성분과 C성분은 1차반응식을 따르는 것으로 나타났으며, A성분은 0차 반응식의 반응속도상수인  $K_{25^{\circ}\text{C}}=-0.0529$ ,  $K_{35^{\circ}\text{C}}=-0.0582$ ,  $K_{45^{\circ}\text{C}}=-0.0621$ , B성분은  $K_{25^{\circ}\text{C}}=-0.0491$ ,  $K_{35^{\circ}\text{C}}=-0.0533$ ,  $K_{45^{\circ}\text{C}}=-0.0549$ , C성분은  $K_{25^{\circ}\text{C}}=0.1064$ ,  $K_{35^{\circ}\text{C}}=0.1253$ ,  $K_{45^{\circ}\text{C}}=0.1927$ 을 이용하여 품질지표별 활성화 에너지를 산출한다.

### STEP 3. 온도에 대한 품질지표의 활성화에너지(Ea) 산출

- ▶ 성분 변화에 대한 온도의존성을 설명하기 위해 시간과 반응속도상수로서 표현되는 많은 화학반응식이 제안되었으나, 현재까지는 다음에 표현된 아레니우스반응식(Arrhenius equation)이 가장 널리 사용되고 있다.

$$K = Ae^{-E_a/RT} \quad (\text{자연로그값(Ln값)으로 전환})$$

$$\rightarrow \ln K = -(E_a/R)(1/T) + \ln A$$

A : 아레니우스 상수

E<sub>a</sub> : 활성화에너지(cal/mol)

R : 기체상수(1.987 cal/mol)

T : 절대온도(=°C+273)

K : 반응속도상수

- ▶ 활성화에너지란 물질이 반응을 일으키는데 필요한 최소한의 에너지를 말하며, 아레니우스반응식(Arrhenius equation)으로부터 구한 K의 자연로그값(Ln값)인 lnK를 Y축으로 1/T를 X축으로 하여 선형회귀분석한 후, 얻어진 직선의 기울기로부터 선정된 품질지표의 E<sub>a</sub>(활성화에너지)를 구한다(결과는 최소 3개의 가속온도로부터 구한 값이 요구된다.).

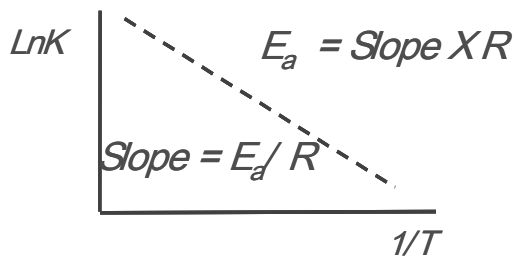


표 5. A성분의 0차 반응식에 의한 활성화에너지 산출

온도 (°C)	온도 (K')	1/T	K	LnK	$LnK = -(E_a/R)(1/T) + LnA$	
저장 온도	25	298	0.003356	0.052857	-2.940162	$LnK = -768.18X - 0.3582$ $(R^2 = 0.9915)$ $E_a/R = -768.18 (R=1.987)$ $E_a(\text{Kcal/mole}) = -1526.37$
	35	308	0.003247	0.058214	-2.843624	
	45	318	0.003145	0.062143	-2.778319	

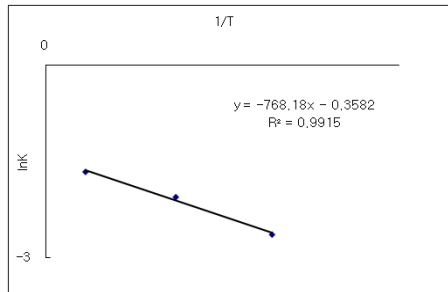


표 6. B성분의 1차 반응식에 의한 활성화에너지 산출

온도 (°C)	온도 (K')	1/T	K	LnK	$LnK = -(E_a/R)(1/T) + LnA$	
저장 온도	25	298	0.003356	0.049064	-3.014625	$LnK = -534.85X - 1.2116$ $(R^2 = 0.9363)$ $E_a/R = -534.85 (R=1.987)$ $E_a(\text{Kcal/mole}) = -1062.74$
	35	308	0.003247	0.053337	-2.931133	
	45	318	0.003145	0.054897	-2.902298	

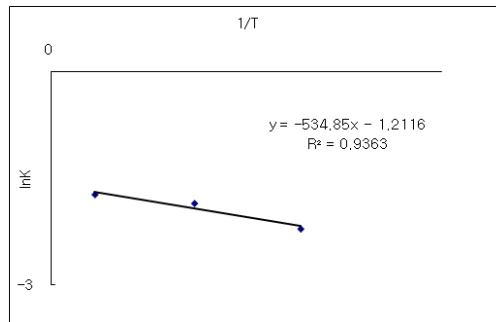
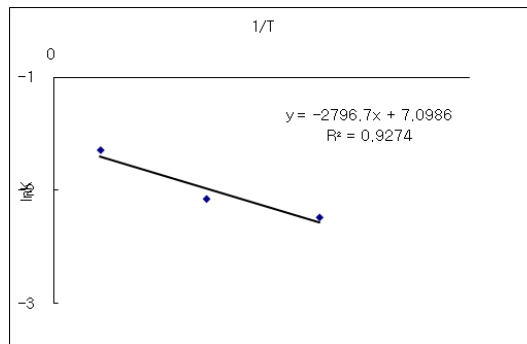


표 7. C성분의 1차 반응식에 의한 활성화에너지 산출

온도 (°C)	온도 (K)	1/T	K	LnK	LnK = -(Ea/R)(1/T)+LnA	
저장 온도	25	298	0.003356	0.106442	-2.240160	$LnK = -2796.70X + 7.0986$ $(R^2 = 0.9274)$ $E_a/R = -2796.70 (R=1.987)$ $E_a(\text{Kcal/mole}) = -5557.05$
	35	308	0.003247	0.125313	-2.076942	
	45	318	0.003145	0.192662	-1.646818	



#### STEP 4. 실험하지 않은 온도 구간의 반응속도상수(K) 산출

- ▶ 실험제품이 1년간 우리나라 실온에 유통된다고 가정한다면, 현재 실험한 온도 구간(25, 35, 45℃)은 우리나라 1년 유통온도를 모두 반영한 것이 아니므로, 품질지표의 연간 변화량을 산출하기 위해서는 우리나라 월평균 온도를 기준으로 대표성을 갖는 온도 구간을 정하고, 그 온도구간에서의 온도 유지일수를 산출하여 실험하지 않은 구간에 대한 반응속도상수 산출이 필요하다.

단, 제품의 보관, 유통조건을 명확히 알고 실험온도를 설정한 경우, 이 과정을 생략하고 실험한 온도로부터 얻은 반응속도상수(K)로부터 유통기한을 산출할 수 있으며, 특정지역에서만 유통되는 제품의 경우 그 특정지역의 온도만을 고려하여 산출할 수 있다.

- ▶ 우리나라 연간 온도별 예상 유통일수 산출  
실험하지 않은 구간의 유통온도설정은 우리나라 월별 평균온도를 고려하여 적용한다. 국내 유통온도에서 품질지표성분의 연간 변화량을 산출하기위하여 2007년도 기상청 자료를 참조(표 8)하여 서울을 비롯한 7개 광역시와 강원도 1개 지역의 월평균기온을 조사하여 유통기간 산출 온도의 근거로 하였다. 조사결과 1월, 2월, 3월, 11월, 12월(5개월:152일)의 평균기온은 10℃이하였으며, 4월 13℃, 5월과 10월(2개월:61일)은 16~18℃, 6월과 9월(2개월:61일) 21℃, 7월과 8월은 (2개월:61일) 25~26℃인 것으로 나타났다.

이에 따라 실온 유통시 1년간 온도별 예상 유통일수는 10℃(152일), 15℃(30일), 20℃(61일), 25℃(61일), 30℃(61일)로 하여 유통기간 산출의 근거로 사용하였다.

표 8. 국내 주요지역 월별 기온 (단위:℃) (2007년도 기상청 자료)

지역 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
서울	-2.5	-0.3	5.2	12.1	17.4	21.9	24.9	25.4	20.8	14.4	6.9	0.2
인천	-2.4	-0.5	4.5	10.7	15.9	20.4	24	24.9	20.7	14.5	7.2	0.6
대전	-1.9	0.2	5.4	12.4	17.6	22	25.3	25.5	20.3	13.8	6.8	0.7
대구	0.2	2.1	7.1	13.8	18.7	22.5	25.7	26.1	21.3	15.4	8.6	2.5
광주	0.5	1.9	6.5	12.9	17.8	22	25.5	26.1	21.4	15.4	8.7	2.8
울산	1.6	3.2	7.4	13.1	17.6	21.1	25	25.7	21.2	15.9	9.6	4
부산	3	4.3	8.3	13.4	17.4	20.5	24.2	25.7	22.1	17.3	11.3	5.6
강릉	0.3	1.4	5.9	12.6	17.6	20.6	24.1	24.4	20.1	15.1	9	3.3
제주	5.6	6	8.9	13.6	17.5	21.2	25.7	26.5	22.7	17.8	12.6	8
평균	0	2	7	13	18	21	25	26	21	16	9	3

▶ 실험하지 않은 구간의 반응속도상수 산출

STEP 3에서 얻은 A, B, C 성분의 활성화 에너지를 이용하여 산출한다.

표 9. A성분의 활성화 에너지로부터 실험하지 않은 온도구간의 반응속도상수 산출

온도 (°C)	온도 (K)	1/T(=X)	LnK	K	K 산출과정
10	283	0.003534	-3.072606	0.046300	$LnK = -(768.18 \times 0.003534) - 0.3582 = -3.072606$ $-3.072606K = X \rightarrow K = e^{-3.072606} = 0.046300$
15	288	0.003472	-3.025481	0.048534	$LnK = -(768.18 \times 0.003472) - 0.3582 = -3.025481$ $-3.025481K = X \rightarrow K = e^{-3.025481} = 0.048534$
20	293	0.003413	-2.979964	0.050795	$LnK = -(768.18 \times 0.003413) - 0.3582 = -2.979964$ $-2.979964K = X \rightarrow K = e^{-2.979964} = 0.050795$
30	303	0.003300	-2.893437	0.055386	$LnK = -(768.18 \times 0.003300) - 0.3582 = -2.893437$ $-2.893437K = X \rightarrow K = e^{-2.893437} = 0.055386$

표 10. B성분의 활성화 에너지로부터 실험하지 않은 온도구간의 반응속도상수 산출

온도 (°C)	온도 (K)	1/T(=X)	LnK	K	K 산출과정
10	283	0.003534	-3.101532	0.044980	$LnK = -(534.85 \times 0.003534) - 1.2116 = -3.101532$ $-3.101532K = X \rightarrow K = e^{-3.101532} = 0.044980$
15	288	0.003472	-3.068721	0.046481	$LnK = -(534.85 \times 0.003472) - 1.2116 = -3.068721$ $-3.068721K = X \rightarrow K = e^{-3.068721} = 0.046481$
20	293	0.003412	-3.037030	0.047977	$LnK = -(534.85 \times 0.003412) - 1.2116 = -3.037030$ $-3.037030K = X \rightarrow K = e^{-3.037030} = 0.047977$
30	303	0.003300	-2.976785	0.050956	$LnK = -(534.85 \times 0.003300) - 1.2116 = -2.976785$ $-2.976785K = X \rightarrow K = e^{-2.976785} = 0.050956$

표 11. C성분의 활성화 에너지로부터 실험하지 않은 온도구간의 반응속도상수 산출

온도 (°C)	온도 (K)	1/T(=X)	LnK	K	K 산출과정
10	283	0.003534	-2.783723	0.061808	$LnK = (2796.70 \times 0.003534) + 7.0986 = -2.783723$ $-2.783723K = X \rightarrow K = e^{-2.783723} = 0.061808$
15	288	0.003472	-2.612155	0.073376	$LnK = (2796.70 \times 0.003472) + 7.0986 = -2.612155$ $-2.612155K = X \rightarrow K = e^{-2.612155} = 0.073376$
20	293	0.003413	-2.446442	0.086601	$LnK = (2796.70 \times 0.003413) + 7.0986 = -2.446442$ $-2.446442K = X \rightarrow K = e^{-2.446442} = 0.086601$
30	303	0.003300	-2.131423	0.118668	$LnK = (2796.70 \times 0.003300) + 7.0986 = -2.131423$ $-2.131423K = X \rightarrow K = e^{-2.131423} = 0.118668$

## STEP 5. 유통기한의 산출

- ▶ 품질지표별 연간변화량 및 유통기한 산출  
아레니우스 방정식에 따라 산출한 반응속도상수(K)와 우리나라 연간 온도별 예상 유통일수를 이용하여 산출한다.

표 12. A성분의 연간변화량 산출

저장온도 온도(°C)	국내 연간온도별 예상 유통일수(A)	반응속도상수 (B)	연간변화량 (AxB)
10	152일(5개월)	0.046300	0.23
15	30일(1개월)	0.048534	0.05
20	61일(2개월)	0.050795	0.10
25	61일(2개월)	0.053079	0.11
30	61일(2개월)	0.055386	0.11
누계	365일(12개월)		0.60

표 13. A성분으로부터 산출한 유통기한

최초함량(A)	품질규격(B)	A-B	연간 변화량(C)	$[(A-B)/C]*365$
0.84	0.30	0.54	0.60	329.29일 (10.83개월)

※ A성분은 0차 반응식을 따름

표 14. B성분의 연간변화량 산출

저장온도 온도(°C)	국내 연간온도별 예상 유통일수(A)	반응속도상수 (B)	연간변화량 (AxB)
10	152일(5개월)	0.044980	0.22
15	30일(1개월)	0.046481	0.05
20	61일(2개월)	0.047977	0.10
25	61일(2개월)	0.049469	0.10
30	61일(2개월)	0.050956	0.10
누계	365일(12개월)		0.57

표 15. B성분으로부터 산출한 유통기한

최초함량(A)	품질규격(B)	A-B	연간 변화량(C)	$[(A-B)/C]*365$
$Ln(4.09)=1.41$	$Ln(2.0)=0.69$	0.72	0.57	459.57일(15.11개월)

※ B성분은 1차 반응식을 따름(최초함량은  $Ln(4.09)$ )

표 16. C성분의 연간변화량 산출

저장온도 온도(°C)	국내 연간온도별 예상 유통일수(A)	반응속도상수 (B)	연간변화량 (AxB)
10	152일(5개월)	0.061808	0.31
15	30일(1개월)	0.073376	0.07
20	61일(2개월)	0.086601	0.17
25	61일(2개월)	0.101643	0.20
30	61일(2개월)	0.118668	0.24
누계	365일(12개월)		1.00

표 17. C성분으로부터 산출한 유통기한

최초함량(A)	품질규격(B)	(A-B)	연간 변화량(C)	$[(A-B)/C]*365$
$Ln(1.76)=0.57$	$Ln(10.0)=2.30$	-1.74	1.00	636.50일(20.93개월)

※ C성분은 1차 반응식을 따름(최초함량은  $Ln(1.76)$ )

▶ 최종 유통기한 산출

실험항목	품질규격	산출유통기한
A	0.3	329.29일 (10.83개월)
B	2.0	459.57일(15.11개월)
C	10.0	636.50일(20.93개월)

▶ 결론

이상의 결과를 종합해볼 때 X제품의 우리나라 연간 온도별 예상 유통일수를 근거로 산출한 유통기한은 A성분을 기준으로 10.83개월로 예측되었다. 단, 최종 유통기한은 제조업체가 수용할 수 있는 안전계수를 고려하여 제조사가 최종 결정한다.

### [별첨 3] 간단한 예측적 방법의 사용

#### 예측미생물학(Predictive food microbiology) 모델

예측미생물학 모델은 알고 있는 조건하에서 미생물을 생육시켜 얻은 자료로부터 수학적 방정식을 얻어내어 유통기한을 계산하는 방법이다. 예측을 위해 제품의 pH, 수분활성도, 염, 보존 온도를 입력하면 미생물 성장가능성에 대한 예측을 얻을 수 있다. 이 모델은 제품의 유통기한 연구 초기단계 및 기존 제품에 대한 품질 기준 확인에 유용하다. 현재 다수의 모델이 무료로 이용 가능하다.

<http://www.ifr.ac.uk/Safety/GrowthPredictor/default.html>

예측미생물학 모델은 접근방식이 용이하고, 비용이 무료이거나 저렴하여 빠르게 결과를 예측할 수 있는 장점이 있다. 그러나, 안전에 대해 실수할 위험이 있어 결과에 대한 해석이 중요하며, 미생물이 증균배지(broth)에서 성장하기 때문에 실제 식품상태보다 성장이 빨라 저산성, 수분활성도가 높은 제품의 경우 실제보다 유통기한이 짧게 예측될 수 있는 단점이 있다. 따라서 반드시 실제 실험과 병행하면서 활용하여야 한다.

▶ 지방 함유제품의 품질지표 선정

구 분	품 질 지 표
지방 2.5%미만	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦제외 : 과산화물가, 유리지방산</li> <li>→ 지방추출과정이 복잡하고 실험을 방해하는 비지방 화합물의 추출 가능성으로 오류발생 가능성이 높다.</li> <li>◦권장 : 헥사날</li> </ul>
지방 2.5~10%	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦제외 : 과산화물가, 유리지방산</li> <li>→ 지방추출과정이 복잡하고 실험을 방해하는 비지방 화합물의 추출 가능성으로 오류발생 가능성이 높다.</li> <li>◦권장 : 산가</li> </ul>
지방 10%이상	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦권장 : 과산화물가, 유리지방산, 헥사날</li> <li>※ 추출된 지방의 조건               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 추출 지방은 시료 내 지방을 대표하여야 한다.</li> <li>- 실험을 방해하는 비지방 화합물이 추출되지 않아야 한다.</li> <li>- 사용할 용매는 지방을 잘 유리시켜야 한다.</li> </ul> </li> </ul>

▶ 식품유형별 고려할만한 품질지표

식품유형	고려할만한 품질지표
곡류와 가공품	수분
과실·채소류(통조림)	비타민손실 (B1, B2, C), 관능(풍미)
과실·채소이유식(통조림)	비타민손실(A, B1, C, E)
건조채소류	비타민 C(모든 채소류), 필수아미노산, 클로로필, 카로틴(시금치, 당근, 동결건조 완두), 관능(색)
건조과실류	비타민류, 관능(풍미, 색)
농축주스류	관능(향미, 색)
커피, 차	관능(향, 색)
육류	세균수, 색(초기에는 적절치 않음), 관능(냄새, 점질성 물질)
어패류	세균수, 휘발성염기질소
냉동어류	관능(지방이취, 조직탈수, 색, 풍미)
가금류	이노신(inosine), 하이포크산틴(hyposanthine)
저온살균제품	관능(풍미)
건조달걀제품	비타민 A, B1
식용유	POV, AOM
설탕, 소금	수분, 관능(케이킹)
빵류	관능(곰팡이)
치즈	관능(색)
시리얼	비타민 손실(B1, B2), 지방산화지표
파스타	비타민 손실(B1), 관능품질
냉동과일 채소	비타민 C
냉동육류, 어류	지방산화지표
냉동조리식품	영양소 손실, 관능

(주현규 등: 식품저장학, 수확사 (2006), Open shelf-life dating of food, NTIS (1979))