

A Case Study on the Ham Production Process

Young Joon Cha¹, Jae Man Lee², Yeon Woong Hong³

Abstract

본 연구는 경북에 소재한 식품회사인 S사의 햄 생산공정의 개선을 위하여 통계적 공정관리기법을 적용한 것이다. 햄의 중량은 햄의 품질에 대한 소비자의 신뢰와 기업의 수익성에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 연구의 목적은 햄 생산공정의 경제적 규격한계 확보를 통하여 기업의 이익을 극대화하는데 있다. 기본적인 통계적 공정관리 기법인 평균-범위 관리도, 공정능력분석, 측정시스템 평가분석 등을 이용하여 햄 공정을 분석하고, 최적 규격한계를 설정하였다.

Keywords : optimal specification limits, piecewise linear loss function.

1. 서론

본 연구의 목적은 햄 생산공정의 경제적 규격 한계 설정을 통한 기업의 수익성 제고에 있다. 연구내용은 햄 생산공정의 최적 공정관리를 위한 통계적 공정 분석과 공정능력 분석을 포함하여 햄의 중량이 정규분포를 따르고 과중량 또는 저중량으로 인한 손실이 일차함수라는 가정에서 경제적으로 최적인 규격 한계를 설정하는 것이다. 엄격한 규격을 적용하면 균질의 제품을 생산할 수 있으나 규격을 만족하지 않는 제품이 많아져 제조비용이 상승(수익성 저조)하게 되며, 완화된 규격을 적용하면 제조원가는 줄일 수 있으나 햄의 품질특성치의 변동이 커져서 소비자 불만이 커지고 식품관리당국으로부터 제재를 받게 된다. 따라서 이와 같이 품질 수준과 수익성의 상충관계를 고려하여 규격을 합리적으로 설정하는 것이 바람직하다. 한편 Golhar와 Pollock(1988)은 캔 공정에서 규격하한이 미리 설정되어 있는 경우에 공정평균과 함께 규격상한을 결정하는 방법을 다루었고, Schmidt와 Pfeifer(1989)는 제한된 생산 능력을 갖는 캔 공정에서 기대이익을 최대로 하는 공정평균과 규격상한을 동시에 결정하는 문제를 다루었다. Tang(1988)은 품질특성의 목표치가 미리 정해져 있을 때 최적의 규격한계를 정하는 문제를 다루었다.

본 연구에서는 (주)S식품의 햄 제조공정에서 중량자료를 통계적 공정관리(SPC) 방법으로 분석하고 이를 토대로 생산공정의 경제적 규격한계를 설정하는 문제를 다룬다.

¹경북 안동시 송천동 388번지, 안동대학교 정보통계학과 교수. E-mail : yjcha@andong.ac.kr

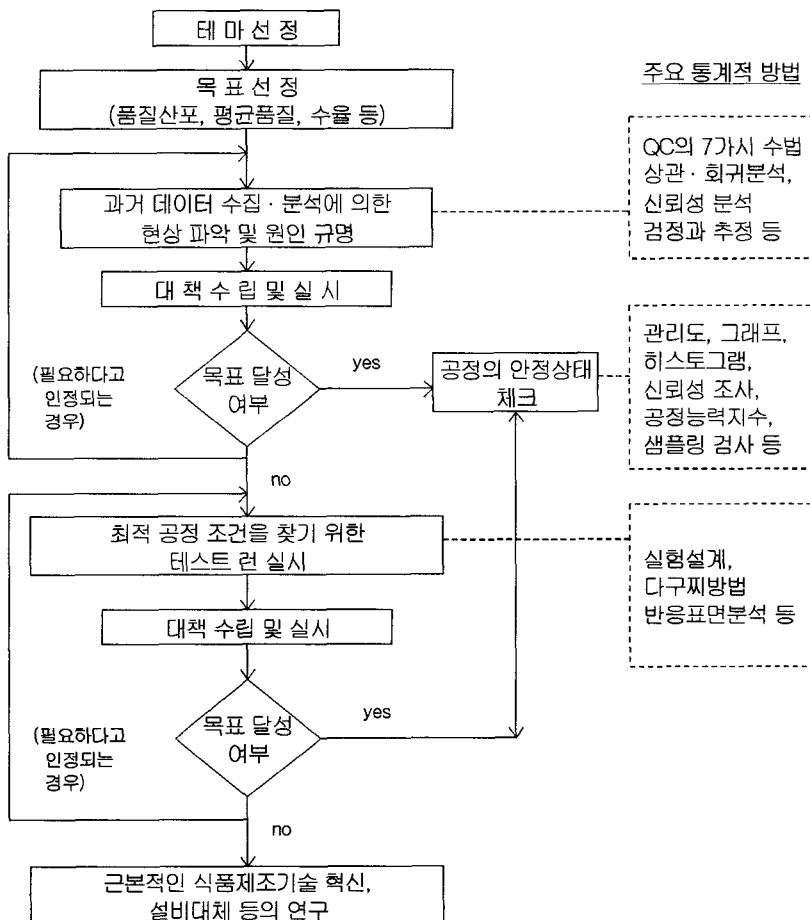
²경북 안동시 송천동 388번지, 안동대학교 정보통계학과 교수. E-mail : leejm@andong.ac.kr

³경북 영주시, 동양대학교 전자상거래정보산업학부 교수. E-mail : ywhong@phenix.dyu.ac.kr

2. 사례 연구

2.1 제조공정의 통계적 공정 해석

통계적 공정관리(Statistical Process Control: SPC)는 공정 데이터의 수집, 분석, 해석 등을 실시하고, 필요시 실험계획법 등 다양한 통계적 기법을 이용하여 문제 해결을 시도하는데 이 과정에서 결과 분석 및 해결 방향 제시 등을 수행 한다. S사의 SPC 활동의 흐름과 각 단계별 통계적 기법은 대략적으로 <그림 1>의 SPC 활동의 흐름도에 나타나 있다.



<그림 1> SPC활동 흐름

2.2 공정 현황

햄 제조공정의 생산형태, 충전방식, 공정평균에 목표관리 여부 등에 대한 현황을 간략히 요약하면 <표 1>과 같다.

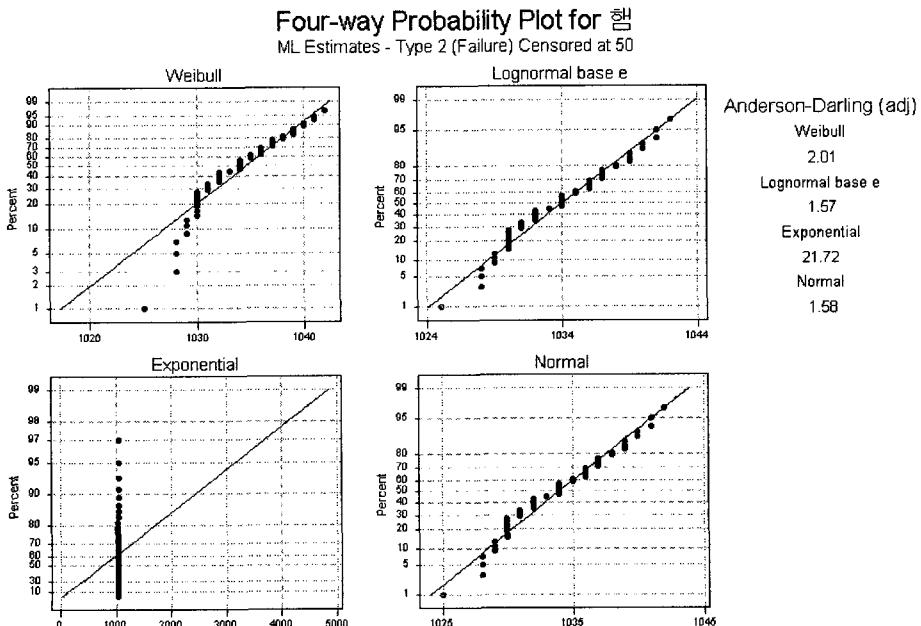
<표 1> 공정 현황

항 목	내 용
생산형태	연속생산공정
중량관리방식	세팅(setting)한 평균 공정중량에 따라 케이스에 의한 자동충전
공정평균	1,000g을 목표로하여 약간의 미달이나 초과충전을 허용함(통상 2% 내외)
규격한계	특별히 규정하고 있지 않음
관리도활용 여부	활용 실적 없음
데이터 관리상태	생산중 온라인 측정이 이루어지지 않고 있음

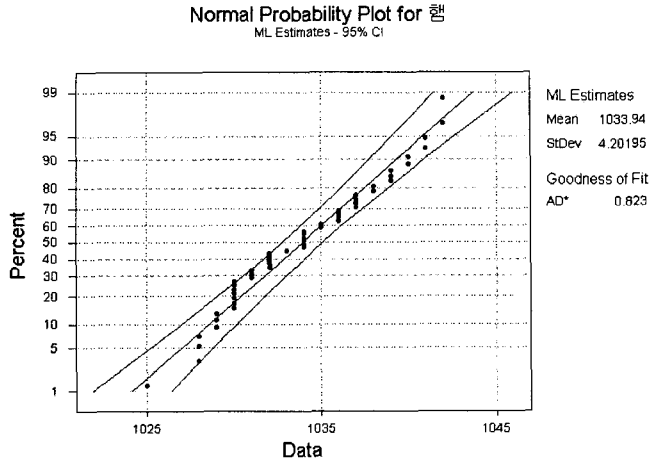
현장 종사자는 자동케이싱장치를 전적으로 신뢰하고 있으며 다소의 주입불량 햄이 있어도 경제적인 손실에 대하여 문제점을 인식하지 못하고 있다. 그러나 앞에서 지적한 바와 같이 햄의 중량이 균질하지 않은 상태에서 출하될 경우 공정의 안정성은 물론 경제적인 규격한계가 설정되지 못하므로 인하여 손실을 초래할 수 있으며, 결국 기업의 경쟁력을 저하시키는 현상을 초래할 수 있기 때문에 경제적 규격한계의 설정은 무엇보다 중요하다.

2.3 공정 분석

여기서는 50개의 햄 중량을 측정하여 합리적인 규격한계를 설정하려고 한다. 연구대상으로 삼은 S사의 햄은 기준중량이 1kg이며, 식품관련규정에 의하여 $\pm 2\%$ 의 오차는 허용된다. 그러나 업계의 관행에 따르면 1kg 이하의 제품은 거의 생산하지 않으며 경제적 규격한계의 의미보다는 기준중량에 얼마를 추가하여 대체로 초과중량의 제품을 출하하고 있다. <그림 2>와 <그림 3>에서 보는 바와



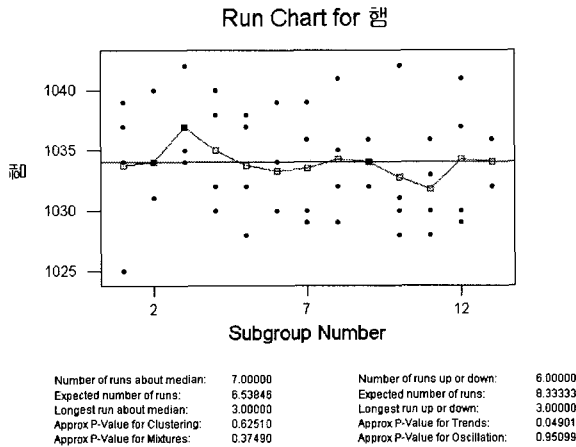
<그림 2> 중량 자료의 네 가지 확률지



<그림 3> 중량 자료의 정규확률지

같이 햄의 중량은 정규분포를 따른다고 할 수 있다.

또한 <그림 4>의 런 검정으로부터 햄 공정은 랜덤함을 확인할 수 있다.



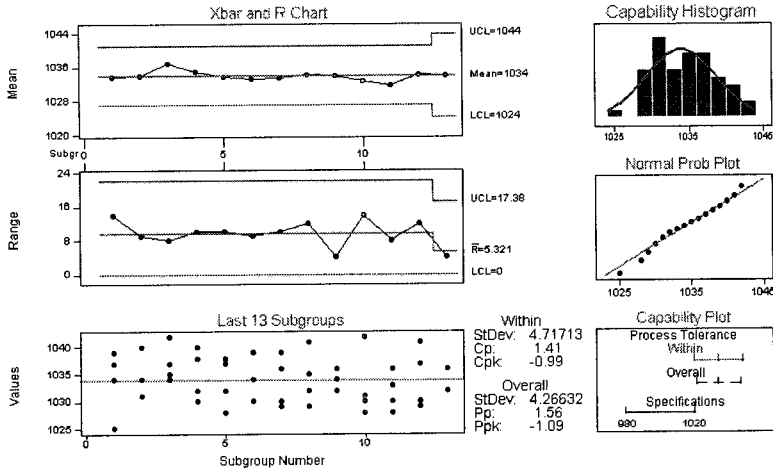
<그림 4> 중량 자료에 대한 런 검정

<그림 5>에서 공정이 안정되어 있음을 알 수 있다. 그러나 <그림 6>에서 나타낸 바와 같이 대부분의 제품이 규격상한을 초과하여 생산되고 있는 것으로 나타났다. 이에 따라 규격하한 980g 및 규격상한 1020g을 규격한계로 설정하면 S사의 햄 공정은 생산자 입장에서 대부분 과중량 제품을 생산하게 되어 초과중량만큼 이익을 상실하게 된다.

3. 최적규격

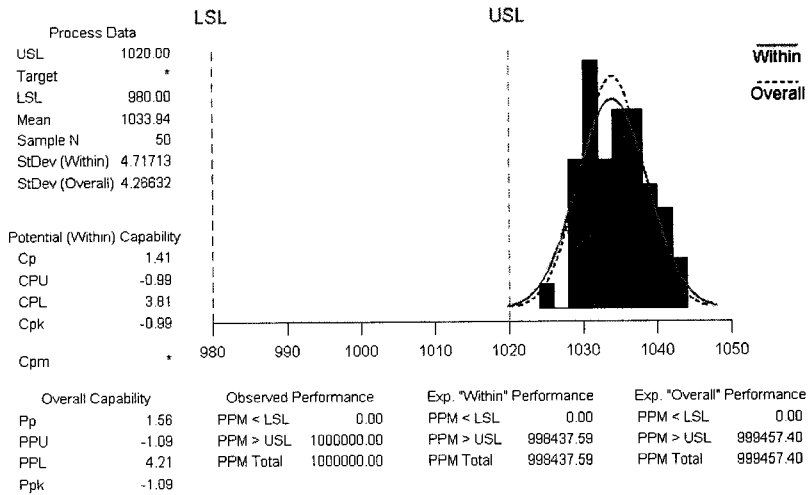
햄의 품질특성인 중량을 x 라 하고 공정평균의 목표치를 τ 라 할 때, 편차인 $z = x - \tau$ 는 정규분

Process Capability Sixpack for 햄



<그림 5> 중량 자료에 대한 종합차트

Process Capability Analysis for C1



<그림 6> 공정능력지수

포를 따른다고 가정한다. 공정평균이 목표치에 설정되었으므로 z 의 기대치는 0이며, 분산은 편의 상 1이라고 가정한다.

생산된 각 제품에 대하여 규격을 만족하는지의 여부를 판정하기 위하여 전수품질검사를 실시한다. $L \leq z \leq U (L < 0, U > 0)$ 이면 제품을 합격시키며, $z > U$ 이면 단위당 비용 R 을 들어서 재작업을 실시한다. 또한 $z < L$ 이면 할인하여 판매하거나 상품을 변경하여 판매한다. 품종변경이나 할인하여 판매함으로써 발생하는 손실은 단위당 $S (> 0)$ 이다.

합격된 제품의 경우 품질특성치가 목표치와 일치하지 않을 때에는 손실이 발생하는 바, 단위당 손실함수를 $K|z|$ 라 한다. 여기서 $K > 0$ 이며, $z = 0$ 이면 품질특성치가 목표치와 일치하므로 손실이 발생하지 않음을 뜻하며, z 가 0에서 품질특성치가 목표치로부터 멀어짐에 따라 손실이 크게 발생함을 의미한다. 제품의 단위당 판매가를 $A (> 0)$, 재가공비용을 R 이라고 할 때, 단위당 이익을 수식으로 나타내면 다음과 같으며 본 연구에서는 일차적으로 식(1)을 최대화하는 L 과 U 를 구하는데 목적으로 둔다.

$$P(z) = \begin{cases} A - S, & z < L \\ A - K|z|, & L \leq z \leq U \\ E[P] - R, & U < z \end{cases} \quad (1)$$

단위당 기대이익 $E[P]$ 를 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} E[P] &= \int_{-\infty}^{\infty} P\phi(z) dz \\ &= \int_{-\infty}^L (A - S)\phi(z) dz + \int_L^U (A - K|z|)\phi(z) dz + \int_U^{\infty} (E[P] - R)\phi(z) dz \end{aligned}$$

이를 정리하면 다음과 같다.

$$E[P] = \frac{-S\Phi(L) + (A + R)\Phi(U) + K\phi(L) + K\phi(U) - 2K\phi(0) - R}{\Phi(U)} \quad (2)$$

식(2)를 L 과 U 에 대하여 편미분하면

$$\begin{aligned} \frac{\partial E(P)}{\partial L} &= -S\phi(L) - KL\phi(L) \\ &= -\phi(L)(S + KL) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial E(P)}{\partial L} &= \frac{-\phi(U)}{[\Phi(U)]^2} \\ &\quad \times [KU\Phi(U) - S\Phi(L) + K\phi(L) + K\phi(U) - 2K\phi(0) - R] \end{aligned} \quad (4)$$

식 (3)을 0으로 두면

$$L = -S/K \quad (5)$$

식 (4)를 0으로 두면

$$U\Phi(U) + \phi(U) = [S\Phi(L) + R]/K - \phi(L) + 2\phi(0) \quad (6)$$

여기서 $f(U) = U\Phi(U) + \phi(U)$ 라고 하면 $f'(U) = \Phi(U)$ 이므로 $f(U)$ 는 단조증가 함수이다. 따라서 식(5)를 만족하는 L^* 를 식(6)의 우변에 대입하면 식(6)을 만족하는 U^* 를 수치해석적인 방법으로 구할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 공정평균의 목표치가 주어진 경우 기대이익을 최대로 하는 규격한계의 설정방법으로 제품의 품질특성치가 정규분포를 따른다고 가정하고 재가공비용, 경제적 손실비용, 가격할인 등을 고려하여 이익모형을 설정하였다. 산출한 규격한계는 밀도 및 수분함유량의 균질성을 전제로 설정된 것이므로 이들은 통제 불가능한 요소가 된다. 제한한 경제적 규격한계를 적용하여 리테이너 사양을 설계하면 S사의 경제적 이득은 극대화할 수 있을 것이다.

향후 연구방향으로는 손실함수 및 비용 모수에 대한 현장연구가 필요하다. 손실함수의 경우 본 연구에서는 1차식을 가정했지만 2차 손실함수 등 비선형 손실함수를 고려할 필요가 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Golhar, D. Y. and Pollock, S. M. (1988). Determination of the Optimal Process Mean and the Upper Limit for a Canning Problem, *Journal of Quality Technology*, Vol. 20, No. 4, pp. 188-192.
- [2] Schmidt, R. L. and Pfeifer, P. E. (1989). An Economic Evaluation of improvements in Process Capability for a single-Level Canning Problem, *Journal of Quality Technology*, Vol. 21, No. 1, pp. 16-19.
- [3] Tang, K. (1988), Economic Design of Product Specifications for a Complete Inspection Plan, *International Journal of Production Research*, Vol. 26, No. 2, pp. 203-217.
- [4] 한국육가공협회, <http://www.kmia.or.kr>