

담배 제조 공정의 통계적 관리시스템 개발

김영호^{*} · 송정호^{**}

한국인삼연초연구원^{*}, 에스링크(주)^{**}
(2001년 6월 08일 접수)

Development of Statistical Process Control System for Tobacco Manufacturing Process

Young-Hoh Kim^{*}, Jeong-Ho Song^{**}

Korea Ginseng and Tobacco Research Institute^{*}, S-Link^{**}
(Received June 08, 2001)

ABSTRACT : To decrease of deviations from target specifications and excessive variability around target, we exclusively designed statistical process control system involving general manager and expert tool for cigarette manufacturing process. This system is a unique programming environment for the development of total process control software including various control charts according to data type and process capability analysis. Also this system includes the statistical analysis module to analyze defective causes immediately when inferior products are made and the module to offer regular reports. This system is customized considering the manufacture environment based on the opinions of workers.

Key words : statistical process, cigarette manufacturing process

최근들어 애연가의 기호가 다양해지고 담배의 제조독점이 폐지되어 민영화가 가속화됨에 따라 담배 품질의 균일화 및 고급화가 점점 더 절실히 요구되고 있다. 이에 외산 담배에 대한 국내 제조 담배의 경쟁력 강화는 물론, 고객 만족을 위해서는 제조 공정에서 요구되는 품질이나 생산성 목표 달성이 필요하며, 이를 달성하기에는 통계적 기법을 이용한 공정의 운영이 필수적이다.

일반적인 담배제조 현황을 파악하면, 실시간으로 공정 데이터와 검사 데이터의 수집이 불가능하여 주기적으로 원료가공과 담배의 특성치에 대한

검사를 하고 있다. 또한 수집된 검사 데이터는 기본적인 품질 관리 시스템을 이용하여 입력되고 기초통계량과 공정능력지수가 계산되고 있으나, 통계적인 기법을 이용한 보다 체계적인 품질관리는 이루어지지 않고 있다.

따라서 제조공정에서 요구되는 품질이나 생산성 목표를 달성하기 위해 불량원인의 추적, 이상원인의 진단 및 대책정보를 제공해 주어 현장에서 효과적인 품질 관리가 가능한 통계적 공정관리 시스템(SPC : Statistical Process Control)이 필요케 되었다.

*연락처 : 305-345 대전광역시 유성구 신성동 302 번지, 한국인삼연초연구원

**Corresponding author : Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, 302 Shinseong -Dong, Yusong-Ku, Taejon 305-345, Korea

자료 및 방법

공정관리 시스템 구현

본 시스템 구성의 가장 큰 특징으로 제조공정 중 수집되는 데이터에 대해 통계적 기법을 활용하여 품질 관리를 할 수 있는 관리자용과 품질 문제 발생시 세부적인 통계 분석을 통한 대처가 가능한 전문가용으로 이원화하여 구성하였다. 아울러 효율적인 품질 산포 관리를 위해 관리도(Control Chart)와 공정능력지수(Process Capability Index) 등이 자동으로 제시되며, 통계 패키지의 Customizing을 통해 회귀분석, 분산분석 등의 다양한 통계분석이 가능토록 하였다. 분석결과는 정형화된 보고서로 자동 출력할 수 있는 기능을 제공하며 전체 시스템은 풀다운 메뉴방식으로 디자인되었고, 메뉴 바를 그림 아이콘으로 구성함으로써 작업자들이 편리하게 사용할 수 있도록 구성하였다. 또한 시스템 내에서 보여지는 모든 화면들은 일정한 보고서 형식으로 출력이 가능토록 하였다. 시스템 전체 구성도는 그림 1과 같이 구성되며, 시스템 기능은 크게 파일, 기준정보관리, 자료 입력, 공정조회, 공정분석, 품질관리보고서, 다차원 보고서, 도움말 등으로 나누었다.

구현 방법

시스템 기능을 세부적으로 살펴보면 파일은 시스템의 환경을 지원하고 비밀번호 변경 및 프린트 설정이 가능하도록 하고 기준정보관리는 품질 담당자에게 권한을 부여하여 기초 코드 항목과 관리 인자에 대한 규격 한계를 입력할 수 있게 하였다.

자료입력은 현장에서 수집되는 검사 자료와 상세 통계분석을 위한 세분화된 자료를 입력하는 부분이다. 공정조회는 관리도, 기초통계량, 공정능력분석, 통계그래프 등을 제공하며 이를 통해 공정의 관리상태를 파악할 수 있으며 공정분석은 커스터마이징된 통계패키지를 통해 다양한 통계분석을 수행할 수 있다. 보고서 기능으로 일별/주별/월별/년별 등의 주기적으로 정형화된 품질관리보고서를 작성할 수 있고 OLAP를 이용하여 사용자가 보고자 하는 차원의 다양한 품질보고서를 작성할 수도 있다. 기타 담배제조 관련용어와 킬런에 관한 품질관리지침에 따른 도움말을 제공하였다.

시스템 환경

본 시스템은 Power Builder를 부분적으로 이용하여 개발하고, 데이터베이스는 Microsoft Office Access 97 을 사용하여 설계 구축하였다. 통계 패키지는 ISP(Information Statistical Processor, S-Link사, 한국)와 STATISTICA(StatSoft사, 미국)를 활용하고, OLAP(On-Line Analytical Processing)툴로써 PowerPlay(렉스켄사)를 사용하였다. 시스템의 구현 설계 중 DB와 통계패키지의 연결은 공정관리시스템 내의 데이터를 text file로 변환 후 black box로 처리하여 통계패키지파일(*.ISP)로 변환하여 실행토록 설계하였다. 또한 PowerPlay 연결은 이 프로그램 내부 기능 중 DB를 연결토록하여 SW와 SW를 Bridging시켜 놓았으며 Default화된 문서형식으로 불러오도록 프로그램하였다.

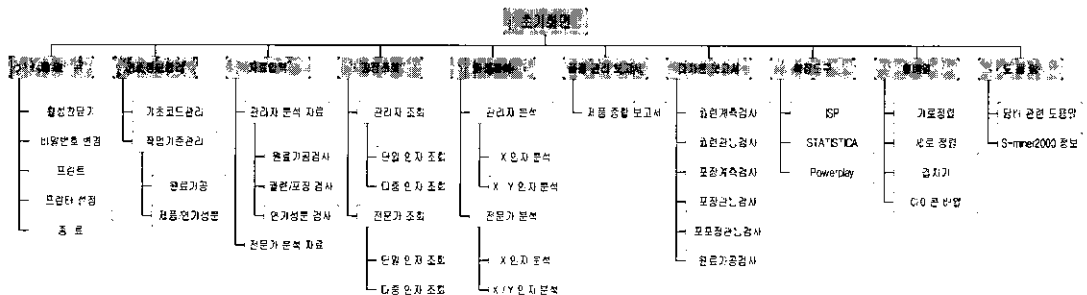


Fig.1. System configuration

결과 및 고찰

본 담배제조 공정관리시스템은 통계분석 기능을 강화한 off-line으로 운영되는 프로그램으로, 일반적으로 제조 공정에서 많이 사용하는 공정 및 품질관리 부분에 필요한 다양한 관리도 및 통계분석들을 직접 DB와 연동하여 분석이 가능하게 하였다. 또한 현장의 다양한 의견을 수렴하여 실제 현장에서 사용하기에 가장 적합하도록 커스터마이징 되어 있으므로 utility교육을 마치면 쉽게 활용할 수 있도록 설계되었다.

자료 입력 모듈

모든 자료 입력은 Spreadsheet 형식으로 디자인 되어 엑셀시트에서의 자료입력과 유사하게 입력할 수 있다. 자료 입력 모듈은 '관리자 분석 자료' 입력 모듈과 '전문가 분석 자료' 모듈로 구성되어 있는데 '관리자 분석 자료' 모듈에서는 제조공정 중 수집될 수 있는 원료가공검사, 컬런/포장검사, 연기성분검사 결과에 대한 자료를 입력할 수 있으며 '전문가 분석 자료' 모듈에서는 품질 문제 발생 시나 품질 개선 시 세부적인 통계분석을 실시하기 위해 담배 품질에 중요한 영향을 주는 선별된 인자들에 대해 자료를 입력할 수 있다.

수집된 자료를 작업자가 시스템에 직접 입력을 하는 경우에는 입력 시 부주의로 인해 값이 잘못 입력될 가능성과 작업자의 업무량으로 인해 수집 시 바로 입력하지 않는다는 문제점이 있을 수 있는데 작업자가 수동으로 입력 시 발생하는 오류를 최대한 방지하기 위하여 본 시스템에서는 작업자가 직접 입력하는 부분을 최대한 감소시켰다. 즉, 기계번호명, 공정명, 제품명, 기장명은 '기준정보관리' 모듈에서 등록되어 있는 항목 리스트를 통해 해당 항목을 선택하여 입력 시트에 자동 입력이 가능하도록 구현하였다. 또한 입력된 자료의 저장 시에도 사전에 등록되어진 기계번호명, 공정명, 제품명, 기장명 외의 잘못 입력된 항목에 대해서는 오류메시지가 출력된다. 입력된 자료는 보고서 형식으로 재구성된 형태로 출력할 수 있으며, 그림 2는 '관리자 분석 자료' 입력 화면을 보여주고 있다.

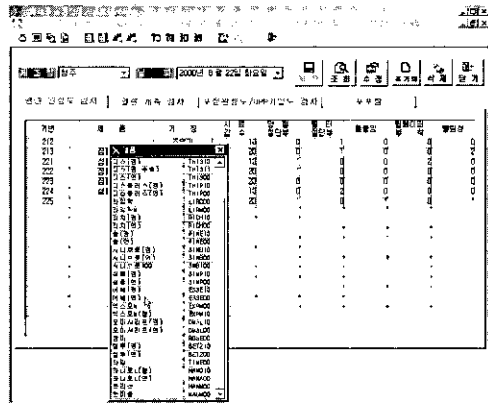


Fig. 2. Data input module for manager

'전문가 분석 자료(그림 3) 모듈에서 입력 항목은 담배 품질에 대한 사전 분석을 통해 품질 특성에 주된 영향을 주는 인자들로 구성되어 있다. 품질 문제 발생 시 입력 항목으로 선별된 인자들에 대한 자료만을 수집하여 분석함으로써 쉽게 품질 문제 해결에 접근 할 수 있도록 하였다.

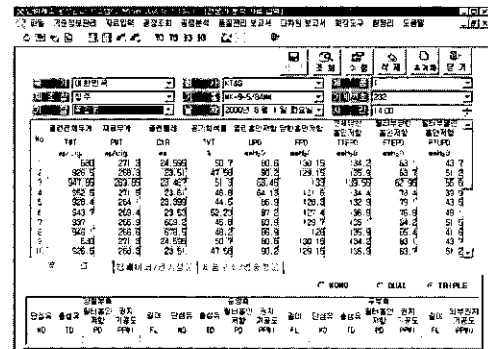


Fig. 3. Data input module for expert

공정 조회 모듈의 단일인자 조회

공정 조회 모듈(그림 4)에서는 입력된 자료를 통해 관리도, 히스토그램, 상자그림, 정규확률도, 공정능력지수, PPM, Sigma 수준을 분석함으로써 공정에 이상요인이 발생하는 경우 이를 탐지하여 수정조치함으로써 불량제품의 발생을 억제하고 이들 정보를 관리, 해석하여 공정의 산출물 효율적으로 관리해 나갈 수 있다. 또한, 한 화면에 많은

정보를 포함함으로써 보다 빠르게 품질의 상태를 분석할 수 있게 구성하였다.

담배 품질 측정치의 평균값 변화와 산포를 동시에 관리하기 위해 계량형 관리도로써 $\bar{X}-R_s$, $\bar{X}-R$, $\bar{X}-S$ 관리도가, 담배 관능 검사 자료에 대해 계수형 관리도로 P 관리도가 자료 유형에 따라 자동으로 보여진다. 관리도에서 규격한계선을 이탈한 자료는 붉은 색으로 표시됨으로써 쉽게 작업자에게 이상데이터를 알려주며, 해당 타점을 클릭하면 화면 우측의 자료 시트 화면에 해당 타점 데이터가 바로 보여져 이상데이터의 측정시각과 측정값을 즉각적으로 알 수 있다.

현 공정 수준을 쉽게 파악할 수 있는 정보로는 공정능력지수와 더불어 PPM값 및 6 sigma 수준을 제시하였다. 또한, 상자그림과 히스토그램을 통해 데이터의 전체적인 분포 형태를 파악할 수 있으며, 정규확률도를 이용해 데이터들이 정규분포를 따르는지 살펴볼 수 있다(박 등 1997).

부가 선택 기능으로 자료수, 최소값, 최대값, 평균, 분산, 표준편차, 변동계수, 중앙값, 범위, 사분위값 등의 기초통계량을 보여주며, Shapiro-Wilk 정규성 검정과 7가지 런검정 결과를 제공한다. 조회된 모든 화면은 보고서 형식으로 인쇄 가능하며, 자료는 Excel 파일 및 Text 파일 등으로 저장 가능하다.

공정 조회 모듈의 다중인자 조회

대부분의 경우 단 하나의 인자가 품질에 영향을 주는 것이 아니라 여러 개의 인자가 복합적으로 품질에 영향을 미친다. 또한 인자들간에는 상호 연관성을 가지며 동일한 패턴을 보이기도 한다(배 등, 1999). 그림 5에서 보여지듯이 '다중인자조회'에서는 여러 인자에 대한 관리도를 동시에 보여줌으로써 연관성이 있는 인자 또는 품질에 복합적인 영향을 주는 인자들의 산포에 대한 관리가 동시에 가능하다. 각 관리도를 클릭하면 관리도가 크게 확대되며 해당 인자에 대한 공정능력지수, PPM, 6

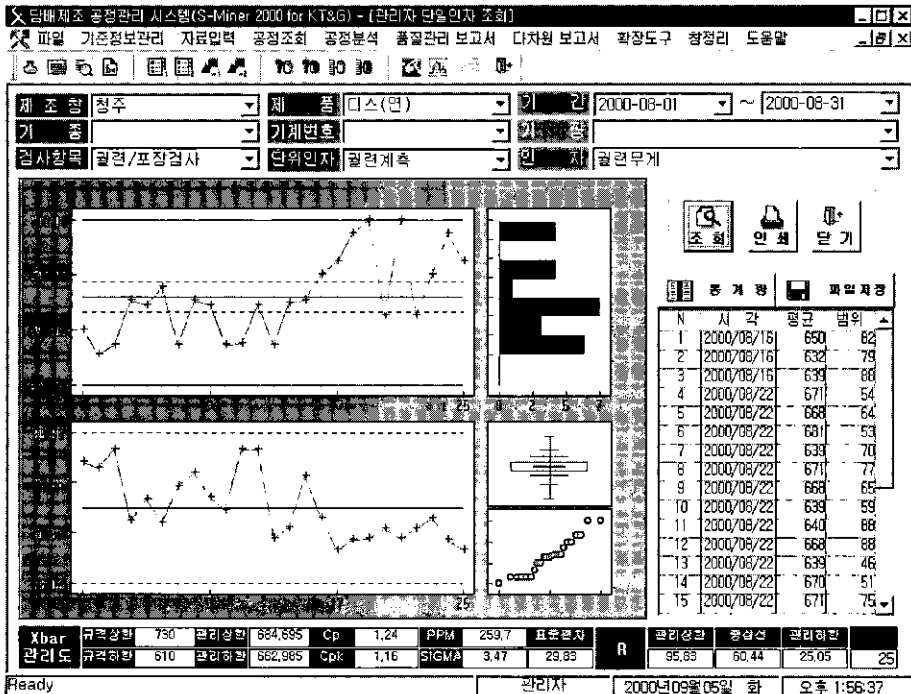


Fig. 4. Single factor inquiry of imaginary data

담배 제조 공정의 통계적 관리시스템 개발

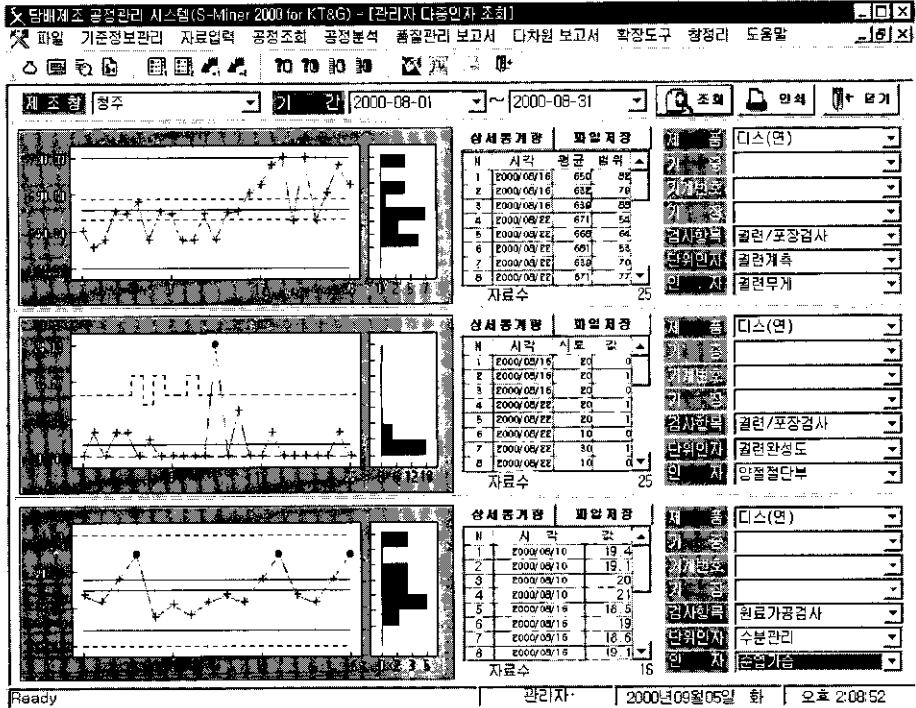


Fig. 5. Multiple factor inquiry of imaginary data

sigma 수준, 상세 기초통계량, 런검정 결과 등을 분석할 수 있다.

공정 분석 모듈

공정 분석 모듈에서는 통계 패키지를 커스터마이징하여 입력된 자료에 대해 통계분석이 쉽게 가능하도록 구현하였다. 즉, 변수 선택 화면에서 선택된 인자의 자료가 분석에 적합한 형태로 변환되어 불러지고, 사용자가 원하는 통계분석기법을 선택하여 통계분석을 실시할 수 있다.

공정 분석 모듈은 'X 인자 분석'과 'X/Y 인자분석' 모듈로 구성되어 있다. 'X 인자 분석'에서는 선택된 그룹변수와 분석변수에 대해 상관분석, 분산분석, 유의차분석(t-Test) 등이 가능하며, 'X/Y 인자분석'에서는 선택된 종속변수와 독립변수에 대해 상관분석, 회귀분석 등이 분석 가능하다 (StatSoft, 1995).

공정분석 모듈을 실행하면 그림 6과 같이 변수

선택화면이 보여지고 사용자가 분석하고자 하는 인자를 선택하면 다음 단계로 분석기법 선택화면이 나타나 작업자가 원하는 분석을 선택 가능하게 구성하였다. 변수 선택 시에는 사전에 분석을 통해 현 공정 상에 의미 있는 변수들만을 선택 가능하도록 구성하였다.

현장 작업자들이 통계적 관리 기법을 현장에 적용하기 위해 통계 이론을 이해하는데는 많은 어려움이 따른다. 게다가 통계 패키지의 사용 방법까지 습득해야 한다는 것은 통계적 공정 관리 기법을 현장에 쉽게 적용하지 못하게 하는 이유 중의 하나이다. 이에 공정 분석 모듈에서 통계분석은 '자동분석'과 '사용자분석'으로 구성하여, 자동분석 (그림 7)에서는 현장에 많이 사용되고 분석 단계상 작업자의 특별한 조작을 필요로하지 않는 분석 기법에 대해 통계 분석이 자동으로 수행되어 작업자가 통계패키지 사용법에 대한 지식없이도 쉽게 분석을 수행할 수 있도록 하여 그 결과만을 보여지

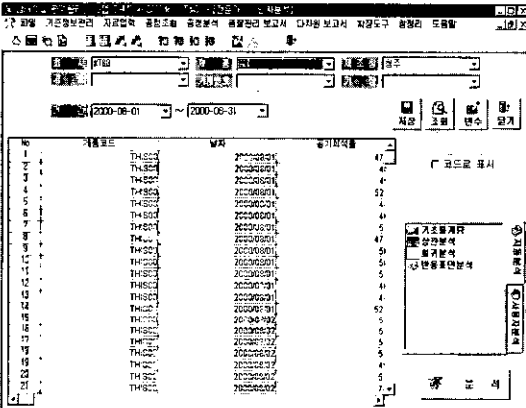
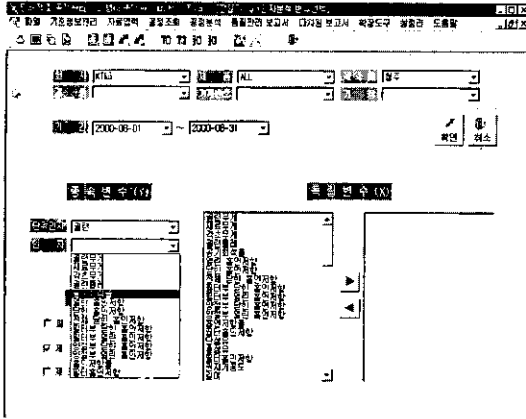


Fig. 6. Analysis module of two factor, X and Y

도록 구현하였으며, 분석 과정에서 작업자의 조작이 필요한 분석기법들은 ‘사용자분석’에서 분석 가능하도록 하였다. 사용자분석은 분석하고자 하는 자료를 선택한 후 선택한 자료를 통계패키지로 넘겨 사용자가 직접 분석을 실시하여 심도있는 분석도 가능하도록 하였다. 작업자들이 통계 분석을 수행하는데 있어서 또 하나의 어려움은 분석하고자 하는 자료의 수집 및 분석 자료 형태의 구성이다. ‘사용자분석’을 이용하여 작업자는 분석하고자 하는 자료를 쉽게 가져 올 수 있으며 분석 자료의 구성이 가능하다. 분석하고자 하는 자료가 수집되면 분석 가능한 자료 형태로 변환된 후 통계패키지가 자동 구동된다. 또한 수집된 자료는 Excel 파일과 Text 파일로 저장 가능하다.

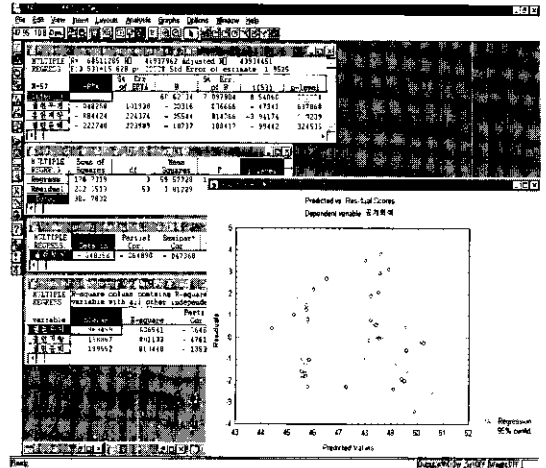


Fig. 7. Result of automatically analysis

다차원 보고서 모듈

다차원 분석이라고 불리는 OLAP(On-Line Analytical Processing)를 이용하여 작업자가 원하는 차원으로 데이터를 분석할 수 있다. OLAP이란 사용자들에게 데이터 구조의 흐름을 다차원적인 구조로 빠르게 보여주면서 몇몇 미리 계산된 값들을 제공함으로써 데이터에 대한 정보를 쉽게 제공해주는 새로운 스타일의 향상된 데이터 질의(Query) 방법이다(랙스켄, 2000). 예를 들어 제품별, 기종별, 기장별 불량률 또는 결련계측검사 결과를 보고자 할 때, 제품, 기종, 기계번호, 기장은 차원(dimension)으로 정의되고 이렇게 다차원으로 표현되는 모든 데이터분석을 빠른 시간 내에 손쉽게

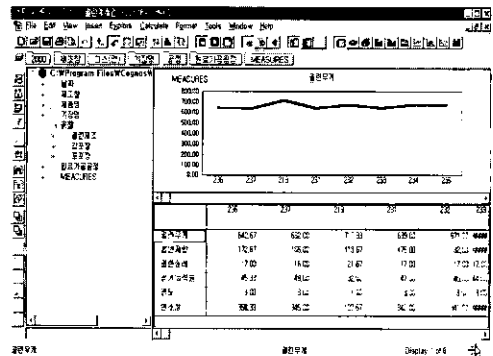


Fig. 8. Result screen of multidimensional report

게 적용할 수 있는 기술이라고 할 수 있다.

주기적으로 작성해야 하는 정형화된 보고서는 '품질관리보고서' 모듈을 이용하여 작성이 가능하고, '다차원 보고서' 모듈에서는 작업자가 직접 작업자별, 기계번호별, 제품별, 공정별로 차원을 달리하여 담배 품질 특성치를 분석함으로써 담배 품질에 관한 정보를 다차원적으로 해석할 수 있다.

그림 8은 T제품에 대한 기계번호별 담배 품질 특성치에 대한 보고서의 예이다.

결 론

본 시스템은 품질 관리 시스템의 기본적인 기능을 확장하고 통계분석, 그래픽, 보고서 기능을 강화시킨 관리자용과 공정진단, 세부요인분석, 추가 통계분석이 가능한 전문가용으로 이원화하여 개발되었다.

이 시스템을 통해 담배 제조 시 단순한 품질 검사 결과에 대한 요약 수준의 품질 관리 단계를 벗어나 현장 작업자들은 통계적인 방법으로 공정을 관리함으로써 품질향상·고객만족·업무의 신뢰성

확보를 달성할 것으로 생각된다.

그러나 향후 현 시스템을 더 잘 활용하기 위해서는 제조 공정 중 실시간 자료 수집을 위한 기본 인프라 구축과 실시간 통계적 공정관리(Real Time Statistical Process Control)시스템으로의 확장이 필요하다고 하겠다.

참 고 문 헌

- 렉스켄(2000), PowerPlay User Manual
박성현, 박영현(1997), 통계적 품질관리, 민영사
배도선 외 공저(1999), 통계적 품질관리, 영지문화사
신봉섭(1999), "객체지향언어를 이용한 통계적 공정관리 소프트웨어의 구현", 품질경영학회지 27(4) ; 256-263
에스링크(2000), ISP User Manual
한경수, 안정용(1996), MS-EXCEL과 Visual Basic 으로 개발한 통계적 공정관리 소프트웨어, 품질경영학회지, 25(3) ; 172-178
StatSoft(1995), STATISTICA User Manual