

최 종
연구보고서

**농산물 산지유통센터(APC) 적정 시설분석을 위한
3D 시뮬레이션 공정설계 프로그램 및 차세대
유통센터 모델 개발**

Model Development of 3D Simulation Process Design
Program and Next Generation APC(Agricultural Products
processing Center) Model

연 구 기 관

영진전문대학 자동화기술연구소

한국식품연구원

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “농산물 산지유통센터(APC)의 적정 시설분석을 위한 3D시물레이션 공정설계 프로그램 및 차세대 유통센터 모델 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005 년 7 월 14 일

주관연구기관명 :

영진전문대학
자동화기술연구소

위탁연구기관명 :

한국식품연구원

연구책임자 : 김수영

연구 원 : 오재춘

연구 원 : 전상표

연구 원 : 이기성

연구 원 : 황경현

연구 원 : 이희준

연구 원 : 서정훈

연구 원 : 이영준

연구 원 : 이해정

연구 원 : 김진규

연구책임자 : 김종훈

연구 원 : 정진웅

연구 원 : 김병삼

연구 원 : 차환수

연구 원 : 권기현

참여기업 : (주)씨포어쏘시에이츠

요 약 문

I. 제 목

농산물산지유통센터(APC)의 적정 시설분석을 위한 3D시뮬레이션 공정설계 프로그램 및 차세대 유통센터 모델 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

최근 농산물의 소비패턴의 변화, FTA 등 유통시장 개방, 대형유통업체 등장, 직거래 활성화 등 농산물의 유통구조에 많은 변화가 나타나고 있다. 정부에서는 이러한 유통환경에 대응하기 위하여 기존의 생산 조합원 중심의 선별, 포장 등 단위공정 위주의 소규모 농산물 포장센터에서 벗어나 산지에 농산물 유통거점 시설로 농산물산지유통센터(APC : Agricultural Products processing Center) 지원사업을 시행하고 있다. 농산물산지유통센터 지원사업은 조합원, 농업인, 유통업체가 협력하여 농산물의 신상품, 브랜드 개발 등을 통하여 국내 농산물의 대외경쟁력 강화 및 산지에서부터 수요자가 요구하는 대량의 신선농산물을 지속적으로 공급하는 체계를 구축하고 표준화, 정보화, 기계화로 종합적인 농산물 유통거점 시설로 추진하고 있다.

국내에 설치 운영되고 있는 산지농산물유통센터의 경우 설립 시 처리물량과 시설투자비용을 기초로 하여 집하계획과 판매계획을 상호 연계하여 적정 공정분석 및 설비계획이 수립되어야 하나 사업주체의 전문지식의 결여로 관행적인 경험에 의존하여 설계되어 설치 후 사용 시 많은 문제점이 나타나는 것으로 조사되었다. 따라서 중장기적 측면에서 획일적으로 설치, 운영되고 있는 유통센터의 기계설

비에 대하여 적정 시스템 모델링 및 리모델링 기술의 개발과 보급이 정책적인 차원에서 필요한 실정이다.

국내의 농산물산지유통센터의 효율적인 공장설계와 리모델링을 위해서는 국내 농산물 유통구조에 따른 농산물의 수확 후 전처리, 선별, 포장공정의 적정 설비계획을 위한 공정분석·설비분석 기술을 개발하여, 자동화기술이 접목된 가상유통센터를 컴퓨터에서 시뮬레이션 하여 운영주체에서 요구되는 적정방법과 Lay-out을 도출하고 최적 시스템을 구축하여 유통환경 변화에 대응할 수 있도록 하여야 한다. 또한 산지유통센터의 활용도를 높이기 위해서는 다품종 소량에 대응하는 유연성설비시스템(FMS)을 적용하여 공산품 최적 생산, 제조시스템 구축에 사용되고 있는 3D 시뮬레이션기술과 공장자동화기술을 농산물유통센터 구축에 접목시켜 최적의 Lay-out 구축과 4M(Man, Machine, Material, Method)이 분석된 효율적인 모델을 개발하여 적용시킬 필요가 있다.

본 연구에서는 농산물산지유통센터의 적정 시설계획을 위하여 공정·설비설계기술과 3D 시뮬레이션 기술을 구축하고 이들을 통하여 과채류 산지유통센터의 시설계획 프로그램을 개발하여 최적 공정설계를 통한 과채류 산지유통센터 모델을 제시하고자 하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 산지 과채류 유통센터의 공정설계
 - 과채류 유통센터의 단위공정분석
 - 산지 과채류 유통센터의 공정설계
 - 단위 공정별 기계장치의 데이터베이스 구축
2. 유통센터의 최적 공정설계를 위한 공정설계 프로그램 개발
 - 산지 과채류 유통센터의 최적화를 위한 설비계획

- 산지 과채류 유통센터의 단위 공정별 모듈설계
- 최적화 3D 시뮬레이션을 위한 설비사양 작성
- 공정분석에 의한 적정 시뮬레이션 Lay-out 설계
- 가상 농산물산지유통센터 시뮬레이션 분석

3. 공정분석 프로그램에 의한 산지유통센터 3D 모델 개발

- 공정분석 프로그램에 의한 과채류 유통센터의 최적화 3D Layout 구축
- 주요 과채류 기본시설의 3D Model 개발
- 주요 과채류 기본시설의 설비사양 분석

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 연구에서는 농산물산지유통센터의 적정 시설계획을 위하여 공정분석 및 설비분석 기술을 적용하여 3D 시뮬레이션 기술을 구축하고 이들을 통하여 업체류 산지 유통센터의 시설계획 프로그램을 개발하여 최적 공정설계를 통한 최적 농산물 산지유통센터 3D 시뮬레이션 모델을 개발하였다. 본 연구의 주요 연구결과는 다음과 같다.

- 최적의 가상 농산물산지유통센터를 구축하기 위한 방법으로서는 지능인지형 신생산시스템(MI-NPS, Meta Intelligent - New Production System) 기술을 도입하였다. 지능인지형 신생산시스템 기술은 농산물산지유통센터에서 발생할 수 있는 모든 요소들을 사전에 검증하고 이를 현장에 적용하기 위해 현장 분석 및 문제점 도출, 전문화된 선진 기술 도입, 개선안 창출, 개선안들에 대한 검증방안 제시, 새로운 레이아웃 개념 및 구조 도출, 대상공장의 현장전문가를 양성하는데 까지를 범위로 최적의 가상 APC 구축과 활용을 함으로써 범용적인 적용이 적합한 기술로 판단되었다.

○ 국내 농산물산지유통센터의 품목별 처리공정을 분석하기 위하여 국내 산지유통센터의 대표적인 품목인 과실과 엽채류에 대하여 음성군 감곡농협 등 50여 개소 현장을 방문하여 공정조사를 실시하였다. 조사품목으로는 국내에서 생산되는 대표적인 과채류로서 사과, 배, 복숭아, 포도, 토마토, 딸기, 단감, 배추, 파프리카, 감자, 감귤, 신선 엽채류, 샐러드용 엽채류 등을 조사하였다. 공정 조사결과, 각 유통센터의 품목별이나 규모별로 현장에 설치된 시설은 큰 차이가 나타났으나 공정에서는 크게 과실류와 신선 엽채류로 크게 나누어 기본 공정을 분석할 수 있었다. 과실의 경우 선별 공정, 엽채류의 경우 세정·세척 공정이 가장 핵심적인 공정으로 조사되었으며, 이들 공정에 대한 공정분석을 수행하였다.

○ 농산물산지유통센터의 관련 기계설비의 데이터베이스를 구축하고자 데이터베이스 프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램은 작업 효율성을 고려하여 크게 입력 프로그램과 검색 프로그램으로 구성하였으며, 단위 기계정보와 생산업체 정보를 입력, 검색하도록 되어있다. 검색은 품목과 단위 공정을 사용하며, 생산업체, 단위기계 가격, 처리용량, 모델명 등으로 세부 검색이 가능하도록 개발되었다. 데이터베이스는 관련 단위 기계정보를 품목별, 단위공정별로 분류하여 구축하고 있으며, 5개 품목 군별, 예냉, 저장, 세정 및 세척, 탈수 및 건조, 선별, 계량, 내포장, 외포장 등 8개 공정별로 정보가 구축되었다.

○ 농산물산지유통센터 적정 설비, 공정 계획을 위한 가상 농산물산지유통센터 공정설계 시뮬레이션 모델을 개발하였다. 농산물 유통센터 공정 분석에서 시작하여 시뮬레이션 단위 모듈 개발, Lay-out 구축, 시뮬레이션 분석, 결과의 활용 및 적용에 이르기까지의 순차적인 시뮬레이션 모델로서, 이를 통해 적정 설비, 공정, 작업자, 생산량, 생산효율 등을 컴퓨터 안에서 검토해볼 수 있으며 다양한 대안을 창출할 수 있다. 이러한 공정설계 시뮬레이션 모델은 모듈화된 단위 공정 모델들에 설비들의 개개의 특성을 반영하고, Lay-out을 쉽게 구축/변경, 결과 데이터 실시간 산출할 수 있기 때문에 재사용성 및 분석에 상당히 유용하리라 예상된다.

○ 산지유통센터의 활용도를 높이기 위해 다품종 소량 생산에 대응하는 유연생산시스템(FMS)을 적용하여 공산품 최적 생산·제조시스템 구축에 사용되고 있는 3D 시뮬레이션기술과 공장자동화기술을 농산물유통센터 구축에 접목시켜 최적의 3D Layout을 구축하여 단위품목 군 별 기본시설 계획을 수립할 수 있도록 하였고, 국내 주요 업체류 유통센터 기계설비의 설비사양 분석이 가능하도록 단위 공정별 기계장치의 표준 3D Model을 개발하였다. 이로 인해 산지유통센터의 기본시설계획 수립 시 2차원 CAD 도면을 마스터 데이터로 관리하는 기존의 설계 프로세스에서 3차원 CAD 데이터를 마스터 데이터로 하는 설계 프로세스의 변환으로 3차원 설계 과정을 통한 실물과 동일한 가상적인 Mock-Up(DMU, Digital Mock-Up)의 효과로 실제의 유통센터 형상과 동일한 형상의 3D Modeling을 통해 프로젝트 팀(시설 입안 부문 - 공정 설계 부문 - 시뮬레이션 분석 부문- 3D Modeling 부문)간 시설 입안 초기 단계에서부터 산지유통센터의 형상을 이해하고 공유할 수 있는 환경이 마련되어 이를 토대로 추후 공정상에서 발생 가능한 문제점들을 구축 초기 단계에서 사전에 반영하는 ‘사전 협업’ 체제의 구축과 커뮤니케이션의 효율성을 증대시켜 2차원적으로 구현하거나 검증하지 못했던 최적의 시설 계획 수립이 가능할 것으로 판단된다. 또한 3차원 CAD를 활용하여 주요 과채류 산지유통센터 관련 기계시설의 정확한 형상을 가진 표준 모델의 개발 및 데이터 베이스를 구축하고 사용자 Library 기능으로 관련 기계시설 정보를 최신의 정보로 갱신하도록 하여 과채류 산지유통센터 최적화 구축 시 필요한 경우 손쉽게 재사용하거나 수정하여 사용할 수 있게 함으로써 향후 선진 기술의 접목 등 다양한 형태의 한국형 산지유통센터 모델 구축에 능동적인 대응이 가능할 것으로 판단된다.

○ 본 연구에서 개발된 농산물산지유통센터의 공정/설비 설계·분석 프로그램은 향후 예측되는 선별 출하시스템을 가상공간에서 유형별로 모델링하여 최적 시스템을 도출할 수 있으므로 최적 시스템 입안의 절차와 방법, 기본설계(물동량분석, 공정분석, Lay-out구축, 설비사양), 시뮬레이션 분석(System Tack-Time분석,

Man-Machine분담, 최적시스템) 등에 활용될 것이다. 또한 개발된 기술은 농산물의 수확 후 산지유통센터로 입하, 선별, 포장, 출하 등의 유통 유형에 따라 계획단계에서 실시간 검증이 가능하므로 보다 철저한 작업인원, 작업방법, 작업시간을 예측하고 비용손실을 줄여 고부가가치의 유통시스템 구축이 가능하리라 본다.

SUMMARY

In this study, the 3D simulation technique setup and applied a justice analysis and facilities analysis technique for an enemy situation equipment plan of APC. Through these, we developed an equipment plan program and the best APC 3D simulation model for a best suited justice design.

The main results of this study are like followings.

○ We applied the MI-NPS(Meta Intelligent - New Production System) technique for the best suited virtual APC construction. The MI-NPS technique can verify all elements to happen in the spot at APC, spot analysis and problem discovery, introduce seniority specialized technique, create the remedy, presents the verification plan about remedies, create new layout concept and structure, train the spot expert of an object APC. The MI-NPS technique was proved to be available.

○ We developed the virtual APC simulation model for process plan and proper facilities of APC. It is a progressive model from process analysis of APC to module development of simulation unit, Lay-out construction, simulation analysis, and application and adaption of the results as well. Through it, we can inspect proper facilities, process, worker, production, and productivity in the computers, and we can create various alternative plans. This simulation model for process design seems to be very useful for reuse and analysis, since it can product the result data as real time by easy construction and modification of Lay-out and by reflecting individual characters of the facilities onto modularized unit process models. In this study, it is expected to be a APC model of Korean type by developing APC model for

various virtual agricultural products by adapting to various agricultural products in the future, since it was developed for leaf vegetables and fruit vegetables.

○ Plans for basic facilities were established for unit items for each area by constructing optimal 3D layout onto APC construction by attaching automation techniques and 3D simulation techniques which are being used for construction of manufacturing system and optimal production by adapting FMS, against small quantity batch production of many kinds, in order to increase utilization of APC. And, data base was constructed by developing standard 3D model of machine devices for each process in order to enable the analyzation of quality specification of machine devices of domestic main APC's for leaf vegetables. Thus, when they establish plans for basic facilities of APC, the environment which has common possessing and understanding of shape of APC was constructed from early stage of plans for facilities among project teams(facilities planing division - process designing division - simulation analyzing division - 3D modeling division) through 3D modeling of same shape with real APC shape by the effect of DMU same with real things through 3D design process by modification of design process which makes 3D CAD data as master data from the existing design process which manges 2D CAD drawings as master data. So, on the basis of it, it is estimated that the establishment of plans for optimal facilities is available which was not came true or testified as 2D by increasing effectivity of communication as well as establishment of 'prior co-work' system which reflects the problems in early stage of establishment which can be happened in the process, later. And, it is estimated that active confrontation is available to establish various APC model of Korean type including attachment of advanced techniques in the future, by

modification or easy reusing when it is needed to construct optimal APC for fruit vegetables by renewing the related machine device information as updated information by user library function as well as establishment of data base and development of standard model with accurate shape of related machine devices of main APC for fruit vegetables by using 3D CAD.

○ For inspection and facilities plans for APC, it can connect 3D model with process design simulation model developed in this study for scientific and objective process, lay-out, working method, producing plan design and estimate. And, it can adapt for establishment of virtual engineering environment, management and design for virtual APC, testification and evaluation of process/facilities, visualization of process/facilities, and training through virtual APC. And, these techniques are regarded to take a role for the development of related fields because it can be used by non-specialists or beginners as well as specialists. Furthermore, it can shorten the period of process design and construction design which require long time, and the designing method on existing 2D basis.

CONTENTS

Chapter 1 Introduction	17
Section 1 Background	17
Section 2 Objectives	19
Chapter 2 Analysis of APC	21
Section 1 Process analysis of APC	21
Section 2 Apply field and effectiveness of virtual APC	46
Section 3 Virtual APC construction process	48
Chapter 3 Development process planning program of APC	51
Section 1 Development of simulation unit modules	53
Section 2 Simulation lay-out construction	73
Section 3 Analysis of APC simulation	87
Chapter 4 3D model development of APC by analyzing process	99
Section 1 Optimal 3D layout construction of APC	100
Section 2 Basic facilities model development of APC	112
Section 3 Basic facilities specialization analysis of APC	124

Chapter 5 Summary and Conclusion	127
References	131
Appendix	135

목 차

제 1 장 서 론	17
제 1 절 연구개발의 필요성	17
제 2 절 연구개발의 목표	19
제 2 장 농산물산지유통센터 분석	21
제 1 절 농산물산지유통센터 공정 분석	21
제 2 절 가상 농산물산지유통센터의 적용 분야 및 효과	46
제 3 절 가상 농산물산지유통센터 구축절차	48
제 3 장 가상 농산물산지유통센터 공정설계 프로그램 개발	51
제 1 절 시뮬레이션 단위 모듈 개발	53
제 2 절 시뮬레이션 Lay-out 구축	73
제 3 절 가상 농산물산지유통센터 시뮬레이션 분석	87
제 4 장 공정분석에 의한 농산물 산지유통센터 3D 모델 개발	99
제 1 절 농산물 산지유통센터의 최적화 3D Layout 구축	100
제 2 절 농산물 산지유통센터의 기본시설 모델 개발	112
제 3 절 농산물 산지유통센터 기본시설의 설비사양 분석	124

제 5 장 요약 및 결론	127
참고문헌	131
부록	135
1. 농산물 유통센터 설비 데이터베이스	136

제 1 장 서 문

제 1 절 연구개발의 필요성

최근 농산물의 소비패턴의 변화, 유통시장 개방, 대형유통업체 등장, 직거래 활성화 등 농산물의 유통구조에 많은 변화가 나타나고 있다. 정부에서는 이러한 유통여건의 변경에 대응하여 농산물의 포장 규격화 및 상품성제고를 통한 국내 농산물의 대외경쟁력 강화를 위하여 농산물산지유통센터(APC : Agricultural Products processing Center) 지원 사업을 시행하고 있다. 농산물산지유통센터는 산지에서부터 수요자가 요구하는 대량의 규격농산물을 지속적으로 공급하는 체계를 구축하고 표준화, 정보화, 기계화로 물류비를 절감하고자 기존의 생산 조합원 중심의 농산물포장센터의 선별, 포장의 단위공정에서 벗어나 조합원, 일반 농업인, 유통업체가 협력하여 규격출하, 유통정보 수집, 전파, 계약재배, 브랜드 개발 등 산지의 종합적인 농산물 유통거점 시설로 추진하고 있다.

국내에 설치 운영되고 있는 농산물산지유통센터의 경우 설립 시 처리물량과 시설투자비용을 기초로 하여 집하계획과 판매계획을 상호 연계하여 적정 공정분석 및 설비계획이 수립되어야 하나 사업주체의 전문지식의 결여로 관행적인 경험에 의존하여 설계되어 설치 후 운영 시 많은 문제점이 나타나는 것으로 조사되었다. 따라서 중장기적 측면에서 획일적으로 설치, 운영되고 있는 유통센터의 기계설비에 대하여 적정 시스템 모델링 및 리모델링 기술의 개발과 보급이 정책적인 차원에서 필요한 실정이다. 또한 최근 규모화된 농산물산지유통센터의 경우 외국의 설비를 수입하여 설치하거나 계획하고 있는 실정으로 이와 같은 현상은 대규모 생산라인을 분석하고 최적 설계할 수 있는 국내 기술이 부족하여 공장규모의 처리 능력을 가진 구매자가 신뢰하고 검증된 시스템이 부족한 실정으로서 소비자가 요구하는 새로운 농산물 제품에 적응하는 공정기술과 시스템이 부족한데서 나타

나는 현상으로 판단된다.

선진 외국의 경우는 거의 대부분의 농산물이 수확 즉시 산지에서 집하되어 농산물 품목에 알맞은 예냉, 선별, 박피, 세척, 건조, 정선, 등급 계량, 포장 과정을 거친 농산물이 소비지로 출하됨으로써 품질과 안전성, 편의성을 지닌 양질의 농산물이 유통되고 있으며, 농산물 폐기물로 인한 환경오염의 문제점을 해결하고 농산물의 품질과 등급을 객관적인 방법으로 분류하여 소비자들의 구매력을 향상시키고 있다.

국내의 농산물산지유통센터의 효율적인 공장 설계와 리모델링을 위해서는 국내 농산물 유통구조에 따른 농산물의 수확 후 전처리, 선별, 포장공정의 적정 설비계획을 위한 공정분석 기술을 개발하여, 자동화기술이 접목된 가상유통센터를 컴퓨터에서 시뮬레이션 하여 운영주체에서 요구되는 적정방법과 Lay-out을 도출하고 최적 시스템을 구축하여 유통환경 변화에 대응할 수 있도록 하여야 한다. 또한 산지유통센터의 활용도를 높이기 위해서는 다품종 소량에 대응하는 유연성설비시스템(FMS)을 적용하여 공산품 최적 생산, 제조시스템 구축에 사용되고 있는 3D 시뮬레이션기술과 공장자동화기술을 농산물유통센터 구축에 접목시켜 최적의 Lay-out 구축과 4M(Man, Machine, Material, Method)이 분석된 모델을 개발하여 적용시킬 필요가 있다.

본 연구에서는 최적의 APC를 구축하기 위해 3D 시뮬레이션 기술에서 한 차원 업그레이드된 지능인지형 신생산시스템(MI-NPS, Meta Intelligent - New Production System) 기술을 도입하였다.

제 2 절 연구개발의 목표

본 연구에서는 농산물산지유통센터의 적정 시설계획을 위하여 공정분석, 설비 분석 기술과 3D 시뮬레이션 기술을 구축하고 이들을 통하여 과채류 산지유통센터의 시설계획 프로그램을 개발하여 최적 공정설계를 통한 차세대 과채류 산지유통센터 모델을 제시하고자 하였다.

농산물산지유통센터의 시설계획 프로그램은 향후 예측되는 선별 출하시스템을 가상공간에서 유형별로 모델링하여 최적 시스템을 도출할 수 있으므로 최적 시스템 입안의 절차와 방법, 기본설계(물동량분석, 공정분석, Lay-out구축, 설비사양), 시뮬레이션 분석(System Tack-Time분석, Man-Machine분담, 최적시스템) 등에 활용될 것이다.

또한 개발된 기술은 농산물의 수확 후 산지 유통센터로 입하, 선별, 포장, 출하 등의 유통 유형에 따라 계획단계에서 실시간 검증이 가능하므로 보다 철저한 작업인원, 작업방법, 작업시간을 예측하고 비용손실을 줄여 고부가가치의 유통시스템 구축이 가능하리라 본다.

제 2 장 농산물산지유통센터 분석

제 1 절 농산물산지유통센터 공정 분석

1. 단위 공정 분석

현재 국내의 농산물산지유통센터의 품목별 처리공정을 분석하기 위하여 국내 농산물산지유통센터의 대표적인 품목인 과실과 엽채류의 전처리, 세정·세척, 선별, 포장 공정에 대하여 농산물산지유통센터의 공정조사를 실시하였다. 조사 분석은 음성군 감곡농협 등 50여개소를 현장방문 조사를 실시하였으며 품목으로는 국내에서 생산되는 대표적인 과채류로서 사과, 배, 복숭아, 포도, 토마토, 딸기, 단감, 배추, 파프리카, 감자, 감귤, 신선 엽채류, 샐러드용 엽채류 등을 조사하였다.

농산물산지유통센터의 공정 조사결과, 각 유통센터의 품목별이나 규모별로 현장에 설치된 시설은 큰 차이가 나타났으나 공정에서는 크게 과실류와 신선 엽채류로 크게 나누어 기본 공정을 분석할 수 있었다. 그림 2-1은 과실 품목의 산지유통센터의 대표적인 공정도를 나타낸 것으로 사과, 배, 복숭아, 포도, 토마토, 단감, 감귤 등의 생산 공정을 분석한 결과이다. 그림 2-2는 엽채류의 공정도를 나타낸 것으로 샐러드용 엽채류 및 신선 엽채류의 생산 공정을 분석한 결과를 나타낸 것이다.

공정조사에서 과실의 경우 선별 공정, 엽채류의 경우 세정·세척 공정이 가장 핵심적인 공정으로 조사되었으며, 이들 공정에 대한 공정분석을 수행하였다. 선별 공정은 선별요인에 대한 적용기술의 현황 및 선별공정의 효율을 분석을 위한 수학적 모형을 분석하였다. 세정·세척공정은 최근 세척공정에 이용되는 지하수, 염소수, 오존수, 전해산화수 등에 대하여 이들 세척수의 적용성을 검토하였다.

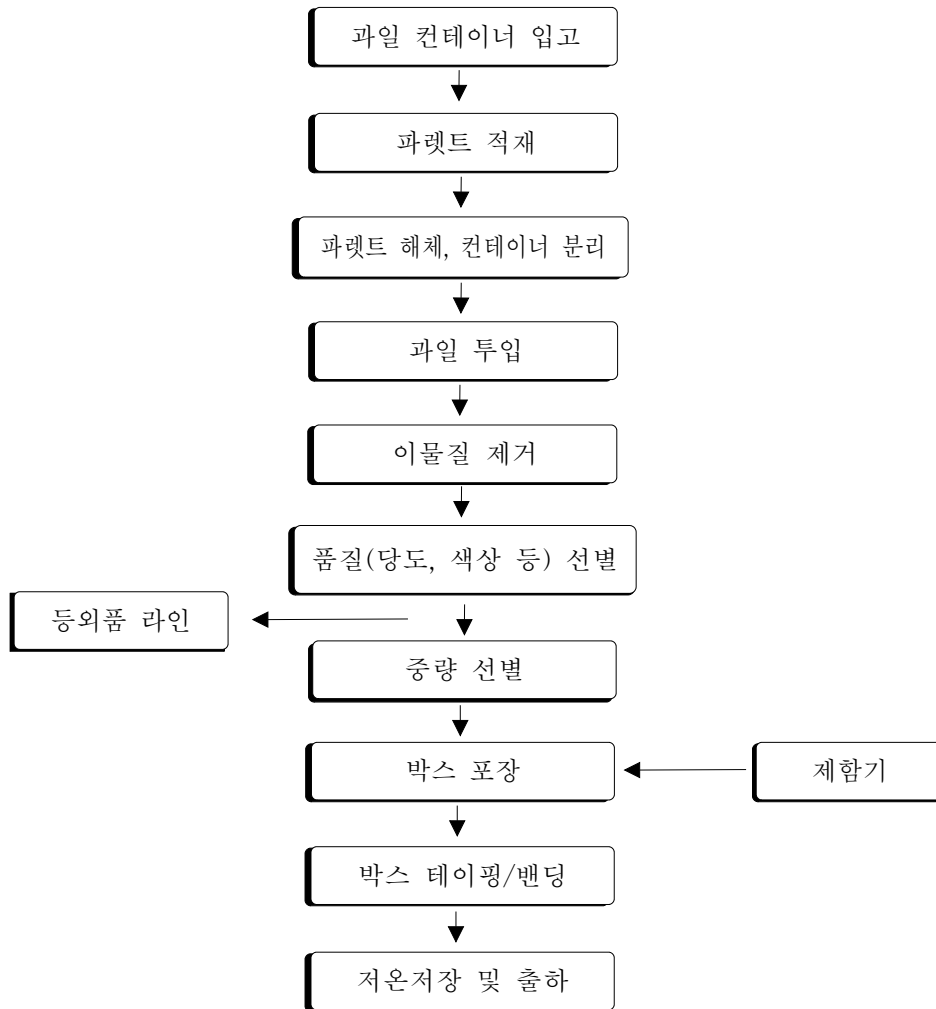


그림 2-1. 과실류 산지유통센터의 제조 공정

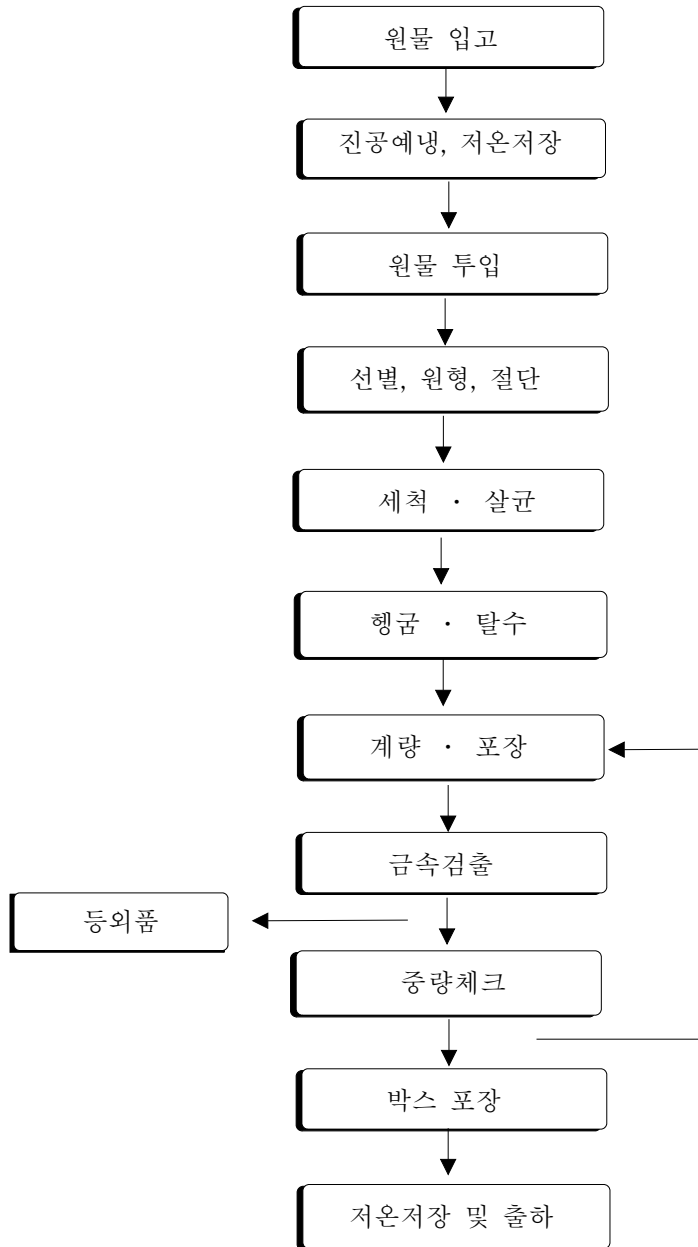


그림 2-2. 신선 채소류 산지유통센터의 제조 공정

가. 선별공정

농산물의 품위판정 및 선별 공정은 상품의 품질을 향상시킴과 동시에 가격을 결정하는 주요요인이다. 농가의 소득증대를 위해서는 생산과정에서의 생산비 절감을 위한 노력도 중요하지만 수확후의 품위판정 및 선별과정에서 우수한 개체를 균일하게 분류하여 규격 출하함으로써 소비자의 만족도와 상품의 부가가치를 높일 필요가 있다. 이러한 농산물의 품위판정 및 선별기술은 미국 등 선진국에서는 많은 연구가 수행되고 있고 실제 품위판정 및 선별시스템 개발에 신기술이 적용되어 사용하고 있으나 국내의 경우 농산물의 품위판정 및 선별기술에 관한 연구·개발도 활발히 수행되고 있다.

현재 국내에서 생산·보급되고 있는 선별기는 기존의 중량선별기와 드럼식 형상선별기와 더불어 비파괴 선별기술이 접목된 내외부 품질판정 선별기가 보급되고 있으나 선별기술 수준이 선진외국에 비하여 낮은 실정이다. 중량선별기의 종류는 스프링식, 저울추방식의 기계식과 전자식이 모두 생산되어 보급되고 있다. 선별능력은 보통 시간당 4,500~5,000개 정도로 7~10단계로 선별할 수 있으며, 선별정밀도는 약 3g정도다. 전자식 중량선별기는 초기에는 단지 중량 제어부만 내장되어 선과기능만 부여하고 있었으나 1990년대 중반부터 계수처리 연산장치를 부착하여 대형 유통센터에서 이용 가능한 시설을 보급하기에 이르렀다.

국내에서 비파괴 검사법을 이용한 농산물의 선별 현황을 보면 1980년대 후반부터 영상처리기술을 이용한 과실류 선별기가 학계와 기업체 등에서 활발한 연구가 진행되어 현재에는 국내에서 영상처리식 과일 선별기가 생산·보급되고 있다. 이 영상처리식 과일 선별기는 과일의 크기, 모양 및 색도 등의 외형적 특성을 선별 기준으로 사용하고 있다. 또한 근적외선(NIR, Near Infrared Reflectance) 등을 이용한 과실의 당도 및 산도 등의 내부 품질판정에 관한 연구도 1990년대 중반부터 활발히 이루어져 관련기술을 이용한 내부 품질판정기가 국내에 실용화되고 있다.

1) 선별공정의 관련기술

산업화에 따른 국민의 소득증대와 생활수준의 향상으로 농산물의 소비형태가 고품질의 농산물을 선호하는 경향이 높게 나타나고 있다. 소비형태의 변화에 대응할 수 있는 고품질 농산물의 생산방법과 품질을 객관적이고 신속하게 평가할 수 있는 농산물의 품위판정 및 선별기술 절실히 요구되고 있다. 최근 과실류의 산지유통센터에서도 기존의 크기, 중량 위주의 단순 선별에서 벗어나 과실의 내부 품질을 평가하여 선별·출하하기 위하여 많은 노력을 하고 있다.

과실의 품질을 판정은 크게 분석 대상물의 원래의 형태나 상태로부터 다른 형태나 상태로 변형, 조제하여 품질을 측정하는 파괴적 측정방법과 측정 대상체를 분쇄, 절단 등의 처리 없이 원래의 상태를 온전하게 유지한 채 품질을 측정하는 비파괴적 측정방법으로 구분된다. 산지유통센터에서 선별공정에 활용하고 있는 기술은 비파괴 측정방법으로서 신속한 측정이 가능하고 시료의 전량검사가 가능하며 전처리가 간단하고 동시에 여러 가지 성분을 분석할 수 있어 선별 시스템의 자동화에 이용되고 있다.

농산물의 품질판정에 적용이 가능한 비파괴 선별기술은 Acoustic response, Dielectric response, Microwave response, Impact response, Mechanical vibration response, Magnetic resonance, Machine vision, Optical properties, Other sensing technologies 등으로 미국, 일본, 유럽 등 선진국에서는 많은 연구가 수행되어 실제 품위판정 및 선별시스템 개발에 적용되어 사용되고 있으며 국내에서도 관련 연구가 활발히 수행되고 있다.

표 2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6, 2-7, 2-8은 농산물의 품질지표로 사용되는 외형, 크기, 색깔, 속도, 부패, 내부품질, 결함, 상해 등에 대한 품질인자와 이들을 평가할 수 있는 비파괴 선별기술을 나타낸 것이다.

표 2-1. 농산물 외형의 품질인자 및 비파괴 적용기술

Quality parameter	Nondestructive technology
Geometry	Machine vision, compared with geometry algorithm
Appearance	Machine vision with artificial intelligence

표 2-2. 농산물 크기의 품질인자 및 비파괴 적용기술

Quality parameter	Nondestructive technology
Diameter	Machine vision
Length	Machine vision
Cross section	Machine vision
Weight	Electronic weighing
Density	Calculate from size and weight Microwave response

표 2-3. 농산물 색깔의 품질인자 및 비파괴 적용기술

Quality parameter	Nondestructive technology
Color hue range	Optical properties Machine vision as a spectrophotometer
Hue identification	Machine vision as a spectrophotometer
% of discoloration	Machine vision
% of surface color	Machine vision

표 2-4. 농산물 숙도의 품질인자 및 비파괴 적용기술

Quality parameter	Nondestructive technology
Firmness	Acoustic response (apple, melons)
	Impact response (apple, melons)
	Gas evolution detection
	Mechanical vibration response (watermelons)
	Impact response (apples, peaches)
	Ultrasonic transmission (watermelons)
	Microwave response (dielectric, structure, density)
Sugar content	NIR, Delayed Light Emission
	Magnetic response (NMR, sugar refractometer)
	Dielectric response
	Soluble solids measurement

표 2-5. 농산물 부패의 품질인자 및 비파괴 적용기술

Quality parameter	Nondestructive technology
Molds, decays	Visible and UV spectrum machine vision
	Optical properties
Rot	Visible and UV spectrum machine vision
Black-Rot	X-ray imaging
	Acoustic response(ultrasonic-sweetpotatoes)

표 2-6. 농산물 내부품질의 품질인자 및 비파괴 적용기술

Quality parameter	Nondestructive technology
Spongy	Acoustic response(ultrasonic reflection)
Woodiness	X-ray machine vision
Water content	Microwave response NIR
Lipid content	Magnetic resonance
Internal breakdown	Acoustic response(ultrasonic transmission)
Open Spaces	X-ray machine vision Acoustic response(ultrasonic transmission)
Softness	Optical response(light transmission) Acoustic response(ultrasonic reflection)

표 2-7. 농산물 결함의 품질인자 및 비파괴 적용기술

Quality parameter	Nondestructive technology
Cracks, splits	Visible and UV spectrum machine vision Ultrasonic and NMR imaging
Split pits	X-ray imaging(peaches)
Roots	Machine vision
Peeling	Machine vision(onions)
Thick skins	Optical response(IR, UV, visible light reflection) Magnetic response(NMR)
Seeds, cores	X-ray machine vision Acoustic response(Ultrasonics)

표 2-8. 농산물 상해의 품질인자 및 비파괴 적용기술

Quality parameter	Nondestructive technology
Cuts	Visible and UV spectrum machine vision
Worm holes	Machine vision
Indentations	Machine vision
Scars	Machine vision
Freezing	Visible and UV spectrum machine vision
Sunburn	UV spectrum machine vision
Hail damage	UV spectrum machine vision
Insects and worms	Machine vision
Peel Injury	Optical properties(Delay Light Emission-oranges)
Bruises	Machine vision
	Acoustic response(ultrasonic reflection-apples)

2) 선별공정 수학적 모형

선별공정의 처리능력은 단위 시간당 처리량(kg/hr) 또는 단위 동력당 처리량(kg/kW)으로 나타내고 있다. 또한 선별된 물질의 순도, 수거율, 분리효율 등에 관한 수학적 모형은 다음 수식 (1), (2), (3)로 분석된다.

$$P_{ii} = \frac{(W_i - Q_i)}{W_i} \times 100 \quad (1)$$

P_{ii} : i 번째 출구로 배출되는 i 번째 물질의 순도

W_i : i 번째 출구에서 수거된 물질의 무게

Q_i : i 번째 물질 이외의 물질이 i 번째 출구에서 수거된 무게

$$D_{ii} = \frac{(P_{ii} W_{ii})}{M_i} \times 100 \quad (2)$$

D_{ii} : i 번째 출구에서 수거된 i 번째 물질의 수거율

P_{ii} : i 번째 출구로 배출되는 i 번째 물질의 순도

W_i : i 번째 출구에서 수거된 물질의 전체 무게

M_i : 주어진 원료에 포함되어있는 i 번째 출구의 무게

$$\eta = \sum_{i=1}^n \left(\frac{W_i}{W_T} \right) \left(\frac{P_{ii} - a_i}{1 - a_i} \right) \times 100 \quad (3)$$

η : 선별기의 분리효율

W_i : i 번째 출구에서 수거된 물질의 전체 무게

W_T : 투입된 원료의 전체 무게

P_{ii} : i 번째 출구로 배출되는 i 번째 물질의 순도

a_i : 원료에 포함되어 있는 i 번째 물질의 구성비

나. 세척공정

국민소득 증대로 인한 식생활 향상에 따라 신선 농산물 형태의 소비가 급증하므로 씨 유통물량의 증대와 더불어 소비구조가 영양, 위생, 안전, 편의성 등의 질적인 측면으로 전환되고 있어 우수한 품질의 과채류를 선호하는 경향이 두드러지고 있다. 특히, 과채류의 경우에는 세정 후 그대로 식용하는 상품 개발이 증가하고 있으나 과채류 표면에 오염되어 있는 대부분의 위해요소들은 기존의 단순 세척과정에서는 거의 제거되지 않기 때문에 신선편이농산물의 세척공정에서는 기존의 세정작업은 물론 유해 미생물의 제거할 수 있는 살균작업의 필요성이 강조되고 있다.

현재 대규모 산지농산물유통센터의 세척공정에 도입되고 있는 시스템은 획일적으로 Sodium Hypochlorite의 염소계 살균제를 이용한 세척 시스템으로 이와 같이 처리하는 농산물의 물성을 고려하지 않은 획일적인 설비의 수입으로 일부 공장에서는 시스템의 성능이 떨어지는 문제점이 나타나고 있다. 세척공정의 기계화는 처리 품목별로 특성을 구명한 후 특성에 따라 적정 기계형식이 선정되어야 하며 처리 품목에 대한 처리조건 등이 제시되어야 한다.

염소수를 이용한 농산물 살균의 경우 살균공정 후 농산물에 잔류하는 염소가 농산물이 지니고 있는 고유한 무기물질과 반응하여 착화합물인 THM을 생성하는데 THM이 발암물질로 발표되어 유럽에서는 잔류염소량이 0.4ppm이하로 엄격히 규제하고 있으며 미국, 유럽 등 유통선진국의 경우 국민건강과 상품적 측면에서 표면살균에 대한 연구가 활발하게 수행되고 있다. 특히 지금까지는 표면살균에 클로린을 사용하였으나 그 대체수단으로서 선도에 영향을 미치지 않고 인체에 무해한 살균효과를 가지는 오존수, 전기분해수를 이용한 물리적 방법에 의한 살균처리 기술의 개발에 주력하고 있다.

신선 농산물 세척공정에서는 수처리가 이루어지므로 세척공정 후 반드시 탈수공정이 필요하다. 신선농산물의 경우 조직이나 형상 특성상 탈수공정의 기계화는 어려운 실정이다. 현재 열채류의 경우는 진동, 중력, 원심 등의 탈수방법을 이용하

여 배치식 작업으로 이루어지므로 작업효율이 전체 생산 공정의 효율이 떨어지고 있으며 생산제품의 품질에도 많은 영향을 미친다. 또한 신선농산물의 제품의 안전성과 신선도를 고려하면 미생물 및 품질 변화는 대부분 온도에 절대적인 영향을 받으며, 전처리 가공 전 원료단계의 초기 온도관리와 가공중의 온도 및 품질 관리가 최종 제품의 품질에 절대적으로 영향을 미친다. 선진국 경우 신선농산물의 세척 공정 등 전처리 작업장은 15 °C를 초과하지 않도록 하고 있고, 시료의 온도는 10 °C 미만의 저온에서 처리하도록 하고 있다. 그러나 국내의 대부분은 상온에서 작업이 이루어지는 실정으로 온도에 의한 스트레스를 받아 유통 중 품질 저하의 원인이 되고 있다. 따라서 신선편이농산물의 신선도 유지를 위해서 저온수 처리를 통한 세척공정에서 호흡작용을 억제하고 포장열(field heat) 제거하는 공정기술이 필요한 것으로 나타났다.

1) 세정

세정의 목적은 표면에 부착된 이물질, 농약 등의 제거와 함께 균수의 저감, 온도 유지에 있다. 보통 세척 공정은 세정과 함께 살균 작업이 이루어지게 된다. 세정방식에는 침지식, 유수조식, 고무원판식, 회전드럼식, 고압분사식, 롤러형브러쉬 등이 있으며 전자는 주로 과일, 엽채류에 후자는 구근류 세정에 많이 이용된다.

신선편이 농산물에 적용되는 대표적인 세정 방식으로는 다조식과 고수압제트 캐비테이션 방식이 적용되고 있다. 다조식은 여러 개의 세정조를 연속적으로 설치하여 단계별로 세정과 살균 등을 행할 수 있게 구성되며 세척통이 반전되어 다음 세척조로 피세정물이 이송되면서 세척이 진행된다. 배치연속방식으로서 세척시간의 조절이 가능하고 주로 펌프에 의해 물을 순환시킴으로서 절수가 가능한 타입으로 연속 세정을 행할 수 있다. 시설은 주로 세척조와 살균수 공급시스템으로 구성되어 있다. 보통 차아염소산나트륨은 원수 수량에 비례하여 공급하고 식품첨가물로서 허가가 나 있는 초산, 염산, 구연산등을 목표 pH까지 주입하게 되어 있다. 최근에는 잔류염소의 과잉반응을 억제하고 채소의 분해에 의한 품질 저하를 완화

하기 위하여 활성수를 사용하기도 한다.

고수압제트캐비테이션 방식은 제트탱크내에 통상 200 ℓ/min의 물을 순환여과시켜 사용하며 제트노즐로부터 분사되는 물의 양은 20-30 ℓ/min이다. 수류에 의해 선입선출되는 형태이다. 수도수를 고압노즐로 80 kg/cm²로 가압하여 제트노즐로 공기와 동시에 세척탱크 내에 분사한다. 수류와 기포군이 식품과 접촉하여 기포가 깨지고 이 때 발생하는 초음파가 식품에 부착된 이물질을 분리, 제거한다. 제트수류의 대류에 의해 상하 수온 불균일이 없고 냉수의 산소용존농도를 높일 수 있다. 또 탱크내의 수질은 고수압에 의해 결정구조가 미세화된 물 분자괴(cluster)가 작아져 물의 활성화가 강화된다. 또 염소물질에 큰 압력이 가해지면 분리, 기체화되어 휘발되기 쉬운 성질로 인해 염소가 잔류하지 않는다.

2) 살균

살균은 세척공정에서 세정과 함께 행해지는 과정으로 현재 국제적으로 가장 보편적으로 사용되고 있는 살균제는 차아염소산나트륨이다. 보통 50-200 ppm을 사용하게 되나 200 ppm처럼 고농도를 사용할 경우는 이미, 이취, 및 비타민 C 등의 파괴와 같은 영양소 감소를 유발하고 세정 용기에 나트륨의 축적을 유발한다. 살균력은 비해리의 차아염소산에서 생기는 하이드록시라디칼이 균의 핵산, 단백질, 지질을 변성 분해시켜 일어나기 때문에 사용에 있어서는 구연산등을 가하여 차아염소산이 해리되지 않는 안정한 중성 부근까지 수용액의 pH를 낮출 필요가 있다. 최근에는 이러한 결점을 보완한 살균 방법들이 개발, 이용이 검토되고 있다.

염소는 처리 비용이 저렴하면서 살균 효과가 큰 이점이 있으나 THM 등 착화합물을 형성하기 때문에 물리적인 방법에 대한 선호도가 증가하고 있다. 현재 물리적인 방법으로는 전해수와 오존수가 주로 보급되고 있다.

가) 전해수

최근 일본에서는 신선농산물의 미생물 저감기술로서 전해수를 이용하여 농산

물의 세척, 살균공정에 활용하고 있다. 전해수는 소량의 식염을 수도수에 첨가하여 전기분해하여 얻어지는 것으로, 이미 일본에서는 1992년 전해산화수에 대한 국가 차원의 연구과제가 시작되어 지속적으로 연구가 진행되어 오고 있다.

전해수의 일반적인 특징은 강력한 살균력과 처리대상의 제약이 적으며, 잔류물이 없고 물 자체의 오염에 따른 2차적인 오염 가능성 적고 살균력은 이온화상태로 녹아있는 Cl^- 의 산화력, 산화환원 전위력, 용존산소 등에서 기인하는 것으로 나타나고 있다.

전해수는 저농도의 식염수 등을 전기분해하여 얻어진 차아염소산을 함유한 수용액으로서 강산성전해수(pH2.2-2.7), 미산성전해수(pH5.0-6.5) 및 약알칼리수(pH8-9) 등으로 대별되고 있다. 전해산화수는 소량의 식염을 수도수에 첨가, 전기분해하는 것으로 얻어지는데 산화-환원전위(Oxidation-reduction potential: ORP)가 +1,000mV 이상이며, pH2.7 이하이다. 일본에서 1992년경부터 전해산화수에 대한 연구가 시작되어 현재 많은 분야에서 상용화되어 있으며 국내에서도 각종 식품 가공 공정에서 살균 용수로서 활용되고 있다.

전해산화수가 갖는 살균력은 산화수에 기체 수화상태로 녹아있는 Cl^- 의 산화력에 의한다는 주장과 이 외에도 높은 산화환원전위력, 용존산소 등에 의한다는 연구가 주로 발표되고 있으나 정확한 기작은 아직 밝혀져 있지 않은 상태이다. 전해산화수에는 상기와 같이 용존한 Cl^- 가 존재함에 따라 환기가 필요하며, 최근에는 염소의 발생량을 극히 억제하는 장치나 염소계를 대체한 산소계의 강산성 전해산화수가 제조되는 장치가 개발되고 있다.

전해산화수의 응용 분야는 이미 일본 등에서 병원, 의료관계에서의 병원성균 살균, 수술용 기구 살균, 조리실 청소 등에 사용하고 있고, 호텔 등지에서는 도마, 행주에서 살균효과를 나타내었다고 하였다. 식품가공 분야에서는 사용기기류의 세정과 살균에서부터 식육 햄의 살균 등에 관한 시험적 연구가 있어왔고, 채소류의 세정 및 살균 등에서의 살균 효과에 대한 검토가 일부 이루어져 있다.

전해산화수 관련 연구를 살펴보면, 일본에서 中山이 절단한 양배추, 오이, 파를 대상으로 pH 2.4-2.6, ORP +1,000 mV의 강산화수 1 ℓ에 1-5분간 침지 후 살균

효과를 조사한 결과 양배추와 오이에서는 일반세균이 1/100-1/1,000이 되었고 대장균은 음성을 나타냈다고 보고 하였으며, 小野는 상추를 pH2.7-3.0, ORP +1,000-1,200mV의 강산화수에서 제균효과를 조사한 결과 10^{10} cfu/g의 세균이 1-5분간의 침지로 10^1 - 10^2 수준으로 감소하였다고 보고하여 전해산화수의 신선채소류에 대한 세정 및 제균 매체로서의 활용 가능성을 제시하였다. 국내에서는 1996년부터 농산물과 식품에 전해산화수의 적용 연구가 활발히 수행되어 미생물에 대한 실험적 살균효과와 딸기, 간밤, 배추, 양배추, 케일 및 상치 등 신선 농산물에 대한 표면살균 효과를 발표하였다.

나) 오존수

오존은 산화력이 매우 강해 거의 모든 분야에 적용할 수 있으며, 산소로부터 생성되어 분해하여도 산소로 되며 염소계 약제 또는 다른 화학약품과는 달리 유해 반응생성물을 잔류시키지 않는다. 예를 들면, 수처리를 할 경우 염소계 약제는 물속의 유기물과 반응하여 변이원성과 발암성의 의문이 제기되는 THM등이 생성됨에 반하여 오존은 이러한 문제가 없다. 오존의 또 하나의 특징은 산소만을 원료로 하고 있어 전력만 충족되면 제조가 비교적 용이하고, 제어도 용이해 약품비의 부담이 높고, 관리가 불편한 염소계 약제나 다른 화학약품에 비해 커다란 장점이 되는 것이다. 다른 요소들을 살펴볼 때 처리 후에 맛을 유발시키지 않으며, 타 물질과의 반응으로 인한 부영양화의 걱정이 없다는 것, 처리 후에 호기성 세균 및 물고기의 생존성이 우수하다는 것, 염소계 약제로는 제거하지 못하는 바이러스, 결핵균, 티브스균, 중금속과의 반응 능력도 매우 뛰어나 다른 화학약품으로는 불가능한 성능을 발휘할 수가 있다.

오존에 의한 살균은 생물의 세포막을 파괴하거나, 세포막내에 침입하여 DNA를 파괴하는 등의 살균 메카니즘을 갖고 있어, 세균의 세포막을 통과하여 흡수계 효소를 손상시키어 세포의 동화작용을 정지시켜 살균하는 염소계 약제에 비해 살균 속도가 매우 빠르게 된다. 이러한 살균 메카니즘으로 오존은 세균과 바이러스

의 살균 및 불활성화에 좋은 효과를 발휘하며, 따라서 플랑크톤 및 바이러스에 대한 매우 좋은 증식억제 효과를 얻을 수 있다. 결과적으로 미생물의 증식으로 인한 식품의 부패, 변패의 제어 효과는 그만큼 커지게 되는 것이다. 이러한 사항으로 볼 때 오존을 사용하는 것은 다른 화학약품을 사용하는 것에 비해 커다란 장점이 될 수 있다.

3) 세척공정의 세척수 특성

엽채류나 과실류의 세척공정에 이용되는 염소수, 오존수, 전해산화수 등에 대하여 이들 세척수들의 특성은 다음 표 2-9와 같다.

표 2-9. 농산물 세척공정 사용되는 세척수 특성

구 분	오존수	전해수	염소수
향	유	유	유 (잔존)
농 도	3PPM이하	산성 산화수 알카리성 산화수	100PPM(유리염수)
특 징	순간적 살균 살수식, 침지식 살균/탈취/세정 작용 후 중성	살균력 우수 침지식, 수처리 멸균/세정/소취 작용 후 중성	적용 용이 침지식, 수처리 표면 살균 희석수 사용
단 점	탈색	산성, 표백	잔류염소, 표백 소독향
제조기술	고전압, 무성방식	무, 격막방식	Naclo
적용대상	과실, 엽채류	과실, 엽채류 수산물	과실, 엽채류
시스템 적용	가능(10^5 이하)	가능(10^5 이하)	가능(10^5 이하)

2. 시뮬레이션을 위한 공정 분석

가. 과실류

표 2-10은 과실류의 공정별 조사된 기계설비와 공정분석 시뮬레이션의 세부 입력사항을 나타낸 것이다.

표 2-10. 과실류의 공정별 기계설비 및 시뮬레이션 입력사항

공정	기계설비	시뮬레이션 입력항목
하역	1. 지게차 2. 핸드 팔레트 3. 신축 컨베이어	적재능력(kg), 이송속도(km/h) → 처리능력(kg/h), 이송거리(m)
예냉	1. 차압예냉 2. 수예냉 3. 강제통풍예냉	○ 배치식 / 연속식 ○ 단위용량(kg/batch), 처리시간 (h) → 처리능력(kg/h)
이송	1. 지게차 2. 핸드 팔레트	이송중량(kg), 이송속도(km/h) → 처리능력(kg/h), 이송거리(m)
투입	Dumper	○ water dump / dry dump ○ 자동식 / 반자동 / 수작업 ○ 단위용량(kg/batch), 처리시간 (h) → 처리능력(kg/h)
육안선별	컨베이어	작업인원(명), 1인당 처리량(kg/h,인), 이송속도(m/min), 이송거리(m) → 처리능력(kg/h)

(표 2-10 계속)

공 정	기계설비	시뮬레이션 입력항목
이물질 제거	1. 유수조 2. Air nozzle, gun	○ 자동 / 수작업 ○ 작업인원(명), 1인당 처리량(kg/h,인), 이송속도(m/min), 이송거리(m) → 처리능력(kg/h)
정 렬	정렬장치	○ 자동 / 반자동 ○ 작업인원(명), 1인당 처리량 ea/min · 인, kg/h · 인) → 처리능력(kg/h)
이 송	컨베이어	이송속도(m/min), 이송거리(m)
선 별		
외형품질	Machine vision	○ 처리능력(ea/min, kg/h) ○ 정밀도 ○ 분석항목별 분포(%)
내부품질	1. NIR system 2. Acoustic response system	○ 처리능력(ea/min, kg/h) ○ 정밀도 ○ 분석항목별 분포(%)
중량선별	전자저울시스템	○ 처리능력(kg/h) ○ 정밀도 ○ 분석항목별 분포(%)
이송, 배출	컨베이어	○ 배출구(개) ○ 배출구별 평균처리분포(%) ○ 배출구별 이송거리(m), 이송속도(m/min)

(표 2-10 계속)

공 정	기계설비	시뮬레이션 입력항목
포 장		
난자공급	난자공급장치	○ 자동 / 수작업 ○ 처리용량(ea/min)
공박스공급	공박스공급기	○ 자동 / 수작업 ○ 처리용량(ea/min)
박스내 투입	투입 · 정렬장치	○ 자동 / 수작업 ○ 작업인원(명), 1인당 처리량 ea/min · 인, kg/h · 인) → 처리 능력(kg/h)
박스포장	1. 제함기 2. 봉합기 3. 팔렛타이저	○ 자동 / 반자동 ○ 처리량(box/h) → 처리능력 (kg/h) ○ 수직형 / 수평형 ○ 처리량(box/h) → 처리능력 (kg/h)
부대설비	1. 살균보조장치 1-1 전해수 제조장치 1-2 오존수 제조장치 1-3 염소수 제조장치 1-4 초음파 발생장치 2. 저온냉각장치 2-1 범용칠러식 2-2 브라인칠러식 2-3 축빙형칠러식	- 세척과실 생산시 적용 생산용량(kg/h) 생산용량(kg/h) 생산용량(kg/h) - 세척과실 생산시 적용 적용온도(℃)

(표 2-10 계속)

공 정	기계설비	시뮬레이션 입력항목
	3. 세척수 여과장치	- 세척과실 생산시 적용
	3-1 순환수여과필터장치	
	3-2 다층여과장치	
	3-3 활성탄여과장치	
	3-4 역삼투압여과장치	
	4. 집진설비	
	5. 공기정화설비	

나. 엽채류

표 2-11은 신선 채소류의 공정별 조사된 기계설비와 공정분석 시뮬레이션의 세부 입력사항을 나타낸 것이다.

표 2-11. 엽채류의 공정별 기계설비 및 시뮬레이션 입력사항

공정	기계설비	시뮬레이션 입력항목
하역	1. 지게차 2. 핸드 팔레트 3. 신축 컨베이어	적재능력(kg), 이송속도(km/h) → 처리능력(kg/h), 이송거리(m)
예냉	1. 진공예냉 2. 수예냉 3. 강제통풍예냉	○ 배치식 / 연속식 ○ 단위용량(kg/batch), 처리시간 (h) → 처리능력(kg/h)
이송	1. Lift conveyor 2. Scraper belt conveyor 3. Screw conveyor	이송중량(kg), 이송속도(km/h) → 처리능력(kg/h), 이송거리(m)
육안선별	컨베이어	작업인원(명), 1인당 처리량(kg/h,인), 이송속도(m/min), 이송거리(m)
절단	절단기	○ 배치식 / 연속식 ○ 처리능력(kg/h)
세척	1. 덤핑 다단식 2. 연속병류식 3. 연속 폭기식	단위용량(kg/h), 세척시간(min) → 처리능력(kg/h) 처리능력(kg/h)

(표 2-11 계속)

공 정	기계설비	시뮬레이션 입력항목
살 균	1. 덩핑 다단식	단위용량(kg/h), 세척시간(min) → 처리능력(kg/h)
	2. 연속병류식	처리능력(kg/h)
	3. 연속 폭기식	
탈 수	1. 배치식 탈수기	단위용량(kg/h), 탈수시간(min) → 처리능력(kg/h)
	2. 연속식 탈수기	처리능력(kg/h)
계 량	1. 저울(수동식)	처리능력(kg/h)
	2. 반자동식 계량기	
	3. 자동식 계량기	
내포장	1. 수동식 포장기	처리능력(kg/h)
	2. 반자동식 포장기	
	2-1 페달형(비닐포장)	
	2-2 핸드형(용기포장)	
	2-3 진공식	
3. 자동식 포장기		
계량 및 내포장	자동 계량 내포장시스템	
	1. 용기형	포장단위중량(g/pcs), 처리량 (pcs/h) → 처리능력(kg/h)
	2. No-tray형	처리능력(kg/h)
	3. 바켓형	
중량체크	중량체커	포장단위중량(g/pcs or bag), 처 리량(pcs or bag/h) → 처리능력 (kg/h)

(표 2-11 계속)

공 정	기계설비	시뮬레이션 입력항목
금속검출	금속검출기	포장단위중량(g/pcs or bag), 처리량(pcs or bag/h) → 처리능력(kg/h)
박스포장	1. 제함기	○ 자동 / 반자동
	2. 봉합기	○ 처리량(box/h) → 처리능력(kg/h)
	3. 팔렛타이저	○ 수직형 / 수평형 ○ 처리량(box/h) → 처리능력(kg/h)
부대설비	1. 살균보조장치	
	1-1 전해수 제조장치	생산용량(kg/h)
	1-2 오존수 제조장치	생산용량(kg/h)
	1-3 염소수 제조장치	생산용량(kg/h)
	1-4 초음파 발생장치	
	2. 저온냉각장치	
	2-1 범용칠러식	
	2-2 브라인칠러식	적용온도(℃)
	2-3 축빙형칠러식	
	3. 세척수 여과장치	
	3-1 순환수여과필터장치	
	3-2 다층여과장치	
	3-3 활성탄여과장치	
	3-4 역삼투압여과장치	
	4. 공기정화설비	

3. 공정별 기계설비 데이터베이스

농산물산지유통센터의 신규 공장 설립, 리모델링 시 공정설계를 통한 기계설비 계획시 현재까지 관련 데이터베이스가 구축되어있지 않아 적정 기계선정에 많은 시간이 소요되었다. 따라서 농산물산지유통센터의 관련 기계설비의 데이터베이스를 구축하고자 데이터베이스 프로그램을 개발하였다.

데이터베이스 프로그램은 윈도우방식의 사용자 중심 인터페이스로 개발되었으며, Microsoft Jet-Database Engine, SQL 문을 사용한 데이터베이스 제어 등을 이용하여 Microsoft Visual C++ 6.0 프로그램 언어로 작성되었다. 그림 2-3은 개발된 농산물산지유통센터 관련 기계설비 데이터베이스 체계를 나타낸 것이다.

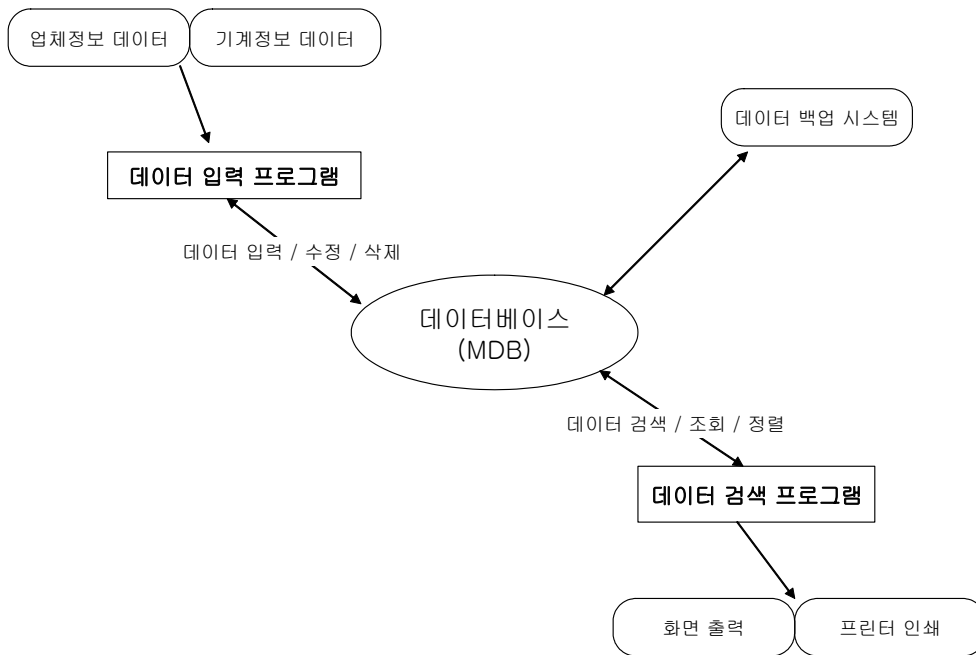
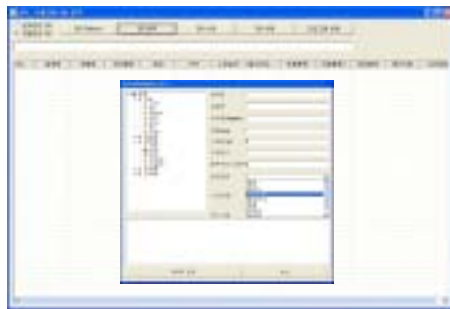


그림 2-3. 데이터베이스 구성

데이터베이스 프로그램은 작업 효율성을 고려하여 크게 입력 프로그램과 검색 프로그램으로 구성하였으며, 단위 기계정보와 생산업체 정보를 입력, 검색하도록 되어있다. 검색은 품목과 단위 공정을 사용하며, 생산업체, 단위기계 가격, 처리용량, 모델명 등으로 세부 검색이 가능하도록 작성되었다. 또한 검색이 완료된 자료에서는 업체명, 가격, 처리용량, 크기 등의 자료 순으로 조정이 가능하도록 되어있다. 이며, 그림 2-4는 개발된 프로그램의 실행 창들을 나타낸 것이다. 농산물산지유통센터 관련 단위 기계정보를 품목별, 단위공정별로 분류하여 데이터베이스를 구축하고 있으며, 관련 생산업체 정보 또한 데이터베이스를 구축하고 있다. 현재 기존의 보유자료, 관련 전시회에서 수집된 자료 및 관련협회에서 수집한 자료를 토대로 5개 품목군별, 예냉, 저장, 세정 및 세척, 탈수 및 건조, 선별, 계량, 내포장, 외포장 등 8개 공정별로 정보가 구축되었다.



(a) 입력 프로그램 및 기계정보 입력창

(b) 검색 프로그램 및 기계정보 검색창

그림 2-4. 농산물산지유통센터 관련 기계설비 데이터베이스 프로그램

제 2 절 가상 농산물산지유통센터의 적용 분야 및 효과

농산물산지유통센터는 농산물 처리 공정에서 이루어지는 전 분야의 농산물, 적용되는 공정, 사용되는 자원의 각종 정보와 투입사람 등의 연관관계 등을 포함하는 종합적인 유통 환경이다. 가상 농산물산지유통센터를 구축, 활용하게 되면 농산물 유통분야에서는 새로운 아이디어의 개발과 관리과정에서 생산성 등을 바로 검증할 수 있고, 유통센터를 설계하는 분야에서 가상농산물의 유통 공정, 설비 성능 분석, 생산 용이성 및 효율의 평가가 가능해지고, 이를 통해 실제 농산물산지유통센터를 모델링 및 리모델링을 할 수 있게 된다. 농산물을 유통하는 유통센터의 본연적 기능인 농산물 처리 및 유통을 고려할 때, 유통센터 내의 설비의 사양 결정, 공정 및 설비배치(Lay-out) 최적화, 최적화된 공정·설비계획 및 생산계획의 효율적인 작성, 그리고 생산성 향상 및 비용절감이 가능해진다. 또한 정보 공유 및 관리 측면에서는 가상 농산물산지유통센터의 3D모델과 공정 시뮬레이션을 통해 협조적 엔지니어링(Collaborative engineering)의 실현과 실제 현장의 모습을 미리 예측해 볼 수 있는 정보 기반(information infrastructure)환경을 제공하게 되며, 이를 통해 농산물 유통의 전체 공정 프로세스에 걸친 프로세스 관리 및 예측, 생산성 향상 및 관계자들의 용이한 의사소통이 가능해진다.

특히 농산물산지유통센터 분야에서 가상 농산물산지유통센터를 적용할 수 있는 분야별 효과를 구체적으로 정리해보면 다음과 같다.

① 가상엔지니어링 환경 구축

- 3D 시뮬레이션 시스템과의 연계, 건축물, 설비, 기계와 부자재 등 각종 부속물들에 대한 통합적인 모델링, 검증 환경 제공
- 가상 농산물산지유통센터를 통한 설계 해석 및 평가가 가능한 환경 구성

② 가상 농산물산지유통센터 설계 및 운영

- 건축, 시설 과 설비의 모델링 및 관련 정보 저장, 검색, 관리
- 공정계획과 일정계획 작성, 운영 시뮬레이션을 통한 최적화 수행 가능
- 가상 농산물산지유통센터의 각종 설비 결정 및 장비와 시설 사전 검토
- 작업자 교육, 멀티미디어 환경에서의 작업 설명서로 활용

③ 공정 검증, 설비 검증 및 평가

- 유통센터 내의 단위 공정별 시뮬레이션 및 분석
- 전체 유통센터 Lay-out에 대한 Bottleneck 검사 및 공정 효율 분석
- 작업자를 모델에서 고려하여 작업자의 작업성 평가 및 효율 검증

④ 공정 및 설비 가시화

- 농산물/설비/공정의 시각화에 따른 의사소통 지원 및 이해 증진
- 현장에서 발생할 수 있는 문제점을 사전 검토 및 효율화 방안 창출

⑤ 가상 APC 구축을 통한 메타 학습

- 실시간 농산물 투입, 동선 계획, 작업 계획 학습
- 원부자재 투입 일정 예측 학습
- 실시간 작업인원, 작업 방법, 협업 방법 학습

제 3 절 가상 농산물산지유통센터 구축절차

본 연구에서는 최적의 가상 APC를 구축하기 위한 방법으로서, 지능인지형 신생산시스템(MI-NPS, Meta Intelligent - New Production System) 기술을 도입하였다.

지능인지형 신생산시스템 기술은 자동화기술연구소의 지적재산으로서, 실제 현장에서 발생할 수 있는 모든 요소들을 사전에 검증하고 이를 현장에 적용하기 위해 현장분석 및 문제점 도출, 개선안 창출, 개선안들에 대한 검증방안 제시(3차원 시뮬레이션 및 프로세스 시뮬레이션), 새로운 레이아웃 개념 및 구조 도출, 대상공장의 현장전문가를 양성(기술지도 및 감리 수행)하는데 까지를 범위로 한다. 이러한 기술은 기존의 신생산시스템 기술 및 가상공장 구축 기술과는 달리 구축기술, 자동화기술, 메카트로닉스 기술, 생산 기술, 교육기술 등이 융합된 한 차원 높은 기술이고 이에 따른 결과에 많은 관계자들의 호평을 받고 있다.

지능인지형 신생산시스템 기술은 그림 2-1과 같이 구성되어 있다. 위와 같은 기술들이 융합되어 지능인지형 신생산시스템기술로서의 모습을 갖추게 된다.

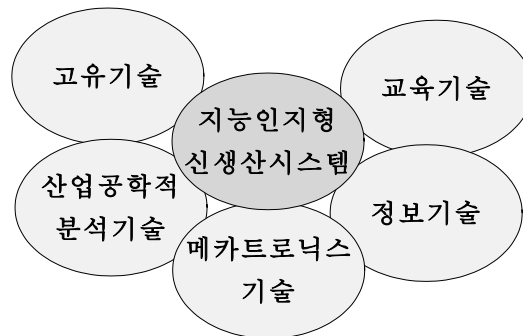
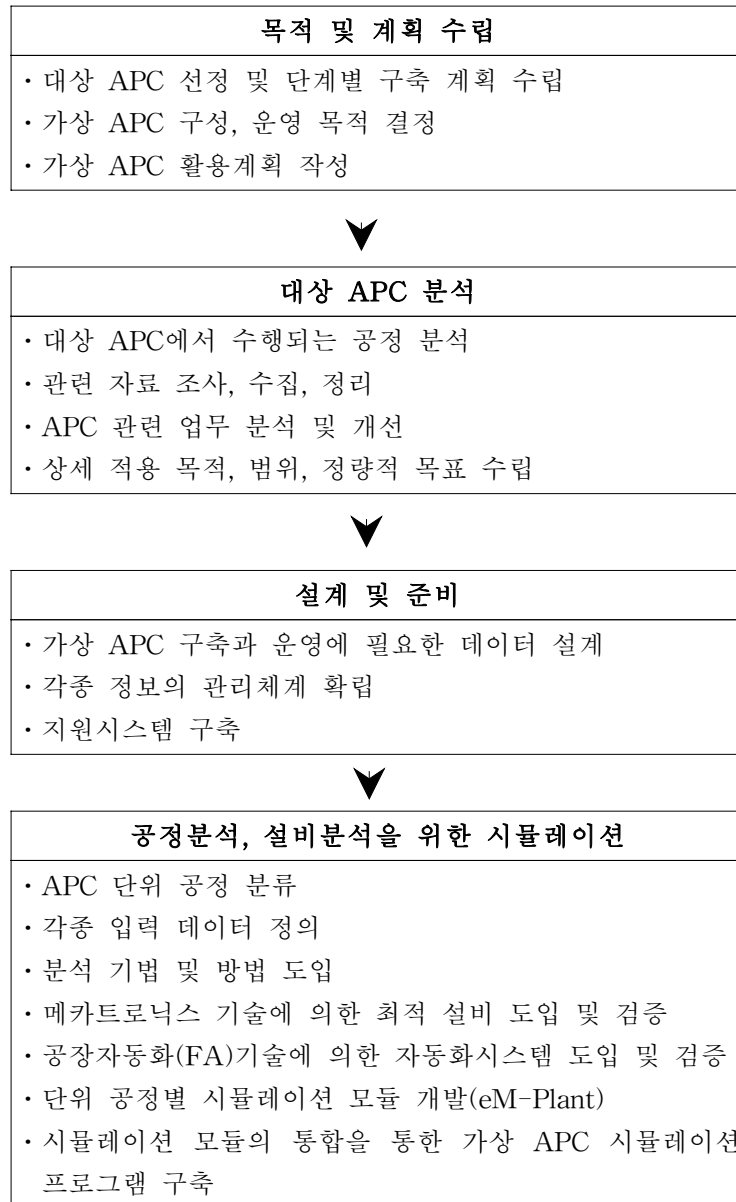


그림 2-5. 지능인지형 신생산시스템

이러한 융합된 기술은 가상의 APC 구축에 사용되는 기술들로서, 많은 전문가들의 지식이 바탕이 되어 최적의 APC가 구축되게 된다. 가상 APC의 구축 절차와 단계별로 수행되는 개별 상세 업무는 다음의 그림 2-6과 같다.



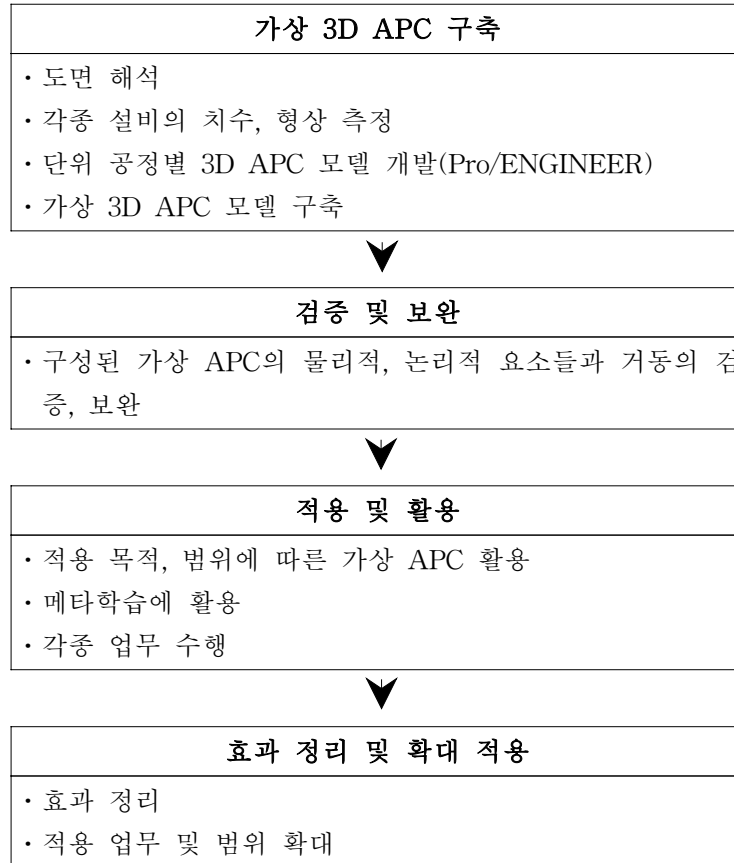


그림 2-6. 가상 APC 구축 절차

가상 APC의 구축에는 상당한 시간, 비용과 자원이 요구되므로, 초기에는 상세한 활용계획과 정량적인 목표를 수립하고, 구축 및 적용 후에는 결과를 정리, 분석하여 그 의의를 입증하고 적용분야를 확대하는 단계적인 접근전략이 필요하다.

제 3 장 농산물산지유통센터 공정설계

프로그램 개발

농산물 산지유통센터의 단위공정 분석을 통해 얻어진 데이터를 바탕으로 농산물 산지유통센터 공정을 eM-Plant(Technomatix) 소프트웨어를 이용하여 공정 설계를 위한 시뮬레이션을 실시하게 된다. 이와 같은 시뮬레이션을 지원하는 소프트웨어는 표 3-1과 같지만, 본 연구를 위해서 적절한 시뮬레이션 소프트웨어인 Technomatix 제품을 사용하게 되었다.

표 3-1. 상용 시뮬레이션 소프트웨어 [B.C.Park, 2004]

Simulation type	Supporting functions	지원 소프트웨어
Text-based	Control logic evaluation System performance analysis	GPSS/H SIMAN SLAM II
2D image-based	Control logic evaluation System performance analysis + 2D layout planning + 2D material flow simulation	Arena WITNESS
3D image-based	Control logic evaluation System performance analysis + 2D layout planning + 2D material flow simulation + 3D material flow simulation + 3D layout planning/evaluation	AutoMod QUEST ProModel eM-Plant
3D solid-based	Control logic evaluation System performance analysis + 2D layout planning + 2D material flow simulation + 3D material flow simulation + 3D layout planning/evaluation + kinematics/ dynamics simulation + interference check + device program Generation/Verification	IGRIP RobCAD em-Workplace CimStation VisFactory VFS

일반적으로 시뮬레이션을 모델링하기 위해서는 시뮬레이션의 입출력 관계를 정의해야 된다. 어떠한 데이터를 시뮬레이션에 반영하여 모델을 설계하고 작성된 시뮬레이션 모델을 분석하여 어떠한 처리 결과 값을 얻어낼 지에 대한 관계를 정의해야 한다. 이때 이루어지는 시뮬레이션 프로그램 개발 과정은 다음과 같다.

- ① 추상화 : 시뮬레이션의 목적 설정
- ② 모형구축 : 단위 공정별 시뮬레이션 모듈 구축
- ③ 실험설계 : 시뮬레이션 모듈 간의 연계를 통한 실험방법 및 과정 설계
- ④ 결과도출 : 시뮬레이션 결과 도출
- ⑤ 결과해석 : 시뮬레이션 결과 해석 및 분석
- ⑥ 모형수정 : 해석 결과에 따라 시뮬레이션 모형 수정
- ⑦ 실제반영 : 시뮬레이션 결과를 실제의 시스템에 적용

(시스템 설계 → 제작 → 설치 → 시운전 → 운용)

본 연구에서는 Bottom-up strategy 모델링 접근 방법을 사용하였다. 이는 전체적인 추상적 모델을 구상 후 세부 모델링을 해나가는 Top-down 방식과는 달리, 세부적인 모델을 구성 후, 전체적인 시뮬레이션을 실시해나가는 방법이다. 이는 재 활용성 및 문제점 파악이나 수정이 쉽게 적용이 가능하다는 장점을 가진다. 이로써 본 연구에서는 세부적인 시뮬레이션 단위 모듈을 구성 후 전체 레이아웃을 구성함으로써 빠르고 쉽게 모델을 구축하였다.

이렇게 최적화된 시뮬레이션 결과를 기초로 단위공정별로 정의된 시뮬레이션 객체(Module, Library)에 입력된 각종 인자(설비의 규격, 사양, 수명, 고장시간, 수리시간 등)를 이용하여 해당설비들을 종합한 최적의 Lay-out을 도출하고 현장에 적용하게 된다.

제 1 절 시뮬레이션 단위 모듈 개발

시뮬레이션 공정별로 기존의 설비 데이터 및 중요한 Parameter들을 입력받아 시뮬레이션을 수행하기 위한 단위공정별 라이브러리를 구축하게 된다. 이를 통해 설비들의 활용도 및 모듈화 작업을 통해 다양한 시뮬레이션을 수행할 수 있는 기본 모델로서의 역할을 하게 된다.

본 연구에서의 시뮬레이션 단위 모듈 개발은 객체 지향적 모델링 방법(Object oriented modeling method)을 통해 개발하게 되었으며, 이는 쉽게 변경이 가능하며 사용자가 시뮬레이션을 쉽게 해볼 수 있게 된다. 또한 모듈화를 통해 공정들의 순서 및 방법의 변경 시에 단위 모듈별로 변경을 통한 전체 Lay-out변경이 아닌 부분적 수정을 통한 시뮬레이션 프로그래밍을 할 수 있게 된다. 또한 실제의 농산물산지유통센터들의 공정이나 설비 라이브러리를 구축함으로써 활용도가 높아지게 된다.

1. 초기 Input data

각 농가별로 재배한 농산물을 탑재한 트럭이 유통센터로 들어오면 다음과 같이 입력변수가 고려되어 공정작업이 시작된다. 이러한 입력변수에 의해 실재와 흡사한 시뮬레이션을 구사해볼 수 있다.

<입력변수>

- (1) 하루 근무시간 : 기본 8시간
- (2) 하루 입고량 : 기본 20Ton
- (3) 원물 종류 : 반입되는 원물종류 입력
- (4) 농가 종류 : 반입되는 원물의 농가종류 입력
- (5) 원물: 농가 - 농가별로 원물이 들어오는 비율을 입력
- (6) 내포장 : 내포장 단위와, 내포장 중량을

그림 3-1. 입력변수 Dialog

입력

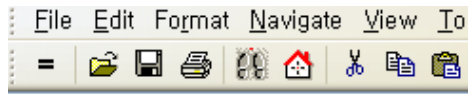
<작업로직>

```

is
    DataInput : object;
do
    DataInput := ~.DataInput;
    IAT := DataInput.WorkTime*3600/(DataInput.InputQty/(5*1000)+1);
end;

```

트럭이 현장에 도착하는 간격을 로직으로 구현하여 트럭 입고 수량을 산출한다.



	string 0	real 1
string	Raw	Percentage(%)
1	Cabbage	80.00
2	lettuce	20.00
3		

	string 1
1	A
2	B
3	C
4	D
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	

	string 0	real 1	real 2	real 3	real 4	real 5	weight(kg) 1	weight(kg) 2	weight(kg) 3
string		A	B	C	D		Cabbage		
1	Cabbage	50.00	30.00	10.00	10.00		0.2		
2							0.3		
3							0.5		
4							1		
5									
6									
7									
8									
9									
10									

그림 3-2. 각종 Input Data

2. 저온저장고/예냉

신선도 유지를 위해 각 농가에서 입고된 농산물을 저온저장고에서 일정 시간 저장한다. 저장 후 PalletBuffer로 이송하여 대기하다가 RawBuffer 에서 투입 전 대기를 한다.

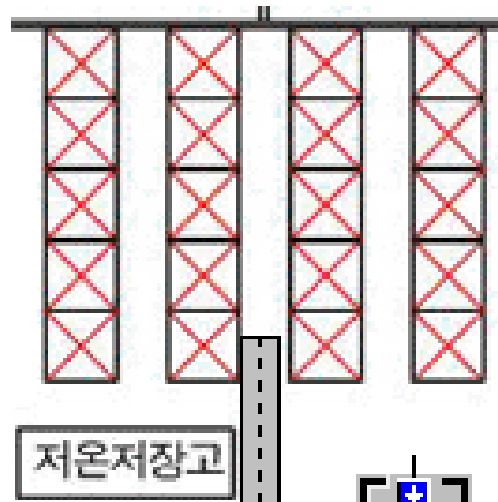


그림 3-3. 저온저장고 모듈

```
is
  forklift : object;
do
  LowTempStorageTF.Delete;
  FarmProductionTF.Delete;

  forklift := .Applications.Transportations.Transporter.ForkLifter.create(routeForkLifter);
  forklift.BackWards := true;
  forklift.WorkType := "raw";

  forklift := .Applications.Transportations.Transporter.ForkLifter.create(routeForkLifter2);
  -- forklift.BackWards := true;
  forklift.WorkType := "rawinput";
  forklift.turnIcon(180);

  forklift := .Applications.Transportations.Transporter.ForkLifter.create(routeForkLifter1);
  forklift.BackWards := true;
  forklift.currIconNo := 2;
  forklift.WorkType := "product";
end;
```


3. 투입

PalletBuffer에 담긴 농산물을 작업자가 Conveyor에 투입하면 Conveyor를 타고 다음 공정으로 자동이송 된다.

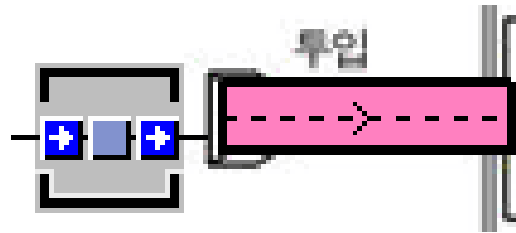
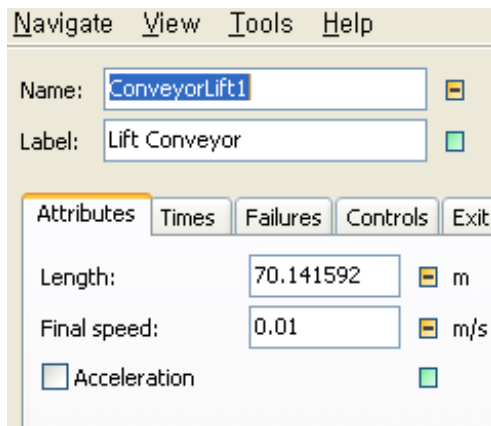


그림 3-4. 투입 모듈

<입력변수>



Conveyor 길이와 Speed를 입력

그림 3-5. 투입 입력변수

4. 정선

원물 그대로 투입된 농산물을 재배환경과 운송 과정에서 여러 가지 이물질과 함께 투입될 수 있으므로 작업인원을 투입하여 이물질 제거 및 검사를 하며 조건에 맞는 각각의 변수를 입력하여 정선작업을 한다.

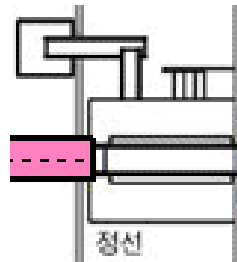


그림 3-6. 정선 모듈

<입력변수>

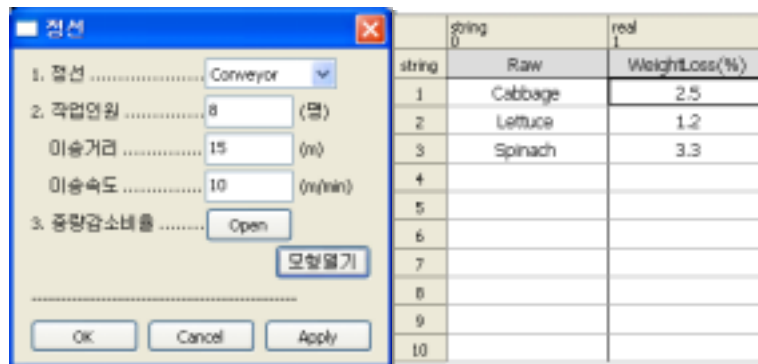


그림 3-7. 정선 입력변수

- (1)투입타입 : Conveyor
- (2)작업인원 : 기본8(명)
- (3)이송거리 : 기존15(m)
- (4)이송속도 : 기본10(m/min)
- (5)정선 작업 후 중량감소율 지정

<공정프로세스>

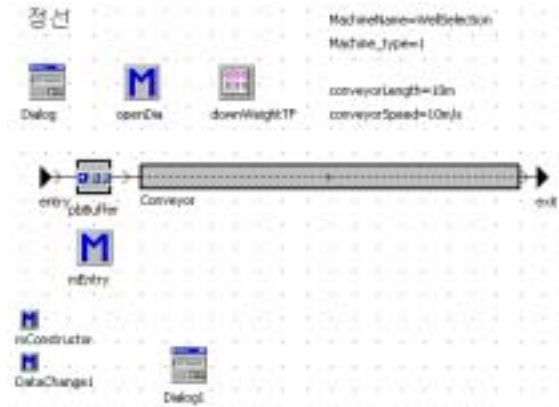


그림 3-8. 정선 공정프로세스

- (1) 농산물 투입
- (2) Buffer에서의 최대처리량 및 처리시간에 따라 정선 작업 전 대기
- (3)정선작업 : 컨베이어 주위에 작업 인원을 배치하여 정선작업을 실시 : 이송거리 및 이송속도, 작업인원 반영
- (4) 다음 작업으로 이송

<작업로직>

```

is
    loss, weightLoss : real;
do
    weightLoss := downWeightTF[1,@.Name];
    loss := z_uniform(101,1,100);
    if loss < WeightLoss then
        @.delete;
    end;
end;

```

중량감소비율을 반영하기 위한 정선의 내부로직으로서, 중량 감소율을 반영시켜 투입부터 다음 작업으로 보내는 과정에서 중량감소를 반영하게 된다.

5. 절단

정선된 농산물을 포장단위를 고려하여 Size에 맞는 크기로 절단한다.

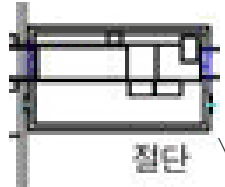
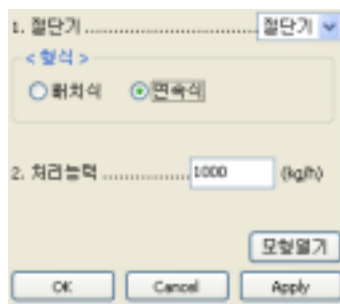


그림 3-9. 절단 모듈

<입력변수>

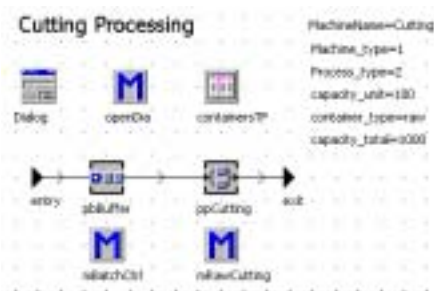


절단형식 : 배치식, 연속식 중 선택

처리능력 : 기본 1000kg/h

그림 3-10. 절단 입력변수

<공정 프로세스>



(1) 농산물 투입

(2) 절단 : 포장 단위(0.2kg, 0.5kg, 1kg 등)를 고려하여 절단

(3) 연속식일 경우 그대로 흘러가고 배치식일 경우 배치 SIZE만큼 될 때까지 Buffer에서 대기하다가 다음 작업으로 이송.

그림 3-11. 절단 공정프로세스

6. 육안선별

절단공정이 끝난 농산물은 자동으로 Conveyor를 타고 흘러간다. 이때 Conveyor 주변에 작업인원이 투입되어 1차 육안선별을 한다.



그림 3-12. 육안선별 모듈

<입력변수>

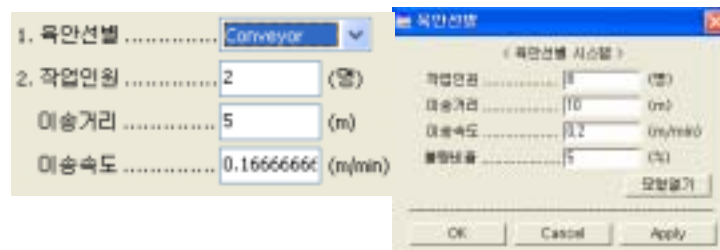


그림 3-13. 육안선별 입력변수

- (1) 투입타입 : Conveyor
- (2) 작업인원 : 기본 2명
- (3) 이송거리 : 기본 5m
- (4) 이송속도 : 기본 0.1666m/min
- (5) 불량비율 : 과거 경험적 데이터로서의 불량 비율 지정

<공정프로세스>

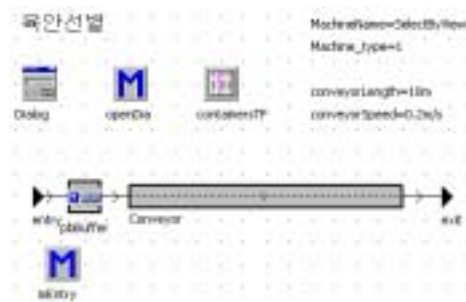


그림 3-14. 육안선별 공정프로세스

- (1) 농산물 입고
- (2) 최대처리량 및 처리시간에 따라 육안선별 작업 전 대기
- (3) 육안선별 : 컨베이어 주위에 작업인원을 배치하여 육안선별 실시 : 이송거리 및 이송속도, 작업인원 반영
- (4) 다음 작업으로 이송

7. 세척/행균

먼지나 농약등 기타 오염물질이 있을지도 모르기 때문에 세척 후 행균 작업을 한다.

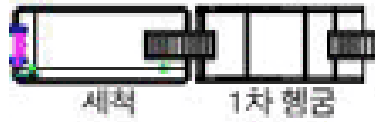


그림 3-15. 세척/행균 모듈

<입력변수>

1. 세척/행균	연속폭기식	(1) 설비지정 : 덤핑다단식, 연속병류식, 연속폭기식
1.1 1차세척		기식
처리능력	1000 (kg/hr)	(2) 1차세척 처리능력 : kg/h
1.2 2차세척		(3) 2차세척 처리능력 : kg/h
처리능력	1000 (kg/hr)	

그림 3-16. 세척/행균 입력변수

<공정프로세스>

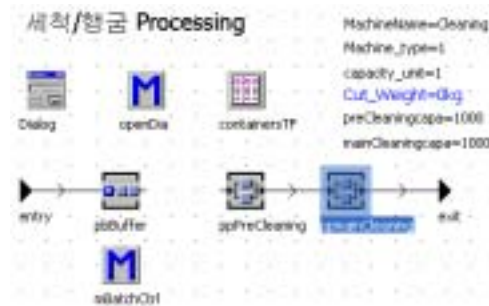


그림 3-17. 세척/행균 공정프로세스

- (1) 농산물 투입
- (2) 1차세척 및 2차세척 공정처리량 및 처리시간에 따라 Buffer에서 대기
- (3) 선택된 설비에 의해 세척/행균
- (4) 다음 작업으로 이송

8. 살균/행균

대장균, 박테리아 등의 유해세균이 있을지도 모르기 때문에 살균처리 과정이 필요하다. 설비를 지정하고 처리능력을 입력한다.



그림 3-18. 살균/행균 모듈

<입력변수>

1. 살균/행균	연속 병류식	(1) 설비지정(연속병류식, 덤핑다단식, 연속 폭기식)
1.1 1차살균		
처리능력	1000 (kg/hr)	(2) 1차살균 : 기본 1000kg/hr
1.2 2차세척		
처리능력	1000 (kg/hr)	(3) 2차세척 : 기본 1000kg/hr

그림 3-19. 살균/행균 입력변수

<공정프로세스>

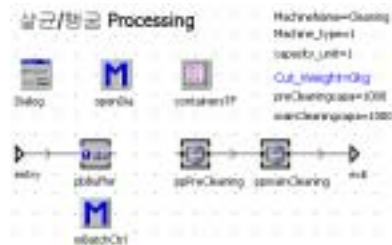


그림 3-20. 살균/행균 공정프로세스

- (1) 농산물 투입
- (2) 살균 및 행균 공정처리량 및 처리시간에 따라 Buffer에서 대기
- (3) 선택된 설비에 의해 살균 후 행균
- (4) 다음 작업으로 이송

9. 탈수

수분을 줄여 미생물의 생장을 막고 식품을 오래 보존하기 위해서는 탈수과정이 필요하다. 배치식, 연속식 중 설비를 선택하고 처리능력을 입력한다.

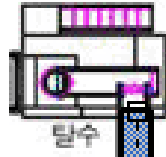


그림 3-21. 탈수 모듈

<입력변수>

1. 탈수 배치식 탈수 (1) 탈수형식 : 배치식, 연속식 중 선택

2. 처리능력 1000 (kg) (2) 처리능력 : 기본 1000kg/h

모형열기

OK Cancel Apply

그림 3-22. 탈수 입력변수

<공정프로세스>

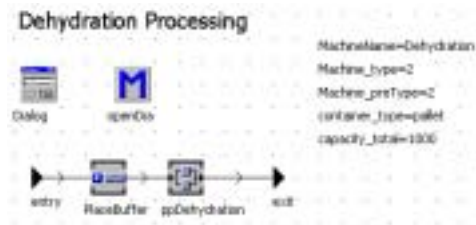


그림 3-23. 탈수 공정프로세스

- (1) 농산물 투입
- (2) 연속식일 경우 그대로 흘러가고 배치식일 경우 배치 SIZE만큼 될 때까지Buffer에서 대기하다가 다음 작업으로 이송
- (3) 다음 공정으로 이송

10. 계량

농산물이 투입되면 계량기에 의해 중량이 계측된다. 설비 종류를 선택하고 형식과 처리능력을 입력한다.



그림 3-24. 계량 모듈

<입력변수>

1. 계량기 계량기 <형식> <input checked="" type="radio"/> 배치식 <input type="radio"/> 연속식	(1) 설비 : 저울(수동식), 반자동식, 자동식 중 선택 (2) 형식 : 배치식, 연속식
2. 처리능력 1620 (kg/h)	(3) 처리능력 : 기본 1620kg/h

그림 3-25. 계량 입력변수

<공정프로세스>

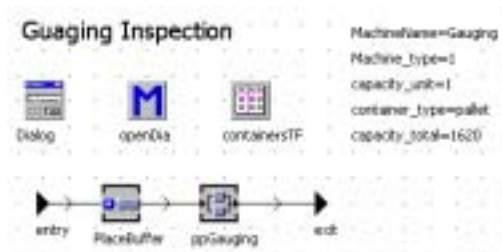


그림 3-26. 계량 공정프로세스

- (1) 농산물 입고
- (2) 연속식일 경우 그대로 흘러가고 배치식일 경우 배치 SIZE만큼 될 때까지 Buffer에서 대기하다가 다음 작업으로 이동

11. 진공포장

내부의 공기를 제거함으로써 미생물에 의한 부패를 방지하고 호기성균들의 성장과 지방산화를 지연시켜 저장성을 높이기 위해 진공포장을 한다.



그림 3-27. 진공포장 모듈

<입력변수>

화면 상단에는 '1. 내포장.....'과 '반자동식'이라는 텍스트와 함께 하향 메뉴가 있습니다. 그 아래에는 '<반자동>'이라는 섹션이 있으며, '1) 종류.....'와 '필달형(비닐)'이라는 텍스트와 함께 하향 메뉴가 있습니다. 화면 하단에는 '2. 처리능력.....'과 '300 (Kg)'이라는 텍스트와 함께 입력 필드가 있습니다.

(1) 설비 : 수동식, 반자동식, 자동식중 선택

반자동식 : 페달형, 핸드형, 진공형

(2) 처리능력 : 기본 300kg

그림 3-28. 진공포장 입력변수

<공정프로세스>

- (1) 최대처리량 및 처리시간에 따라 포장작업 전 대기
- (2) 연속식일 경우 그대로 흘러가고 배치식일 경우 배치 SIZE만큼 될 때까지 Buffer
- (3) 정해진 내포장단위로 포장

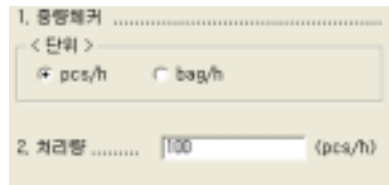
13. 중량체크

내포장된 농산물을 내포장 단위로 중량을 Check하여 박스포장 공정으로 이송된다. 처리단위와 처리량을 입력한다.



그림 3-32. 중량검사 모듈

<입력변수>



(1) 처리단위 : pcs/h, bag/h

(2) 처리량 : 100 pcs/h

그림 3-33. 중량검사 입력변수

<공정프로세스>

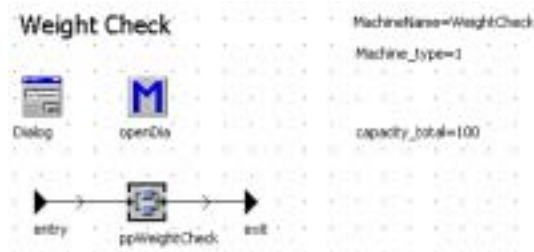


그림 3-34. 중량검사 공정프로세스

(1) 농산물 중량체크

(2) 내포장단위로 중량을 Check

14. 박스포장

내포장된 농산물을 상자에 담아 봉합한다.



그림 3-35. 상자포장 모듈

<입력변수>

<p>1. 박스포장 제함기 ▼</p> <p>< 제함기 ></p> <p>1) 종류 반자동 제함기 ▼</p> <p>2) 처리능력 1000 (kg)</p>	<p>(1) 설비 : 제함기, 봉합기, 펠렛결속기, 펠렛랩핑기</p> <p>(2) 처리능력 : 시간당 처리량 (kg/h)</p>
---	---

그림 3-36. 상자포장 입력변수

<공정프로세스>

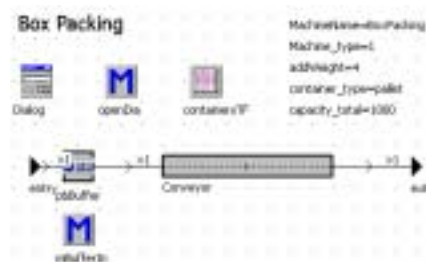


그림 3-37. 상자포장 공정프로세스

- (1) 농산물 박스포장
- (2) 내포장되어 오는 농산물을 carton 상자에 담는다.

15. 상품저장실

상품을 출하하기 전 포장 완료된 농산물을 상자/팔렛 단위로 상품저장실에 보관했다가 출하된다.

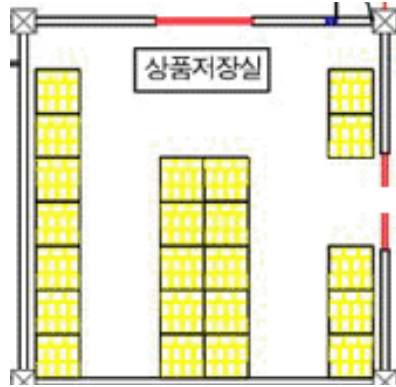


그림 3-38. 상품저장실 모듈

<입력변수>

(1) 저장기간 : 시간(h)

<공정프로세스>

포장 완료된 농산물이 일정기간 동안 저장되어 있다가 출하된다.

16. 중량/색상/당도 체크 시스템

과채류에 사용되는 선별기를 배치하는 모듈로서, 과채류를 선별하기 위해 중량/색상/당도 별로 선별 라인으로 보내는 공정이다.

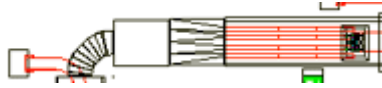
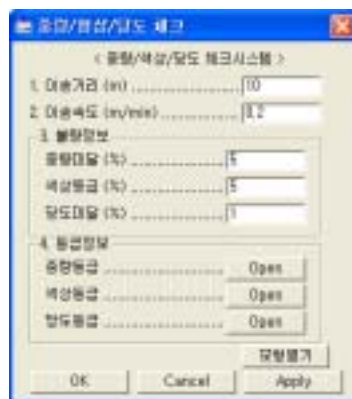


그림 3-39. 중량/색상/당도 체크 시스템 모듈

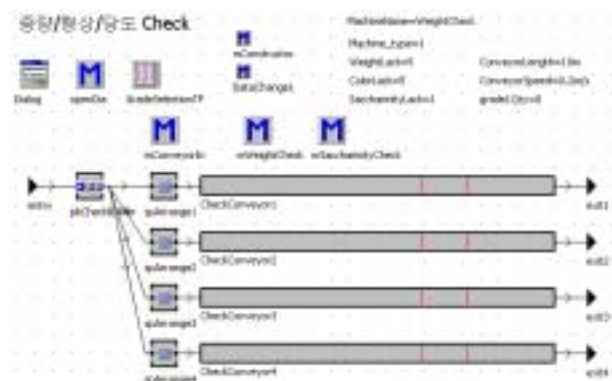
<입력변수>



- (1) 이송거리 : 체크를 위해 이송거리
- (2) 이송속도 : Check시스템의 속도
- (3) 불량정보 : 정상품과 비상품의 구분
- (4) 등급정보 : 과거의 데이터를 바탕으로 중량, 색상, 당도 등급별 %를 지정하게 된다.

그림 3-40. 중량/색상/당도 체크 시스템 입력변수

<공정프로세스>



- (1) 과채류 입고
- (2) 해당 등급별 분류
- (3) 이송컨베이어로 구분구로
- (4) 비상품 비상품 출하구로

이송
보냄

그림 3-41. 중량/색상/당도 체크 시스템 공정프로세스

<작업로직>

```
if index < integer()
  select AppleInputPortion i row()
do
  rand := 2 * uniform(20, 0, 100)
  AppleInputPortion := 0
  for index := 1 to -.DataInput.AppleWeightTF.yDim loop
    AppleInputPortion := AppleInputPortion + -.DataInput.AppleWeightTF[i, index]
    if rand <= AppleInputPortion then
      $WeightGrade := index
      if index = 1 then
        $AppleWeight := 2 * uniform(11, -.DataInput.AppleWeightTF[1, index], 400)
      else
        $AppleWeight := 2 * uniform(11, -.DataInput.AppleWeightTF[1, index], -.DataInput.AppleWeightTF[1, index-t])
      endif
    endif
    index := -.DataInput.AppleWeightTF.yDim + 100
  endfor

  AppleInputPortion := 0
  for index := 1 to -.DataInput.AppleColorTF.yDim loop
    AppleInputPortion := AppleInputPortion + -.DataInput.AppleColorTF[1, index]
    if rand <= AppleInputPortion then
      $ColorGrade := index
    endif
    index := -.DataInput.AppleColorTF.yDim + 100
  endfor
enddo
enddo
```

투입된 과채류를 해당 등급으로 구분하고 이에 따라 과채류를 해당 구분구로 보내게 된다.

제 2 절 시뮬레이션 Lay-out 구축

개발된 단위 공정별 시뮬레이션 모듈을 이용하여 Lay-out 작업을 수행하게 된다. 이를 통해 산지 농산물 유통센터를 다양하게 배치하여 분석해볼 수 있으며, 이를 통해 설계를 위한 기본 자료로서 활용되게 된다.

본 연구에서는 기존의 농산물산지유통센터(예, 대관령, 의성 등)의 공정들과 Lay-out을 참조로 하여 한국형 농산물산지유통센터의 모델을 구축해보아 기존 농산물산지유통센터들의 분석 방법 연구 및 중요한 Output 데이터를 수집하여 분석하는 연구를 실시하였다.

1. User Interface

단위 공정별 시뮬레이션 모듈의 Toolbar 형식의 상단 배치를 통한 사용자가 쉽게 Drag & drop을 통해 Lay-out을 꾸밀 수 있게 된다. 이를 통해 User Interface를 향상시켰으며, 빠른 시간에 Lay-out을 구축할 수 있게 된다.

① 원자재 하역/투입 User Interface

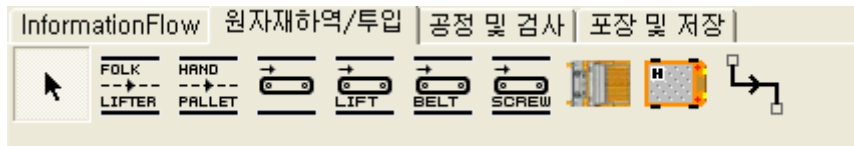


그림 3-42. 원자재 하역/투입 User Interface

원자재 하역/투입을 위한 단위 모듈로서는 Folk Lifter, Hand Pallet, Conveyors, 지게차 등이 있으며, 이러한 하역/투입을 위한 단위 모듈을 통해 농산물이 다음 공정으로 이송을 할 수 있게 된다.

② 공정 및 검사 User Interface



그림 3-43. 공정 및 검사 User Interface

농산물산지유통센터 내에서의 농산물 처리 공정으로서 계량, 절단 등의 여러 가지 공정을 제공하게 된다. 이러한 공정을 통해 유통센터의 생산량이나 처리능력을 시뮬레이션 해 볼 수 있으며, 이를 통해 적정한 수준의 농산물산지유통센터 공정을 설계해 볼 수 있다.

③ 포장 및 저장 User Interface

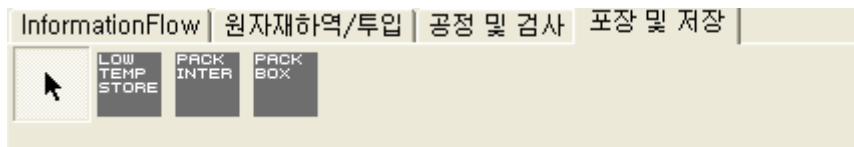


그림 3-44. 포장 및 저장 User Interface

농산물은 각기 특성에 따라 다양한 방법으로 포장 및 저장이 이루어지게 된다. 이러한 포장 및 저장을 위한 단위 모듈을 제공함으로써 농산물 유통센터의 저장 능력이나 저장 공간의 계획을 해 볼 수 있다.

이러한 User Interface 내의 단위 모듈들을 배치해 봄으로써 가상의 농산물산지유통센터를 구축할 수 있으며, 이를 통한 Lay-out의 사례는 다음과 같다.

2. 엽채류 농산물산지유통센터 Lay-out

① 원료 하역 지역

- 투입 모듈 : 트럭, 진공예냉, Conveyor, 지게차
- 공정 : 트럭이 도착하면 지게차를 통해 투입을 저온 저장고에 이송한 후 이를 다시 Conveyor를 통해 공정으로 보내는 작업을 실시하게 된다.

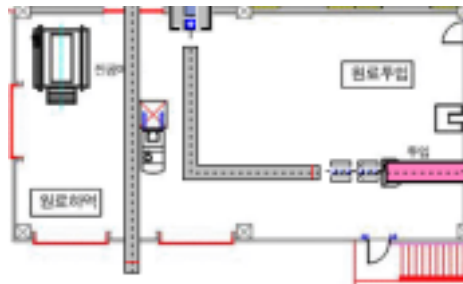


그림 3-45. 원료 하역 지역

② 저온저장 및 상품 저장 지역

- 투입 모듈 : 저온저장고, 상품저장실
- 공정 : 입고된 엽채류들은 저온저장고에 바로 저장이 되거나, 가공 공정들을 마친 후 상품으로 출하되기 위해 상품 저장실에 저장되게 된다.



그림 3-46. 저온저장 및 상품 저장 지역

③ 전처리 지역

- 투입 모듈 : 정선
- 공정 : 투입된 액체류를 가공하기 위해 전처리를 하는 것으로서 정선 작업을 통해 이물질들을 제거하게 된다.



그림 3-47. 전처리 지역

④ 가공 지역

- 투입 모듈 : 절단, 세척/헹굼/살균, 선별, 이송
- 공정 : 입고된 액체류들을 가공하는 지역으로서 절단 및 세척/헹굼/살균, 이송 등의 모듈을 배치하게 된다.

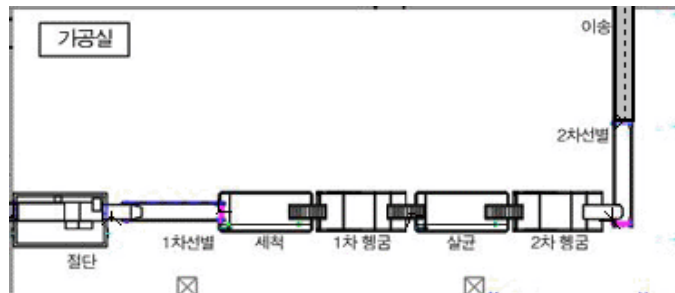


그림 3-48. 가공 지역

⑤ 계량 및 포장 지역

- 투입 모듈 : 진공포장, 계량, 탈수
- 공정 : 세척 및 행균, 선별 등을 거친 엽채류를 포장하기포장하기 위한 작업을 하는 지역으로서 상품으로 출하하기 위해서 5kg, 10kg 등의 여러 가지 포장 방법을 실시하게 된다.



그림 3-49. 계량 및 포장 지역

⑥ 검사 및 출고 지역

- 투입 모듈 : 금속 검출, 중량 검사, 상자포장, 테이핑, 이송 Conveyor
- 공정 : 시장에 내보내기 전에 상품을 검사하여 소비자에게 유해한 물질을 최종적으로 검사하고 이를 이송하기 쉽게 박스 단위로 포장하여 상품 출하실로 보내는 공정이다.

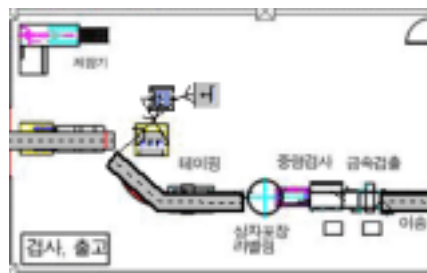


그림 3-50. 검사 및 출고 지역

위의 시뮬레이션 단위 모듈들을 배치한 지역별 시뮬레이션 Lay-out을 종합적으로 배치하여 작성한 가상 열채류 농산물산지유통센터 시뮬레이션 Lay-out은 다음과 같다.

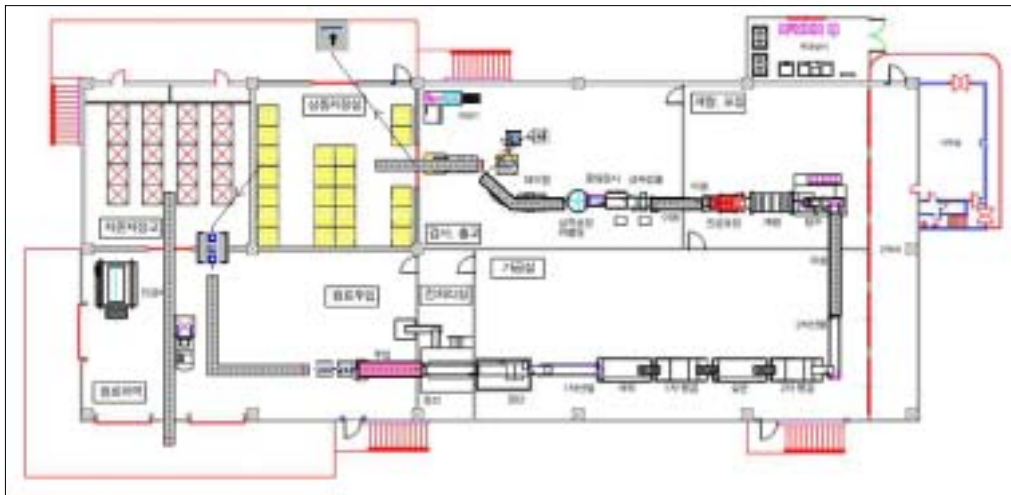


그림 3-51. 가상 열채류 농산물산지유통센터 Lay-out

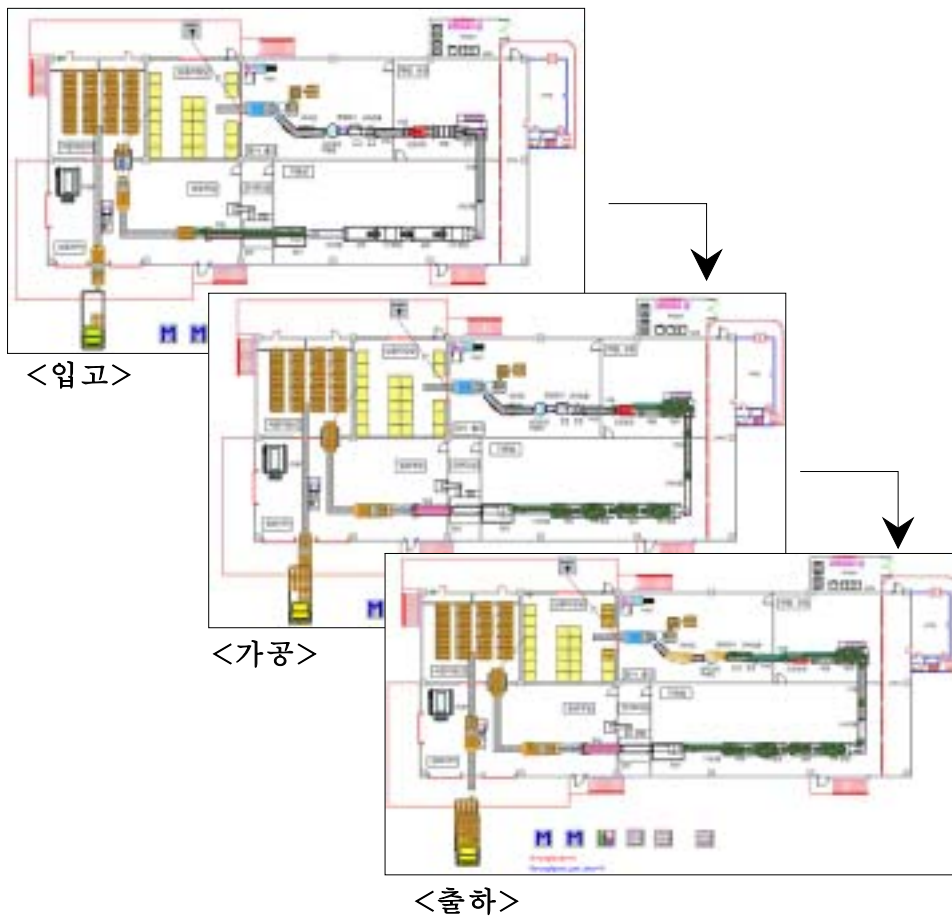


그림 3-52. 가상 업체류 농산물산지유통센터 공정별 Lay-out

3. 과채류 농산물산지유통센터 Lay-out

① 원료 하역 지역

- 투입 모듈 : 트럭, 지게차, 신축컨베이어
- 공정 : 입고된 과채류를 트럭에서 지게차로 날려 빈 공간에 쌓은 후 신축 컨베이어에 팔렛 단위로 이송시켜 de-palletizer를 통해 상자 단위로 공정에 투입하게 된다.

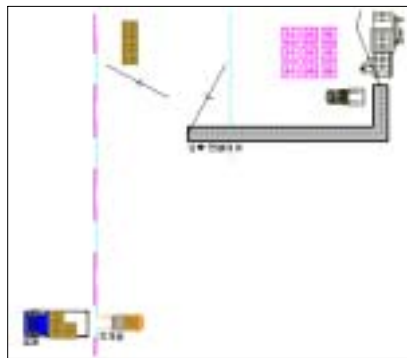


그림 3-53. 원료 하역 지역

② Dumping 지역

- 투입 모듈 : Dumping
- 공정 : 상자 안에 담겨있는 과채류를 유통 과정을 거치기 위해 이송 장치에 쏘는 작업으로서 Dry Dumping과 Wet Dumping 방식이 주로 사용되게 된다.

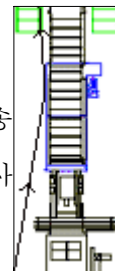


그림 3-54. Dumping 지역

③ 전처리 지역

- 투입 모듈 : 육안 선별기
- 공정 : 입고된 과채류에 이물질을 제거하는 공정으로서 작업자가 육안으로 이물질을 제거하게 된다.

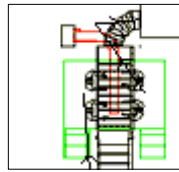


그림 3-55. 전처리 지역

④ 중량/색상/당도 체크 시스템 지역

- 투입 모듈 : 체크 시스템
- 공정 : 과채류의 중량/색상/당도 별로 구분하여 선별기에 투입하기 전에 자동으로 Sensing하는 시스템.

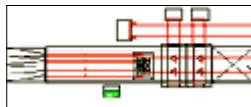


그림 3-56. 중량/색상/당도 체크 시스템 지역

⑤ 선별기 지역

- 투입 모듈 : 선별기, 구분구
- 공정 : 중량/색상/당도 별로 구분된 과채류를 해당 등급으로 자동 Sorting하여 구분구에 투입하는 공정이다.

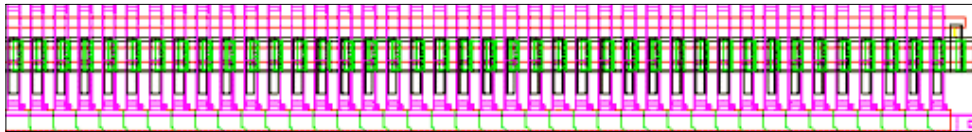


그림 3-57. 선별기 지역

⑥ 상자 투입 지역

- 투입 모듈 : 제함기, 상자 투입 컨베이어
- 공정 : 구분구에 쌓인 과채류를 담기 위한 상자를 제작하고 이를 작업자 앞으로 투입하는 공정이다.



그림 3-58. 상자투입 지역

⑦ 포장 지역

- 투입 모듈 : 작업자, 상자 이송 컨베이어, 포장기, 팔렛 적재기
- 공정 : 구분구에 쌓인 과채류를 상자에 포장하고, 이를 팔렛에 적재하여 상품화 하는 공정이다.

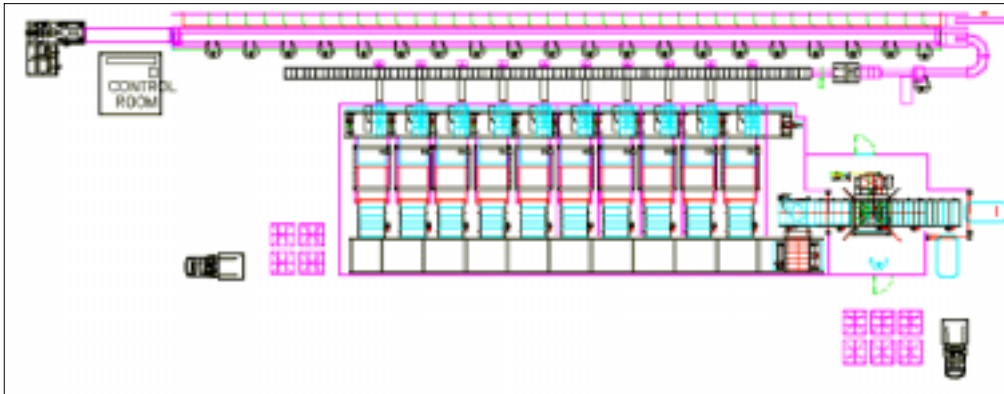


그림 3-59. 상자투입 지역

⑧ 소포장 및 명품 포장 지역

- 투입 모듈 : 소포장기, 작업자
- 공정 : 등급이 높은 과채류를 다른 방식으로 포장하거나 고가의 상품화시키는 공정이다.

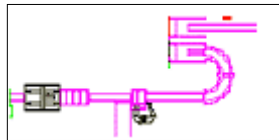


그림 3-60. 소포장 및 명품 포장 지역

⑨ 예냉 및 저장 지역

- 투입 모듈 : 예냉실, 저장고
- 공정 : 과채류를 예냉하거나 상품 가치가 높은 시기에 판매를 위해 장기간 및 단기간 저장을 위한 공정이다.

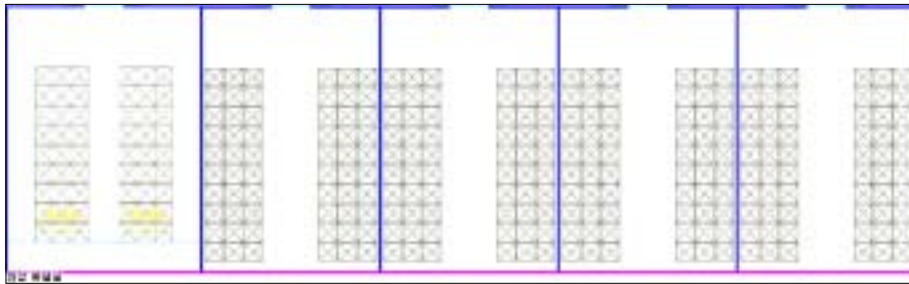


그림 3-61. 예냉 및 저장 지역

□ 출하지역

- 투입 모듈 : 지게차, 트럭
- 공정 : 과채류를 출하시키는 공정이다.

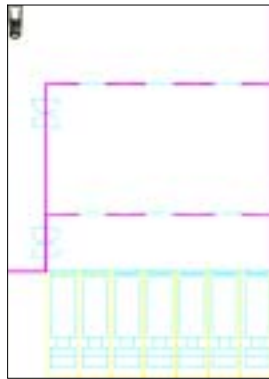


그림 3-62. 출하 지역

위의 시뮬레이션 단위 모듈들을 배치한 지역별 시뮬레이션 Lay-out을 종합적으로 배치하여 작성한 가상 과채류 농산물산지유통센터 시뮬레이션 Lay-out은 다음과 같다.

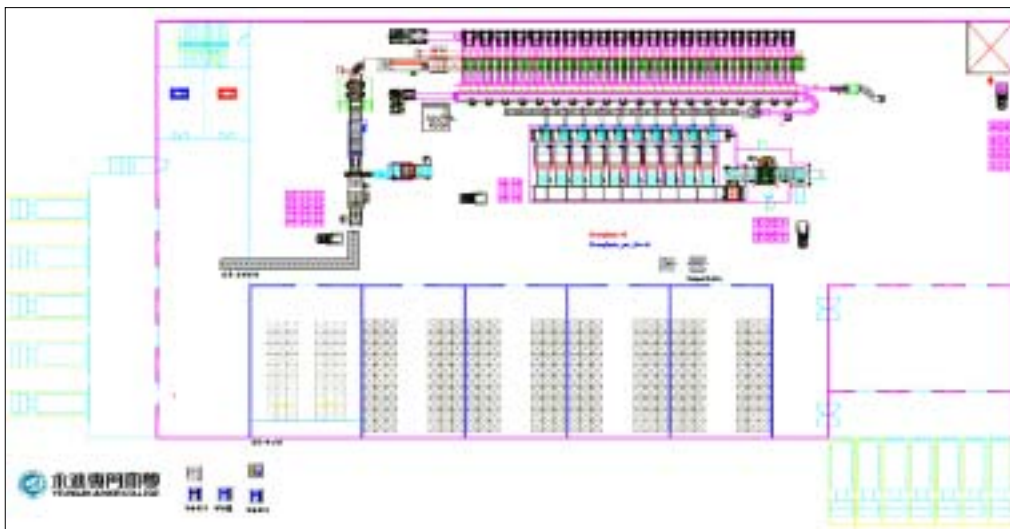


그림 3-63. 가상 과채류 농산물산지유통센터 Lay-out

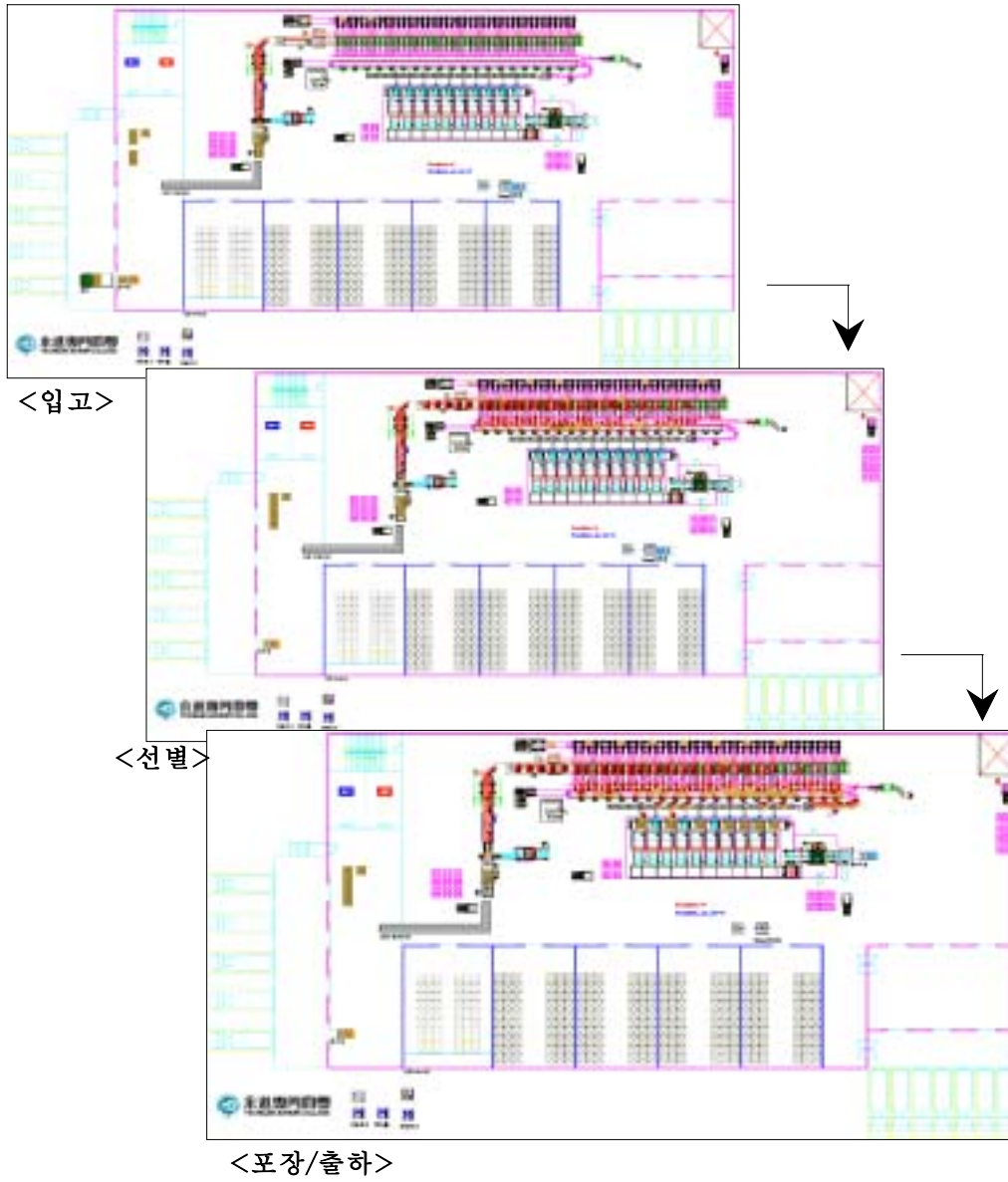


그림 3-64. 가상 과채류 농산물산지유통센터 공정별 Lay-out

제 3 절 가상 APC 시뮬레이션 분석

1. 시뮬레이션 분석방법

업체류 및 과제류는 일반 제조업체들의 공정과는 달리 생물학적인 요소를 검토해야 하며, 그에 따른 생산량 및 시간당 처리량이 매우 중요한 factory로서 위치하게 된다. 이에 따라 본 연구에서는 최적의 APC를 만들기 위해 ISO TC 184레벨을 기본으로 하여 선진 제조기술인 6Sigma나 Toyota 생산방식 등(그림3-65)을 적용하여 시뮬레이션을 실시하게 된다. 또한 이를 검증하기 위한 산업공학적 분석기술을 사용하게 된다.



그림 3-65. 지능인지형 신생산시스템 기술에 적용 기법

본 연구에 도입된 대표적인 기법들은 다음과 같다.

① 설비관리(TPM)

: Total Productive Maintenance(전원참여 생산보전)의 약자로서, 1971년 일본의 JIPM에서 제창하였고, 한국에서 1980년대 중후반에 KSA가 처음으로 도입한 설비 관리 혁신활동이다. TPM 활동은 사람과 설비의 체질개선을 통한 기업의 체질개선을 추구하고 있는 활동으로서 이러한 TPM 활동이 추구하는 궁극적인 목적은 기업 입장에서는 경쟁력 향상을 통한 수익성 창출이며, 기업종사자 측면에서는 설비에 대한 관리기술, 고유기술, 개선능력의 향상으로 자기가치를 향상시키는 활동으로 귀결된다고 할 수 있다. 최근에는 수익성 창출이 강조되면서 종래의 공장 중심의 TPM활동에서 전사중심의 TPM활동으로 활동영역이 확대되었고, Total Productive Management 혹은 Total Profit Management 화하여 수익성을 올리기 위해 생산성증대, 원가절감 등과도 연계되어 추진되고 있다.

② 품질관리(6 Sigma)

: 6시그마를 통한 품질관리는 불량률 통계적으로 측정, 분석하여 그 원인을 제거함으로써 6시그마수준의 품질을 확보하려는 전사 차원의 활동을 의미한다. 이를 통해 대상공장의 품질 수준을 높이는 한편 수익을 향상시키기 위해 도입하는데 이는 대기업 위주의 기술로서 많이 여겨졌으나 이를 농산물 유통 처리까지 적용하고자 하는 본 연구의 취지에서 도입하게 되었다.

③ 자재관리(JIT)

: JIT방식을 도입하여 현장의 낭비요인을 철저히 분석하여 이러한 낭비요인을 제거하고, 이를 통해 자재관리를 효율화하는 방식에서 적용을 하게 된다.

④ 생산관리(Toyota방식)

: 도요타생산방식은 인력과 설비 등의 생산능력을 필요한 만큼만 유지하면서도 효

율을 극대화할 수 있도록 작업 정보를 긴밀하게 교환하는 협동적인 생산 시스템이다.

⑤ 자동화 기술

: 자동화기술은 무인화를 의미하는 것만은 아니다. 작업을 분업화하고 개개의 업무를 작은 조각으로 나누어 단순화시켜 공정의 합리화, 최적화되고 투자회수기간과 경제성분석에 적합한 자동화시스템을 말한다. 생산, 제조 공장 내 물류흐름을 위하여 적정한 설비를 채워 넣고자 할 때, 복잡하고 민감한 기계설비의 선정과 작업자와 작업분배 등은 매우 중요하다. 또 과거와 같이 컨베이어로는 유연성을 가질 수 없으므로 여러 가지 이송설비들이 개발되어 함께 사용되고 있다. 이러한 유연성을 가진 설비들은 과거와 달리 대규모 자본의 투자가 필요하므로 최적운용계획 수립은 기업의 경쟁력 제고에 절대적인 영향을 미치는 중요한 사안이라 할 수 있다. 2차원설계에서 3차원설계로 가시화, 최적화되고 시뮬레이션으로 검증된 디지털공장을 구축함에 있어서 먼저 공장자동화기술에 의한 생산, 제조 프로세스의 최적시스템의 구축이 필요하며 설비계획(공정설계, 설비설계)에 의한 기반기술로서 표준화되고 보급되어야 한다.

이러한 자동화기술의 발전과 더불어 자동화기기 측면에서는 자동화 로봇과 같은 자동화 메카트로닉스 기기에 대한 이해가 선행되어야 한다. 이송방법에 따라 크게 나누어보면 자동반송시스템(컨베이어계, 대차계 등), 수직반송시스템(연속식 수직반송기, 간헐식수직반송기 등), 보관설비시스템(자동창고, 고정랙 등), 로딩/언로딩시스템 등이 있으며 용도별, 대 소 분류별 세분화하여 설계도면과 기술 자료로 표준화되어야 한다. 이러한 자동화기기와 기술에 대한 총체적 이해와 더불어 시뮬레이션 상에서 분석되어야 하고, 이를 적용하기 위해 본 연구에서는 인적자원을 포함한 설비들의 효율을 분석하여 자동화 설비로의 대체 가능성을 검토하며, 도입된 자동화 설비들의 경제성 분석을 통한 적정 방안을 강구한다.

이러한 여러 가지 기법들을 도입하여 세계적인 경쟁력을 갖춘 APC의 면모를 갖추고 생산량 및 수익의 극대화를 위한 방안을 꾸준히 찾고 이를 APC 프로젝트 완료 이후 작업방법 개선 등과 함께 미래예측을 위한 생산프로세스를 현장전문가가 직접 개선을 해볼 수 있도록 하는 기능을 하게 된다. 이러한 기법이 효과적으로 성공하기 위해 시뮬레이션에 적절한 방법을 적시적소에 도입하고, 이를 통한 만족할 만한 수치 데이터를 얻어야 한다.

2. 시뮬레이션 결과 산출

가상 APC 시뮬레이션 모델을 구동시켜 수치적인 데이터 및 차트를 얻을 수 있다. 이는 시뮬레이션 모델이 현실을 그대로 반영하고 있기 때문에 기존의 전문가들만이 분석해 볼 수 있는 것을 누구든지 결과를 보면서 분석해 볼 수 있으며, 이를 통해 문제점 및 전략을 수립해 볼 수 있다.

APC를 설립 시 주요 분석이나 계획이 되어야 할 항목들은 표 3-2와 같다.

표 3-2. APC 시뮬레이션 항목

최적화 요소들	시뮬레이션 항목
작업 배치 및 작업 능력	시뮬레이션 Lay-out 구축
Cycle time, Utilization Bottleneck 공정	설비별 부하 및 상태 분석 작업자 부하 분석
생산량, 생산효율, 생산 방식	총생산량 농산물 일일 생산량
작업시간, 작업 교대 방식	작업자 부하 분석 설비 공정 분석
Batch size, Scheduling, 제품투입순서	설비 공정 계획 및 Lay-out 구축 모듈화된 설비 능력 입력
제어방법, 작업조건	Lay-out 구축 및 시스템 분석

이와 같은 시뮬레이션을 통하여 다양한 결과 데이터들을 종합적으로 분석을 해 볼 필요가 있으며, 이에 따른 전문가들의 의견에 합당하도록 모델의 수정이 이루어져야 한다.

이러한 시뮬레이션을 통한 이점은 다음과 같다.

- ① Optimization과 대안들의 양적 비교를 통한 system과 process의 비용절감
- ② 사용자의 작업성 증대를 통한 production engineering의 cycle time 단축
- ③ System and processes의 구체적인 이해를 통한 engineering quality 향상
- ④ 실제 system의 사전 검증에 의한 손실 예상 요소 제거
- ⑤ 검증된 solution의 실제와 같은 presentation을 통한 better decision making & communication 실현

이에 따라 본 연구에서는 생산량 및 생산정보에 관련된 누적 데이터를 산출하는 것과 작업자 부하 분석 및 설비 부하, 상태 분석을 위한 실시간으로 데이터를 산출할 수 있다.

본 연구에서는 위와 같은 중요 factor만을 선정하여 결과를 산출하였지만, 소프트웨어 기반의 프로그래밍이라는 측면에서 다양한 결과를 프로그래밍하여 얻을 수 있다는 시뮬레이션 결과에 대한 확장성을 가질 수 있다는 점이 본 연구의 큰 장점이라고 할 수 있다.

① 누적 결과 산출

총생산량 및 농산물/농가별 생산량을 시간의 흐름에 따라 누적으로 살펴볼 수 있다. 이는 APC의 생산량 효율을 나타내는 지표로서 APC 구축 계획 시 시기별 생산 예상량을 예측해 볼 수 있으며, 이를 통해 목표 생산량을 정할 수 있다.

그림 3-66은 총생산량을 수치 데이터로 산출할 수 있으며, 이에 따른 변화를 볼 수 있다. 이를 통해 APC의 예상 생산량 및 Capacity를 분석해 볼 수 있다.

그림 3-67은 농가별 총 생산량을 수치 데이터로 산출할 수 있으며, 이에 따른 변화를 볼 수 있다. 이를 통해 농가별 생산량 및 수익을 예측해 볼 수 있다.

그림 3-68, 그림 3-69, 그림 3-70은 일일 생산량을 Histogram으로 산출해 볼 수 있으며, 이에 따라 적정 설비 및 최고 부하일 때의 전략을 수립해 볼 수 있다.

그림 3-71, 그림 3-72, 그림 3-73은 과채류에 대한 등급별 Chart를 확인할 수 있으며, 이를 통해 출하 전략을 수립할 수 있다.

이와 같은 Chart 및 수치 데이터를 통해 APC의 전체 처리 용량 및 설비 용량을 계산하여 설계 자료로서 활용할 수 있게 된다.

<엽채류 총생산량>

	In	Out	Inventory
Cabbage	0	0	0
Lettuce	0	0	0
Spinach	0	0	0

대기

	In	Out	Inventory
Cabbage	15120	840	14280
Lettuce	0	0	0
Spinach	0	0	0

투입

	In	Out	Inventory
Cabbage	16170	2310	13860
Lettuce	6708	5463	3678
Spinach	5436	3542	1452

처리/포장

그림 3-66. 엽채류 총생산량

	A	B	C	D
Cabbage	0	0	0	0
Lettuce	0	0	0	0
Spinach	0	0	0	0

대기

	A	B	C	D
Cabbage	8430	2432	1543	654
Lettuce	459	678	980	345
Spinach	346	233	145	67

투입

	A	B	C	D
Cabbage	12432	2312	7654	8765
Lettuce	1235	1532	1642	5433
Spinach	3521	233	778	500

처리/포장

그림 3-67. 엽채류 농가별 총생산량

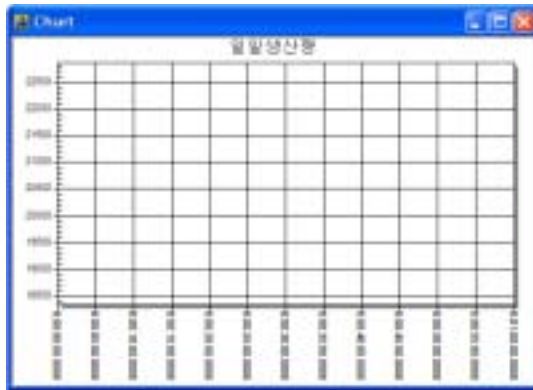


그림 3-68. 과채류 대기 시 일일 시간당 생산량

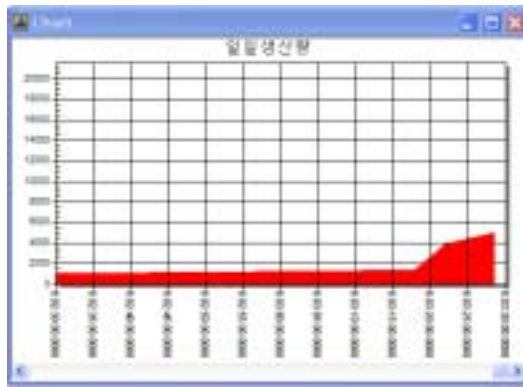


그림 3-69. 과채류 투입 후 일일 시간당 생산량(초기)

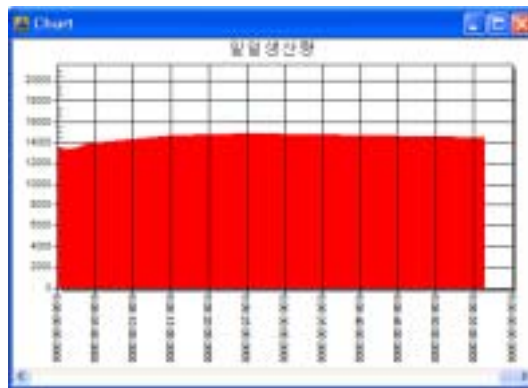


그림 3-70. 과채류 투입 후 일일 시간당 생산량(후기)

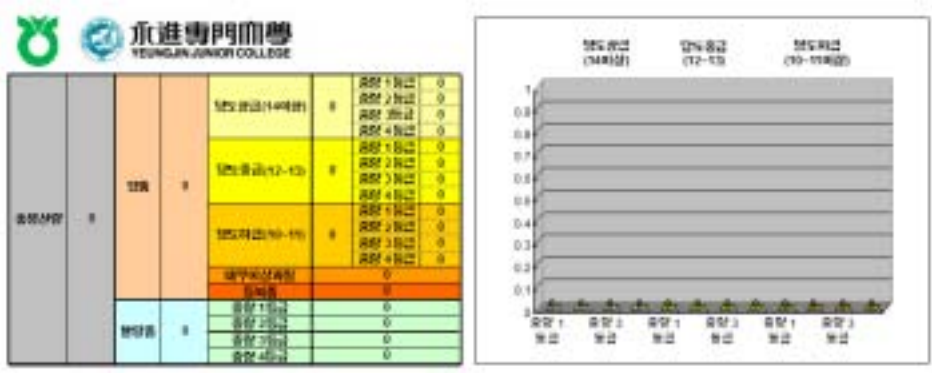


그림 3-71. 투입 전 과채류 생산 정보

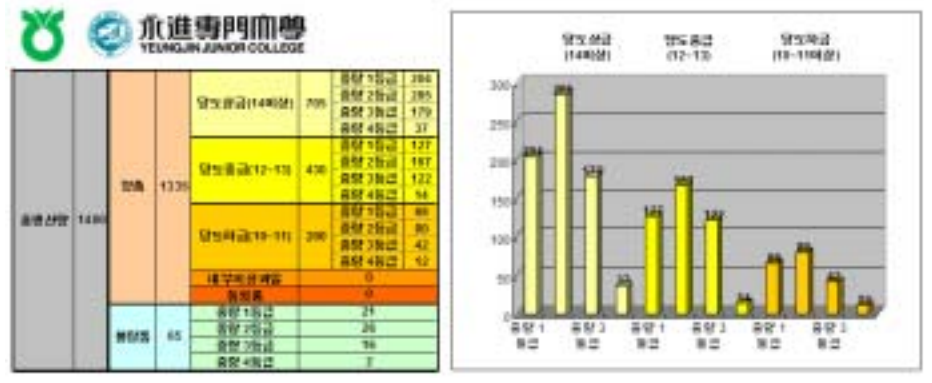


그림 3-72. 1일 후 과채류 생산 정보

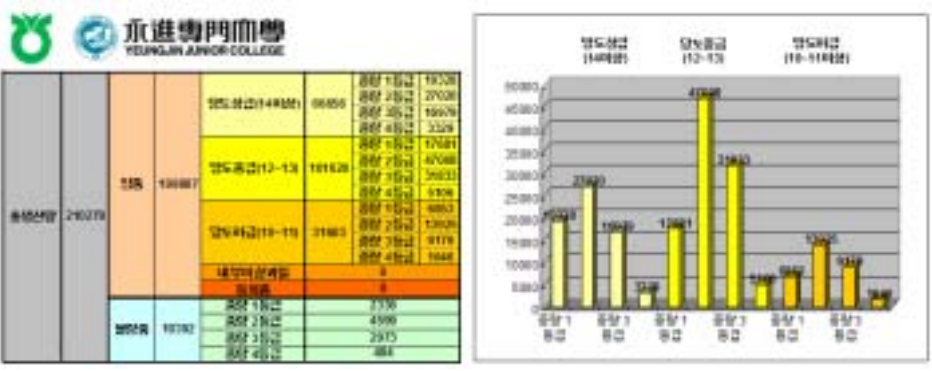


그림 3-73. 1달 후 과채류 생산 정보

② 실시간 결과 산출

가상 APC의 운영상의 문제점(예, Bottleneck 검사, 공정 부하 검사 등)을 분석해볼 수 있는 데이터로서 시간에 따른 데이터들이 실시간적으로 변화하기 때문에 이를 통해 사용자는 발생할 수 있는 문제 예측이나 설비/인적 요소들의 가동률을 알 수 있다.

그림 3-74, 그림 3-75, 그림 3-76은 설비별 부하 및 상태를 분석해 볼 수 있으며, 이에 따라 Bottleneck 공정의 파악 및 설비들의 문제점을 예상해 봄으로써 각 설비들의 Spec. 및 처리 용량을 전체 APC 구축 계획에 맞추어 시뮬레이션 해 볼 수 있다.

그림 3-77, 그림 3-78, 그림 3-79은 작업자별 부하율을 실시간으로 분석해 볼 수 있으며, 이에 따라 작업자 투입 수 및 작업 공정을 예측할 수 있다.

이러한 실시간 결과에 누적 결과를 종합적으로 분석하여 실제의 APC를 설계할 수 있는 자료로 활용할 수 있게 되며, 이에 더 나아가 차후 APC에 투입될 작업자들의 작업 방법 교육이나 운영전략 등을 미리 예측해 볼 수 있게 된다.



그림 3-74. 엽채류 대기 시 설비 상태 분석

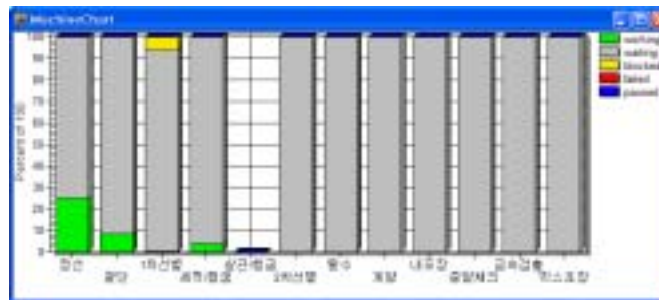


그림 3-75. 엽채류 투입 시 설비 상태 분석

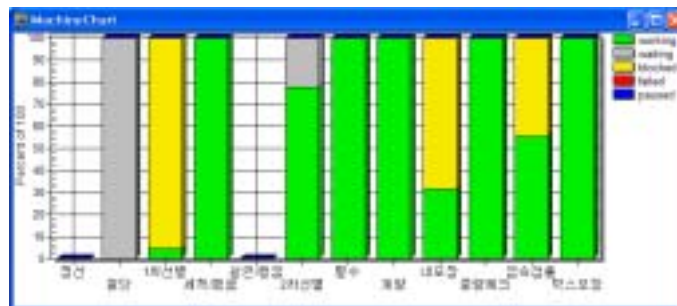


그림 3-76. 엽채류 출하에 따른 설비 상태 분석

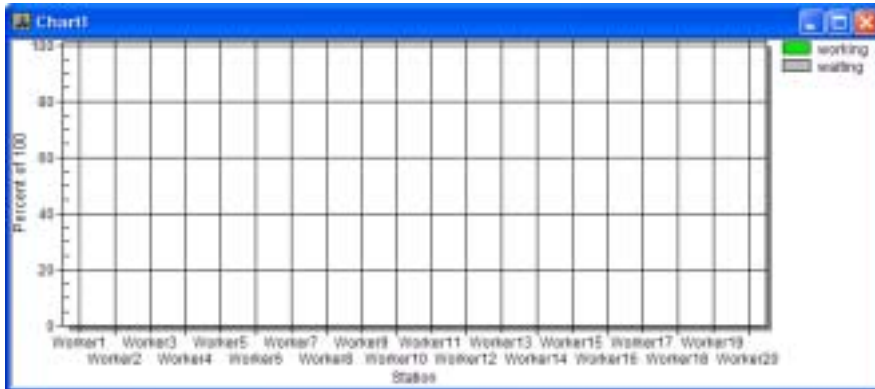


그림 3-77. 작업 투입 전 작업자 부하

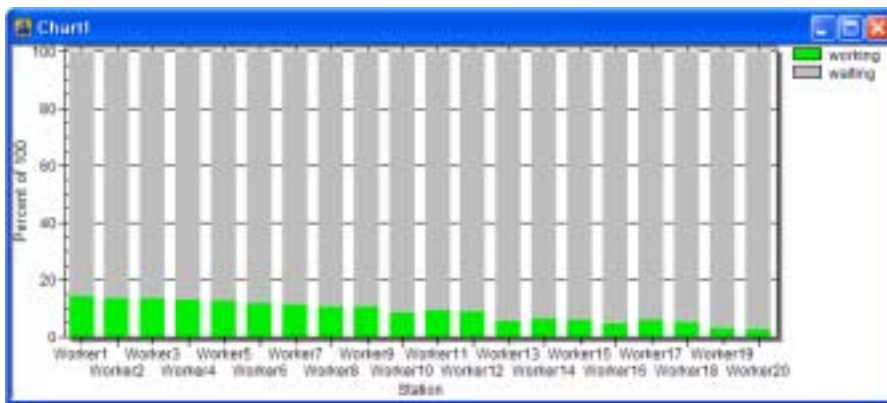


그림 3-78. 작업 시작 후 작업자 부하

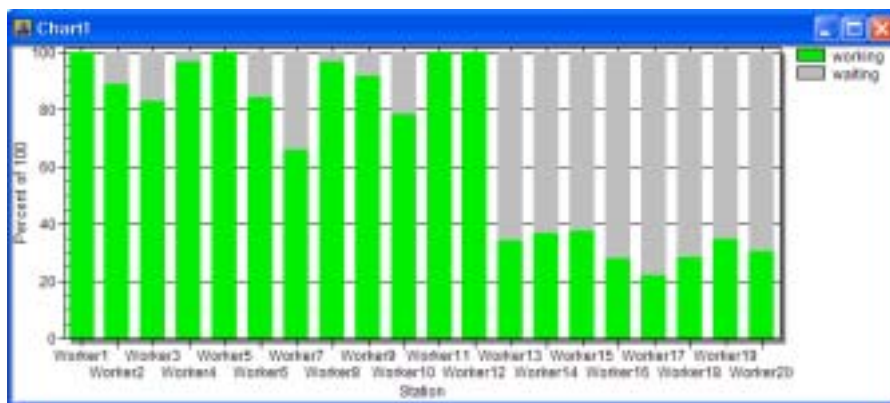


그림 3-79. 작업 full 부하 시 작업자 부하

제 4 장 공정분석에 의한 산지유통센터

3D 모델 개발

산지유통센터 3D 모델 개발은 농산물산지유통센터의 전체적인 시설계획을 위해 공정이 분석 되고 시뮬레이션으로 검증 된 관련 기계시설의 가시화와 함께 유통센터 전체 공정의 흐름과 형태를 쉽게 이해하여 과채류 산지 유통센터의 표준 모델을 구축하고 관련 시설의 설비사양을 이용한 적정한 사업계획의 수립 지원을 목적으로 진행되었다.

산지 과채류 유통센터의 최적화를 위한 단위 공정별 기계장치의 데이터베이스를 이용하여 과실과 채소류를 구분한 농산물산지유통센터의 기계장치의 3D 모델 객체 개발을 실시하였으며, 과실류 관련 농산물산지유통센터의 기계장치는 사과 선별 시스템, 채소류는 양상추 전처리 시스템을 기준으로 관련시설의 3D 모델 객체 개발과 최적의 Lay-out을 구축, 관련 기계설비의 사양을 도출하였다. 산지 과채류 유통센터의 단위 공정별 3D 모델 객체는 크고 복잡한 현장의 전체를 구현하고 무제한의 객체 계층의 생성이 가능하도록 하였으며 3D 모델의 조건 및 최적의 설비계획을 입안할 수 있도록 하였다. 또한 농산물산지유통센터의 물동량, 선별 등급, 전처리 방법, 포장 및 출하시스템의 3D 모델 Module의 개발에 있어 Object Library들을 쉽고 빠르게 모형화 할 수 있도록 하였다.

관련시설의 3D 모델 객체 개발은 사용자 인터페이스 부분과 3D 모델 생성 기능에 있어 안정성과 신뢰성을 확보할 수 있도록 하였으며, 생성된 3D 모델 객체 하나하나에 관련 시설의 속성(설비의 사양 - 제조사, 규격 또는 크기, 수량 등)을 부여하여 외부 파일로 출력 가능하게 하여 설비사양의 분석 자료로 이용할 수 있도록 하였다.

제 1 절 농산물 산지유통센터의 최적화 3D Lay-out 구축

본 연구에서는 단위 품목 군별로 공정이 분석된 유형별로 관련 자료를 입력하여 가상의 유통센터를 구축하는 방법으로서 Pro/ENGINEER를 기반으로 한 Top-Down 설계 방식을 이용한 산지 과채류 유통센터의 최적화 3D Layout을 도출하였다. 가상의 산지 과채류 유통센터에 농산물 처리 공정 Flow-Chart, 기계시설의 사양(처리능력, 크기, 규격, 수량 등) 구성 요소의 배치를 2차원의 개념설계로 명확하게 결정짓고 이것을 기준으로 시뮬레이션에 의해 최적화 되어 개최종적인 개념설계의 2D Layout을 완성한다. 이것을 기준으로 3차원화 된 개념설계의 모델로 변환한다. 이것은 Top-Down 설계로 진행하며 3D Model Object Library(객체 라이브러리)와 건축물 및 관련 기계설비의 보조 구조물 등과 같이 Library화 할 수 없는 구조물로 나누어 3D Layout을 구축 한다. 이렇게 함으로써 최 상위 Assembly에서 최하위 설계 단위까지 Object화 하여 핸들링 하므로 간략한 논리 구조로 Layout을 구축할 수 있게 되고 유연성이 높은 설계 데이터의 생성이 가능하게 되며, 개발 완료 된 설계 데이터를 라이브러리로 정리하여 재사용성을 증대시킬 수 있게 하였다.

최적화 된 가상의 과채류 유통센터를 구축하여 사업 주체가 유통센터의 설립 전 시스템을 3차원적으로 분석하여 적정한 사업계획을 수립하기 위해서 본 연구에서는 Pro/ENGINEER 설계 Solution을 기반으로 한 Top Down 설계를 이용한 연구를 수행하였다.

이런 방식으로 최적화 3D Layout을 도출하기 위한 시스템 요구사항은 다음과 같다.

- ① 단위 기계설비의 종류나 수량이 많아 Large Assembly Handling에 대한 방법론 적용의 중요성
- ② 설계 Spec의 변화에 따른 개별 기계설비의 변화와 교체 등의 자동화 구현
- ③ Layout 구축이 완료된 후 도면 이외에 BOM (Bill of material)의 자동 산출

필수화

④ 전체 시스템은 복잡하지만 단위 기계설비 모델링의 용이성

그림 4-1과 그림 4-2는 각각 농산물 산지유통센터에서 처리하는 과일과 업체류 관련 기본시설 구성요소를 나타낸 것으로 각각의 시스템 별로 구성되는 세부 기계설비 모델을 Library화 하였고 최적화 된 가상의 과채류 유통센터를 구축하기 위해 Top Down 설계 방법론을 기초로 하여 Lay-out 설계를 진행하였다.



그림 4-1 . 과일류 산지유통센터 관련 기계설비 구성요소



그림 4-2 . 업체류 산지유통센터 관련 기계설비 구성요소

최종적인 개념설계의 유통센터 2D Lay-out을 이용하여 3D Lay-out을 도출하기 위해 Pro/ENGINEER의 엔지니어링 노트북(Layout)을 사용하였다. 이것은 프로젝트 모델의 설계 의도를 개발하고 표현하며 제어할 수 있다. Pro/ENGINEER의 엔지니어링 노트북 주요 기능은 다음과 같다.

- Parametric 하지 않은 2D Sketch 형상 (보통의 2D CAD Data)
- 설계 주석
- 자동 Assembly를 위한 Global Datum Plan, Axis, Coordinates System
- Global Dimensions, Parameters
- 테이블로 구성된 데이터
- 전역 관계식

Pro/ENGINEER의 엔지니어링 노트북을 사용하면 중요한 매개변수를 통합하여 하나의 중앙 위치에서 여러 모델의 액세스와 제어가 가능하고 구성되는 모델 수량에 관계없이 형상 모델과 드로잉을 제어할 수 있다. 또한 Lay-out으로 설계 컴포넌트를 적당한 피팅과 크기로 제어하며, 관계식(Relations) 메뉴의 사용위치(Where Used) 기능을 이용하여 엔지니어링 노트북에 속한 Global Datum과 Parameter를 사용 중인 부품과 어셈블리를 쉽게 확인할 수 있다.

공정설계와 시뮬레이션 분석 과정에서 유통센터 전체의 흐름과 형상의 검토에 비해 설계자의 의도에 부합하는 유통센터 모델을 보다 직관적이고 명확하게 해석하고 정확한 결과를 도출하기 위해 3D Computer Graphics 기술을 적용한 가상공간에 컴퓨터가 만들어낸 그래픽 정보를 인간의 정보로 입력되도록 함으로써 인간의 오감 중 가장 많은 정보를 받아들이는 시각적인 부분을 해결하였다. 그림 4-3.에서 엔지니어링 노트북을 이용한 Top Down Layout 설계의 Process를 나타내었다.

본 연구에서는 3D 모델링 프로그램을 비전문가도 쉽게 사용할 수 있도록 모델 개발 초기 단계에서부터 Top-Layout 설계 기법을 적용하여 이를 Top-Down 설계로 연계하였다.



그림 4-3 . 업체류 산지 유통센터 3D lay-out 구축 과정

1. 2차원 Lay-out 개념설계

가상의 산지 과채류 유통센터에 대한 기계설비 아이템의 선정과 개념설계는 시스템 입안자(사업주체, 공정설계자, 시뮬레이션 분석 엔지니어)와 설계 책임자에 의해 결정되며 이것을 바로 3차원 Lay-out으로 구현하기에는 적용해야 할 개념적인 요소가 너무 많다. 그러므로 개념설계 상에서 명확하게 결정되어지는 요소(설비의 종류, 처리 공정, 구성요소의 배치 등)를 2차원 개념설계를 통해 나타내고 이를 기준으로 Lay-out 구축방법을 명확하게 결정짓는다. 그림 4-4, 그림 4-5 는 업체류 선별 유통센터와 과일류 선별 유통센터의 2차원 Lay-out 개념설계 도면이다.

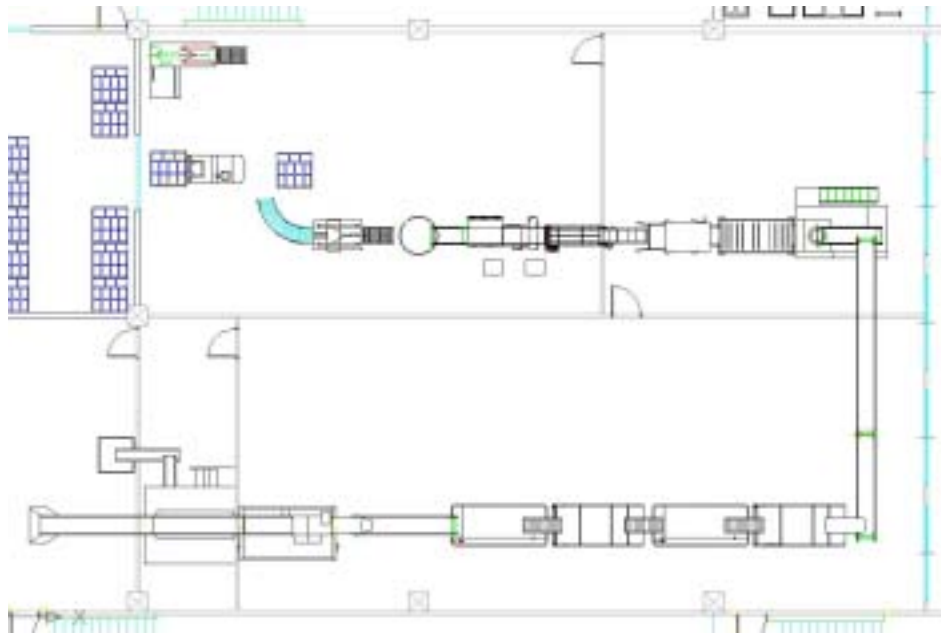


그림 4-4 . 액체류 유통센터의 2차원 Layout

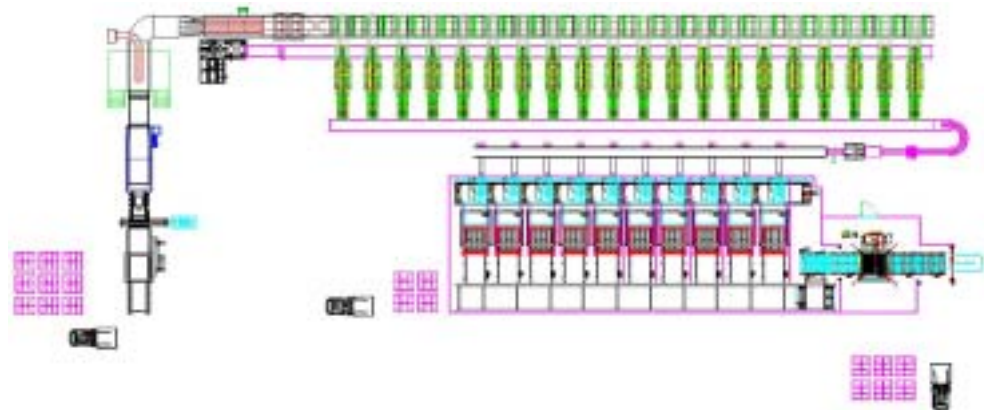


그림 4-5 . 과일류 유통센터의 2차원 Layout

2. Top Lay-out의 설계

주요 과채류 산지유통센터 관련 기계시설의 정확한 형상을 가진 모델을 개발하고 데이터베이스를 구축하기 위해서는 CAD S/W를 활용하여 시설의 3D Modeling을 수행하고 여기에 사용자 Library 기능을 추가하여 과채류 산지유통센터 관련 기계시설의 최적화 구축을 효과적으로 활용할 수 있는 기술의 개발 및 활용이 필요하다. 3D Modeling 기술에는 복잡한 3차원 형상 모델의 자유로운 변형 및 수정이 필요할 뿐 아니라 3차원 형상 모델의 3차원 컴퓨터 데이터화(Library 구축)가 필요하다. 이러한 3차원 형상을 컴퓨터 데이터화하기 위해서는 많은 노력이 필요하지만 본 연구에서는 동일한 형식의 관련 기계시설들을 그룹화하여 이것을 Library로 구축하고 필요한 경우 손쉽게 재사용하거나 수정하여 사용할 수 있는 방법을 연구하였다.

2차원 Lay-out 설계 도면으로 결정된 개념설계 요소를 기준으로 3차원화 된 개념설계 모델로 변환한다. 이를 통해 Top Down 설계를 진행하고 관련 기계설계의 그룹별 요소를 구분하여 3D 모델 Library를 이용할 것과 건축물 및 관련 기계설비의 보조 구조물 등과 같이 Library화 할 수 없는 구조물로 나누어 Layout Assembly의 구축을 준비한다. 이 과정에서 고려되어야 하는 설계요소는 다음과 같다.

- ① 기계설비와 구조물의 크기를 결정짓는 Frame
- ② 각 기계설비의 작업반경 (유효 공간)
- ③ 기계설비별 체결 및 배치 부위의 정의
- ④ 기계설비와 구조물 간에 공유해야 할 중요 설계요소

Top Level의 Lay-out 모델에 산지유통센터를 구성하는 기계 설비별 3D 모델의 개략적 위치를 설정하고 Sub Module 단위로 Datum Curve를 사용하여 형상을 간략화 한 후 전체 Lay-out을 설계하였다. 이 단계에서 전체 유통센터의 개략적인 크기를 결정할 수 있게 되며, 각 하위 Module에 대한 개략적 크기와 형상 및 위

치를 결정하게 된다. 기존의 2차원 도면과 비교하면 상당히 간략화 되어진 형태이며 주로 Module 단위의 개략적인 설계 공간 할당을 주목적으로 한다.

다음으로 3D 모델 Library화 할 것과 직접 설계 할 것을 구분하고 이것은 Top Level의 Layout 모델의 정보를 상속하여 Module 별 설계 시 상속받은 데이터를 모체로 설계하였다. 각각의 Sub Assembly 들은 Top Layout 설계 모델을 근거로 하여 만들어진 단위 기계설비 모델 들을 Lay-out에 근거하여 Assembly 한 집합체가 되며 이 모델 들을 Top Lay-out 모델 정보를 근거로 Assembly 하여 최상의 Assemble을 구성하였다. 아래의 그림 4-6 과 그림 4-7은 Top Lay-out 설계에 의한 업체류와 과채류 유통센터의 3D 모델 Lay-out의 Top Lay-out 모델링의 결과를 나타낸 것이다.

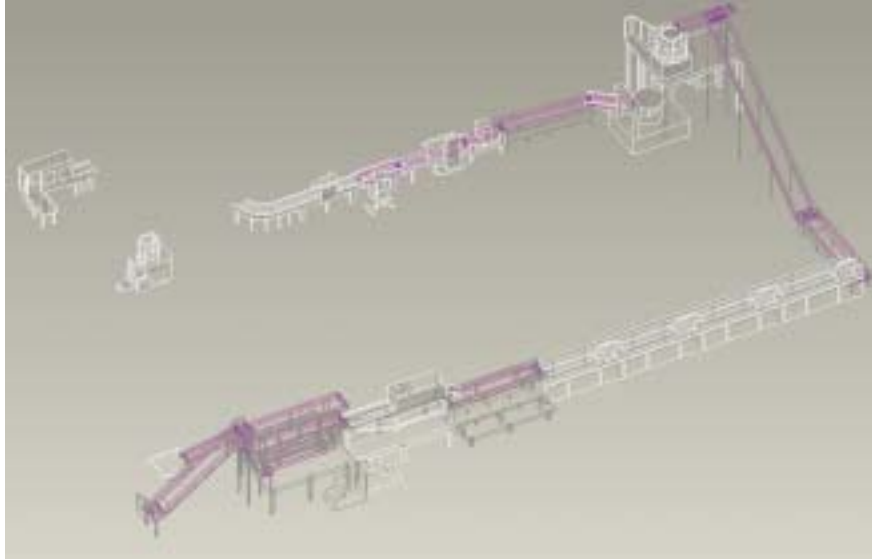


그림 4-6 . 엽채류 유통센터의 Top Lay-out

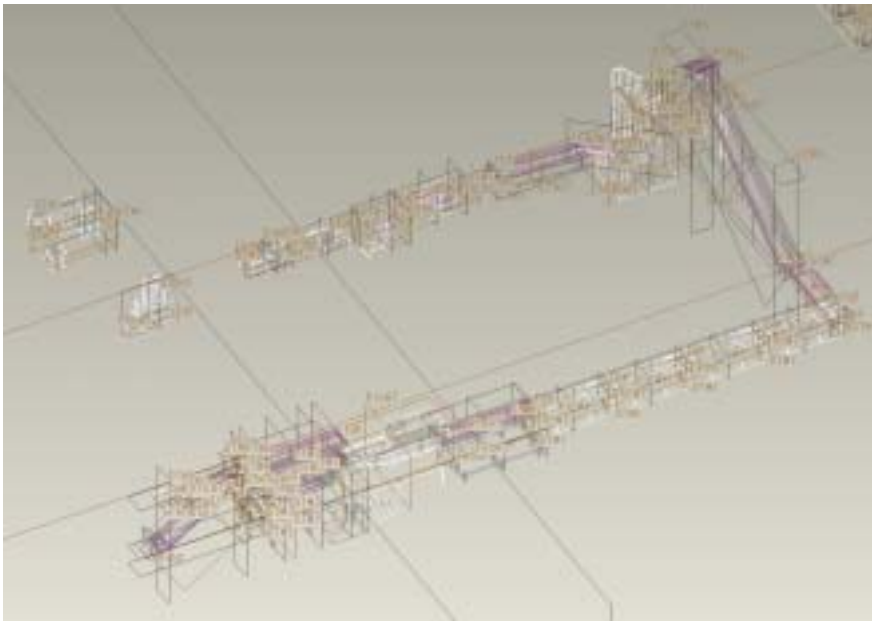


그림 4-7 . 엽채류 유통센터의 Top Layout의 Datum Curve Information

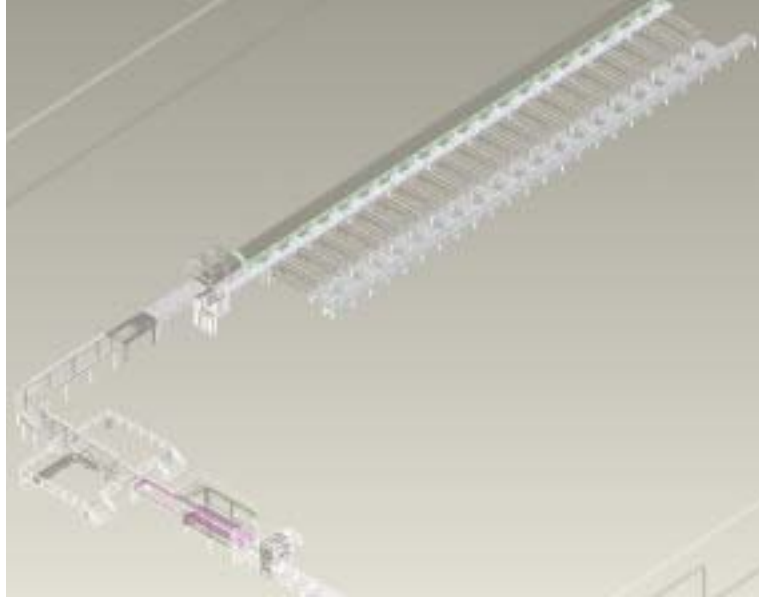


그림 4-8 . 과일류 유통센터의 Top Layout

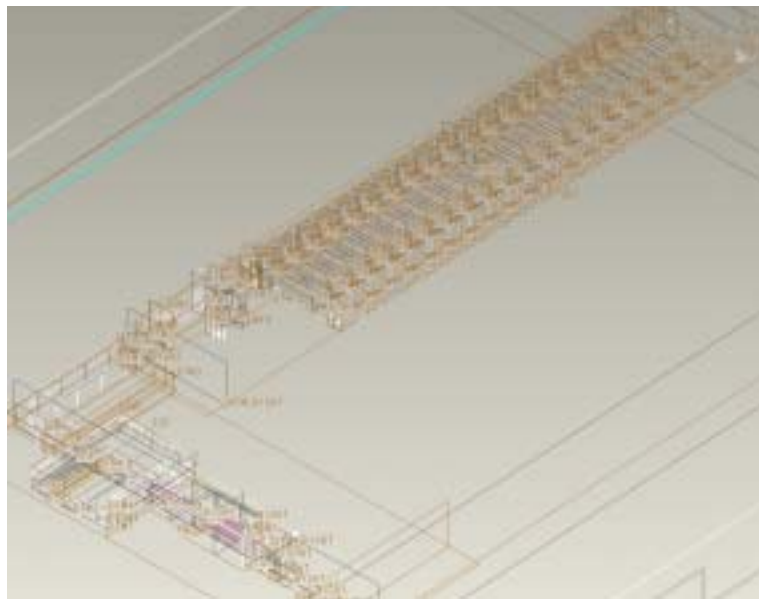


그림 4-9 . 업체류 유통센터의 Top Layout의 Datum Curve Information

개발된 과채류 유통센터의 3D 모델은 가장 하위 단계 Module의 설계라 하더라도 각 단계별 Lay-out 구조를 참조하게 되어 최적화 된 Module의 설계가 가능하고 전체의 모델이 최적 구조화 된다. 또한 3차원 CAD 모델의 경우 최상위 Assemble 모델에서 각 Module 및 부품의 Assemble 정보를 포함하고 있으므로 각 Module 별 설계자가 부품설계 및 부품 수정을 하게 되면 그 정보가 최상위 Assembly 모델에 즉시 반영되어 진다. 각 Module의 설계자는 최상위 Assembly를 조회하여 봄으로써 Module별 Assembly의 집합인 전체 Assembly에 대한 정보를 항상 참조할 수 있게 되며, 이를 통하여 Module 간 상호 연계 관계에 대한 최적 설계가 가능하다. 결국 2차원 CAD와는 달리 실제 구축된 유통센터와 같은 모든 Assembly 정보를 포함하고 있는 3차원 CAD 데이터를 상호 공유하여 설계함으로써 전체적인 설계 효율 및 설계 품질을 향상시킬 수 있다.

이와 같은 설계 시스템은 최종적으로 도출된 기계 설비들의 설계 요소들이 항상 최상위 설계 개념과 항상 상호보완적으로 설계 정보를 주고받음으로써 최고 설계 결정자에 의해 수정 보완되는 Top Lay-out의 정보가 바로 각각의 기계설비 설계에 적용되고 Part의 설계 정보들은 바로 상위의 Top Assembly나 공정별 Sub Assembly로 Feedback 되어 설계 정보의 변경 등에 즉각적으로 대응할 수 있다.

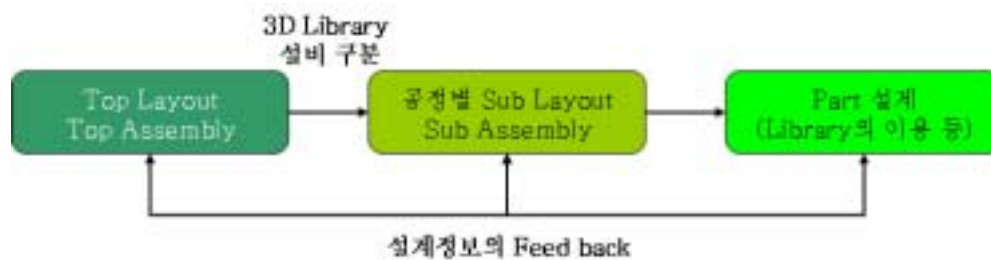


그림 4-10 . Top Down 설계에서의 설계 정보 Flow

3. 3D Layout 모델을 제어하는 전역정보

본 연구에서는 공정분석에 의한 최적화 3D Layout 구축과 주요 과제류 기본시설의 모델 개발을 위한 배경으로서 공통된 설계 Parameter를 가진 관련 기계설비의 원형모델 즉 3D Model Library에 재료, 제조사, 규격, 형식, 수량의 정보를 담아 최종적으로 가상의 과제류 산지유통센터 관련 기계시설의 설비사양을 도출하는 방법을 연구하였다. 이것은 최적화 3D Layout 구축이 최종적으로 완료되었을 때 자동적으로 설계 Parameter들이 입력된 도면이 생성될 수 있도록 입력변수를 설정하고 도면이 출력되었을 때 BOM(Bill of Material)이 바로 출력될 수 있도록 하여 설비사양의 분석 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 이러한 시스템의 구축으로 가상의 과제류 산지유통센터를 구축한 설계자 또는 엔지니어뿐 만 아니라 관련 협업부서의 비전문가에게 까지도 시스템 구성의 정확한 정보(관련 기계시설의 설비 사양, 수량, 제조사, 규격 등) 전달이 가능한 시스템으로 구축하였다.

3D 모델링 Tool인 Pro/ENGINEER의 기능 중에 하나인 엔지니어링 노트북(Layout)의 기능 중 매개변수의 추가 기능을 이용하여 3D Layout 모델을 제어하는 전역정보를 추가하였다. 관계식을 사용한 매개변수를 상호 연관시켜 관련 기계설비의 3D 모델을 배치할 때 3D CAD의 복잡하고 어려운 Assembly 과정을 거치지 않고 몇 번의 변수 입력과 마우스 조작만으로 쉬운 Lay-out 작성이 가능하고 변경 또는 수정 시 여러 복잡한 과정을 자동화하여 사용자의 편리성을 증대시킬 수 있도록 하였다. 그리고 매개변수 집합을 사용하여 매개변수 값을 자동으로 변경할 수 있도록 하였으며 엔지니어링 노트북에 Global Datum Plan, 축, 점 및 좌표계를 추가하여 Lay-out이 자동으로 Assembly 될 수 있도록 개발하였다. Lay-out 상에 존재하는 각각의 설비별 3D 모델에 관계식을 추가하여 Lay-out으로 제어되는 설계 의도의 레벨을 증가시킬 수 있도록 하였고 그림 4-10 에서와 같이 전역 치수(global dimension) 값을 다른 전역 값의 관계식에서 얻도록 전역 관계식을 설정하였다. 그림 4-11은 그림 4-9의 Parametric Lay-out에 존재하는

요소별 Parametric 데이터 테이블이다. 필요에 따라 Lay-out의 수정이 필요할 경우 아래의 테이블 내에 존재하는 각각의 요소들의 값을 수정함으로써 수정된 결과가 Lay-out 전체에 반영이 되도록 Lay-out을 구축한 결과이다.

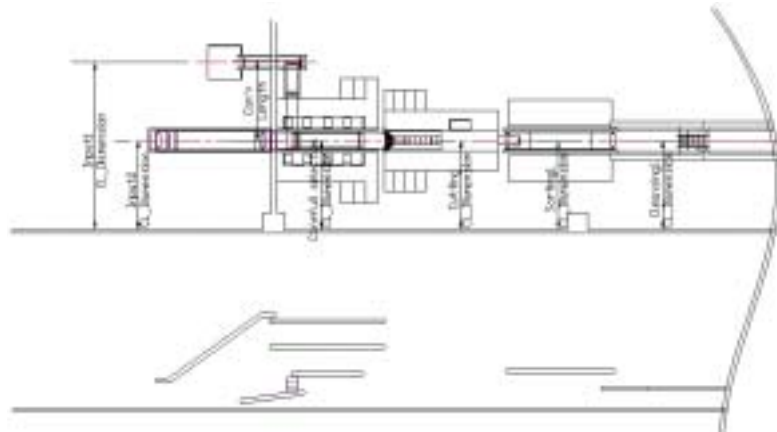


그림 4-11. Parametric Layout



그림 4-12. Global Relation

PARAMETERS	
PARAMETER NAME	VALUE
Cone Length	2.591
Input Dimension	4.888
Input2 Dimension	2.576 (Input Dimension-Cone Length)
Careful selection CL Dimension	2.576 (Input2 Dimension)
Cutting CL Dimension	2.576 (Input Dimension)
Serial CL Dimension	2.576 (Input2 Dimension)
Cleaning1 CL Dimension	2.576 (Input2 Dimension)

PARAMETERS	
PARAMETER NAME	VALUE
Cone Length	2.588
Input Dimension	6.888
Input2 Dimension	2.588 (Input Dimension-Cone Length)
Careful selection CL Dimension	2.588 (Input2 Dimension)
Cutting CL Dimension	2.588 (Input2 Dimension)
Serial CL Dimension	2.588 (Input2 Dimension)
Cleaning1 CL Dimension	2.588 (Input2 Dimension)

그림 4-13. Parametric data table

제 2 절 농산물 산지유통센터 기본시설의 모델 개발

주요 과채류 산지유통센터의 기본시설 모델 개발을 위한 3D 모델 라이브러리 구축 방법으로는 사용자가 원하는 3D 모델을 생성하기 위해 여러 변수를 수치로 입력하여 제어하는 Macro Programming Tool 즉, Pro/ENGINEER 모듈 중에 하나인 Pro/PROGRAM을 사용하는 방법과 다른 하나는 동일한 모양에 여러 가지 사양을 가지는 규격화 된 기계시설을 라이브러리로 구축하여 사용자가 원하는 사양의 3D 모델을 선택하는 Family Table 제어를 이용하여 개발하였다.

생성된 3D 모델은 Parametric 모델링과 Feature Based 모델링의 조건을 모두 만족한다. Parametric 모델링으로 3D 모델을 생성할 경우 제품의 형상 변경의 요구가 있을 때 새로운 모델링의 과정이 필요 없이 원래 모델의 설계 치수 값을 변경함으로써 모델의 형상을 변경할 수 있고 Feature Based 모델링은 완성된 설계 데이터 즉 3D 모델 내부에 이것을 구성하는 Feature에 대한 정보가 정확하게 입력되어 있어 다른 Feature 들과의 완전 연관성으로 작업 효율을 극대화 시킬 수 있다.

과채류 유통센터 관련 기계설비 3D 모델 Library의 재사용성과 3D 모델의 수정 및 보수가 용이한 이점이 있으며 이런 3차원 설계 프로그램의 특징은 다음과 같다.

- ① Parametric 설계
 - 형상 수정이 용이
 - 형상 정보 간 Relation 부여가 용이
 - 설계 자동화의 가능성
- ② Fully Association
 - 3차원 모델의 수정 ↔ 2차원 도면의 수정
 - 현재 모델의 수정만으로 관련된 다른 모델의 데이터가 일괄적으로 수정
- ③ 명확한 Parent-Child Relationship (모자관계)

- 정연한 논리적 구조 체계로 응요 확장성이 증대

④ Feature Based Modeler

⑤ 완벽한 B-Rep 방식의 Solid Modeler

산지 과채류 유통센터의 단위 공정별 관련시설의 3D Model Library의 개발 시에 각각의 모델의 설계과정을 자동화하기 위해 사용자가 설계 관계를 포착하고 경우에 따라 수정, 편집을 가능하게 하는 관계식을 사용하였으며, 모델에 새로운 설계사양 조건을 부여하기 위해 Pro/ENGINEER 내부 모듈 중 하나인 Pro/PROGRAM을 사용하였다.

자동설계프로그램을 이용하여 기계설비의 3D 모델을 개발하기 위해 각각의 설계변이에 대응하는 2D 도면 해독 및 유통센터의 Layout 등의 분석을 반복하였으며, 여러 번 수정을 거쳐 최적의 변경범위를 산출하였다. 산지 과채류 유통센터의 단위 공정별 관련시설의 3D 모델 Library를 개발할 때 객체의 형상과 요구되는 치수 범위 이용과 표준 설비사양의 분석을 필요로 한다. 이는 유통센터 구축 입안 시의 공정설계, 시뮬레이션 분석에 의한 시설계획 및 도출된 관련 기계설비의 사양 등의 자료를 이용하였다.

1. 3D 모델 객체 개발

가. 2차원 도면을 이용한 객체 분석

일반적으로 각 모델에 대한 설계를 3차원화 하여 Library를 구축하기 위해서는 2D 도면의 정확한 분석 및 해석 과정이 필요하며, 이 과정에서 3차원 설계의 자동화를 위한 형상의 분석 및 전반적인 작업 흐름을 계획한다. 그림 4-14 는 업체류 농산물 산지유통센터 공정의 흐름을 포함한 전체 Lay-out이다.

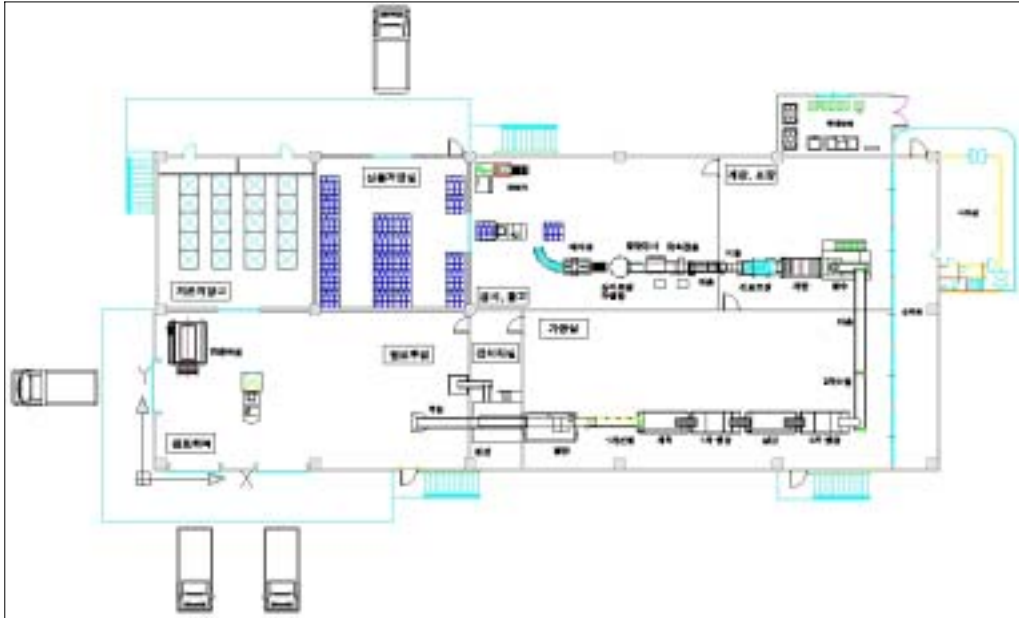


그림 4-14 . 엽채류 농산물 산지유통센터 Layout

나. 3차원 모델 객체의 형상 변경

Parametric 모델링 기법을 이용하여 설계자의 요구에 대응 할 수 있는 Library 를 구축한다. 이는 설계자의 많은 경험을 필요로 하지만, 고도의 기술력을 필요로 하지는 않으며, 기본객체(원본)의 생성 작업에만 요구되는 사항이기도 하다. 대부분의 상속이 Relation을 통하여 이루어지지만, Relation의 이용을 간단히 하기 위해 Sketch Mode에서의 모/자관계가 요구되기도 한다. 그림 4-15와 그림 4-16은 엽채류 전처리 세척기 3D 모델의 Sketch Mode의 모/자 관계 및 Relation을 작성 중인 작업 창을 나타낸 것이다.

그림 4-15 에서와 같이 엽채류 전처리 세척기 3D Model Library의 경우를 예로 들면 세척기의 다리(Support) 모델을 생성할 때, 단순히 치수 기입만으로 위치 및 간격을 지정하는 것이 아니라 아래쪽 형상에 맞추어 제어하고자 하는 세척기 전체의 길이와 폭에 맞추어 자동으로 변형 될 수 있도록 하였다. 이렇게 참조를

지정하여 참조에 의한 변형이 가능토록 하는 것이 모자 관계의 일반적인 예이며, 이런 작업 대신에 할 수 있는 또 다른 작업이 Relation을 작성하는 것이다. 주요 Data를 가지지 않은 부분을 생성하기 위해서는 Relation 및 모자 관계를 적절히 이용, 제어하도록 하여 보다 간단한 설계 작업을 할 수 있도록 하였다.

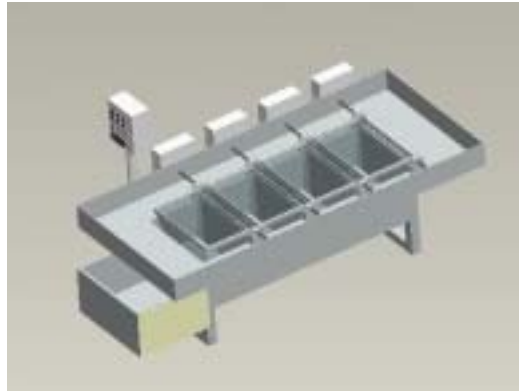


그림 4-15. Dump Type 세척기

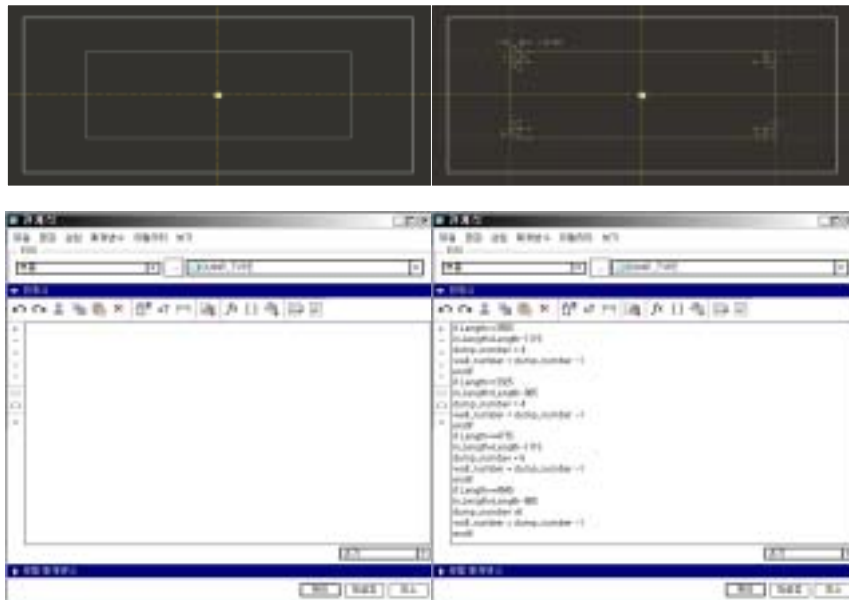


그림 4-16. Sketch Mode의 모/자 관계 및 Relation 작성

2. 3D 모델 객체의 자동설계에 의한 기계설비 3D Model Library

업체류 산지유통센터 관련 기계설비의 3D Model Library 구축 시에 3D 모델의 설계를 자동화하고 3D Model Library 구축 과정에서는 속성이 비슷한 객체를 제어하고자 할 경우에 사용하는 Family Table을 사용하며 설계과정의 자동화와 설계변경의 과정까지 규격화된 제어 값이 없어도 설계자의 입력에 의해 조작할 수 있도록 하는 Pro Program의 기능을 이용하여 개발하였다.

가. Family Table

Family Table은 자동설계 할 객체의 사양 및 규격을 포함한 자료를 참조하여 Library를 구축해 나가며 그와 동시에 설계자의 의도에 따른 모델이 자동으로 생성된다. 또한 사용자에 의해 원본의 3D Model Library 객체를 수정하여 사용할 필요가 있는 경우에는 원본의 3D Model Library를 바탕으로 각각의 특징적인 형상과 치수 Data가 관리되므로 사용자 입력 변수에 따라 또 다른 모델이 자동적으로 생성된다. 3차원 모델에서 제어 할 수 있는 요소들이 한정적인 부분도 있지만, Parametric 기법을 이용한 3D Model Library는 향후 지속적으로 사용자화 하여 활용이 가능하다.

그림 4-17 은 Family Table을 이용한 모델링 과정을 자동화 한 것이다. 기계설비 객체를 유통센터 전체의 Lay-out에 불러들일 때 다음과 같은 인스턴스를 선택 할 수 있는 대화 창이 나타난다. 이 대화 창에는 설계 할 때 입력한 각 규격의 정보를 포함하는 객체의 이름이 나타나며, 원본의 3D Model Library를 기본으로 이용하여 파생된 것들이다. 그러나 실질적인 모든 정보는 원본에만 존재하게 하여 Library의 용량을 경량화 시켰다.

원본 3D Model Library에 포함된 정보는 각 부분을 Control 할 수 있는 Relation 및 Table File이 존재하고 이때의 Table File은 완성된 원본을 이용하여 필요한 정보를 갖는 인스턴스를 생성 관리 할 수 있도록 하였다. 그림 4-18은 원

본 3D Model Library에 프로그래밍된 Family Table과 Relation을 나타내었으며, 이 경우 하나의 3D Model Library로 4개의 인스턴스를 생성할 수 있음을 보여주고 있다.

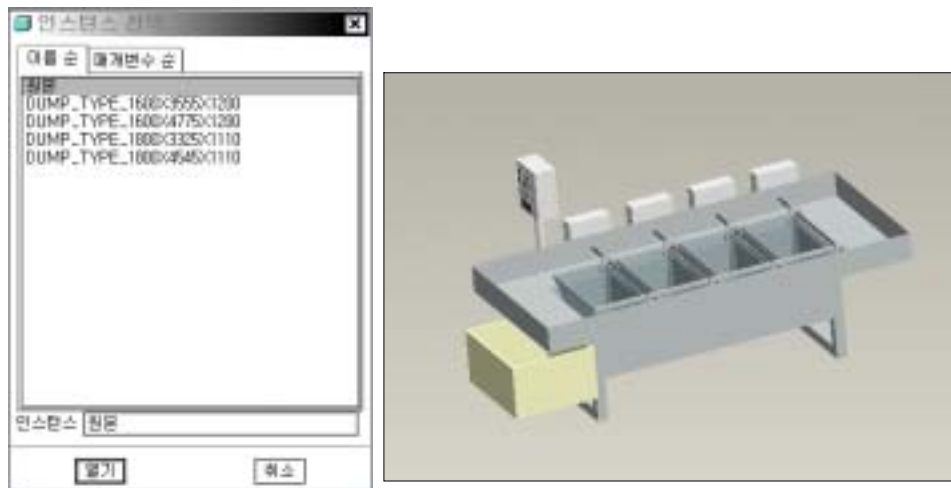


그림 4-17 . Dump Type 세척기의 형식별 인스턴스 선택

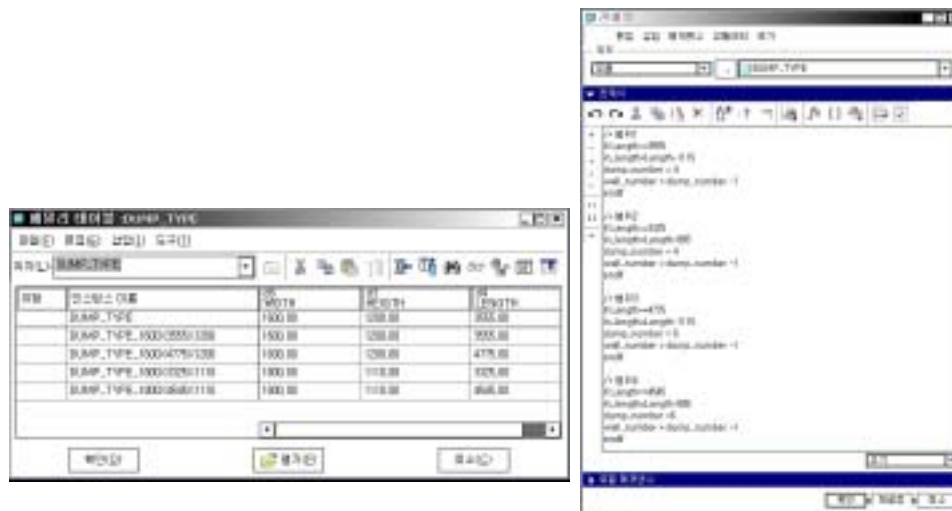


그림 4-18 . Dump Type 세척기의 Family Table과 Relation

나. Pro Program

설계에 필요한 몇 가지 요소를 입력받아 모델을 자동 생성하는 것이다. 3D 모델링의 전문가가 아니어도 모델 객체에 대한 전반적인 지식을 가진 설계자라면 쉽게 이용 할 수 있는 장점이 있다. 이렇게 모델링 된 원본의 3D 모델 파일들을 관리하여 Library를 구축함으로써 향후 유통센터의 최적화 모델 구축 시 지속적으로 폭넓게 사용하고 정보를 보관 할 수 있는 장점을 가진다. Pro Program은 규격화된 Data에 대응하여 모델링 된 파일이 아닌 경우, 즉 변이가 불확실한 정보를 가질 경우에 이용하기 때문에 3D 모델 Library 구축 시 모델 형상의 어떠한 변이에도 대응 할 수 있는 설계자의 경험이 상당히 중요하다. 3D Model Library 구축 시 전반적인 과정을 통해 여러 번의 수정을 통한 최적의 변경 범위를 구축해야 하며, 그때의 효과는 매우 크다.

그림 4-19는 과일 선별기의 모델링을 Program 작성하여 자동화한 결과를 나타낸 것이다. 기계설비의 3D 모델링 시에 요구되는 치수 변수를 미리 정해두고 그것을 사용자가 입력하여 사용자의 요구에 따라 3D 모델이 자동으로 변경되게 하였다. 동일한 형상을 가지고 변경되는 치수 변수에 맞추어 모든 관련 형상이 자동으로 변경된다.

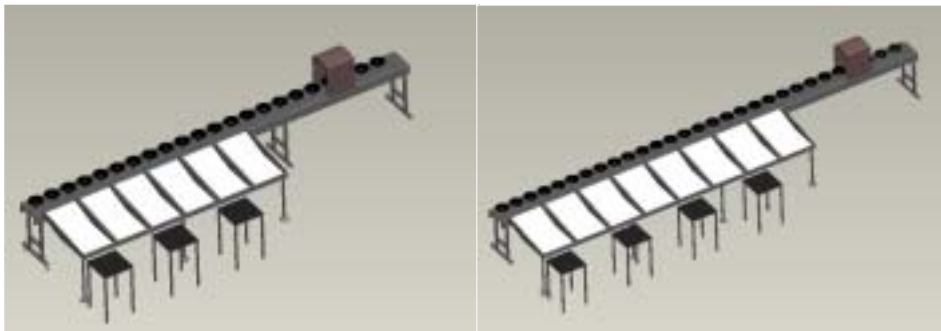


그림 4-19 . Pro Program을 이용한 Selector의 변경

작업 창에서는 입력하여 사용하고자 하는 부분, 즉 규격화하여 나타내고자 하

는 변수들에 대해 입력 가능하도록 각 변수들을 지정해주며, 이 변수에 의해 자동으로 변경되어야 할 부분들을 Control 할 수 있도록 Relation으로 연관성을 연동해 주었다. 앞에서 제시한 기본적인 작업이 완료된 객체를 이용하여 새로운 형상을 요구할 경우, 재생성 작업을 통해 원하는 Data값을 입력하게 되며, 이 때 그림 4-21 과 같은 메시지 영역이 나타난다. Programing 과정에서 변수에 대하여 입력하도록 하고, 입력받고자 하는 Data를 넣을 수 있도록 설명구문을 추가해 줌으로써 사용자의 판단을 쉽고 빠르게 도와주며 현재 모델의 Data 값이 표시되기 때문에 비교판단 하여 보다 정확한 Data를 입력, 변경할 수 있게 하였다.



그림 4-20 . Program과 Relation 작성



그림 4-21 . Data값 입력 위한 메시지 영역

3. Assembly Modeling의 자동화

3D 모델 부품 모델링의 설계 자동화와는 달리 어셈블리 단위의 프로그램을 사용하게 되면 보다 더 넓고 다양하게 자동설계 영역을 구축 할 수 있다. 어셈블리의 재생성 주기를 통한 프로그램을 작성함으로써 객체를 교환하고 각 부품의 프로그램과 정보를 교환 할 수 있다. 설계 자동화를 위한 수행과정은 부품 단위의 Program과 동일하게 진행되지만, 조금 더 세부적인 사항이 필요하다. 그림 4-22는 엽채류 산지유통센터의 세척공정 Lay-out의 일부분을 나타낸 것이다. 세척공정의 세척기 배치상태를 나타내며, 이 부분의 세척공정에 객체(세척기)를 배치할 때 Connection Type과 Dump Type을 지정해야 하는 요구사항이 따른다. 본 연구에서는 이에 대응하기 위해 객체를 하나하나 불러들여 배치하는 경우와 미리 배치된 상태에서 한 개의 컴포넌트를 다른 컴포넌트로 대체하는 두 가지 경우를 고려하였다.

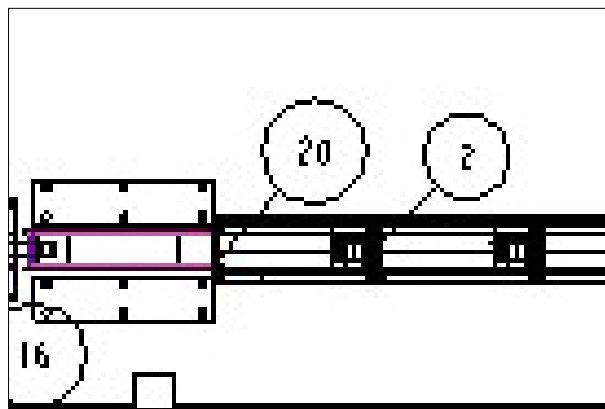


그림 4-22 . 엽채류 유통센터의 세척공정

가. 객체 불러들이기

유통센터 내 구성되는 각각의 기계설비의 배치를 공정 분석된 결과에 따라 처음으로 하는 경우나, 공정별 기계설비 모델이 필요에 따라 다른 기계설비의 3D 모델로 대체되거나 삭제될 경우에 이용한다. Layout 상에서 세척기를 배치하기 위해 Part 모델 Library를 불러올 때 각각의 기계설비의 3D modeling 자동화와 마찬가지로 인스턴스를 선택할 수 있는 대화 창이 나타난다. 이 역시 원본 3D Model Library에 기계설비와 관련된 모든 정보가 포함되어 있으며, 이 정보들은 각 부품 및 형상을 제어할 수 있는 Relation 및 Table을 작성하여 관리한다.

그림 4-23에서 나타나듯이 원본의 3D Model Library는 Layout 상에서 각 형태별 설비를 포함하고 있는 Sub-Assembly 개념의 객체가 된다. 이 Sub-Assembly File에는 하위 레벨의 객체에 대한 정보가 포함되어 있으므로 객체 하나하나의 기계설비 사양에 대해서도 세부적으로 선택 할 수 있도록 해주었다. 하위레벨의 정보를 가지는 상위레벨의 Table File을 그림 4-24 에 나타내었다. 그림 4-24에서 원본 3D Model Library에 포함된 Table이 가지는 정보로 하위 레벨의 Table을 이용하여 변수를 지정하고 있음을 볼 수 있다. 그림 4-25 의 하위레벨 Table의 인스턴스 이름이(세부적인 정보가 포함되어 있는 Table의 인스턴스 값) 상위레벨(그림 4-24)의 Table에서 이용되고 있음을 볼 수 있다. 이렇듯 상위레벨 Table은 하위레벨의 Table의 Data를 그대로 이용하여 모든 정보를 포함하게 하여 객체간의 모/자 관계와 상속성을 부여하여 Top-Level의 Lay-out에서부터 최하위 Part 레벨까지 Relation을 구축하여 Parametric 설계를 구현하였다.

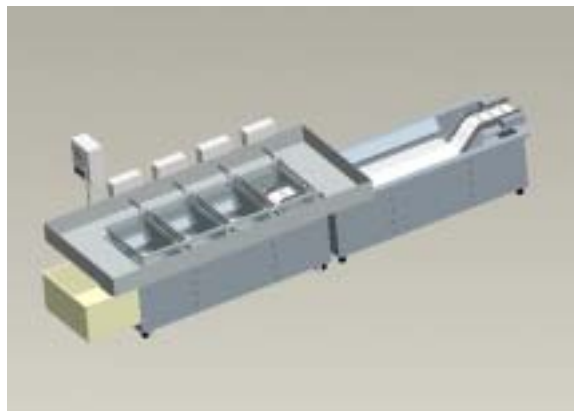


그림 4-23 . 3가지 형식의 세척기

종류	와셔리스트 이름	MSP	MSP	MSP	MSP
	와셔리스트	CONNECTION_TYPE	CONNECTION_TYPE.SINGLE	CONNECTION_TYPE.DOUBLE	
	CONNECTION_TYPE.DOUBLE.WD04H	N	N	Y	
	2700x1800x950.D	N	N	CONNECTION_TYPE.DOUBLE_2H	
	3200x1800x950.D	N	N	CONNECTION_TYPE.DOUBLE_3H	
	3700x1800x950.D	N	N	CONNECTION_TYPE.DOUBLE_3H	
	4200x1800x950.D	N	N	CONNECTION_TYPE.DOUBLE_4H	
	4700x1800x950.D	N	N	CONNECTION_TYPE.DOUBLE_5H	
	5200x1800x950.D	N	N	CONNECTION_TYPE.DOUBLE_5H	
	CONNECTION_TYPE.SINGLE.WD04H	N	Y	Y	
	2700x1800x950.S	N	CONNECTION_TYPE.SINGLE_2H	N	
	3200x1800x950.S	N	CONNECTION_TYPE.SINGLE_3H	N	
	3700x1800x950.S	N	CONNECTION_TYPE.SINGLE_3H	N	
	4200x1800x950.S	N	CONNECTION_TYPE.SINGLE_4H	N	
	4700x1800x950.S	N	CONNECTION_TYPE.SINGLE_4H	N	
	5200x1800x950.S	N	CONNECTION_TYPE.SINGLE_5H	N	
	DUMP_TYPE.WD04H	Y	N	N	
	1800x355x1200	DUMP_TYPE_1800x355x1200	N	N	
	1800x475x1200	DUMP_TYPE_1800x475x1200	N	N	
	1800x325x1110	DUMP_TYPE_1800x325x1110	N	N	
	1800x465x1110	DUMP_TYPE_1800x465x1110	N	N	

그림 4-24 . 상위 레벨의 Table File

구분	인스턴스 이름	길이 (LENGTH)	너비 (WIDTH)	높이 (HEIGHT)
	CONNECTION.TYPE.SINGLE	2700.00	1100.00	850.000
	CONNECTION.TYPE.SINGLE_250	2700.00	1100.00	850.000
	CONNECTION.TYPE.SINGLE_300	2700.00	+	+
	CONNECTION.TYPE.SINGLE_350	2700.00	+	+
	CONNECTION.TYPE.SINGLE_400	2700.00	+	+
	CONNECTION.TYPE.SINGLE_450	2700.00	+	+
	CONNECTION.TYPE.SINGLE_500	2700.00	+	+

구분	인스턴스 이름	길이 (LENGTH)	너비 (WIDTH)	높이 (HEIGHT)
	CONNECTION.TYPE.DOUBLE	2700.00	1100.00	850.000
	CONNECTION.TYPE.DOUBLE_250	2700.00	+	+
	CONNECTION.TYPE.DOUBLE_300	2700.00	+	+
	CONNECTION.TYPE.DOUBLE_350	2700.00	+	+
	CONNECTION.TYPE.DOUBLE_400	2700.00	+	+
	CONNECTION.TYPE.DOUBLE_450	2700.00	+	+
	CONNECTION.TYPE.DOUBLE_500	2700.00	+	+

그림 4-25 . 하위레벨의 Table File

나. 다른 컴포넌트로의 대체

기존에 Lay-out 내에 존재하는 기계설비 모델을 다른 모델로 대체하는 경우는 추가 작업이 필요하다. 이는 기존에 배치된 설비와 다른 설비를 재배치해야 하는 경우나 Table화 되어있는 설비의 사양이 변경될 경우에는 다른 컴포넌트로 대체해야 하는 경우 편리하다. 이런 경우에는 컴포넌트나 Sub-Assembly의 패밀리티이블 인스턴스를 사용하여 원본 모델을 대체하게 되는데 프로그램을 통해 관계식을 설정하여 적절한 인스턴스가 선택되도록 하는 방식과, 프로그램을 실행할 때 직접 인스턴스를 지정 할 수 있도록 하는 방식의 두 가지 경우로 개발하였다.

제 3 절 농산물 산지유통센터 기본시설의 설비사양 분석

과채류 유통센터 전체의 Lay-out을 구성하고 있는 각각의 기계설비의 3D 모델과 다양한 부품의 관련 데이터를 알아보기 쉽고 관리하기 쉽게 관리할 필요가 있다. 이 정보는 향후 유통센터 전체 기계설비의 리스트, 규격, 수량 등의 정보로 출력이 되어 설비 비용 산출에 이용한다. 이러한 데이터를 산출하기 위해서는 3D 모델 Library 구축 시 미리 입력되어져 있어야 하며, 그 결과는 Pro/E의 Drawing Mode를 이용하여 BOM(Bill Of Material) 작성과 Family Table 정보를 사용하여 출력한다. 이때의 기계설비 데이터 파일은 3D Model Library와 연관성을 가지고 있기 때문에 3D 모델의 변경사항에 대해 Pro/ENGINEER 내부에서 자동적으로 반영되므로 추후의 3D Model Library의 관리도 체계적으로 할 수 있다. 그림 4-13 은 엽채류 농산물 산지유통센터 전체 Layout에 관련 기계설비의 BOM List가 등록되어 있는 Drawing Format을 보여주고 있다.

한국형 엽채류 산지유통센터의 3D Model Layout 구축 시에 필요한 관련 기계설비의 명칭(Name), 기계설비의 수량(Quantity), 기계설비의 사양(Specification), 가격(Cost)의 정보를 BOM으로 나타내었다. 반복영역을 지정하여 수많은 Data에 대해서도 BOM 생성과 관리를 자동으로 할 수 있도록 하였고, Report 작성 기능을 이용해 데이터의 사용 목적에 적합하도록 지정하거나, 수정이 가능하도록 하였다. 표 4-1은 그림 4-26에서 사용한 반복영역의 지정 및 보고서 작성에 이용된 매개변수를 보여준다.

표 4-1 . 기계설비 데이터의 Report 작성위한 매개변수 입력

ipt_index	asm_nbr_name	asm_nbr_type		ipt_qty	asm_nbr_cost	asm_nbr_cost * ipt_qty
ITEM	Model-Name	TYPE	Label	QTY	COST	Total Cost

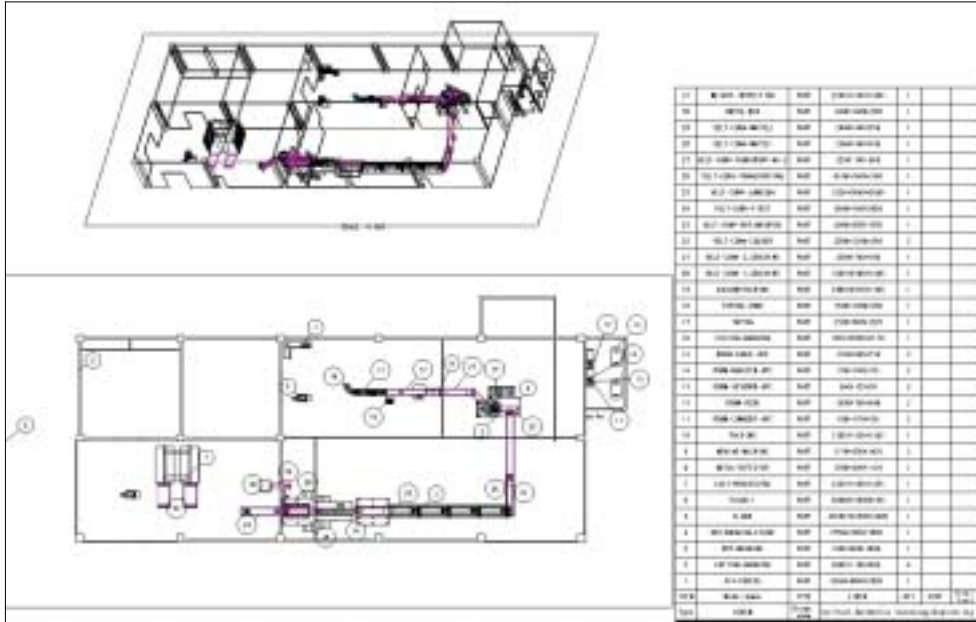


그림 4-26 . 업체류 산지유통센터 Layout 및 BOM List

이와 같이 업체류 산지유통센터를 구성하는 관련 기계설비의 BOM 및 모든 정보가 전체 Layout에 대한 정보를 나타내고 있다. 그림 4-27 은 Lay-out에 배치된 각 설비의 사양을 나타내기 위한 세척기의 정보를 나타낸다. 이것은 Family Table 정보를 나타 낼 수 있는 BOM 작성의 매개변수이다. 사용자가 이런 변수의 지정을 통해 Family Table의 정보와 BOM의 연계가 가능하고 기계설비에 대한 Library를 간단하게 표현할 수 있다. 각각의 기계설비에 대해 Library를 구축할 경우 각 기계설비의 사양 및 정보를 목록화 할 필요가 있다. 앞서서와 같은 Family Table을 통해, 기계설비 3D Model의 Library가 구축되어 있기 때문에 원본 3D 모델의 Drawing 작업을 이용해 자동으로 Table을 생성하였다. 그림 4-27 은 세척기의 모든 정보를 가지는 Sub-Assembly 설비의 정보를 나타낸 것이고, 그림 4-28은 다른 형태에 대해서도 동일한 조건으로 모델링한 결과를 나타내고 있다..

제 5 장 요약 및 결론

본 연구에서는 농산물산지유통센터의 적정 시설계획을 위하여 공정분석 및 설비분석 기술을 적용하여 3D 시뮬레이션 기술을 구축하고 이들을 통하여 과채류산지 유통센터의 시설계획 프로그램을 개발하여 최적 공정설계를 통한 최적 농산물산지유통센터 3D 시뮬레이션 모델을 개발하였다.

본 연구의 주요 연구결과는 다음과 같다.

○ 국내 농산물산지유통센터의 품목별 처리공정을 분석하기 위하여 국내 산지유통센터의 대표적인 품목인 과실과 엽채류에 대하여 음성군 감곡농협 등 50여개소 현장을 방문하여 공정조사를 실시하였다. 조사품목으로는 국내에서 생산되는 대표적인 과채류로서 사과, 배, 복숭아, 포도, 토마토, 딸기, 단감, 배추, 파프리카, 감자, 감귤, 신선 엽채류, 샐러드용 엽채류 등을 조사하였다. 공정 조사결과, 각 유통센터의 품목별이나 규모별로 현장에 설치된 시설은 큰 차이가 나타났으나 공정에서는 크게 과실류와 신선 엽채류로 크게 나누어 기본 공정을 분석할 수 있었다. 과실의 경우 선별 공정, 엽채류의 경우 세정·세척 공정이 가장 핵심적인 공정으로 조사되었으며, 이들 공정에 대한 공정분석을 수행하였다.

○ 농산물산지유통센터의 관련 기계설비의 데이터베이스를 구축하고자 데이터베이스 프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램은 작업 효율성을 고려하여 크게 입력 프로그램과 검색 프로그램으로 구성하였으며, 단위 기계정보와 생산업체 정보를 입력, 검색하도록 되어있다. 검색은 품목과 단위 공정을 사용하며, 생산업체, 단위기계 가격, 처리용량, 모델명 등으로 세부 검색이 가능하도록 개발되었다. 데이터베이스는 관련 단위 기계정보를 품목별, 단위공정별로 분류하여 구축하고 있

으며, 5개 품목 군별, 예냉, 저장, 세정 및 세척, 탈수 및 건조, 선별, 계량, 내포장, 외포장 등 8개 공정별로 정보가 구축되었다.

○ 최적의 가상 농산물산지유통센터를 구축하기 위한 방법으로 지능인지형 신생산시스템(MI-NPS, Meta Intelligent - New Production System) 기술을 도입하였다. 지능인지형 신생산시스템 기술은 농산물산지유통센터에서 발생할 수 있는 모든 요소들을 사전에 검증하고 이를 현장에 적용하기 위해 현장 분석 및 문제점 도출, 전문화된 선진 기술 도입(고유기술, 산업공학적 분석기술, 메카트로닉스 기술, 정보기술, 교육기술 등), 개선안 창출, 개선안들에 대한 검증방안 제시(3차원 시뮬레이션 및 프로세스 시뮬레이션), 새로운 레이아웃 개념 및 구조 도출, 대상공장의 현장전문가를 양성(기술지도, 감리수행 및 교육)하는데 까지를 범위로 최적의 가상 APC 구축과 활용을 함으로써 범용적인 적용이 적합한 기술로 판단된다.

○ 농산물산지유통센터 적정 설비, 공정 계획을 위한 가상 농산물산지유통센터 공정설계 시뮬레이션 모델을 개발하였다. 농산물 유통센터 공정 분석에서 시작하여 시뮬레이션 단위 모듈 개발, Lay-out 구축, 시뮬레이션 분석, 결과의 활용 및 적용에 이르기까지의 순차적인 시뮬레이션 모델로서, 이를 통해 적정 설비, 공정, 작업자, 생산량, 생산효율 등을 컴퓨터 안에서 검토해볼 수 있으며 다양한 대안을 창출할 수 있다. 이러한 공정설계 시뮬레이션 모델은 모듈화된 단위 공정 모델들에 설비들의 개개의 특성을 반영하고, Lay-out을 쉽게 구축/변경, 결과 데이터 실시간 산출할 수 있기 때문에 재사용성 및 분석에 상당히 유용하리라 예상된다. 본 연구에서는 업체류와 과채류를 대상으로 개발되었기 때문에, 향후 다양한 농산물에 대해 적용을 함으로써 가상의 다양한 농산물에 대한 산지 유통센터 모델 개발을 함으로써 한국형 가상 농산물산지유통센터 모델이 되리라 예상된다.

○ 산지유통센터의 활용도를 높이기 위해 다품종 소량 생산에 대응하는 유연생산시스템(FMS)을 적용하여 공산품 최적 생산·제조시스템 구축에 사용되고 있는

3D 시뮬레이션기술과 공장자동화기술을 농산물유통센터 구축에 접목시켜 최적의 3D Layout을 구축하여 단위품목 군 별 기본시설 계획을 수립할 수 있도록 하였고, 국내 주요 업체류 유통센터 기계설비의 설비사양 분석이 가능하도록 단위 공정별 기계장치의 표준 3D 모델을 개발하여 데이터베이스를 구축하였다. 이로 인해 산지유통센터의 기본 시설계획 수립 시 2차원 CAD 도면을 마스터 데이터로 관리하는 기존의 설계 프로세스에서 3차원 CAD 데이터를 마스터 데이터로 하는 설계 프로세스의 변환으로 3차원 설계 과정을 통한 실물과 동일한 가상적인 Mock-Up(DMU, Digital Mock-Up)의 효과로 실제의 유통센터 형상과 동일한 형상의 3D 모델링을 통해 프로젝트 팀(시설 입안 부문 - 공정 설계 부문 - 시뮬레이션 분석 부문- 3D 모델링 부문)간 시설 입안 초기 단계에서부터 산지유통센터의 형상을 이해하고 공유할 수 있는 환경이 마련되어 이를 토대로 추후 공정상에서 발생 가능한 문제점들을 구축 초기 단계에서 사전에 반영하는 ‘사전 협업’ 체제의 구축과 커뮤니케이션의 효율성을 증대시켜 2차원적으로 구현하거나 검증하지 못했던 최적의 시설계획 수립이 가능할 것으로 판단된다. 또한 3차원 CAD를 활용하여 주요 과채류 산지유통센터 관련 기계시설의 정확한 형상을 가진 표준 모델의 개발 및 데이터베이스를 구축하고 사용자 Library 기능으로 관련 기계시설 정보를 최신의 정보로 갱신하도록 하여 과채류 산지유통센터 최적화 구축 시 필요한 경우 손쉽게 재사용하거나 수정하여 사용할 수 있게 함으로써 향후 선진 기술의 접목 등 다양한 형태의 한국형 산지유통센터 모델 구축에 능동적인 대응이 가능할 것으로 판단된다.

○ 농산물산지유통센터가 거점화, 대형화되면서 공정 및 설비 분석이 된 최적 생산시스템 구축은 매우 필수적이다. 농림사업시행지침서의 내용에 따라 건축, 토목, 전기, 소방, 예냉창고 등의 기본설계, 실시설계와 감리가 성실하게 수행되고 있지만, 기계시설은 설계 및 설비 설치에 관한 의견만 참고하도록 되어있어 문제점이 많이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 이에 따라 거점 농산물산지유통센터 설립 비용의 30%이상을 차지하는 기계시설 부문의 최적시스템 구축을 위한 설계와 감

리가 필요하다고 판단된다. 이에 대한 검증 및 시설 계획을 위해 본 연구에서 개발된 공정설계 시뮬레이션 모델과 3D 모델이 연계되어 차세대 농산물산지유통센터 개발 기술이 적용됨으로써, 과학적이고 객관적인 공정프로세스, Lay-out, 작업 방법, 생산계획 설계 및 예측에 활용될 수 있으며, 가상엔지니어링 환경 구축, 가상 농산물산지유통센터 설계 및 운영, 공정/설비 검증 및 평가, 공정/설비 가시화, 가상 농산물산지 유통센터 모델을 통한 교육 등에 적용할 수 있다. 또한 이러한 기술은 기존의 2D 기반의 설계 방식과 상당히 시간이 요한 건축 설계 및 공정 설계 기간을 단축할 수 있으며, 전문가뿐만 아니라 비전문가, 작업자까지도 사용이 가능함으로써 관련 분야의 발전에 기여할 것으로 판단된다.

○ 본 연구에서 개발된 농산물산지유통센터의 시설계획 프로그램은 향후 예측되는 선별 출하시스템을 가상공간에서 유형별로 모델링하여 최적 시스템을 도출할 수 있으므로 최적 시스템 입안의 절차와 방법, 기본설계(물동량분석, 공정분석, Lay-out구축, 설비사양), 시뮬레이션 분석(System Tack-Time분석, Man-Machine분담, 최적시스템) 등에 활용될 것이다. 또한 개발된 기술은 농산물의 수확 후 산지유통센터로 입하, 선별, 포장, 출하 등의 유통 유형에 따라 계획단계에서 실시간 검증이 가능하므로 보다 철저한 작업인원, 작업방법, 작업시간을 예측하고 비용손실을 줄여 고부가가치의 유통시스템 구축이 가능하리라 본다.

참 고 문 헌

- 김동만 외. 2000. 주요 농산물의 콜드체인화를 위한 유통기술 개발. 한국식품개발 연구원 연구보고서.
- 김수영, 한국생산성본부. 2005. 최적 생산 • 공정체계구축과 운영을 위한 공정시스템 개선 및 공정관리 합리화. 한국생산성본부
- 김종훈, 이충호. 2000. 식품 및 생물산업 공정의 신경회로망 응용. 식품과 산업 33(1).
- 노인규 역. 1998. 자동생산시스템(Automation, Production Systems). 도서출판기술.
- 농수산물유통공사. 2002. 2001년도 농산물산지유통센터 운영실태 보고서
- 박양병 외 공역. 1998, 산업물류를 위한 설비계획(Facilities Planning). SciTech media
- 유송민 외 공역. 1998. 생산제조공학(Materials and Processes in Manufacturing). 도서출판희중당.
- 이봉진, 문운당. 1998. FA 시스템공학
- 이영해. 1993. CIM. FA 사전. 도서출판기술.
- 이영해 역. 1997, 생산자동화개론(Robots & Manufacturing Automation). 시스마프레스,
- 이종현. 월간포장산업. 1998. 농산물 유통의 포장물류 혁신.
- 일본옵사. 1996. FA & DA 핸드북(Factory Automation & Distribution Automation). 성안당.
- 조규갑 외 공역. 1995. 생산시스템 시뮬레이션(Introduction to Simulation Using SIMAN). 창현출판사.

- 한국포장개발연구원. 2001. 포장기술선진화 개발전략. 포장기술과제도출 기획연구 보고서
- ARIS Method Manual Version 3.0, IDS Prof. Scheer GmbH in Saarbruecken, Germany, 1995.
- Arora, J. S. 1994. Introduction to Optimum Design. McGraw-Hill Book Co., Singapore.
- Askin, R. G., and Standridge, C. R., 1993. Modeling and Analysis of Manufacturing Systems. New York: John Wiley & Son
- Buzacott, J. A., and Shanthikumar, J. G., 1993. Stochastic Models of Manufacturing Systems. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- B.C.Park, et al. 2004. Development of a Virtual Factory Simulator for Design validation of automated manufacturing system. CIRP 2003.
- Cheng, L. M. 1992. Food Machinery. Rllis Horwood Limited. England.
- eM-Plant Reference Manual Version 6.1, Tecnomatix Technologies, Ltd. in Stuttgart, Germany, 2003.
- Fellowa, P. 1988. Food Processing Technoligy. Ellis Horwood Ltd. England.
- Gershwin, S. B., 1994. Manufacturing System Engineering. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Geuder, D. F., 1995. Object-Oriented Modeling with SIMPLE++. 1995 Winter Simulation Conference Proceedings(ed. C. Alexopoulos, K. Kang, W. R. Lilegdon and D. Goldsman), pp.534-540.
- Hui-Fen Wang, You-Liang Zhang, 2002. CAD/CAM integrated system in collaborative development environment. Robotics and Computer integrated manufacturing 18 (2002) 135-145
- Law, A. M., and Kelton, D. W., 1991. Simulation Modeling and Analysis. New York McGraw Hill.
- Lewis, M. J. 1987. Physical Properties of Foods and Food Processing System.

Ellis Horwood Ltd. England.

Meyers, F. E., 1993. Plant Layout and Material Handling. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.

Mohsenin Nuri N. "Physical properties of plant and animal materials", Gordon and Breach Science Publishers, New York, p.79~127 (1986).

Tumay, K., Business Process Simulation. 1995 Winter Simulation Conference Proceedings(ed. C. Alexopoulos, K. Kang, W. R. Lilegdon and D. Goldsman), pp.55~60, 1995.

Swami, A., Building the Business Using Process Simulation. 1995 Winter Simulation Conference Proceedings (ed. C. Alexopoulos, K. Kang, W. R. Lilegdon and D. Goldsman), pp.1081-1086, 19

부 록

1. 농산물 유통센터 설비 이터베이스

1. 농산물 유통센터 설비 데이터베이스

① 정선

- 공정설계 프로그램 모듈

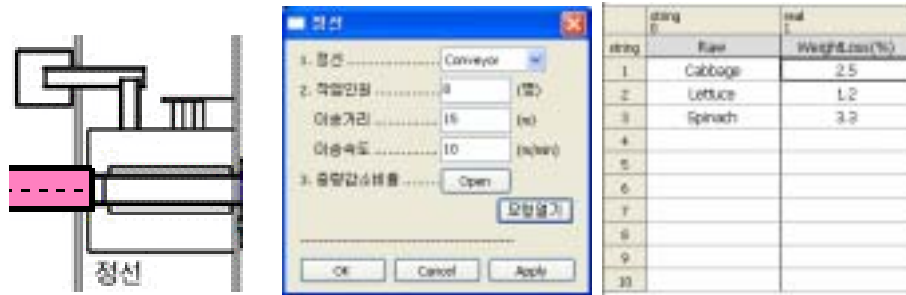


그림 부록-1. 정선 모듈

그림 부록-2. 정선 입력변수

- 3D Model

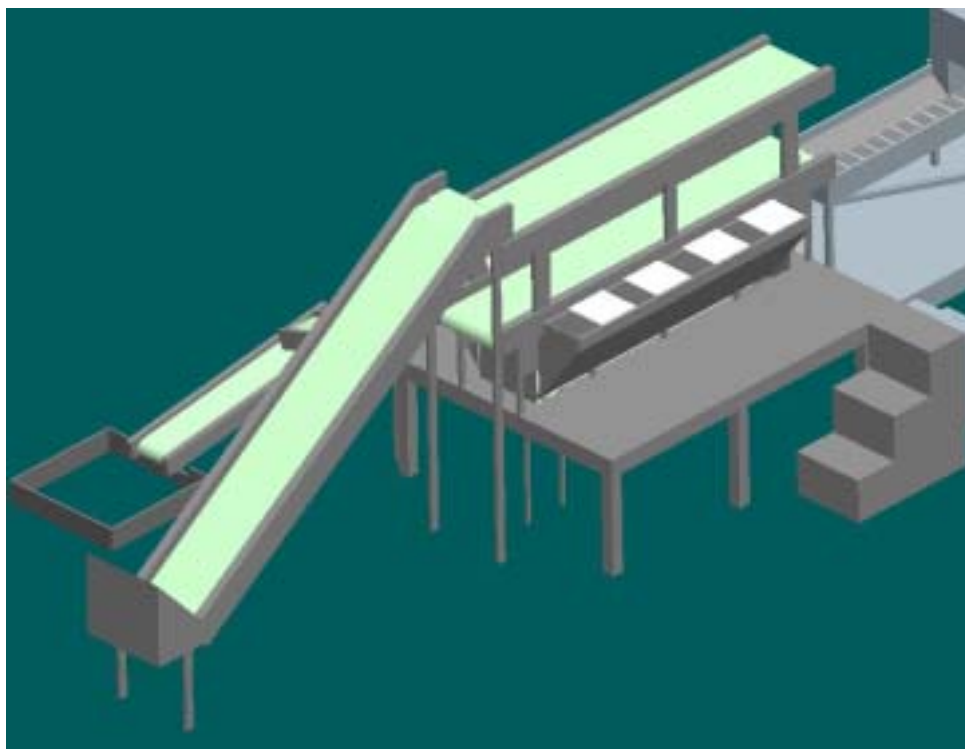
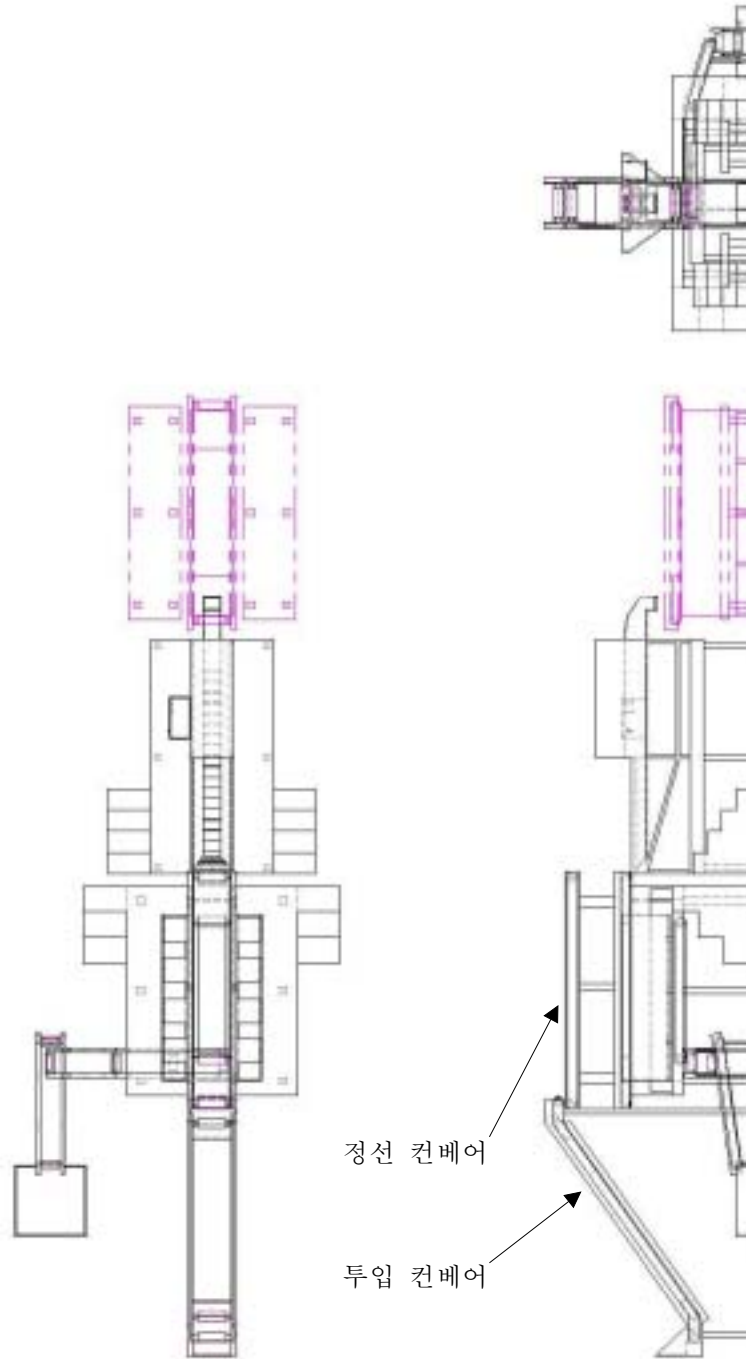


그림 부록-3. 정선 공정(투입, 절단) 3D Model

- 관련 도면



② 절단

- 공정설계 프로그램 모듈

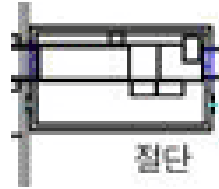


그림 부록-4. 절단 모듈

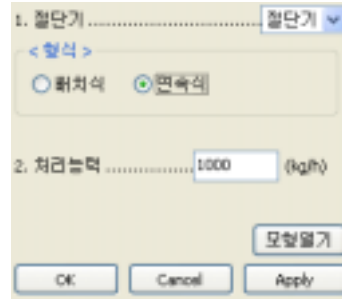


그림 부록-5. 절단 입력변수

- 3D Model

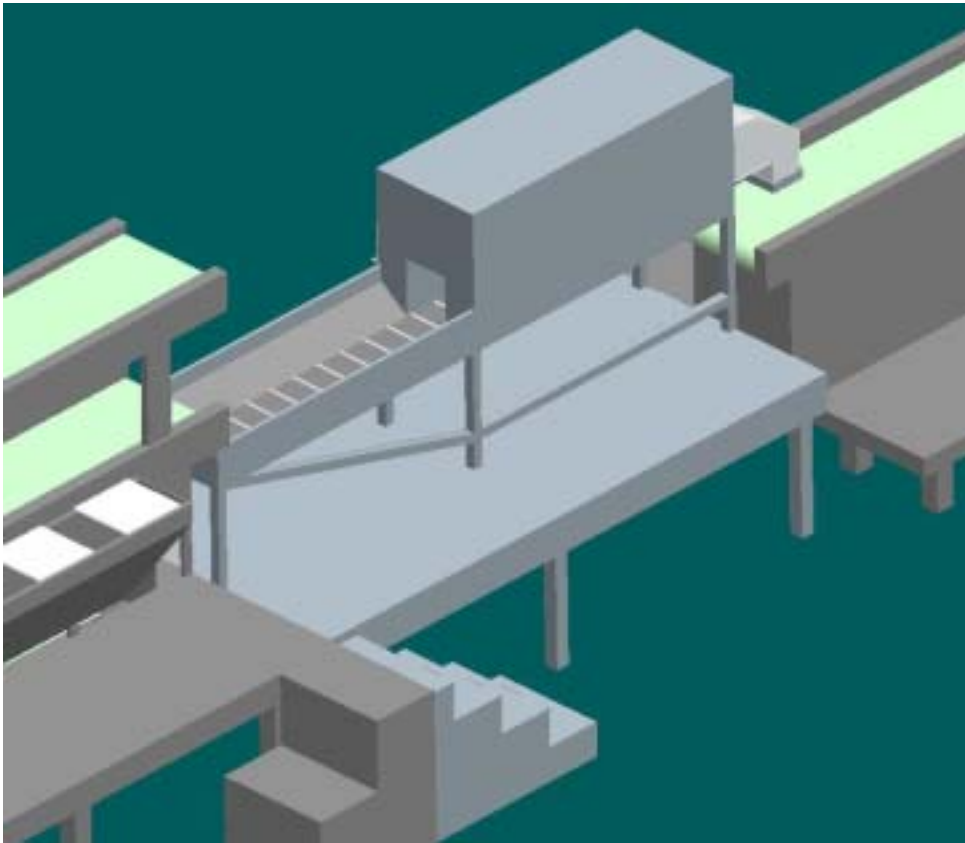
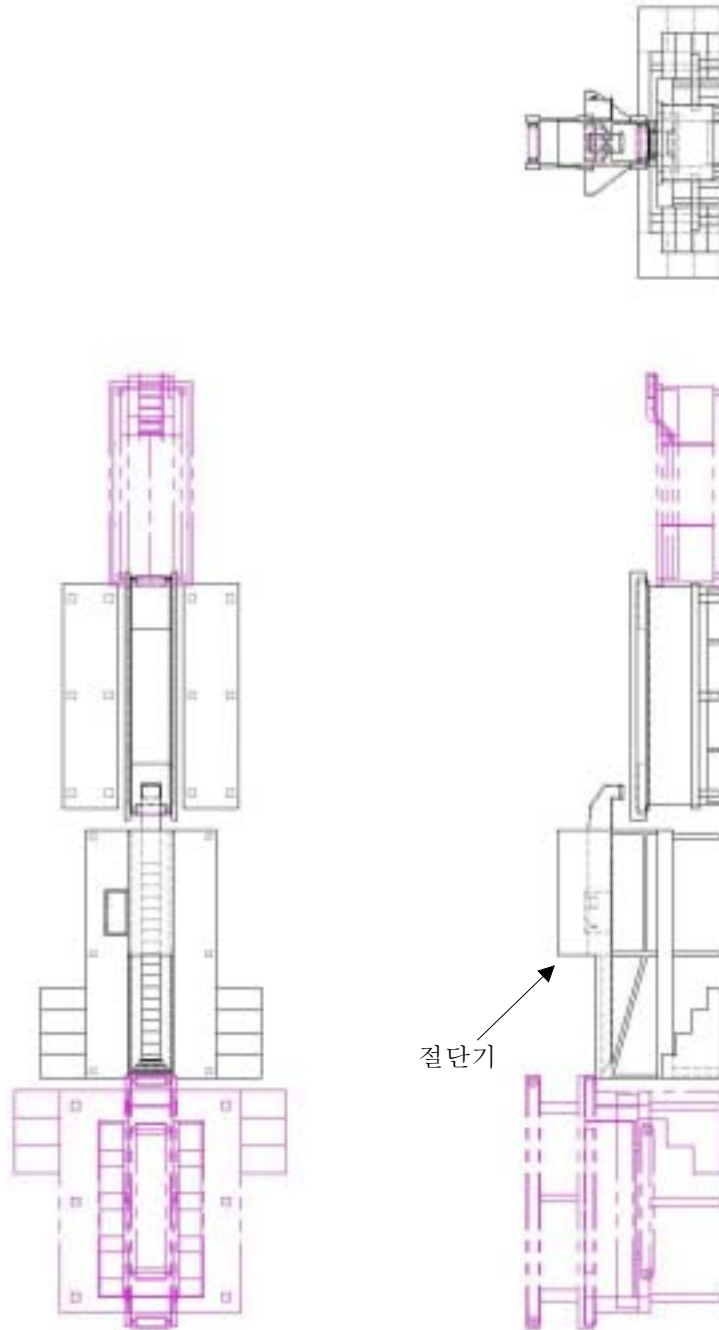


그림 부록-6. 절단 공정 (절단기) 3D Model

- 관련 도면 및 자료

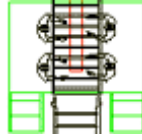


③ 선별기

- 공정설계 프로그램 모듈



그림 부록-7. 육안선별 모듈



1. 육안선별	Conveyor	▼
2. 작업인원	2	(명)
이송거리	5	(m)
이송속도	0.16666666	(m/min)

그림 부록-8. 육안선별 입력변수

- 3D Model

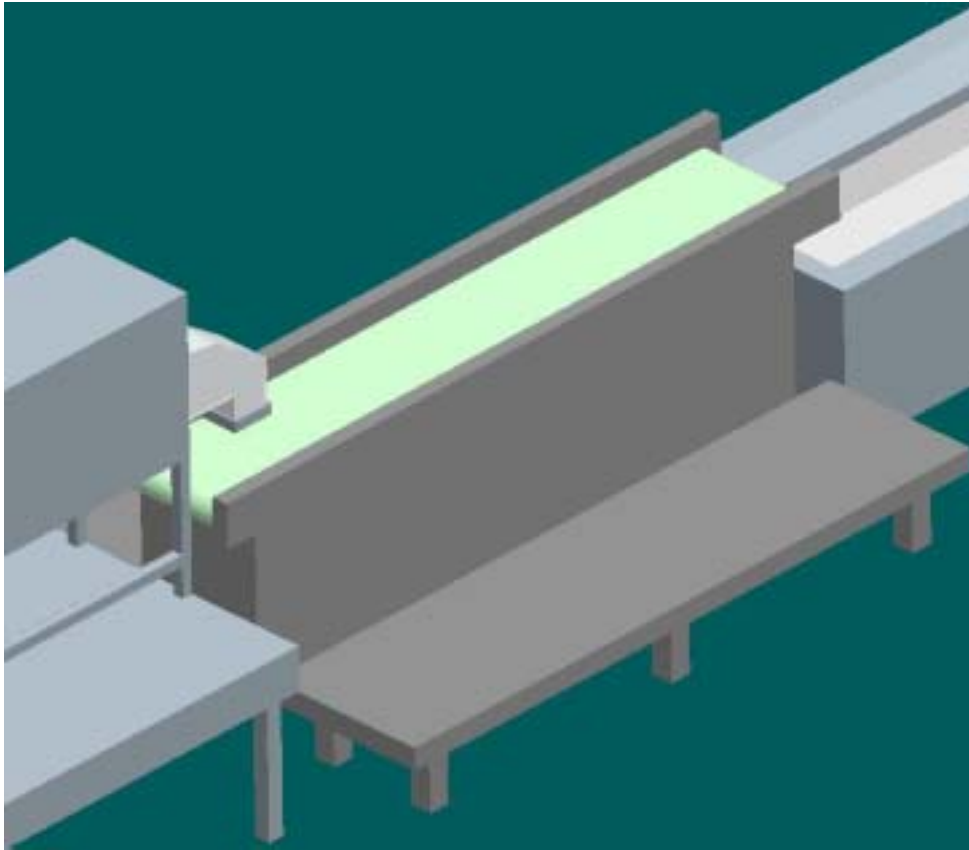
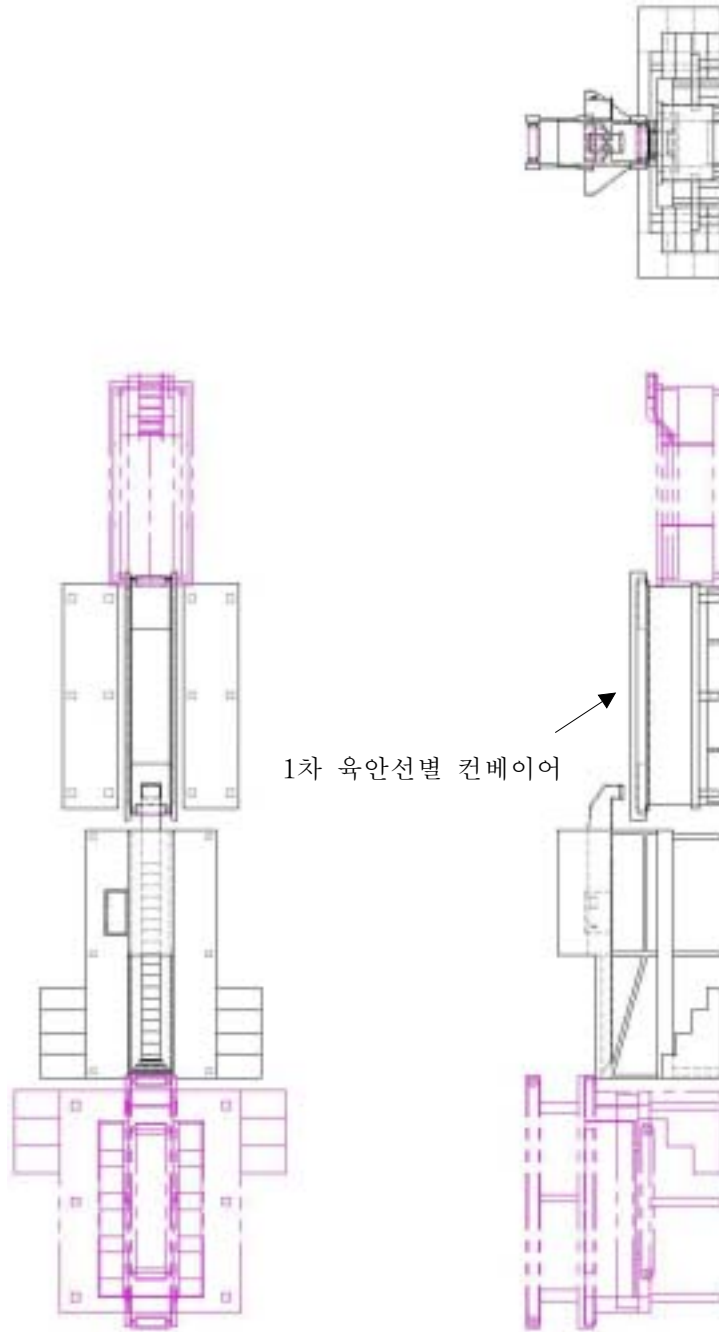


그림 부록-9. 육안선별 공정 (선별 컨베어) 3D Model

- 관련 도면 및 자료



④ 세척/행균

- 공정설계 프로그램 모듈

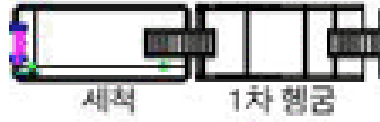


그림 부록-10. 세척/행균 모듈

1. 세척/행균	연속 폭기식
1.1 1차세척	
처리능력	1000 (kg/hr)
1.2 2차세척	
처리능력	1000 (kg/hr)

그림 부록-11. 세척/행균 입력변수

- 3D Model

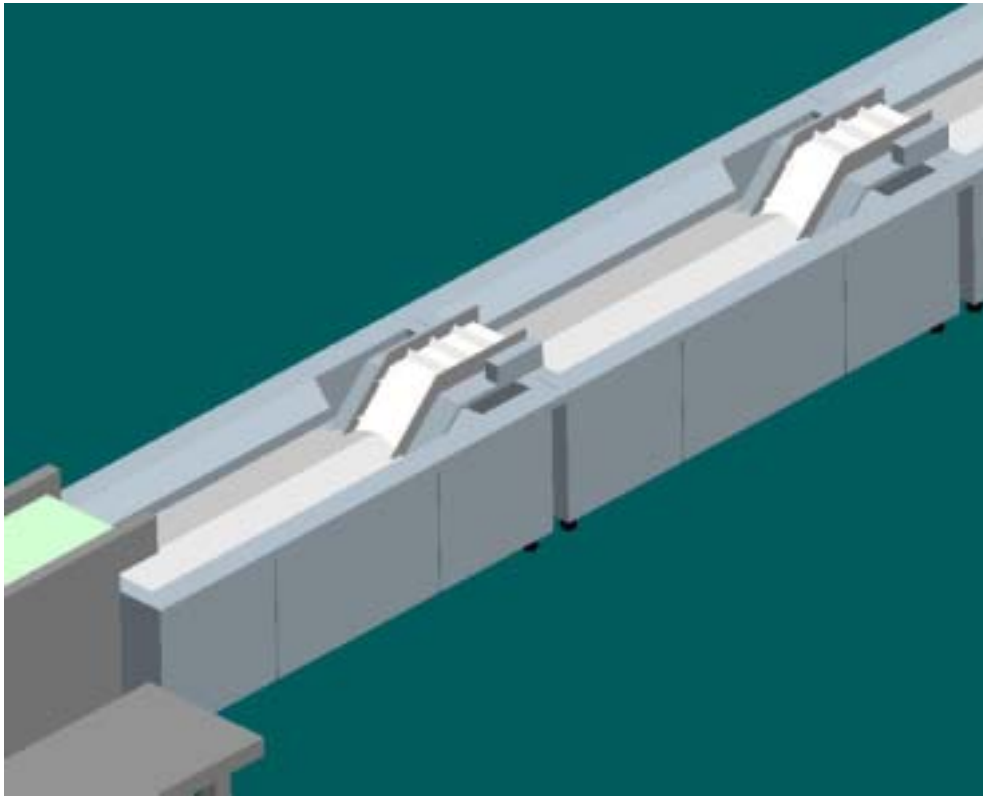
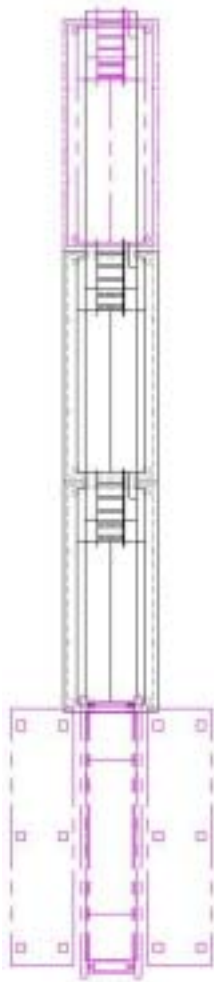
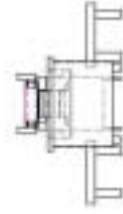


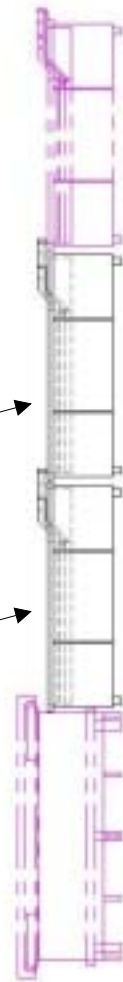
그림 부록-12. 세척/행균 공정 (세척기) 3D Model

- 관련 도면 및 자료



1차 행균 세척기

1차 세척기



⑤ 살균/헹굼

- 공정설계 프로그램 모듈



그림 부록-13. 살균/헹굼 모듈

1. 살균/헹굼	연속 병류식
1.1 1차살균	
처리능력	1000 (kg/hr)
1.2 2차세척	
처리능력	1000 (kg/hr)

그림 부록-14. 살균/헹굼 입력변수

- 3D Model

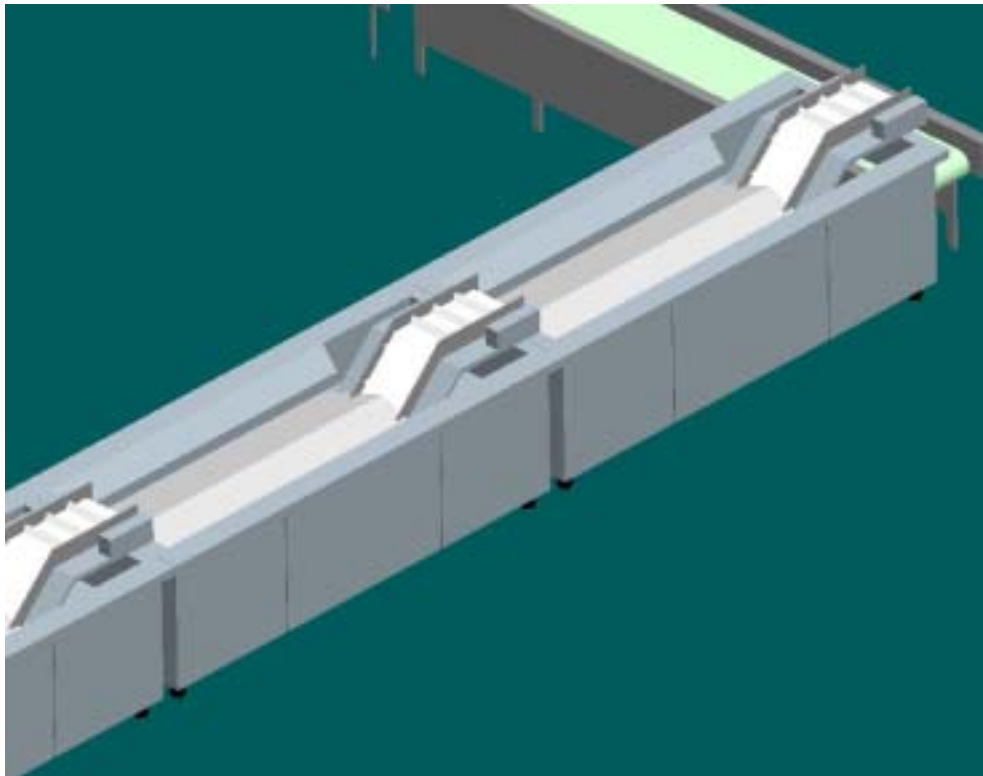
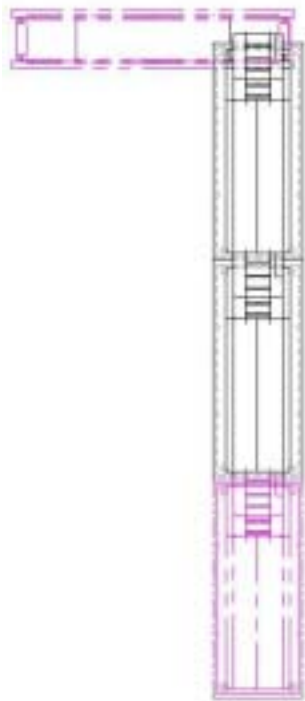


그림 부록-15. 살균/헹굼 공정 3D Model

- 관련 도면 및 자료



2차 행균 세척기

살균 세척기



⑥ 탈수

- 공정설계 프로그램 모듈

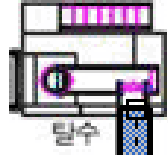


그림 부록-16. 탈수 모듈

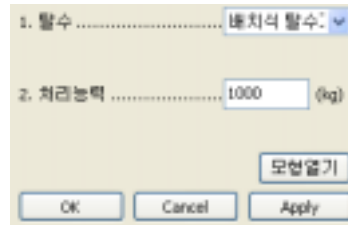


그림 부록-17. 탈수 입력변수

- 3D Model

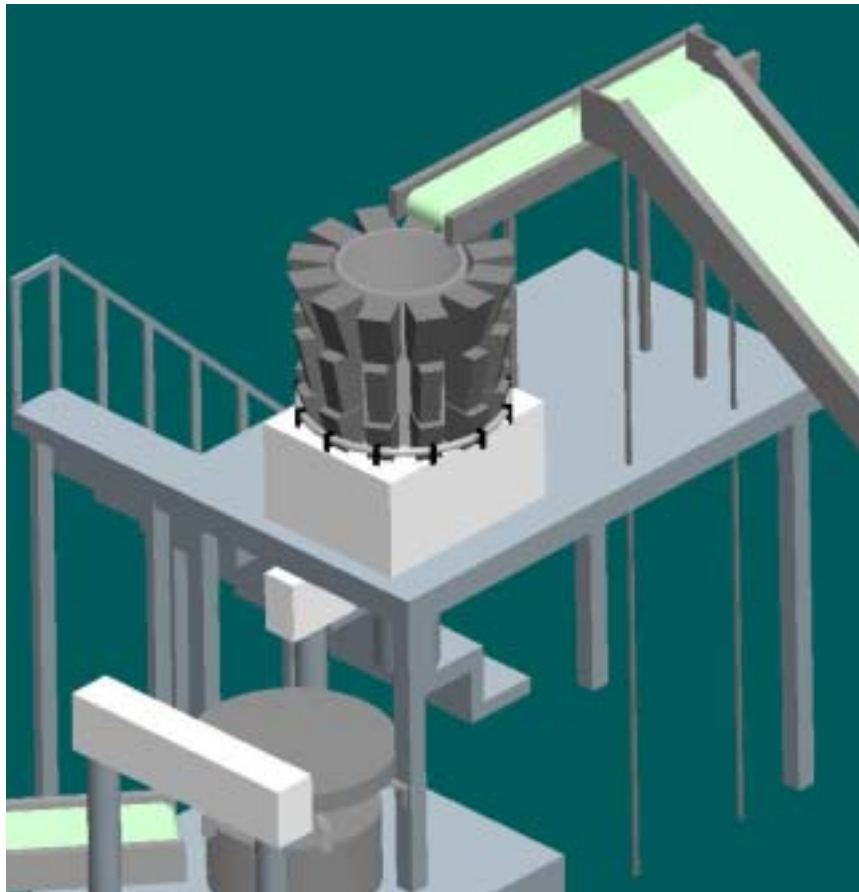
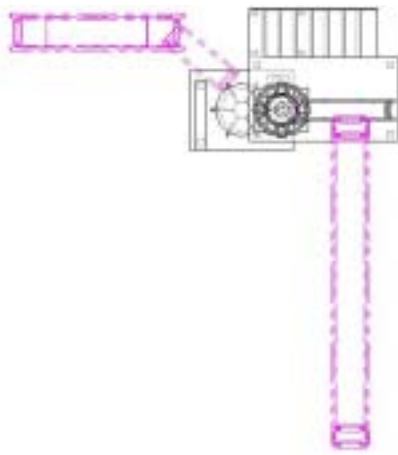
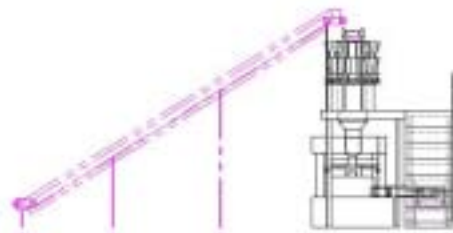


그림 부록-18. 탈수 공정 (자동 탈수기) 3D Model

- 관련 도면 및 자료



자동 탈수기



⑦ 진공포장

- 공정설계 프로그램 모듈



그림 부록-19. 진공포장 모듈



그림 부록-20. 진공포장 입력변수

- 3D Model

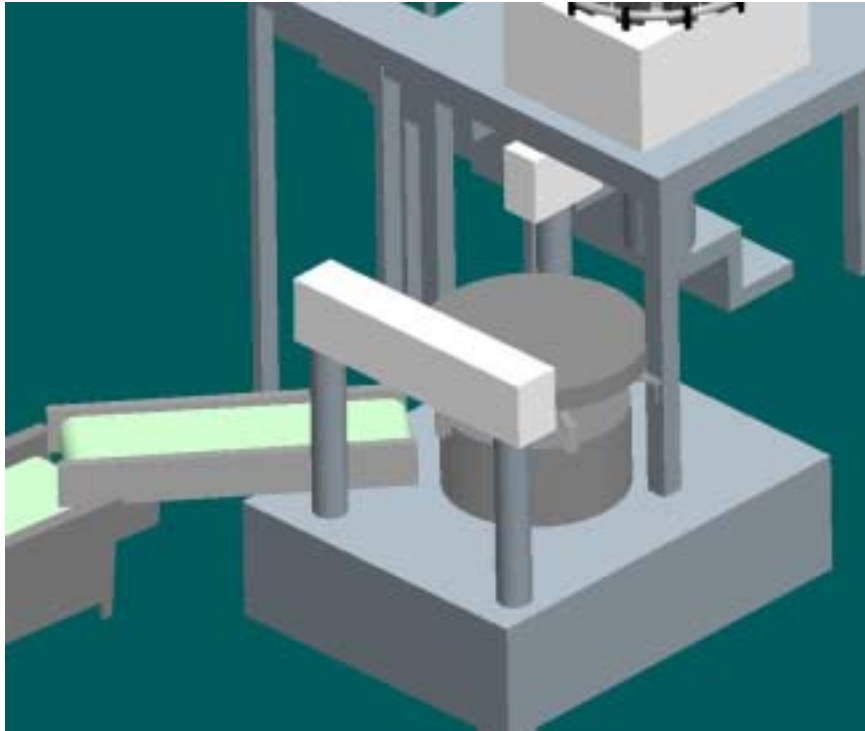
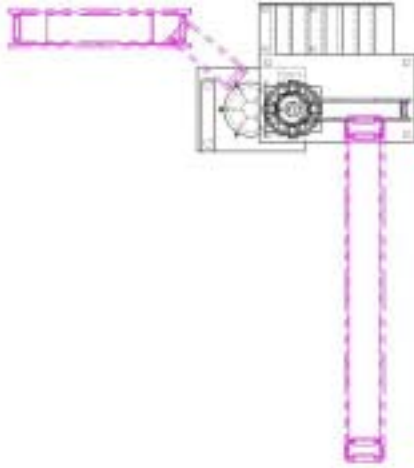
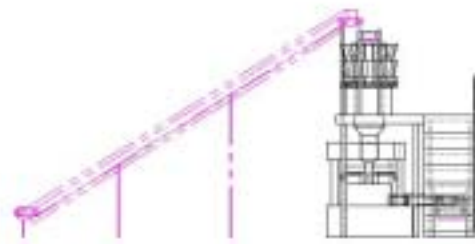
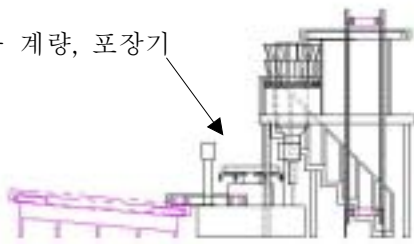


그림 부록-21. 계량, 포장 공정(자동 계량, 포장기) 3D Model

- 관련 도면 및 자료



자동 계량, 포장기



⑧ 중량체크

- 공정설계 프로그램 모듈



그림 부록-22. 중량검사 모듈

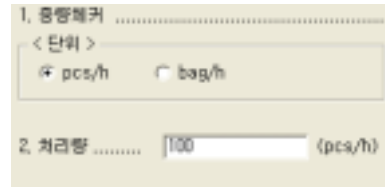


그림 부록-23. 중량검사 입력변수

- 3D Model

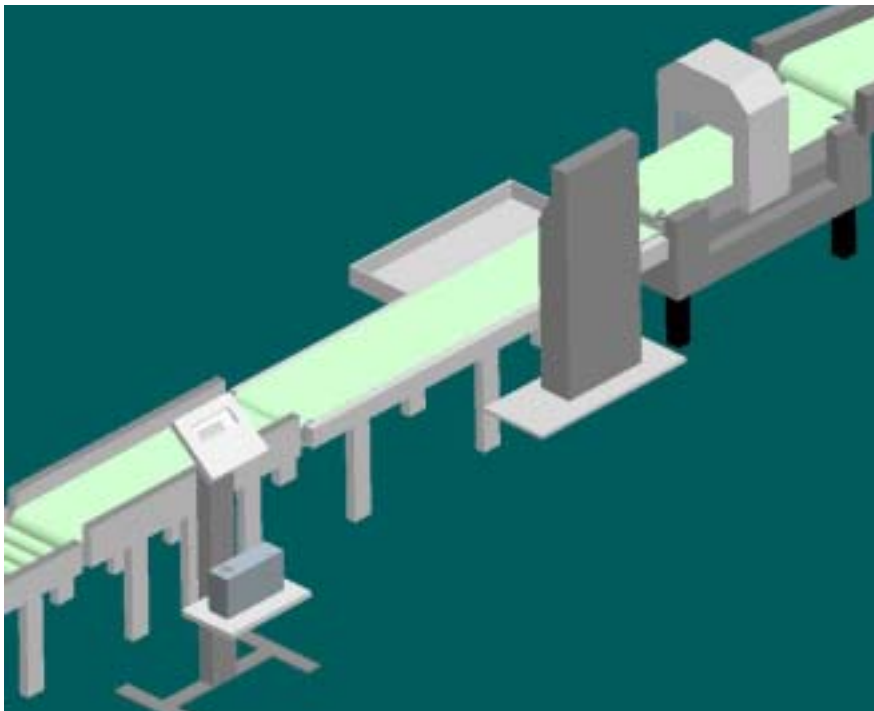
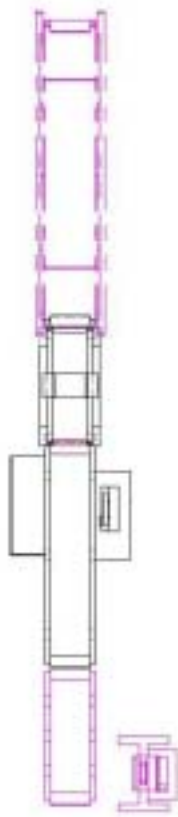
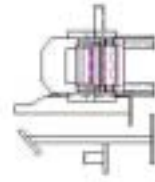
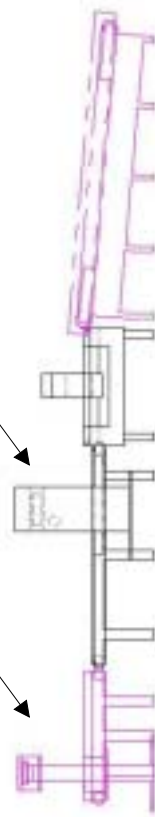


그림 부록-24. 금속검출, 중량검사 공정 3D Model

- 관련 도면 및 자료



금속 검출기



중량 검사기

⑨ 박스포장

- 공정설계 프로그램 모듈



그림 부록-25. 상자포장 모듈

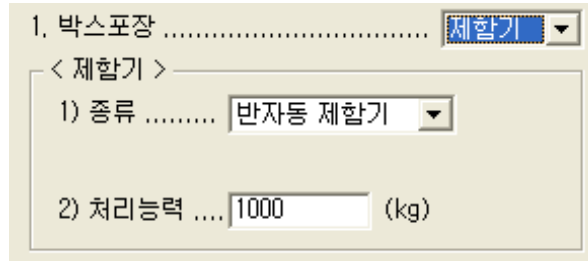


그림 부록-26. 상자포장 입력변수

- 3D 모델

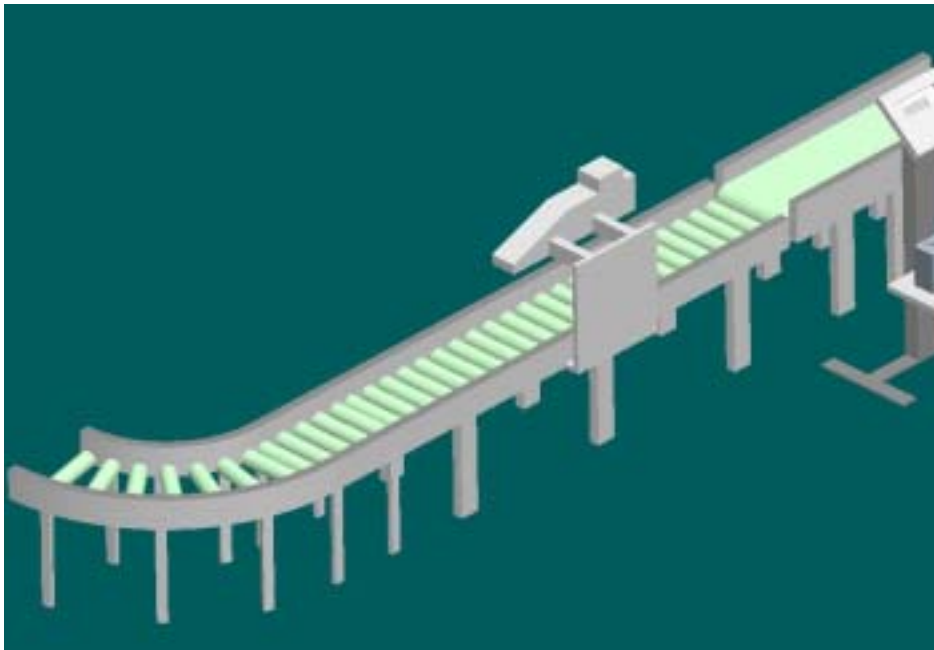
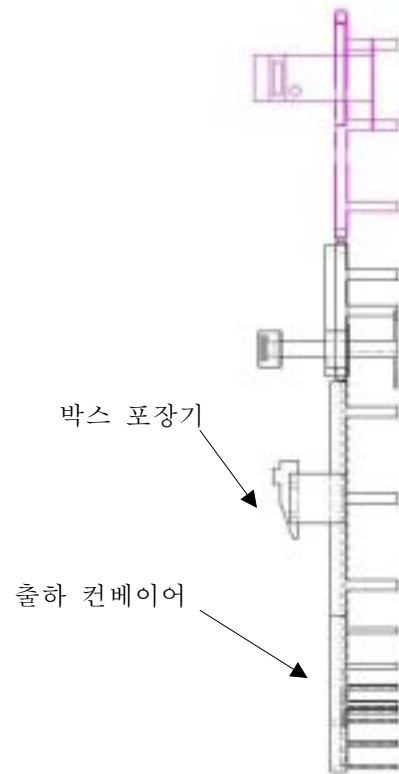
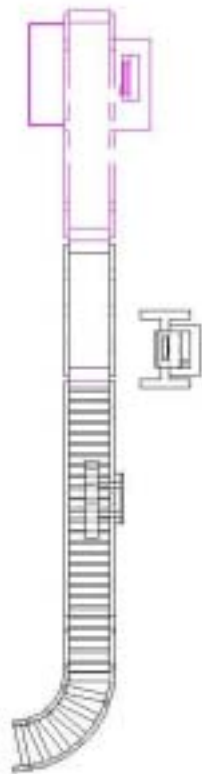
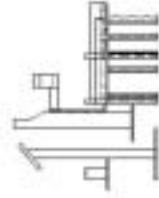


그림 부록-27. 박스포장 및 출하 공정 3D Model

- 관련 도면 및 자료



⑩ 엽채류 유통센터 3D Layout Model

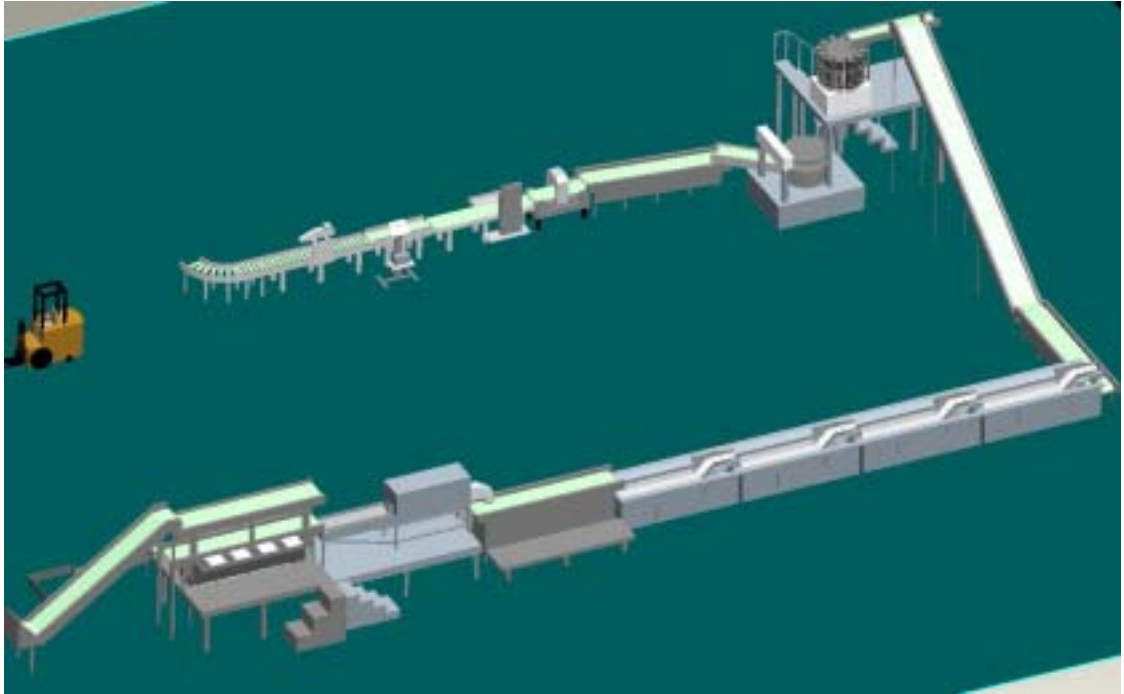


그림 부록-28. 엽채류 유통센터 3D Layout Model

① 중량/색상/당도 체크 시스템

- 공정설계 프로그램 모듈

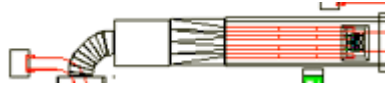


그림 부록-29. 중량/색상/당도 체크 시스템 모듈

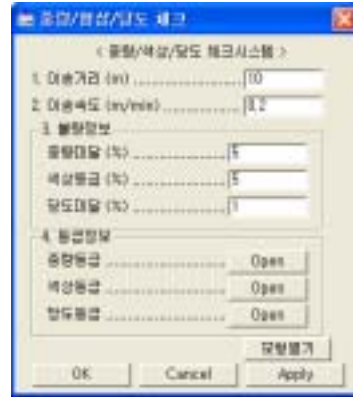


그림 부록-30. 중량/색상/당도 체크 시스템 입력변수

- 3D Model

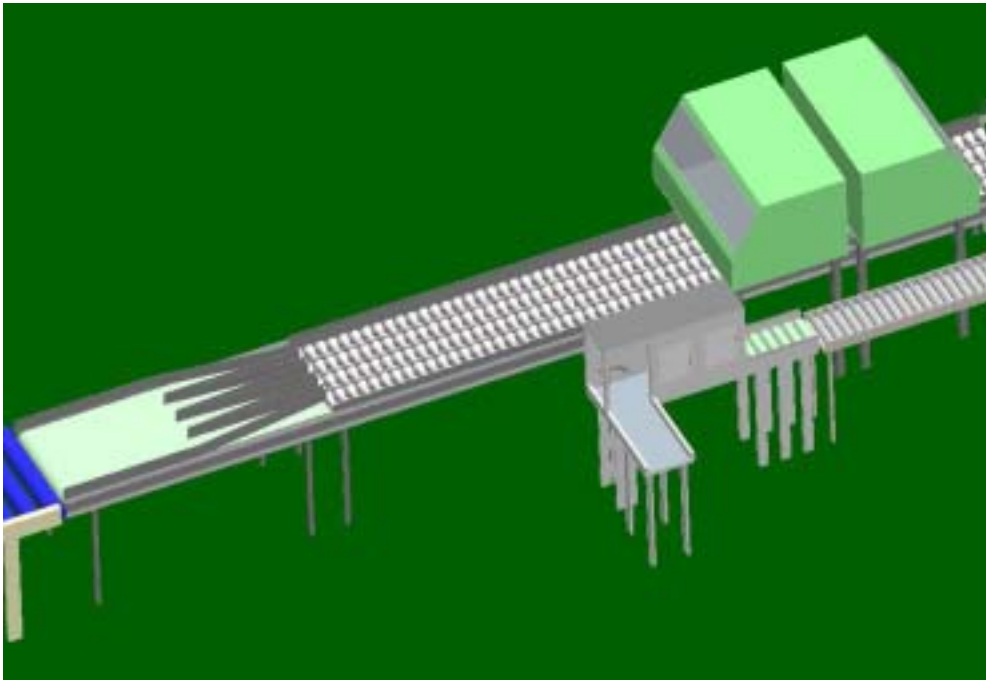
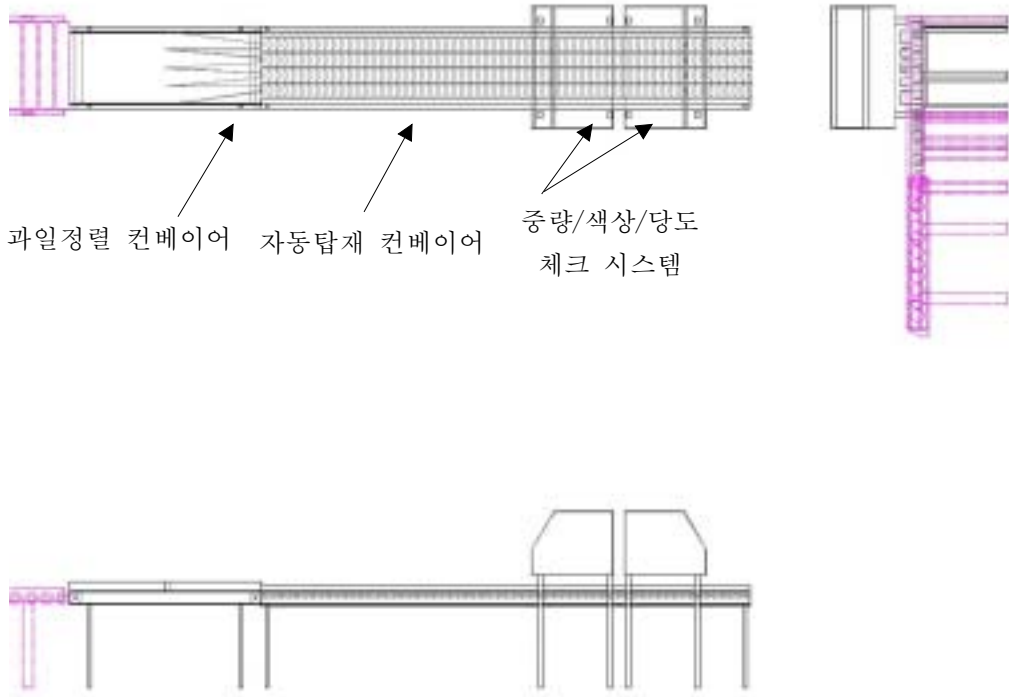


그림 부록-31. 중량/색상/당도 체크 시스템 3D Model

- 관련 도면 및 자료



⑫ 과일류 유통센터 3D Layout Model

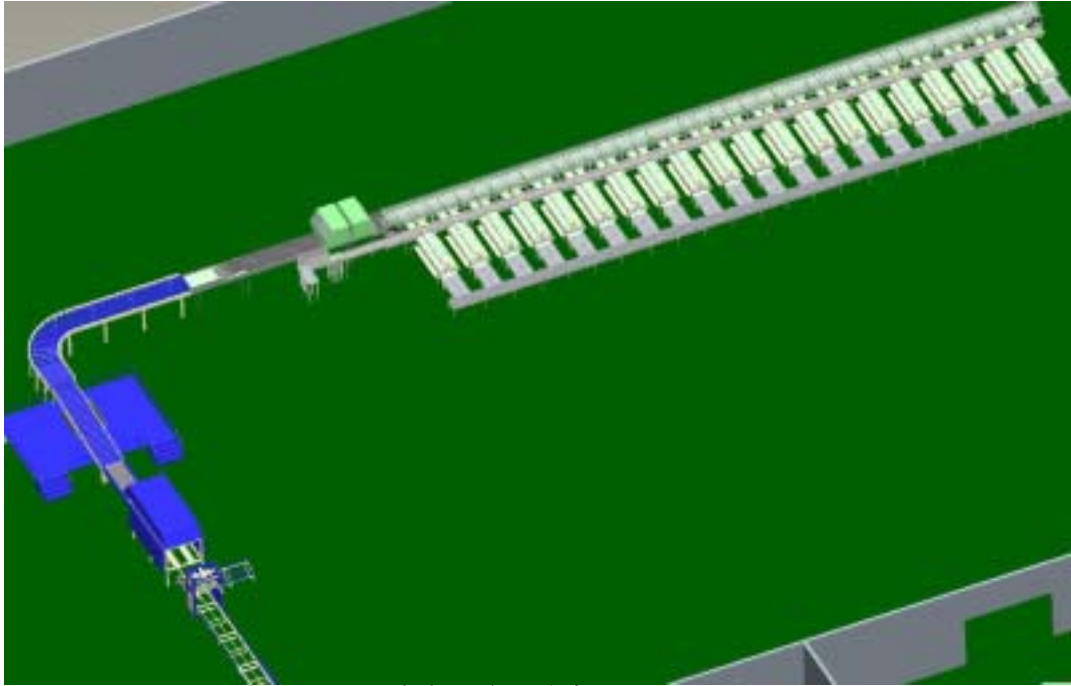


그림 부록-32. 과일류 유통센터 3D Layout Model